

Bc. Tomáš Trokšiar

**Analýza využitia služieb poskytovaných na báze
technológií xDSL vo svete s prihliadnutím na začlenenie
do konvergovanej siete NGN, súčasný stav a trendy vývoja**

Diplomová práca

Vedúci diplomovej práce: doc. Ing. Ján Čuchran, PhD.

máj 2007

Anotácia

Slovenská technická univerzita v Bratislave
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Študijný program: Telekomunikácie

Autor: Bc. Tomáš Trokšiar

Názov diplomovej práce: Analýza využitia služieb poskytovaných na báze technológií xDSL vo svete s prihliadnutím na začlenenie do konvergovanej siete NGN, súčasný stav a trendy vývoja

Vedúci diplomovej práce: doc. Ing. Ján Čuchran, PhD.

Mesiac a rok odovzdania: máj 2007

Predmetom diplomovej práce je problematika technológií xDSL, ich začlenenie a využitie v sieťach novej generácie (NGN) a služby poskytované koncovým používateľom prostredníctvom týchto technológií. V práci je uvedená stručná charakteristika sietí NGN, požiadavky, z ktorých sa vychádzalo pri ich návrhu, výhody a nevýhody v porovnaní so súčasnými telekomunikačnými sieťami a trendy vývoja a nasadzovania tohto typu sietí vo svete. Ďalej práca obsahuje popis najrozšírenejších technológií používaných na realizáciu širokopásmových prípojok, a to najmä rôzne varianty xDSL technológií na metalických vedeniach, ktoré sú tiež porovnané s vybranými technológiami na iných typoch telekomunikačných vedení z hľadiska prenosových rýchlostí a z hľadiska popularity a penetrácie v jednotlivých oblastiach sveta. Uvedených je tiež niekoľko služieb, ktoré môžu byť poskytované prostredníctvom širokopásmových technológií a momentálne sú vo svete populárne. Sú popísané možnosti ich využitia, vhodnosť jednotlivých technológií pre ich využívanie, aktuálny stav služieb a trend vývoja v budúcnosti z hľadiska vylepšenia funkcionality a počtu používateľov.

Annotation

Slovak University of Technology Bratislava
Faculty of electrical engineering and information technology

Degree Course: Telecommunication

Author: Bc. Tomáš Trokšiar

Title of the diploma thesis: Application-analysis of provided services based on xDSL technologies in the world with taking account of integration into converged NGN network, present state and trends of evolution.

Supervisor: doc. Ing. Ján Čuchran, PhD.

Month and year of the submission: May 2007

Subject of this diploma thesis is the problem of xDSL technologies, their integration and use in New Generation Networks (NGN), and services provided to end-users via these technologies. In the thesis, there is a brief characteristics of NGN networks, demands, from which came out the proposal, advantages and disadvantages in comparison with contemporary telecommunication networks, trends of evolution and applying this type of networks in the world. Thesis also includes description of most widespread technologies used to implement broadband connections, particularly the xDSL technologies on metallic lines, which are compared with some technologies used on other types of telecommunication lines; compared are transfer speeds, popularity and penetration in each individual region. Mentioned are also some services, which can be provided via broadband connections and are popular in the world now. Described are possibilities of use, suitability of technologies for using these services, present state and trends of evolution in the future with aspect on improving functionality and number of users.

Prehlásenie

Čestne prehlasujem, že som diplomovú prácu vypracoval samostatne, a že som v závere uviedol všetku použitú literatúru.

V Bratislave dňa 11.5.2007

Bc. Tomáš Trokšiar

Obsah

1. Úvod	8
2. Next Generation Network.....	10
2.1 História a súčasnosť telekomunikačných sietí	10
2.2 Charakteristika sietí NGN	11
2.3 Architektúra sietí NGN	16
2.4 Trendy vývoja a nasadzovania NGN vo svete.....	17
3. Prenosové médiá a technológie v prístupovej sieti NGN	19
3.1 Technológie na symetrických metalických vedeniach.....	20
3.1.1 Skupina HDSL.....	21
3.1.2 Skupina ADSL.....	23
3.1.3 Skupina VDSL.....	27
3.2 Technológie na koaxiálnych metalických vedeniach - DOCSIS.....	28
3.3 Technológie na energetických vedeniach - PDSL.....	30
3.4 Technológie na optických vedeniach	30
3.4.1 Pasívne a aktívne optické siete	30
3.4.2 Architektúry FTTx.....	32
3.4.3 FDSL	34
3.5 Technológie pre prenos vo voľnom priestranstve	35
3.5.1 Dátové prenosy v mobilných sieťach 2. generácie.....	35
3.5.2 Mobilné siete 3. generácie – UMTS, CDMA2000 EV-DO	36
3.5.3 Flash-OFDM.....	37
3.5.4 Wi-Fi.....	37
3.5.5 WiMAX.....	38
4. Širokopásmové technológie vo svete – stav a trendy vývoja.....	39
5. Služby na báze technológií pre rýchly dátový prenos	45
5.1 Rozdelenie služieb.....	45
5.2 Služby Triple-play	45
5.3 Topológia NGN siete pre poskytovanie Triple-play služieb	48
5.4 IPTV.....	48
5.4.1 Set-top-box	50
5.4.2 Súčasnosc' IPTV.....	52

5.4.3 Trendy vývoja IPTV	53
5.4.4 Porovnanie spôsobu príjmu TV programov	54
5.5 Video na požiadanie	56
5.6 Pripojenie do siete Internet.....	58
5.7 Telefonovanie cez Internet – VoIP, videotelefónia	60
5.8 Rozhlasové a televízne vysielanie cez internet	62
5.9 Výmena súborov (dát) medzi používateľmi – P2P siete.....	63
5.10 Virtuálne privátne siete, teleworking.....	64
5.11 Multipoužívateľské hry	64
5.12 Kvalita služieb a kvalita vnímania	65
5.13 Služby Quad-play	66
6. Prehľad služieb a vhodných širokopásmových technológií.....	67
7. Záver	70
Použité skratky	72
Použitá literatúra	75

1. Úvod

Rýchla a spoľahlivá komunikácia sa stala dôležitou súčasťou každodenného života. Ľudia potrebujú byť v kontakte so svojimi rodinami, blízkymi a priateľmi, hovoria spolu o tom, ako sa kto má a čo má kto nové. Pre niektorých je zasa komunikácia vhodným trávením voľného času či zdrojom zábavy a informácií – veď koľkí z nás len tak presedia pri internete zabávajúc sa písaním si s priateľmi, pozeraním vtipných videí či hraním on-line hier, iní zasa pretelefonujú spolu niekoľko hodín len preto, lebo dostali od svojho operátora „nekonečné množstvo“ bezplatných minút alebo SMS-správ. Vo firmách sa zasa vymieňajú medzi jej zamestnancami vnútorné informácie, rovnako pri väčších firmách prebieha komunikácia medzi vzdialenými pobočkami, a dôležitá je tiež výmena objednávok a faktúr s obchodnými partnermi. Nesmieme však zabudnúť ani na vzájomnú komunikáciu medzi firmami a bežnými ľuďmi – firmy totiž potrebujú predať svoje výrobky a služby a zaplavujú nás množstvom reklám, spotrebiteľia zasa výrobky a služby nakupujú, alebo sa o nich chcú dozvedieť viac, a tak komunikujú s firmou.

Kým v minulosti sa komunikovalo poštou či telefónom a najnovšie správy sme sa mohli dočítať v tlačенých novinách, z rozhlasu alebo televízie, v súčasnosti sa popri týchto formách, ktoré budú fungovať pravdepodobne ešte veľmi dlho, do popredia dostávajú ďalšie – nové druhy elektronickej komunikácie, ktoré sú modernejšie, spoľahlivejšie a hlavne rýchlejšie. Dnes je už bežná elektronickej pošta (e-mail), u mladých je populárne písanie si on-line, tzv. chat, mnoho noviniek sa môžeme dozvedieť nielen z nespočetného množstva rozhlasových a televíznych staníc, ale aj z rôzne tematicky zameraných internetových portálov.

Celkový objem komunikácie vo svete neustále veľmi rýchlo rastie, čím rastú aj náklady spojené s poskytovaním služieb. Komunikačné kanály totiž majú svoje obmedzenia, a preto ich treba neustále rozširovať. Firmy a vývojári sa teda snažia hľadať nové optimálne riešenia a technológie, ktoré tieto náklady minimalizujú a umožnia poskytovateľom ponúkať zákazníkom to, čo žiadajú – všetky existujúce služby v dostatočnej kvalite za primeranú cenu, a tiež rýchle implementovanie nových zaujímavých služieb, po ktorých je zo strany zákazníkov dopyt a ktoré môžu byť zároveň pre poskytovateľov novým zdrojom príjmu.

Informácie pri elektronickej komunikácii sa dajú rozdeliť do troch základných skupín – obraz, hlas, dáta. Všetky tieto tri druhy sú dnes vo svete bežne dostupné v analógovej forme (napr. klasická telefónna linka, analógové terestriálne rozhlasové či televízne vysielanie, atď.), no stále viac sa rozširujú nové technológie pre digitálny prenos dát, ktoré umožňujú existujúce služby využívať v lepšej kvalite, a tiež implementovať nové služby, ktoré pri analógovom prenose neboli možné, alebo by sa implementovali len veľmi ťažko. Digitálny prenos informácií je, podobne ako pri analógovom, možný prostredníctvom metalických vedení (káblov) alebo vo voľnom prostredí (vzduchom), a navyše je možné informácie prenášať po optických vedeniach s obrovskou prenosovou kapacitou. V každej oblasti už dnes existuje niekoľko technológií a ďalšie sa stále vyvíjajú. Tieto si potom navzájom konkurujú, alebo sa vhodne dopĺňajú.

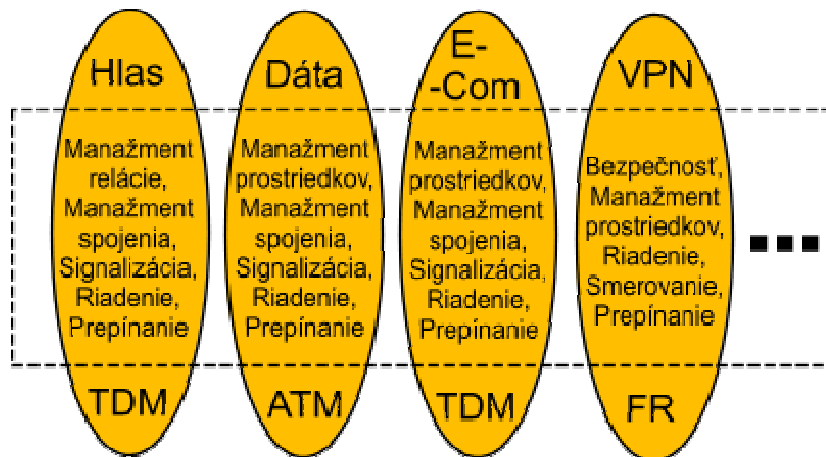
Navyše sa dnes zavádza do praxe nová koncepcia telekomunikačných sietí, ktorá na rozdiel od minulosti, umožňuje združiť všetky tri druhy informácií do jednej siete, označovanej ako Sieť novej generácie, resp. skratkou NGN (Next Generation Networks), čím odpadá potreba budovať vlastnú infraštruktúru pre prenos každého druhu informácií zvlášť. NGN siete vďaka svojej architektúre poskytnú univerzálny širokopásmový prístup, umožnia prevádzkovať v súčasnosti známe služby a tiež rýchlu adaptáciu nových služieb prostredníctvom jednej univerzálnej technológie, a navyše umožnia pripojiť koncových účastníkov prostredníctvom existujúcich vedení, čím sa ešte viac zhodnotia stávajúce investície a znížia sa náklady na výstavbu celej siete. Zákazníci tak budú mať prostredníctvom jednej prípojky k dispozícii prenos hlasu (telefonovanie), dát (pripojenie do siete Internet, virtuálne siete, ...), obrazu (bežná televízia, on-line videopožičovňa, alebo videokonferencia) a ďalšie služby. NGN siete tak spolu s vhodnými technológiami a poskytovanými službami budú vhodným sprostredkovateľom nielen komunikácie, ale aj zábavy priamo do našich domácností či firiem.

2. Next Generation Network

Termín Next Generation Network, resp. jeho skratka NGN je v poslednom čase v oblasti telekomunikácií jedným z najdiskutovanejších – či už sa hovorí o technologickom pokroku; o možnosti konvergencie hlasu, obrazu a dát do jednej univerzálnej siete; o neustálom príchode nových alternatívnych operátorov na telekomunikačný trh; o požiadavkách na nové služby, rozširujúce doterajšie možnosti komunikácie a zábavy pre zákazníka a takisto možné zdroje príjmov pre ich poskytovateľov; alebo vo všeobecnosti o prenikaní komunikačných technológií dnes už do všetkých oblastí života. Všetky spomenuté aspekty vytvárajú nový pohľad na telekomunikačné siete, ich štruktúru, funkčnosť, rozšíriteľnosť, ekonomickú výhodnosť, a stavajú tak dodávateľov týchto technológií, ale aj samotných telekomunikačných operátorov do novej pozície. NGN siete sú už podľa názvu novou generáciou sietí, oproti tej predchádzajúcej sa odlišujú novou architektúrou. [1]

2.1 História a súčasnosť telekomunikačných sietí

Na svojom úplnom začiatku boli siete navrhované a budované len pre prenos hlasu, keďže v danej dobe vlastne ani neexistovali požiadavky na prenos obrazu či dát. Siete tak poskytovali len hlasovú službu. V telekomunikáciách a výpočtovej technike však vývoj veľmi rýchlo napreduje, a tak sa počas posledných niekoľko desaťročí minulého storočia siete výrazne zmenili. Postupne sa prešlo z analógového prenosu hlasu na prenos digitálny s časovým multiplexovaním TDM (Time Division Multiplexing), metalické vedenia sú postupne nahrádzané vedeniami optickými, ktoré poskytujú niekoľkonásobne vyššie prenosové kapacity. S rýchlym rozširovaním výpočtovej techniky do všetkých oblastí prudko rástli požiadavky na prenos dát medzi zariadeniami, preto sa do existujúcej infraštruktúry, ktorá bola už dostatočne vybudovaná a celosvetovo rozšírená, k existujúcim hlasovým sieťam pridávali aj siete dátové, obe sú však od začiatku, a ešte aj v digitálnych sieťach stále oddelené, každý typ informácií prúdi cez príslušnú sieť. Momentálne teda stále existuje niekoľko typov sietí - hlasové, dátové, rôzne privátne siete, a pod., a na prenos informácií v nich sú využívané tiež rôzne technológie, či už je to spomínané TDM, alebo novšie aj ATM (Asynchronous Transfer Mode), X.25, FR (Frame Relay), IP (Internet Protocol), a ďalšie – vid'. obr. 2.1. [2]



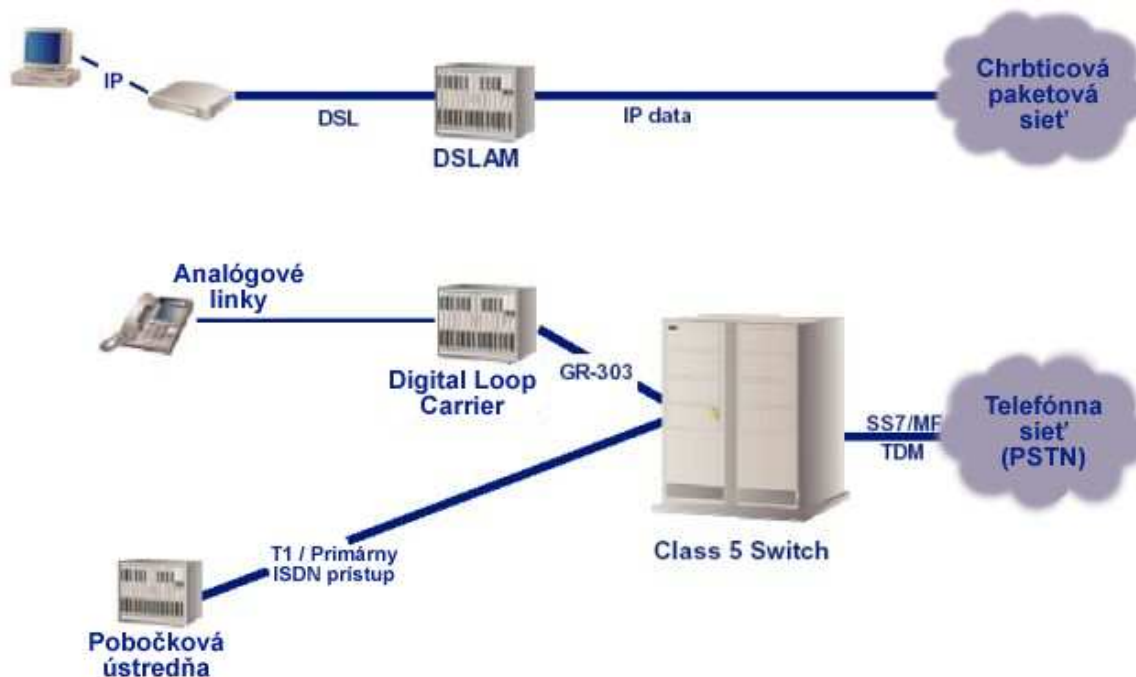
Obr. 2.1 – Príklad rôznych hlasových a dátových telekomunikačných sietí – sú oddelené, každá sieť poskytuje určitú službu a má vlastný manažment

V súčasnosti sú vo vyspelých krajinách už všetky siete plne digitalizované, na prenos signálov sa medzi významnejšími uzlami (ústredňami) používajú optické vedenia, a keďže výmena všetkých vedení vrátane tých v prístupových sieťach za optické by bola ekonomicky náročná, na pripojenie koncových účastníkov (okrem tých solventnejších, resp. veľkých firiem, ktoré vyžadujú spoľahlivosť a môžu si dovoliť nákladnejšie riešenia) slúžia väčšinou stále pôvodné metalické vedenia. Aj do tejto oblasti sa však čoraz viac dostáva optika. Ďalšou možnosťou pripojenia koncových účastníkov je napr. bezdrôtový prenos (mikrovlnné pripojenie WiFi a WiMAX), pripojenie cez mobilné siete (GSM, UMTS, CDMA 2000 alebo Flash-OFDM), alebo v poslednom čase sa rozvíjajúci prenos po energetických rozvodoch. Nevýhodou súčasných telekomunikačných sietí je však práve oddelenie hlasovej a dátovej prevádzky (obr. 2.2).

2.2 Charakteristika sietí NGN

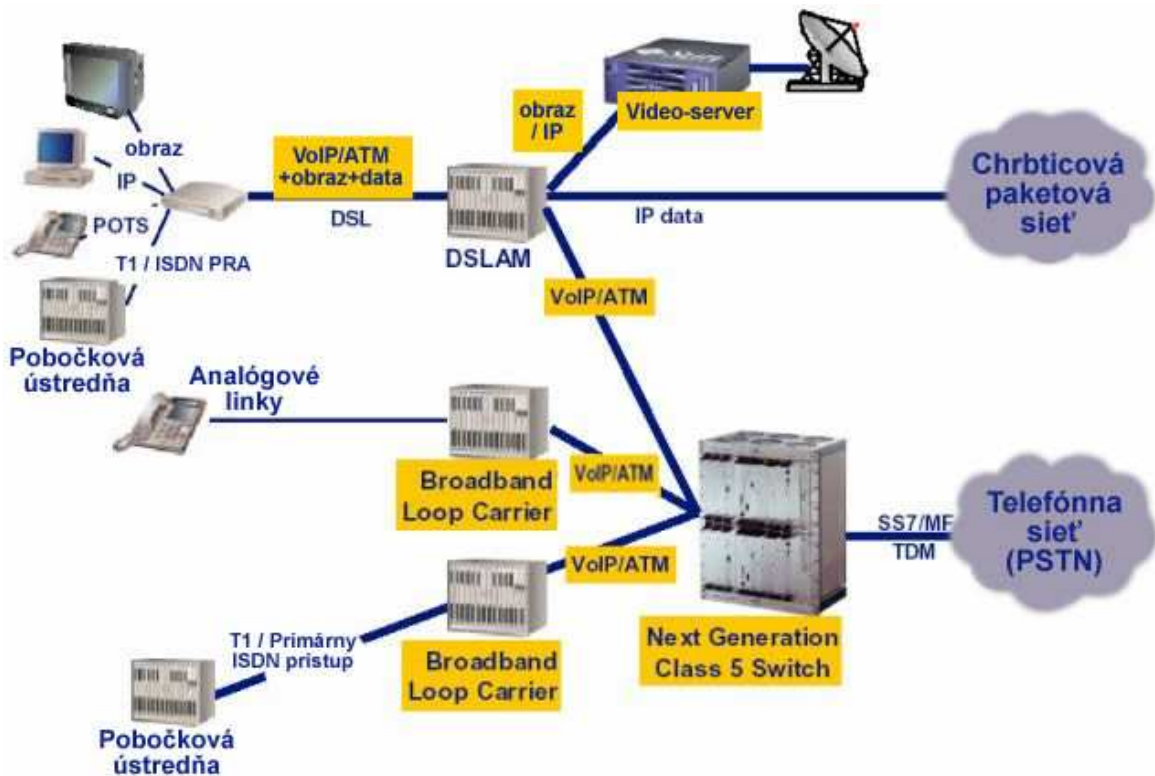
Nevýhodu existujúcich sietí – oddelenie hlasovej a dátovej prevádzky – odstraňujú siete NGN. Ako už bolo spomenuté, tieto budú mať architektúru odlišnú od dnes existujúcich sietí, čo im umožní integrovať takmer všetky druhy prístupových technológií (od Ethernetu, cez optiku – FTTH, mobilné technológie, xDSL až po klasickú účastnícku slučku) a ponúkať zákazníkovi najrozmanitejšie služby a vysokorýchlostný širokopásmový prístup do siete. Myšlienka konverencie hlasu a dát nie je až taká nová, s touto koncepciou sa v rôznych podobách môžeme stretnúť už vyše dvadsať rokov, stačí spomenúť ISDN (Integrated Services Digital Network) či ATM, takže v žiadnom prípade nejde o novinku výhradne v NGN. Teraz však povýšená do rozmerov celej siete. Vývoj

hlasovej komunikácie sa uberá od systémov s prepájaním okruhov k systémom založeným na báze prepájania paketov. Toto je ďalšia z charakteristík sietí NGN, v ktorých sa budú informácie prenášať na platforme ATM alebo IP protokolu.



Obr. 2.2 – Príklad architektúry dnešných štandardných telekomunikačných sietí: oddelená hlasová a dátová prevádzka

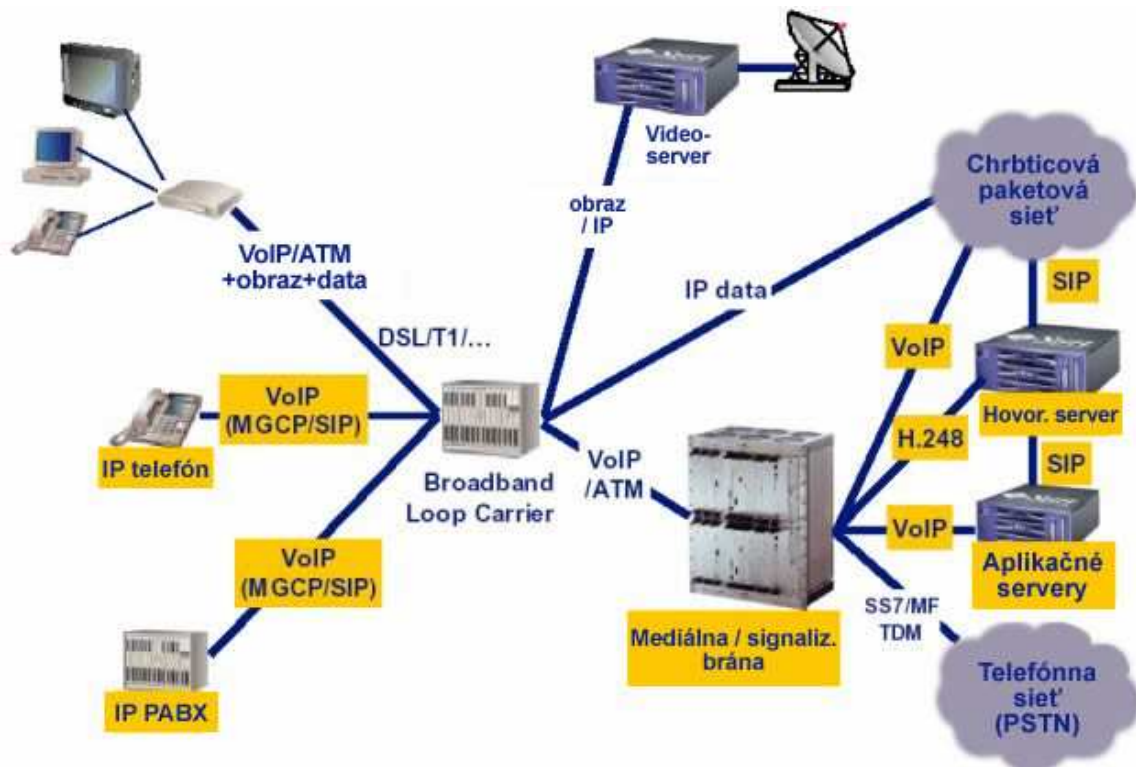
Samotný prechod od súčasných hlasových a dátových sietí ku konvergovaným sieťam novej generácie však neprebehne „zo dňa na deň“, ale vyžiada si dlhšie časové obdobie. Aj napriek výrazným finančným úsporám pri prevádzke NGN sú totiž potrebné nemalé počiatkové investície na vybudovanie celej novej infraštruktúry. Navyše súčasné TDM spolu s dátovými sieťami sú schopné poskytovať dostatočne veľké portfólio služieb pre bežného zákazníka, preto nie je potrebná ich rýchla výmena a operátori tak uprednostnia čo najväčšie zhodnotenie ich existujúcich investícií. V prechodnom období migrácie od TDM k NGN sieťam budú súbežne fungovať oba typy sietí a ústredne budú vybavené rôznymi signalizačnými bránami a rozhraniami, umožňujúcimi spoluprácu medzi existujúcimi sieťami a sieťami NGN.



Obr. 2.3 - Približovanie súčasných sietí k podobe NGN

Ďalším atribútom NGN bude zblížovanie medzi mobilnými a fixnými telekomunikačnými službami, pre ktoré sa ustálil výraz „sťahovavé“, či „premiestňujúce sa“ – nomádne. Nomádizmus je schopnosť používateľa zmeniť sieťový prístupový bod, počas tejto zmeny je účastnícka relácia pozastavená a neskôr opäť obnovená. Zákazník by tak mal získať pohodlný prístup k svojim službám, aplikáciám a informáciám kedykoľvek a kdekoľvek. [3]

Spoločným znakom súčasných moderných telekomunikačných sietí a sietí novej generácie NGN je optická infraštruktúra a prenos signálov pomocou nových technológií na transportnej vrstve. Pri návrhu NGN sietí sa vychádzalo z požiadaviek zákazníkov – firmy požadujú centralizované riešenie pre hlas a dáta, domácnosti univerzálny komunikačný nástroj pre rodinnú zábavu a prístup k informáciám (hudba, televízia, hry, komunikácia). [2]



Obr. 2.4 - Vízia komplexnej siete NGN podľa spoločnosti MetaSwitch

Požiadavky, z ktorých sa vychádzalo pri návrhu sietí NGN:

- univerzálny širokopásmový prístup k sieti
- poskytovanie komplexných služieb označovaných ako „triple play“, zahŕňajúcich hlas, obraz a dáta
- flexibilita a ľahká adaptácia nových služieb podľa zákazníckych požiadaviek
- garancia kvality a bezpečnosti
- konektivita založená na virtuálnych okruhoch
- univerzálne riešenie minimalizujúce jednostranné zameranie technológie - služba
- minimalizácia investičných a prevádzkových nákladov
- využitie stávajúcich prístupových vedení
- kompatibilita so staršími sieťami

NGN siete podporujú široké spektrum koncových telekomunikačných zariadení (telefóny, modemy, set-top-boxy pre príjem videa a hudby, a pod.), a poskytujú rôzne služby pre koncových používateľov, ďalej signalizáciu a kontrolu, prepájanie a smerovanie a samotný prenos dát. Z nových služieb, ktoré NGN prinesú, stojí za zmienku napríklad

unified messaging, ktorý umožní integrovať všetky druhy správ (hlas, e-mail, fax ...) do jedného odkazového boxu a webkonferencie s možnosťou on-line prezentácií. Multimediálna komunikácia ako videotelefónia a videokonferencie patria v očakávaných službách už ku „klasike“, v NGN by však mali byť dostupnejšie. Novinkou nie je ani Centrex – virtuálna pobočková ústredňa vhodná najmä pre malé a stredné firmy, v NGN by však opäť mohla dosiahnuť novú kvalitu pri znížených nákladoch.

Rozsah podporovaných služieb je závislý na type použitého protokolu a jeho konkrétnej implementácii. Štandardizáciou sietí NGN sa zaoberajú medzinárodné inštitúcie ITU (séria Y2xxx), ETSI (TISPAN – Release 1 a Release 2), ale aj 3GPP (R5, R6 a R7) a treba povedať, že celá koncepcia je stále vo vývoji. V súčasnosti existuje viacero štandardov pre IP siete, pričom najrozšírenejší je H.323 od ITU, no nie je práve ideálny. V budúcnosti sa pravdepodobne viac presadí flexibilnejší SIP (Session Initiated Protocol) od IETF (Internet Engineering Task Force). [3]

Centralizovanie poskytovania konvergentných služieb prostredníctvom jednotného rozhrania API (Application Program Interface) umožní rýchlu implementáciu všetkých služieb, vrátane modifikácií podľa požiadaviek konkrétneho zákazníka. [2]

Prenos dát v sieťach NGN je paketovo orientovaný. Samotný IP protokol však nezabezpečuje v sieti kvalitu služby QoS, a keďže pri prenose hlasu je potrebné zaručiť minimálne oneskorenie, prenos je založený na IP/MPLS. Problémy s QoS a bezpečnosťou v IP sieťach by mala eliminovať nová verzia internetového protokolu IPv6, s ktorou sa počíta aj v mobilných sieťach UMTS. Využije sa kombinácia rôznych technológií – pri metalických vedeniach xDSL, vo voľnom prostredí mikrovlnné spoje a pod., postupne ale budú budované optické vedenia až ku koncovým používateľom – technológiami Vlákno k uzlu (Fiber To The Node – FTTN), Vlákno k pätníku (Fiber To The Curb – FTTC), Vlákno do budovy (Fiber To The Building – FTTB) až nakoniec Vlákno do domácnosti (Fiber To The Home – FTTH) – vid'. kap. 3.4.2. [2, 3]

2.3 Architektúra sietí NGN

Architektúra NGN je založená na dvoch častiach:

- **Service Stratum** – časť služieb
- **Transport Stratum** – prenosová časť

a štyroch oddelených vrstvách:

- **prístupovej** – poskytuje infraštruktúru, napr. prístupovú sieť koncovým používateľom a transportnou sieťou; prístupová sieť môže byť bezdrôtová alebo pevná a môže využívať rôzne prenosové médiá
- **transportnej** – zabezpečuje prenos medzi jednotlivými uzlami (bodmi) siete, ku ktorým sú pripojené prístupové siete; prepája fyzické prvky v jednotlivých vrstvách referenčnej architektúry; umožňuje prenos rôznych typov prevádzky a médií (signalizácia, dáta, obraz a zvuk v reálnom čase, hlasová komunikácia, ...)
- **vrstve riadenia** – zahŕňa riadenie sieťových prvkov a riadenie služieb; je zodpovedná za zostavenie, riadenie a zrušenie multimediálneho spojenia; zabezpečuje riadenie zdrojov v závislosti od požiadaviek na službu
- **vrstve sieťových služieb (manažmentu)** – ponúka funkcie základných služieb, ktoré môžu byť použité na vytvorenie komplexnejších a sofistikovanejších služieb a aplikácií; riadi priebeh služby na základe logiky služby

Medzi jednotlivými vrstvami NGN architektúry sú štandardné otvorené rozhrania, ktoré ponúkajú široké možnosti škálovateľnosti a pružnosti telekomunikačných sietí, väčšie možnosti pre realizáciu, poskytovanie a správu služieb a nezávislosť siete na jednom dodávateľovi technológie. NGN architektúra navyše prináša dekompozíciu sieťových uzlov – pôvodné uzly sietí s prepájaním okruhov predstavovali takmer monolitické bloky obsahujúce vlastné prepínacie matice, obvody linkových rozhraní, riadiace moduly a moduly pre manažment. Ich dekompozíciou dôjde k oddeleniu a centralizácii jednotlivých funkcií. Na výstavbu siete sa použijú štandardizované sieťové prvky, ako brány, softswitche, aplikačné servery a pod. [1, 4]

2.4 Trendy vývoja a nasadzovania NGN vo svete

V celosvetovom meradle objem dátovej prevádzky v súčasnosti prevyšuje objem hlasovej prevádzky a do budúcnosti bude aj naďalej rapídne rásť, a to najmä vďaka popularite Internetu a multimédií, zatiaľ čo objem hlasovej prevádzky zaznamenáva len mierny rast na úrovni približne 10%. Aj napriek tomu výnosy z prevádzky dátových služieb sú stále nižšie ako výnosy z hlasových služieb, a podľa analytikov by tak tomu malo byť ešte najbližších niekoľko rokov. Tento fakt je jedným zo základných pri tvorbe obchodných plánov telekomunikačných operátorov.

Na liberalizovaných telekomunikačných trhoch je pre existujúcich operátorov jednou z hlavných priorít udržať si svojich zákazníkov, a tým aj úroveň príjmov z prevádzkovania hlasovej služby. Musia preto optimalizovať investičné a prevádzkové náklady (konsolidáciou sietí a ich riadenia, integráciou a rozširovaním manažmentu). Na jednej strane musia čo najviac využiť existujúcu sieť, nakoľko do nej investovali nemalé finančné prostriedky, na druhej strane ju pružne rozširovať smerom k architektúre NGN bez ohrozenia prevádzky poskytovaných služieb.

Iná je však situácia u nastupujúcich alternatívnych operátorov. Tí, aby sa presadili na trhu a prilákali nových zákazníkov, musia priniesť nové atraktívne služby a možnosti. A tomu podriaďujú návrh a výstavbu svojich sietí – výhodou v tomto prípade je to, že svoje siete stavajú od základu, a nepotrebnú riešiť otázku migrácie k NGN, preto návrh a koncepcia siete tak môže byť stavaná priamo na paketovej technológii s konvergenciou hlasu a dát. Realizácia hlasových služieb na paketovo orientovanom základe predstavuje v porovnaní s klasickou TDM technológiou nižšie náklady a to jednak prevádzkové – v dôsledku vyššej efektívnosti využitia prenosových prostriedkov pri IP v porovnaní s časovo deleným multiplexom TDM a takisto investičné – náklady prepojovačov NGN sú nižšie oproti klasickým TDM ústredniam. Pre výrobcov sa tak stávajú noví telekomunikační operátori hlavným trhovým segmentom.

Medzi expertmi z oblasti telekomunikácií už neexistujú pochybnosti o tom, že práve štruktúra na báze NGN je telekomunikačnou sieťou 21. storočia, a investovanie do tejto technológie je investíciou do budúcnosti. Ako to býva zvykom na rozsiahlych trhoch pri zavádzaní nových technológií, najviac propagujú novú myšlienku samotní

výrobcovia potrebnej infraštruktúry. Situácia nie je iná ani v prípade NGN – objavujú sa slová o tom, že existujúce digitálne ústredne poskytujú obmedzený rozsah služieb, možnosti ich rozšírenia sú len minimálne alebo nulové a pod., zatiaľ čo NGN prinesie novú kvalitu služieb do domácností a kancelárií. Pravdou však je, že predstava NGN nie je u výrobcov úplne jednotná. Ide skôr o koncepciu a nie o komunikačný štandard, akým je napríklad ISDN. [1, 3]

3. Prenosové médiá a technológie v prístupovej sieti NGN

Pre využívanie všetkých služieb je nutné mať zabezpečený kvalitný prenos informácií v prístupovej sieti, bolo preto potrebné vyvinúť vhodné technológie pre každé prenosové prostredie a médium. V súčasnosti je možné informácie šíriť tromi spôsobmi:

- po metalických vedeniach
- po optických vedeniach
- vo voľnom prostredí (vzduchom)

Metalické vedenia môžeme ďalej z hľadiska ich konštrukcie a vlastností rozdeliť na:

- symetrické vedenia
- asymetrické vedenia (koaxiálne)
- energetické vedenia (vedenia primárne určené na distribúciu elektrickej energie)

Každé prostredie aj médium má svoje výhody a nevýhody. Výhodou metalických vedení je ich rozšírenosť – keďže sa používajú už dlhú dobu vedú do každej budovy a parametricky mnohé z nich postačujú pre implementáciu novších technológií. Nevýhodou je zasa množstvo faktorov, ktoré ovplyvňujú prenos a znemožňujú poskytovať plnú prenosovú rýchlosť konkrétnej technológie na väčšie vzdialenosti ako pár kilometrov. Pri optických vedeniach je jednoznačnou výhodou ich prenosová kapacita, ktorej sa zatiaľ nevyrovná žiadne iné médium, a takisto vzdialenosť, na ktorú je možné po nich prenášať dáta. Na druhej strane, keďže sa jedná o najmladší typ prenosového média v prístupovej sieti, nie je vo svete natoľko rozšírené ako napríklad spomenuté metalické vedenia. Na vybudovanie čisto optickej siete až ku koncovým zákazníkom je treba vynaložiť väčšie množstvo finančných prostriedkov a vybudovanie by trvalo dlhší čas, využíva sa preto aj kombinácia optiky napríklad s metalickými vedeniami, čo z pohľadu zákazníka poskytuje stále dostatočne vysoké prenosové rýchlosti. Pri prenose dát vzduchom zasa nepotrebujeme vybudovať fyzické vedenie po celej trase, postačí vysielač a prijímač, no obmedzením sú vzdialenosť, členitosť prostredia, vyžadovaná je častokrát priama viditeľnosť dvoch bodov a poskytovaná rýchlosť tiež zaostáva za metalickými vedeniami, o optických ani nehovoriac. Pri technológiách v tejto oblasti je však plusom mobilita.

3.1 Technológie na symetrických metalických vedeniach

V tejto oblasti sa už dlhšiu dobu rozvíjajú technológie xDSL. Doposiaľ sa používali popri TDM ústredniach ako doplnkové technológie na pripojenie zákazníkov do siete Internet a nie je problém s ich použitím ani pri NGN. xDSL (alebo len DSL) je skratka pre Digital Subscriber Line, čo sa dá preložiť ako digitálna účastnícka prípojka. Keďže existuje viacero technológií xDSL, pre ich jednoznačné rozlíšenie sa v skratke namiesto písmena „x“ používa písmeno z presnejšieho názvu konkrétnej technológie (napr. ADSL, VDSL, HDSL a pod.), „x“ sa používa vtedy, ak sa hovorí o týchto technológiách vo všeobecnosti.

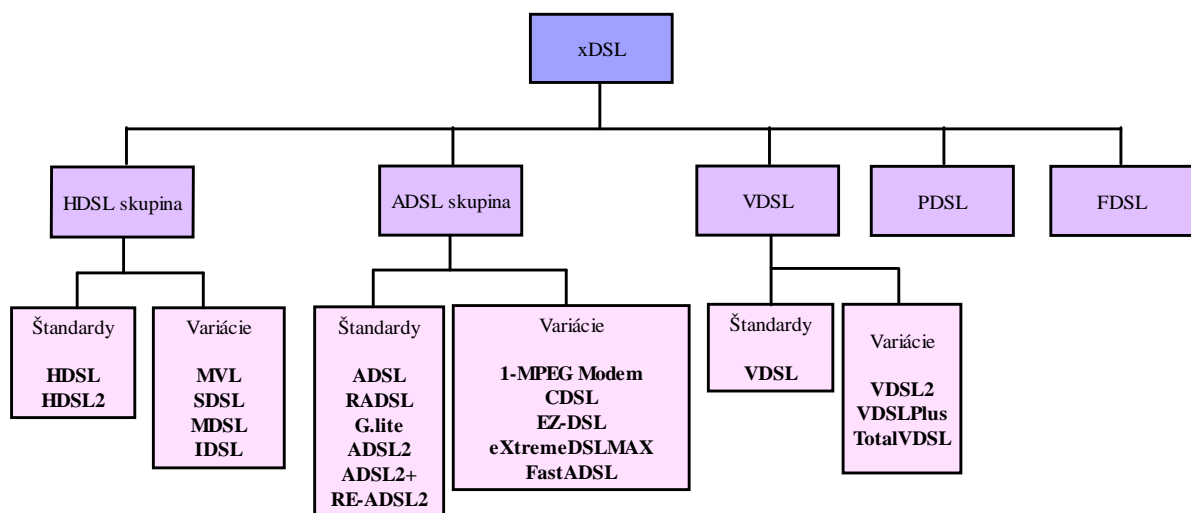
Za počiatok existencie xDSL sa uvádza rok 1989, kedy sa táto technológia objavila ako možnosť prenosu obrazového záznamu. Spočiatku bola modemovou špecifikáciou pre ISDN (Integrated Services Digital Network) a používalo sa pri nej kódovanie 2B1Q. Prenos pomocou ISDN môže byť považovaný za typ xDSL, avšak s tým rozdielom, že ISDN integruje hlasovú a dátovú komunikáciu na existujúcej telefónnej sieti, zatiaľ čo xDSL prenáša hlas a dáta na oddelených sieťach (v tomto prípade sa myslí hlas cez PSTN, nie hlas po IP). O niečo neskôr sa objavila vysokorýchlostná HDSL (High data rate DSL), keď v spoločnosti Bellcore dospeli k záveru, že kódovanie 2B1Q by vďaka svojim dobrým spektrálnym charakteristikám mohlo nahradiť kódovanie AMI, používané na vtedajších linkách T1. HDSL je menej citlivý na interferencie vznikajúce vo zväzkoch káblov. [5]

V deväťdesiatych rokoch vznikla ADSL (Asymmetric DSL), ktorú začali používať spoločnosti, vyvíjajúce produkty pre službu Video on Demand, o ktorej sa vtedy predpokladalo, že sa veľmi rýchlo dostane do popredia záujmu verejnosti, no tieto plány sa nenaplnili. Neskôr nastal prudký rozmach Internetu a technológia ADSL sa javila ako ideálna pre rastúce nároky na rýchle pripojenie. Nakoniec sa ešte doplnilo frekvenčné multiplexovanie FDM (Frequency Division Multiplex), ktoré umožnilo do dolnej časti spektra, ktorú ADSL nevyužívalo, pridať samostatný 3,1 kHz kanál pre bežnú telefónnu linku (pásmo 300 – 3400 Hz), a tak je možné na jednom páre kábla používať súčasne ADSL aj bežný telefón bez toho, aby sa navzájom obmedzovali (viď. obr. 3.2). [5]

Keďže sa pôvodne s nasadzovaním xDSL technológií uvažovalo len pri metalických telekomunikačných vedeniach, sú momentálne aj v praxi najviac rozvinuté

a prepracované práve v tejto oblasti, avšak objavili sa už aj technológie na prenos cez energetické rozvody či optické vlákna. Technológie xDSL sú momentálne schopné pokryť všetky služby poskytované v sieťach NGN a v porovnaní s ostatnými riešeniami sú jednou z najlacnejších a najrýchlejšie implementovateľných prístupových metód, preto tvoria základ prístupovej vrstvy NGN sietí.

V súčasnosti je známych niekoľko desiatok rôznych typov xDSL technológií, ďalšie sa stále vyvíjajú a zdokonaľujú. Líšia sa hlavne použitým kódovaním, šírkou pásma alebo počtom potrebných vodičov. V závislosti od kódovania a vlastností vedení sa ďalej odlišujú dostupnými prenosovými rýchlosťami. Všetky momentálne známe technológie môžeme rozdeliť do niekoľkých hlavných vývojových skupín (vetiev). V každej skupine je viac či menej plne alebo čiastočne štandardizovaných typov xDSL, prípadne aj viac variácií rovnakej technológie od viacerých výrobcov (obr. 3.1). [6, 7]



Obr. 3.1 – Rozdelenie xDSL technológií

3.1.1 Skupina HDSL

High data rate Digital Subscriber Line (HDSL) je vôbec prvou technológiou DSL, ktorá na prenos dát využíva vyššie frekvenčné pásmo na krútených pároch (angl. „twisted-pairs“) medených káblov. Vyvinutá bola v USA ako technológia pre vysokorýchlostné synchrónne okruhy používané na prepojenie miestnych ústrední, ako aj pre pripájanie firemných zákazníkov prostredníctvom okruhov štandardu T1. Tieto sa používajú v Severnej Amerike a Japonsku a pracujú s rýchlosťou 1,544 Mb/s, v ostatných častiach sveta sa používa štandard E1 s rýchlosťou 2,048 Mb/s.

Ako už bolo spomenuté v úvode kapitoly, spočiatku sa pri okruhoch T1 používalo kódovanie AMI (Alternate Mark Inversion), neskôr B8ZS (Bipolar with 8 Zeros Substitution / Binary 8 Zero Substitution). Kódovanie AMI však nedosahovalo dobré prenosové vlastnosti, signál sa pomerne rýchlo utlmoval, preto bolo potrebné inštalovať opakovače pre jeho regeneráciu na veľmi krátkych vzdialenostiach, približne každých 1,5 – 2 km. Tento problém neskôr vyriešilo práve použitie DSL technológie, keď sa prešlo na kódovanie 2B1Q, pri ktorom je dosiahnutá prenosová rýchlosť až 784 kb/s na jednom páre vedenia, pri dvoch pároch to je požadovaných 1,544 Mb/s. Technológia však spočiatku nemohla byť použitá hneď celosvetovo kvôli rozdielom v štandardoch T1 a E1. Preto bola neskôr vyvinutá modulácia CAP (Carrierless Amplitude Phase Modulation), ktorá dosiahla prenosovú rýchlosť E1 2,048 Mb/s na dvoch pároch vedenia. Nasadenie HDSL umožnilo operátorom priviesť okruh T1 resp. E1 k zákazníkovi do vzdialenosti až cca 4 km bez opakovača, v prípade potreby však bolo možné použiť až 4 opakovače, čo zvýšilo túto vzdialenosť na cca 20 km.

HDSL teda vyžaduje minimálne dva páry vedenia a existuje v dvoch variantoch, resp. v dvoch rýchlostiach – 1,544 Mb/s, čo zodpovedá štandardu T1 a 2,048 Mb/s, čo zodpovedá štandardu E1, pričom ide o symetrický prenos, čiže rýchlosť dát v oboch smeroch je rovnaká (od používateľa k poskytovateľovi – niekde označované aj ako upstream; a od poskytovateľa k používateľovi – označované tiež ako downstream). Nižšie rýchlosti je možné dosiahnuť použitím jedného alebo viacerých do multiplexu združených 64 kb/s kanálov v rámci T1/E1 rámca. Toto sa nazýva aj „channelized T1/E1“ a využíva sa práve na pripojenie používateľov nižšími rýchlosťami než je maximum, pričom rýchlosť linky sa nemení, zostáva stále na úrovni T1/E1, ale používateľovi je k dispozícii len časť pásma ($n \times 64$ kb/s).

HDSL2 je vylepšenou modifikáciou HDSL, ktorá umožňuje prenos s rovnakými rýchlosťami ako HDSL, ale iba po jednom krútenom páre metalického vedenia, z čoho vyplývajú menšie počiatkové investičné náklady. Taktiež poskytuje dosah na väčšie vzdialenosti a funguje aj na menej kvalitných vedeniach. Vďaka tomu je táto technológia pre zákazníka zaujímavejšia a dostupnejšia.

Rovnako *Symmetric DSL (SDSL)* umožňuje prenos iba po jednom páre vedenia a to až do vzdialenosti 3 km. Rýchlosti sa pohybujú od 72 kb/s až po 2,3 Mb/s oboma smermi. SDSL je určená predovšetkým pre malé a stredné podniky, ktoré nepotrebujú kvalitu prenajatých okruhov, ale je pre nich kvôli využívaniu napr. virtuálnych privátnych sietí dôležitá aj vyššia rýchlosť smerom k poskytovateľovi, ako by ponúklo napr. ADSL. Keďže SDSL využíva celé prenosové pásmo, nie je možné na rovnakom páre využívať aj 3,1 kHz telefónnu linku, ako je to napríklad pri ADSL (viď. kap. 3.1.2). [8, 9]

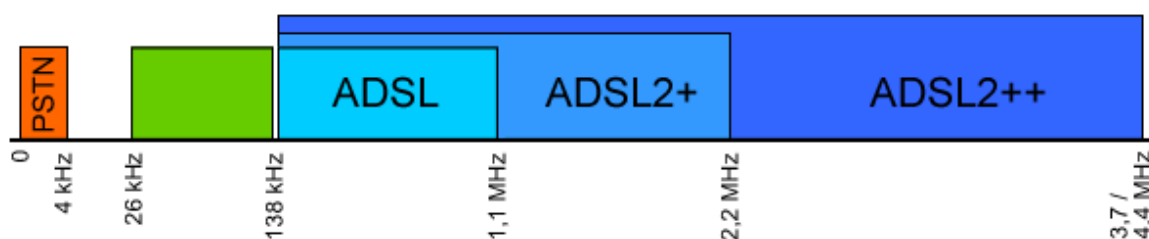
ISDN DSL (IDSL) podobne ako SDSL funguje na jednom páre vedenia a neumožňuje prenášať zároveň dáta aj hlas. Používa sa rovnaká modulácia ako pri ISDN, používateľovi je ale k dispozícii rýchlosť 144 kb/s (súčet dvoch dátových kanálov po 64 kb/s a jedného riadiaceho 16 kb/s), čiže o niečo viac ako 128 kb/s pri dvoch kanáloch ISDN. Výhodou je, že sa ale nejedná o vytáčané spojenie cez telefónnu sieť ako ISDN, ale o trvalé spojenie, čo je prijateľnejšie a cenovo výhodnejšie pre zákazníka, ktorý nemusí neustále kontrolovať počet minút, počas ktorých bol pripojený. [10]

3.1.2 Skupina ADSL

V súčasnosti asi najznámejšou a najrozšírenejšou xDSL technológiou vo svete pre pripojenie do Internetu (hlavne domácností) je práve *ADSL – Asymmetric DSL*. Ide o vysokorýchlostnú širokopásmovú technológiu, takže prenos dát prostredníctvom ADSL je v porovnaní s prenosom analógovou alebo ISDN prípojkou niekoľkonásobne vyšší. To sa dosahuje použitím frekvencií, ktoré sa bežne nepoužívajú pri hlasových telefonických hovoroch, obzvlášť frekvencie vyššie ako je schopné zachytiť ľudské ucho. ADSL umožňuje trvalý a časovo neobmedzený prenos dát nezávisle spolu s analógovou alebo ISDN telefónnou hlasovou službou na bežných medených telefónnych linkách, čiže používateľ môže napr. telefonovať alebo faxovať a súčasne sťahovať dáta z Internetu.

Existujú technické aj marketingové dôvody, prečo je ADSL často najviac ponúkaným typom pripojenia pre domácich používateľov. Z technického hľadiska je vyššia pravdepodobnosť presluchu z iných obvodov na konci vedenia pri DSLAME (stretávajú sa tam vedenia z mnohých lokálnych okruhov) ako u používateľa. Preto je signál od používateľa k poskytovateľovi najslabší práve na tomto konci, kým signál od poskytovateľa k používateľovi je tu najsilnejší. Preto je technicky rozumnejšie,

aby DSLAM prenášal vyššou rýchlosťou ako modem na používateľovom konci. Na prenos sa v tomto prípade využíva len jeden pár metalického vedenia pre každého používateľa. Pri návrhu tejto technológie sa vychádzalo z predpokladu, že bežný používateľ potrebuje odosielať len málo dát (odosielanie požiadaviek web serverom, odosielanie e-mailov, občasný prenos súborov a pod.) a naopak, veľké množstvo dát potrebuje prijímať (prehliadanie web stránok s veľkým množstvom grafiky, sťahovanie objemnejších súborov, prehrávanie multimédií a pod.), preto bolo prenosové pásmo pre smer k používateľovi a pre smer od používateľa rozdelené nesymetricky.



Obr. 3.2 – Rozdelenie frekvenčného spektra pre smer od používateľa k poskytovateľovi (tzv. upstream – zelená oblasť) a smer od poskytovateľa k používateľovi (tzv. downstream – modré oblasti) pri ADSL, ADSL2+ a ADSL2++ a súčasnom využívaní klasickej telefónnej linky (PSTN – červená oblasť)

Rýchlosti smerom k používateľovi pri základnom ADSL začínajú na 128 kb/s (aj keď v súčasnosti je u väčšiny poskytovateľov ponúkaných aspoň 512 kb/s) a môžu dosiahnuť až 8 Mb/s. V smere od používateľa môže byť rýchlosť od 64 kb/s (ponúkaných býva aspoň 128 alebo 256 kb/s) až po 1 Mb/s. Nezávisí to však len od toho, akú rýchlosť povolí poskytovateľ používateľovi, ale aj od stavu telekomunikačného vedenia a vzdialenosti používateľa od poskytovateľovho DSLAMu. Maximálne rýchlosti sú dostupné približne do 1,5 km od DSLAMu, maximálna možná vzdialenosť pre využívanie ADSL aj pri nižších rýchlostiach je približne 5 km (vid'. tab. 3.2). Uvádzané vzdialenosti sú však iba aproximáciami určenými pre používateľov ADSL služieb. Útlm signálu a pomer signálu k šumu sú určujúcimi charakteristikami a môžu sa meniť úplne nezávisle na vzdialenosti (napr. využitie iného ako medeného kábla, priemer kábla). Výkon v skutočnom svete tiež závisí od impedancie linky, ktorá sa môže dynamicky meniť v závislosti buď od počasia (veľmi časté pri starých nadzemných vedeniach) alebo od počtu a kvality spojov na danom úseku kábla. Približné maximálne rýchlosti v určitých vzdialenostiach pre rôzne xDSL technológie je možné nájsť v tab. 3.2. [11, 12]

Akousi odľahčenou verziou ADSL je tzv. *ADSL LITE*, známa tiež pod označením *ADSL G.Lite*, ktorá sa vyznačuje jednoduchším a lacnejším prevedením, maximálnou prenosovou rýchlosťou do 1,5 Mb/s v smere od poskytovateľa k používateľovi, resp. do 512 kb/s v opačnom smere, čo je síce postačujúce pre pripojenie do Internetu pre menej náročných používateľov, avšak požiadavky sú vo väčšine prípadov omnoho vyššie. Udávaná rýchlosť nie je postačujúca napríklad na prenos kvalitného digitálneho obrazového signálu. Navyše je táto technológia viac náchylná na chyby a jej prevádzka môže byť ovplyvnená aj hlasovými či dátovými službami na iných vedeniach v rovnakom zväzku káblov, napr. presluchmi medzi týmito vedeniami. [viac v 13]

Najnovšími v tejto skupine sú štandardy *ADSL2* a *ADSL2+*, vyznačujúce sa vyššou maximálnou prenosovou rýchlosťou. *ADSL2* vďaka flexibilnejším rámcom a oprave chýb ako ADSL poskytuje rýchlosť až 12 Mb/s smerom k používateľovi až do vzdialenosti 2,5 km od ústredne, resp. DSLAM-u. *ADSL2+* ďalej zvyšuje túto rýchlosť až na 24 Mb/s do vzdialenosti 1,5 km tým, že je jeho horná hranica spektra pre prenos od poskytovateľa k používateľovi posunutá až na 2,2 MHz. *ADSL2/2+* tiež ponúkajú možnosti transparentného spájania, čo umožňuje spojením viacerých liniek do jednej dosiahnuť teoreticky rýchlosť rovnajúcu sa súčtu rýchlostí všetkých použitých liniek (t.j. do 48 Mb/s pre dve linky, do 72 Mb/s pre tri linky atď.), ako aj možnosti správy napájania a transparentnú adaptáciu rýchlosti bez nutnosti resynchronizácie. [11]

Koncepcie *RE-ADSL2* a *RE-ADSL2+*, kde 'RE' znamená „Reach Extended“ (rozšírený dosah) sú dodatkom k štandardom *ADSL2/2+*, ktoré upravujú výkonové spektrum vysielaného signálu – zvyšuje sa intenzita nižších frekvencií a horné frekvenčné obmedzenie je redukované na 552 kHz. Hlavným cieľom je zvýšenie maximálnej vzdialenosti až na 7 km pri zachovaní prenosových rýchlostí *ADSL2/2+*. [11]

Rate-Adaptive DSL (RADSL) má navyše schopnosť analyzovať stav komunikačnej linky a následne jej aktuálnemu stavu prispôsobuje prenosovú rýchlosť zmenou hranice pásiem pre smery od používateľa k poskytovateľovi a od poskytovateľa k používateľovi, a to buď pri zostavovaní spojenia alebo počas prenosu na základe signálu z ústredne. [14]

Ďalším štandardom by malo byť v budúcnosti *ADSL2++*. Zvýšením hornej hranice frekvenčného spektra z 2,2 MHz (pri súčasnom *ADSL2+*) až na 3,7 alebo 4,4 MHz je možné zvýšiť hranicu teoretickej prenosovej rýchlosti až na 48 Mb/s, čo už bude porovnateľné s rýchlosťami technológií *VDSL*. Zatiaľ však nie je jasné, či sa bude tento štandard skutočne realizovať, a ak áno, čo ponesie označenie *ADSL2++*. [15]

ADSL existuje s dvomi typmi modulácií – *CAP* a *DMT* (Discrete MultiTone). *CAP* bola štandardom pre *ADSL* do roku 1996; až 90% prípojok realizovaných v tomto období používa túto moduláciu. *DMT* sa stala štandardom aj podľa *ITU-T*, preto všetky moderné inštalácie *ADSL* už používajú *DMT* moduláciu.

bežne používaný názov	štandard	max. rýchlosť od poskytovateľa k používateľovi [Mb/s]	max. rýchlosť od používateľa k poskytovateľovi [Mb/s]
ADSL	ANSI T1.413-1998 Issue 2	8	1
ADSL (G.DMT)	ITU-T G.992.1	8	1
ADSL over POTS	ITU-T G.992.1 Annex A	8	1
ADSL over ISDN B	ITU-T G.992.1 Annex	8	1
ADSL Lite (G.Lite)	ITU-T G.992.2	1,5	0,5
ADSL2	ITU-T G.992.3	12	1
ADSL2	ITU-T G.992.3 Annex J	12	3,5
RE-ADSL2	ITU-T G.992.3 Annex L	5	0,8
ADSL2 (G.Lite)	ITU-T G.922.4	12	1
ADSL2+	ITU-T G.992.5	24	1
RE-ADSL2+	ITU-T G.992.5 Annex L	24	1
ADSL2+	ITU-T G.992.5 Annex M	24	3,5
ADSL2++ (?)	plán	48	?

Tab. 3.1 – Maximálne prenosové rýchlosti pre rôzne štandardy *ADSL* [11, 15]

3.1.3 Skupina VDSL

Najperspektívnejšími DSL technológiami na metalických vedeniach do budúcnosti sú VDSL – *Very High Bit-rate DSL* (štandard ITU G.993.1) a tiež novšia VDSL2 (ITU G.993.2). Podobne ako ADSL aj VDSL poskytuje prenos po jednom krútenom páre vedenia a je založená na asymetrickom rozložení prenosovej kapacity. Rýchlosť od poskytovateľa k používateľovi môže byť až 52 Mb/s, opačným smerom do 12 Mb/s; je však možné nastaviť aj symetrický prenos, rýchlosť linky pre každý smer bude potom 26 Mb/s. Pre dosiahnutie týchto rýchlostí bolo potrebné rozšíriť prenosové pásmo. Veľká časť tohto pásma môže byť ale rôznymi zdrojmi rušená, preto aj maximálna vzdialenosť od ústredne, resp. koncového bodu poskytovateľa, je podstatne menšia ako u ADSL – iba 1,2 km a maximálne prenosové rýchlosti sú dosiahnuteľné iba do vzdialenosti cca 300 m. VDSL2 ponúka symetrické alebo asymetrické rýchlosti až do 200 Mb/s vo frekvenčnom pásme až do 30 MHz. Táto rýchlosť však vo vzdialenosti 500 m klesá na 100 Mb/s a vo vzdialenosti 1 km na 50 Mb/s.

S VDSL sa uvažuje ako o poslednom kroku v postupnom prechode od metalických vedení k optickým. Nasvedčuje tomu maximálna možná vzdialenosť, prenosové rýchlosti a aj topológia siete, v ktorej sa uvažuje o optických riešeniach. Momentálne sa začínajú rozširovať riešenia FTTB a FTTN (viď. kap. 3.4.2); FTTB predpokladá s využitím VDSL vo veľkých spoločnostiach a obchodných centrách, FTTN zasa v domácnostiach vo viacposchodových obytných domoch. [6, 7, 16, 17]

Technológia / vzdialenosť [km]	ADSL	ADSL2	ADSL2+	VDSL	VDSL2
maximum	8	13	24,5	50	200
0,5	8	9,7	18	32	100
1	8	9,5	15,6	26	50
2	8	8,5	13	12	-
3	7,4	7,5	9,2	-	-
4	5,7	6	6,3	-	-
5	3,5	3,7	3,7	-	-
6	1,5	1,8	1,8	-	-

Tab. 3.2 - Orientačná rýchlosť rôznych xDSL technológií [Mb/s] v závislosti na vzdialenosti [12, 17]

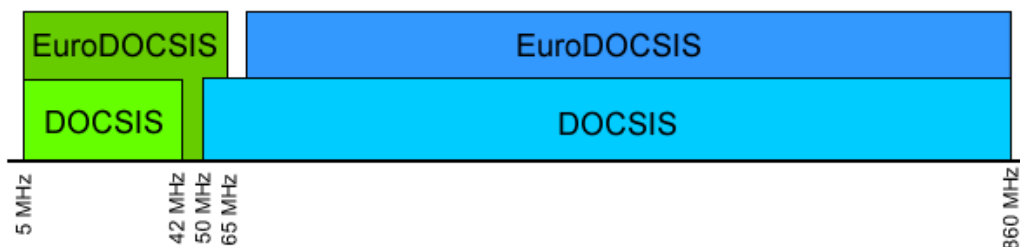
3.2 Technológie na koaxiálnych metalických vedeniach - DOCSIS

Data Over Cable Service Interface Specification (DOCSIS) je medzinárodný štandard vytvorený spoločnosťou CableLabs a podporovaný mnohými významnými spoločnosťami ako ARRIS, Broadcom, Cisco, Conexant, Correlant, Intel, Motorola, Terayon a Texas Instruments a ďalšími. Definuje komunikačnú a operatívnu podporu pre širokopásmový prenos dát po koaxiálnych vedeniach (po infraštruktúre káblovej televízie). DOCSIS používa mnoho káblových operátorov po celom svete pre prístup ich zákazníkov do Internetu prostredníctvom hybridnej opticko-koaxiálnej (HFC) siete.

Prvá špecifikácia (1.0) bola vydaná už v marci 1997, tá ale ešte neumožňovala obojsmerný prenos dát, na prenos od používateľa bolo preto potrebné použiť napr. telefónnu linku. O dva roky neskôr nasledovala revízia 1.1, ktorá doplnila obojsmerný prenos a podporu služieb v reálnom čase (napr. IP telefónia). Požiadavky na vyššie rýchlosti a implementovanie QoS znamenali na konci roka 2001 vydanie DOCSIS 2.0, ktorá bola spätne kompatibilná s DOCSIS 1.0/1.1. Zatiaľ posledná špecifikácia z augusta 2006 nesie označenie 3.0 a znovu priniesla zvýšenie prenosových rýchlostí a podporu Internet Protokolu verzie 6 (IPv6). Tiež je už v tejto verzii možné spájanie viacerých kanálov pre jedného užívateľa (tzv. channel bonding).

Keďže frekvenčné TV pásmo je medzi USA a európskymi krajinami rozdielne, bol DOCSIS modifikovaný aj pre použitie v Európe a publikovaný pod označením EuroDOCSIS. Základným rozdielom je šírka TV kanálu – kým v Severnej a časti Južnej Ameriky a tiež v Japonsku sa používa systém NTSC (National Television Standards Committee) so šírkou kanála 6 MHz, v európskych káblových sieťach je to štandard PAL (Phase Alternating Line), ktorý má šírku kanála 8 MHz. To umožňuje využiť väčšiu šírku pásma, čo prináša väčší dátový tok. Určité rozdiely sú aj v Japonskom TV systéme, preto sa aj tam používa čiastočne upravená verzia DOCSIS. Niektoré špecifikácie boli schválené aj ITU-T ako medzinárodný štandard (vid'. tab. 3.3). Frekvenčné pásmo je podobne ako pri technológiách ADSL rozdelené nesymetricky, pre prenos od používateľa k poskytovateľovi slúžia frekvencie od 5 do 42 MHz pre DOCSIS, resp. od 5 do 65 MHz pre EuroDOCSIS. Pre smer od poskytovateľa k používateľovi sú to potom vyššie frekvencie až do 860 MHz – táto časť pásma je ale súčasne využívaná pre prenos rozhlasových a TV kanálov, preto nemôžu byť využité všetky frekvencie na prenos dát.

Koaxiálne káble majú schopnosť prenosu signálu až do 3 GHz, preto je možné, že sa neskôr budú využívať aj tieto vysoké frekvencie. Spodné pásmo sa okrem prenosu dát od používateľa využíva aj na monitoring siete, signalizáciu a káblovú telefóniu. [18]



Obr. 3.3 – Rozdelenie frekvenčného spektra pre smer od používateľa k poskytovateľovi (zelené pásmo) a od poskytovateľa k používateľovi (modré pásmo)

špecifikácia	ITU-T odporúčanie	max. rýchlosť od poskytovateľa k používateľovi [Mbit/s]	max. rýchlosť od používateľa k poskytovateľovi [Mbit/s]
DOCSIS 1.0		42	10
DOCSIS 1.1	ITU J.122 Annex B (Annex C pre Japonsko)	42	10
DOCSIS 2.0	ITU J.122 (Annex J pre Japonsko)	42	30
DOCSIS 3.0		160	120
EuroDOCSIS 1.0		57	10
EuroDOCSIS 1.1	ITU J.122 Annex B	57	10
EuroDOCSIS 2.0	ITU J.122 Annex F	66	30
EuroDOCSIS 3.0		200	120

Tab. 3.3 – Špecifikácie a maximálne prenosové rýchlosti technológie DOCSIS [19]

Špecifikácie DOCSIS 1.0 a 1.1 definujú šírku kanálu v rozsahu 200 kHz až 3,2 MHz, DOCSIS 2.0 až do 6,4 MHz. Pre prenos dát smerom k používateľovi sa využívajú modulácie 64-QAM alebo 256-QAM, pre opačný smer QPSK a 16-QAM, pričom DOCSIS 2.0 definuje pre tento smer aj 32-, 64- a 128-QAM. Zaujímavosťou pri tejto technológii je, že maximálna prenosová rýchlosť každého užívateľa je nastavená konfiguračným súborom priamo v užívateľovom káblovom modeme; súbor si modem stiahne po prihlásení sa do siete. Mnoho užívateľov sa preto pokúša rôznymi spôsobmi tento súbor v modeme upraviť s cieľom dosiahnuť vyššiu prenosovú rýchlosť. [19]

3.3 Technológie na energetických vedeniach - PDSL

Energetické vedenia sú primárne určené na distribúciu elektrickej energie, no keďže energetická sieť je najrozsiahlejšou a najhustejšou sieťou na svete, skrýva veľký potenciál aj pre prenos dát či hlasu. Elektrické prípojky totiž vedú do každej domácnosti a firmy aj v menej rozvinutých regiónoch, preto nie je potrebné budovať nové vedenia pre dátové prenosy. Stačí na existujúce vedenia nasadiť vhodnú technológiu – aj v tejto oblasti sa ich niekoľko rozvíja, napríklad technológie *PDSL – Power Line DSL*.

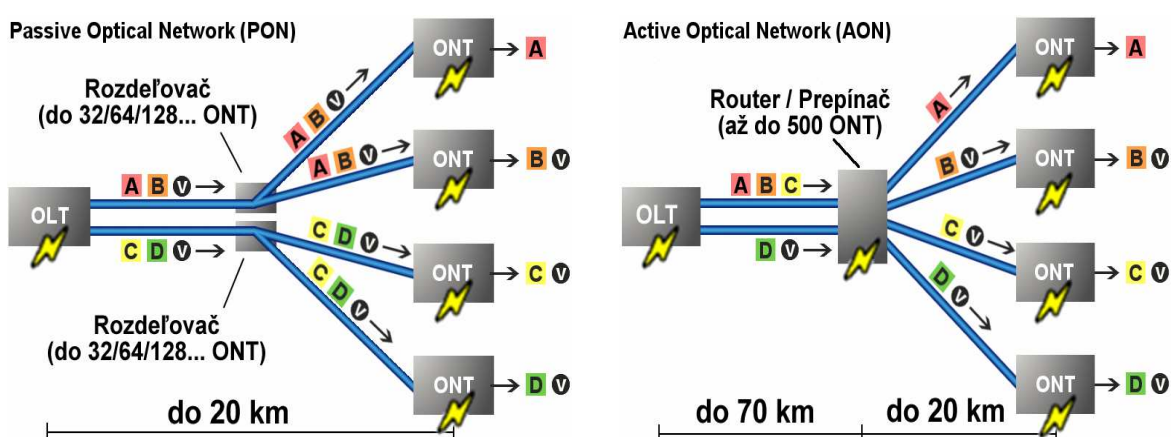
Aj za týmito riešeniami sa však skrýva mnoho negatív a podmienky na realizáciu dátového prenosu sú viac než nevhodné. Z najvýznamnejších negatívnych činiteľov treba spomenúť frekvenčne a časovo závislé tlmenie prenosového média, viaccestné šírenie sa signálu, silný časovo-premenlivý nebiely šum a rôzne formy impulzného šumu. Podobné negatívne vplyvy sa vyskytujú aj pri niektorých formách bezdrôtovej komunikácie, preto sa pri návrhoch uvažuje aj s využitím poznatkov a postupov z tejto oblasti a zároveň sa robia analýzy pre rôzne modulácie a kódovania. [6, 7]

3.4 Technológie na optických vedeniach

3.4.1 Pasívne a aktívne optické siete

Pasívna optická sieť (*Passive Optical Network – PON*) je sieť s architektúrou bod-multibod, v ktorej sú použité pasívne rozdeľovače (t.j. nepotrebuje vlastné napájanie elektrickou energiou). PON umožňuje prostredníctvom jedného optického vlákna prenášať dátové signály do viacerých koncových bodov. Pozostáva z ukončenia optickej linky (Optical Line Termination – OLT) na strane poskytovateľa a optickej sieťovej jednotky (Optical Network Terminal – ONT / Optical Network Unit – ONU) na strane používateľa. ONT/ONU zabezpečujú konverziu optického signálu na elektrický a naopak. Vlákna a rozdeľovače medzi OLT a ONT/ONU tvoria optickú dátovú sieť (Optical Distribution Network – ODN), vid' obr. 3.4.a a 3.5. 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 ceste. Takisto odpadá potreba priviesť do miesta, kde sa nachádza rozdeľovač, zdroj elektrickej energie, ako je to u *AON – aktívnych optických sietí*. Tie využívajú aktívne prepínače a routre – obr. 3.4.b.

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. Naopak, signály v opačnom smere sú vysielané použitím časového multiplexu TDMA. V AON sa v prepínačoch signály rozdeľujú a adresujú, takže každá ONT dostane len tie dáta, ktoré sú jej adresované. Pre každý vysielač smer môžu byť použité buď dve samostatné vlákna, alebo jedno spoločné vlákno, kde signály pre každý smer majú rôznu vlnovú dĺžku. [viac v 20, 21]



Obr. 3.4.a – PON (vľavo) a 3.4.b – AON (vpravo)

A B C dátové toky pre jednotlivých používateľov, V multicast video, ⚡ napájanie [21]

Štandardy PON:

- **APON – Asynchronous Transfer Mode PON** – jedná sa o vôbec prvý PON štandard vyvinutý v 90-tych rokoch minulého storočia, ako už z názvu vyplýva, pracuje na báze ATM. Bol primárne určený pre firemné aplikácie.
- **BPON – Broadband PON** je štandard vychádzajúci z APON, je však pridaná podpora vlnového multiplexu WDM, dynamická alokácia pásma pre smer od používateľa k poskytovateľovi a štandardné rozhranie pre manažment. APON aj BPON poskytujú rýchlosti 622 Mb/s pre downstream a 155 Mb/s pre upstream
- **GPON – Gigabit PON** poskytuje vďaka vylepšeniam vo využití pásma a paketov rýchlosti až 2,488 Gb/s pre smer k používateľovi a 1,244 Gb/s v opačnom smere. Ďalej je vylepšená bezpečnosť a pridaná možnosť použiť rôzne štandardy na druhej vrstve (ATM, Ethernet, GEM). GEM (GPON Encapsulation Method) umožňuje lepšiu správu dátovej prevádzky a segmentáciu rámcov, čo zároveň zlepšuje QoS

- **EPON – Ethernet PON** je štandardom IEEE od roku 2004 ako súčasť projektu Ethernet in the First Mile (EFM), využíva Ethernetové rámce, prenosová rýchlosť je približne 1Gb/s symetricky. V súčasnosti sa už vyvíja aj štandard s rýchlosťou až 10 Gb/s označovaný ako XEPON, resp. 10-GEPON

WDM-PON (Wavelength Division Multiplexing PON) je optická sieť využívajúca viac vlnových dĺžok v jednom vlákne súčasne na zabezpečenie väčšej šírky pásma pre prenos dát v oboch smeroch. Technológia v budúcnosti uspokojí požiadavky používateľov po vyšších rýchlostiach za nižšie ceny aj na dlhšie vzdialenosti. Zároveň umožní vytvoriť niekoľko nezávislých virtuálnych PON na jednej infraštruktúre. Viac o PON v [20].

3.4.2 Architektúry FTTx

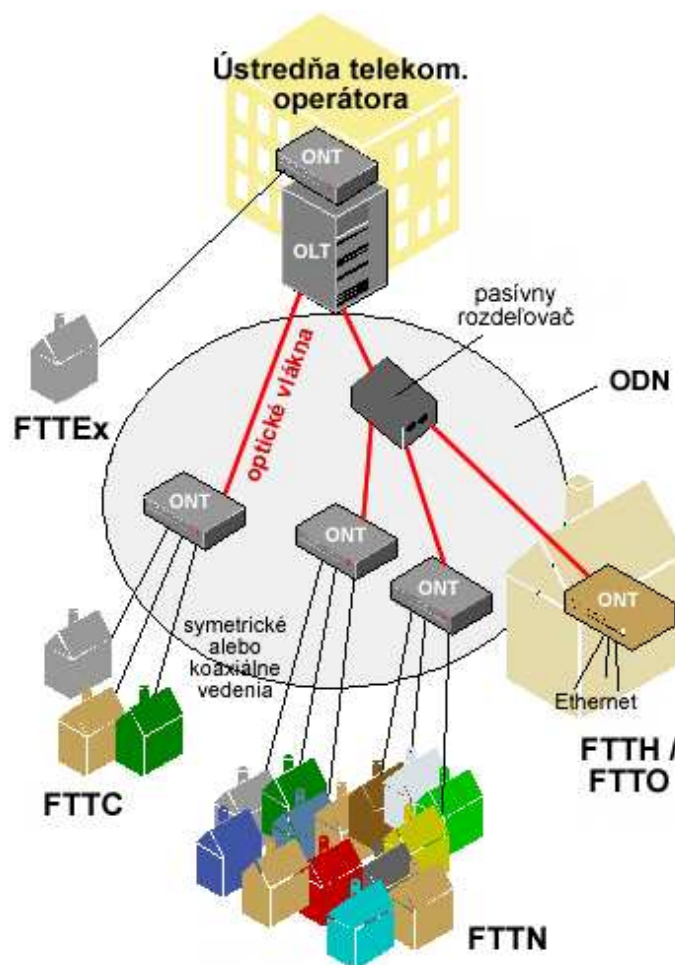
FTTx (Fiber To The x – Vlákno k ...) je technológia využívajúca optické vedenia v kombinácii s metalickými. Určená je pre pripojenie malých a stredných firiem a tiež domácich používateľov. FTTx je známa už vyše 10 rokov, nejde teda o novinku, odvtedy sa však zdokonaľuje. Pre používateľov môže poskytnúť rýchlosti od niekoľko Mb/s až 100 Mb/s a viac v závislosti od typu použitej technológie FTTx.

Riešenia FTTx:

- Fiber-to-the-Exchange (FTTEx) – vlákno do ústredne
- Fiber-to-the-Cabinet (FTTCab) – vlákno ku skrinke v teréne
- Fiber-to-the-Curb (FTTC) – vlákno k obrubníku
- Fiber-to-the-Node/Neighborhood (FTTN) – vlákno k uzlu (do blízkosti domov)
- Fiber-to-the-Building (FTTB) – vlákno do budovy
- Fiber-to-the-Office (FTTO) – vlákno do kancelárie
- Fiber-to-the-Home (FTTH) / Fiber-to-the-Premise (FTTP) – vlákno do domu

Prvých 5 riešení je kombináciou optických a metalických vedení – optické vlákno vedie od poskytovateľa pripojenia k uzlu, ktorý môže byť na ústredni alebo v teréne bližšie k používateľom a používatelia sú k tomuto uzlu pripojení existujúcimi metalickými vedeniami nachádzajúcimi sa v teréne resp. v budove. Pri FTTEx je optické vlákno

ukončené už v ústredni, pri zvyšných štyroch technológiách z tejto skupiny je vyvedené do skrinky v teréne (FTTCab), resp. do skrinky v blízkosti bloku domov alebo budov (FTTC, FTTN) alebo až priamo do budovy (FTTB). V uzle sú uložené ONU a z nich sú používatelia ďalej pripojení metalickými vedeniami. Na týchto vedeniach sa využívajú najmä technológie xDSL (viď. kap. 3.1), pričom implementácia konkrétnej technológie závisí od vzdialenosti uzla a používateľa. Pri všetkých spomenutých riešeniach je väčšinou možné vzhľadom na krátku vzdialenosť použiť najrýchlejšie technológie VDSL a VDSL2 (viď. kap. 3.1.3), pri FTTEx (resp. aj iných) to môžu byť pri väčšej vzdialenosti aj technológie zo skupiny ADSL (viď. kap. 3.1.2). Ako alternatíva k xDSL technológiám môže byť použitý napríklad Ethernet alebo aj koaxiálne vedenia a technológie DOCSIS (viď. kap. 3.2) namiesto symetrických vedení. Výhodou týchto riešení je lacnejšia realizácia, keďže nie je potrebné zaviesť optické vlákno až k používateľovi, nevýhodou ale zostáva obmedzenie metalických vedení, ktoré neumožňujú poskytnúť plnú prenosovú rýchlosť optických vedení až k používateľom.

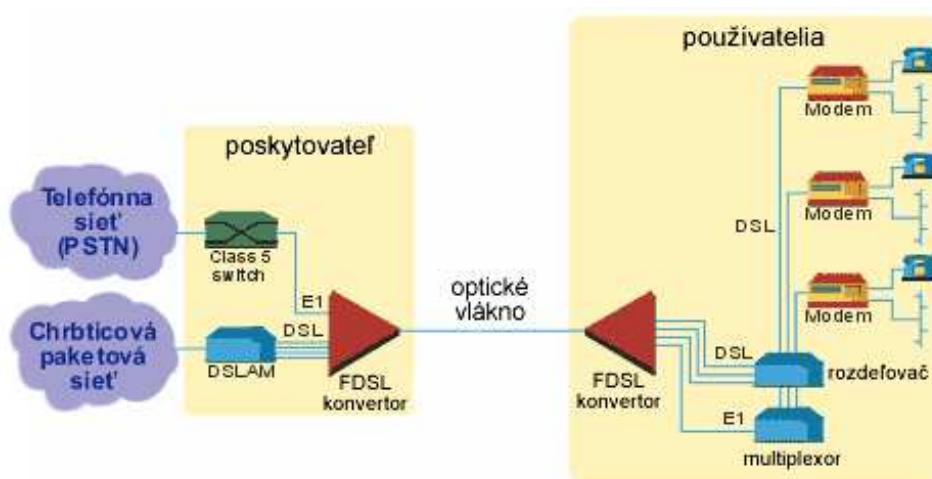


Obr. 3.5 – Porovnanie rôznych riešení FTTx

FTTO a FTTH/FTTP sú čisto optické riešenia, kde optické vlákno je privedené až ku koncovému používateľovi, t.j. až do sídla firmy alebo do domácnosti po účastnícku zásuvku (ONT sa nachádza u používateľa). Potom už záleží len na používateľovi, ako si rozvedie signál ku všetkým zariadeniam – najčastejšie sa používa Ethernet (100-megabitový alebo gigabitový). Výhodou týchto riešení sú vysoké prenosové rýchlosti, ktoré ponúkajú optické vedenia, nevýhodou je vyššia počiatočná investícia súvisiaca s nutnosťou inštalácie optických vedení. Viac v [22].

3.4.3 FDSL

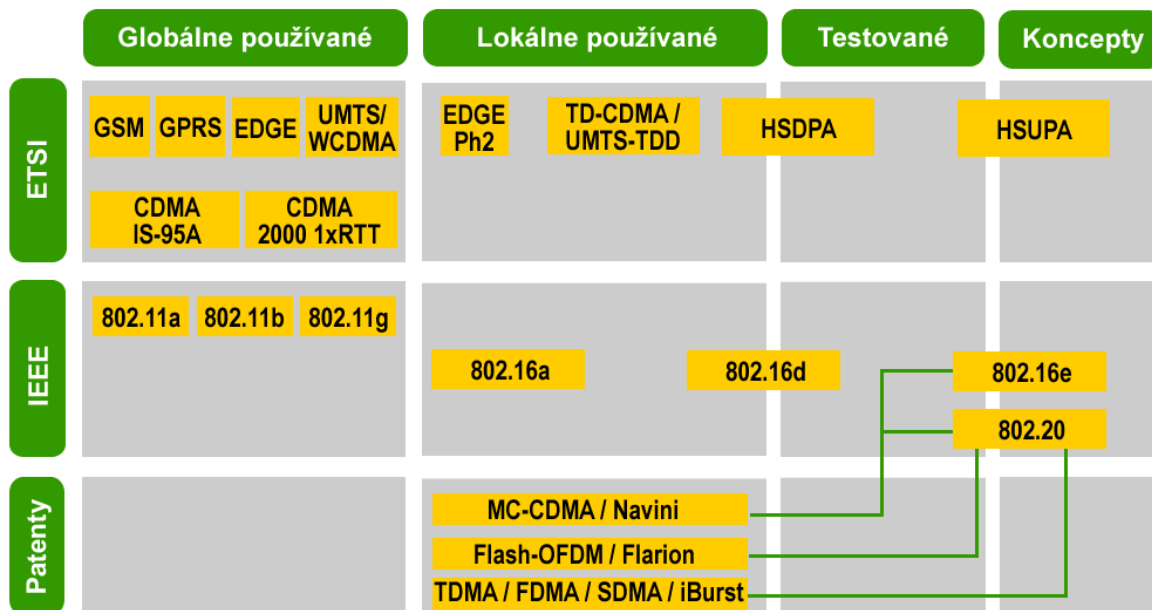
Fiber DSL (FDSL) je ďalšou z rodiny technológií xDSL (obr. 3.1). Jej úlohou je v prvom rade zvýšiť dosah ostatných xDSL technológií pracujúcich na metalických vedeniach, najmä VDSL, ktorej dosah je len pár km. Opticko-metalické topológie typu FTTx sú určitým riešením, majú ale aj množstvo nevýhod, predovšetkým rozhranie optické vlákno – metalické vedenie je situované v nepriaznivom prostredí, ktoré definuje obmedzenia na rozmery, energetickú spotrebu a možnosti chladenia zariadení. Princíp FDSL spočíva v tom, že sa signál z DSLAM portov priamo konvertuje do optickej podoby a pomocou spoločných optických vlákien môže byť prenesený až do vzdialenosti 20 km, kde je spätne prekonvertovaný na elektrický signál a ku koncovému účastníkovi dovedený pomocou ktorejkoľvek inej xDSL technológie (obr. 3.6). Výhodou takéhoto riešenia je transparentnosť, jednoduchosť a variabilita, možno ho kombinovať s rôznymi xDSL technológiami. [6, 7]



Obr. 3.6 – Topológia FDSL

3.5 Technológie pre prenos vo voľnom priestranstve

V tejto oblasti existuje niekoľko technológií, či už sú to rôzne štandardy používané pri dátových prenosoch v mobilných sieťach 2. a 3. generácie ako GPRS/EDGE, UMTS alebo CDMA, alebo tiež bezdrôtové siete na báze WiFi či WiMAX. Vývoj mobilných sietí pre rýchle dátové prenosy je zobrazený na obr. 3.7:



Obr. 3.7 – Vývoj mobilných sietí pre rýchle dátové prenosy [23]

3.5.1 Dátové prenosy v mobilných sieťach 2. generácie

Posledné desaťročie vo svete dominuje sieť druhej generácie GSM (Global System for Mobile communication), ktorú je možné nájsť na všetkých kontinentoch. Napriek tomu existuje množstvo jej konkurentov, ako napr. CDMA, ktorú nájdeme prevažne v Amerike a východnej Ázii alebo rôzne regionálne siete, ktorých hlavnou baštou je Japonsko (napr. PHS, PDC) alebo Severná Amerika (iDEN). Sieť GSM využíva v súčasnosti celosvetovo približne 70% telefonujúcich [viac v 24]. V tejto sieti je možné prenášať dáta pomocou technológií CSD, HSCSD alebo GPRS, umožňujú však prenos maximálne teoretickou rýchlosťou do 80 kb/s (v praxi sú tieto rýchlosti oveľa menšie), pri nastavení GPRS – technológii EDGE je maximálna rýchlosť 384 kb/s (reálne okolo 200 kb/s) [viac v 25].

CDMA2000 je protokolom pre 2. aj 3. generáciu mobilných sietí využívajúci kódový multiplex CDMA (Code Division Multiple Access). Štandard CDMA2000 1xRTT

je podobne ako EDGE v GSM označovaný ako sieť 2,5G a ponúka prenosové rýchlosti do 144 kb/s. Technológie v mobilných sieťach 2. generácie však kvôli nízkym prenosovým rýchlostiam nie sú vhodné pre moderné služby ako prenos videa alebo VoIP, hodia sa len na mobilné pripojenie do internetu nižšími rýchlosťami. Vyššie rýchlosti ponúkajú až siete 3. generácie (UMTS, CDMA2000 EV-DO) a ich nadstavby, alebo technológie ako Flash-OFDM, či Wi-Fi alebo WiMAX, ktoré sú bližšie popísané v nasledujúcich kapitolách a porovnanie ich prenosových rýchlostí je v tab. 3.4.

3.5.2 Mobilné siete 3. generácie – UMTS, CDMA2000 EV-DO

UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) ako štandard používa kódový multiplex W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) a ponúka dátové prenosy rýchlosťou maximálne 384 kb/s. Rozširovanie UMTS je kvôli finančnej náročnosti pomalé. Hoci časť sieťovej štruktúry je zdieľaná s GSM sieťou, čo je plus pre existujúcich operátorov na GSM, drahé sú však licencie na frekvenčné spektrá a tiež prebudovanie alebo výstavba nových základňových staníc. Práve kvôli tomu uprednostnilo veľa operátorov technológiu EDGE ako dočasnú náhradu 3G. Vyššie rýchlosti ponúkajú až nadstavby HSDPA a HSUPA. *High-Speed Downlink Packet Access (HSDPA)* je protokol označovaný tiež ako „3,5G“ založený na niekoľkých inováciách architektúry siete, vďaka ktorým dosahuje menšie oneskorenie, rýchlejšie reakcie na zmenu kvality kanálu a spracovanie požiadavky na opakovanie prenosu. Teoreticky ponúka zdieľané rýchlosti v smere od základňovej stanice k používateľovi do 14,4 Mb/s (maximálna rýchlosť na jednu bunku), efektívne rýchlosti budú podstatne nižšie – očakáva sa, že mobilné terminály budú môcť využívať maximálnu rýchlosť 1,8 Mb/s. *High-Speed Uplink Packet Access (HSUPA)* umožňuje výrazne zvýšiť prenosovú rýchlosť odosielania dát (t.j. v smere od používateľa k základňovej stanici) a to až na 5,76 Mb/s. Označovaný je tiež ako „3,75G“. Na vývoji tohto protokolu sa stále pracuje. [viac v 25]

Pri CDMA2000 až štandard *1xEV-DO (Evolution – Data Optimized / Evolution – Data Only)* je štandardom pre 3G siete. Existuje viacero verzií (Rev. 0, Rev. A a Rev. B), ktoré sa líšia maximálnymi prenosovými rýchlosťami (vid'. tab. 3.4). Najnovšia Rev. B poskytuje rýchlosti až 4,9 Mb/s pre smer k používateľovi a 1,8 Mb/s pre opačný smer, pričom je možné za účelom znásobenia rýchlostí spájať a súčasne využívať niekoľko kanálov pre jedno pripojenie. Rev. A a B tiež podporujú aj QoS a VoIP. [viac v 25]

3.5.3 Flash-OFDM

Flash-OFDM (Fast Low-latency Access with Seamless Handoff Orthogonal Frequency Division Multiplexing) je systém vyvinutý spoločnosťou Flarion založený na OFDM (vid'. [28]), kde špecifikuje vyššie protokolové vrstvy. Poskytuje maximálne prenosové rýchlosti do 5,3 Mb/s pre smer od poskytovateľa k používateľovi a 1,8 Mb/s pre opačný smer, čím konkuruje dátovým prenosom v sieťach 3G, klasické telefonovanie prostredníctvom tejto technológie ale nie je možné. Technológia môže využívať napríklad voľné frekvencie v pásme 450 MHz, ktoré predtým využívala analógová mobilná sieť 1. generácie NMT. Flash-OFDM zatiaľ nie je veľmi rozšírený, využívajú ho operátori v niektorých štátoch USA, Nórsku a Slovensku, v pláne je spustenie vo Fínsku. Zaujímavejšou bude určite nová verzia s prívlastkom „Flexband“, ktorá je stále vo vývoji, ale po spustení by mala ponúknuť rýchlosti až do 15,9 Mb/s pre smer k používateľovi a 5,4 Mb/s pre opačný smer. [viac v 23, 26]

3.5.4 Wi-Fi

Wi-Fi (Wireless Fidelity) je označenie pre lokálne bezdrôtové siete (WLAN) založené na štandardoch IEEE 802.11x. Wi-Fi bolo pôvodne vyvinuté pre mobilné zariadenia, napr. pripojenie laptopov do lokálnych sietí LAN, dnes sa však používa v mnohých iných zariadeniach, počnúc mobilnými telefónmi na prístup do internetu alebo využívanie VoIP, cez herné konzoly, či v poslednej dobe aj TV prijímače, DVD prehrávače, kamery a iné zariadenia. Ďalšie štandardy z rodiny Wi-Fi sú vyvíjané pre implementáciu inteligentných systémov do áut, ktoré zvýšia bezpečnosť a ponúknu ďalšie služby. Pripojenie cez Wi-Fi môže byť realizované ako bod-bod (napr. prepojenie dvoch laptopov), alebo ako bod-multibod (pripojenie viacerých zariadení k jednému bodu, tzv. access-pointu). Maximálne rýchlosti pri Wi-Fi môžu dosiahnuť 11 Mb/s pre štandard 802.11b alebo až 54 Mb/s pri štandardoch 802.11a a 802.11g, najnovší štandard 802.11n ponúkne vyše 100 Mb/s. Rýchlosti sú ale v skutočnosti nižšie, závisia od vzdialenosti pripojených bodov a tiež od prekážok medzi nimi. S Wi-Fi sa najčastejšie stretávame vo firmách alebo v domácnostiach, kde nahrádzajú alebo dopĺňajú káblové lokálne siete, a tiež sa inštalujú na miestach s veľkou koncentráciou ľudí, kde sú zdarma alebo za poplatok prístupné pre širokú verejnosť (najčastejšie námestia, letiská a stanice, školy a pod.) – takéto access-pointy sa nazývajú „hotspoty“. [viac v 27]

3.5.5 WiMAX

Technológia WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) je založená na štandardoch IEEE 802.16 a určená predovšetkým pre prenos dát vo vonkajšom prostredí na väčšie vzdialenosti a v metropolitných sieťach. Podporuje jednak spojenie dvoch zariadení (bod-bod) a dokáže fungovať aj ako mobilný bunkový systém. WiMAX Forum popisuje túto technológiu ako „štandardizovaná technológia poslednej míle poskytujúca širokopásmový bezdrôtový prístup, je alternatívou k xDSL a pripojeniam cez siete káblových televízií“. Podľa špecifikácie 802.16a je dosah 40-70 km a maximálna prenosová rýchlosť do 70 Mb/s (iba na veľmi krátke vzdialenosti, obyčajne je to cca 10 Mb/s pri 10 km), zatiaľ najnovšia špecifikácia 802.16e ponúka vylepšenia pre mobilitu (dobré vlastnosti aj v prípade, že sú pripojení účastníci v pohybe) – nazýva sa aj „Mobilný WiMAX“. Popri WiMAX-e sa vyvinuli aj ďalšie lokálne používané technológie, napr. v Južnej Kórei WiBro alebo HIPERMAN v Európe. [viac v 28]

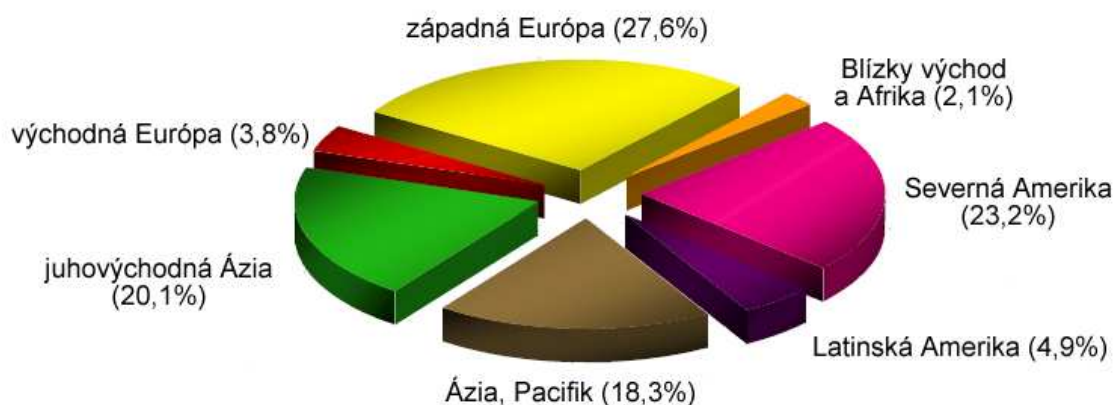
technológia	max. rýchlosť od poskytovateľa k používateľovi [Mb/s]	max. rýchlosť od používateľa k poskytovateľovi [Mb/s]
UMTS	0,384	0,384
UMTS + HSDPA + HSUPA	14,4	5,8
UMTS TDD	16	16
LTE UMTS (4G – vo vývoji)	>100	>50
CDMA2000 1xEV-DO Rev. 0	2,5	0,15
CDMA2000 1xEV-DO Rev. A	3,1	1,8
CDMA2000 1xEV-DO Rev. B	Nx4,9 (až do 73,5)	Nx1,8 (až do 27)
Flash-OFDM	5,3	1,8
Flash-OFDM Flexband	15,9	5,4
Wi-Fi	54	54
WiMAX	70	70
HIPERMAN	56,9	56,9
WiBro	50	50
iBurst	64	64

Tab. 3.4 – Porovnanie prenosových rýchlostí mobilných sietí 3. generácie a ďalších bezdrôtových technológií [23, 28]

4. Širokopásmové technológie vo svete – stav a trendy vývoja

Celosvetový trh širokopásmových prípojk pravidelne analyzuje britská spoločnosť Point Topic už od roku 2002. Štatistiky zverejňované štvrťročne zahŕňajú technológie xDSL, pripojenie cez koaxiálne vedenia káblovej televízie (ďalej „káblové modemy“) a v poslednom čase aj rozvíjajúce sa FTTx technológie. Najnovšia analýza z marca 2007 mapuje stav v závere roka 2006 v 98-mich krajinách sveta s počtom prípojk 100000 a viac. Údaje sú čerpané z [29].

Koncom roka 2006 bolo vo svete 281,5 milióna širokopásmových prípojk, čo predstavuje štvrťročný nárast o 6,8% oproti septembru 2006, resp. medziročný nárast o 31,1% oproti decembru 2005. Širokopásmový prístup má podľa štatistík približne 5,4% svetovej populácie, pričom najvyššia penetrácia je v západnej Európe a Severnej Amerike – 19% resp. 19,7%. Celkový rast počtu prípojk sa však v posledných mesiacoch spomalil, a to najmä v regiónoch, kde je trh už pomerne nasýtený (východná Ázia, Severná Amerika). Naopak, k zrýchleniu rastu došlo v troch regiónoch zo siedmich, najmä v krajinách, kde širokopásmové technológie prišli neskôr. Z hľadiska štvrťročného nárastu si prvenstvo udržala východná Európa so 14,2% (+0,8%), nasleduje región Blízkeho východu a Afriky s 13,3% (+1%) a Latinská Amerika s 10,6% (-1%). Penetráciu vo svete ovplyvňujú aj faktory ako geografické členenie, rozloženie populácie, kúpyschopnosť obyvateľstva a vývoj telekomunikačných sietí. Zrýchlenie rastu bolo zaznamenané ešte v Západnej Európe zo 6,1% na 7,9%. Západná Európa je zároveň regiónom s najväčším podielom z celkového počtu prípojk – nachádza sa ich tam vyše štvrtina (27,6%). Podiely v ostatných regiónoch je možné vidieť v nasledujúcom grafe (obr. 4.1):

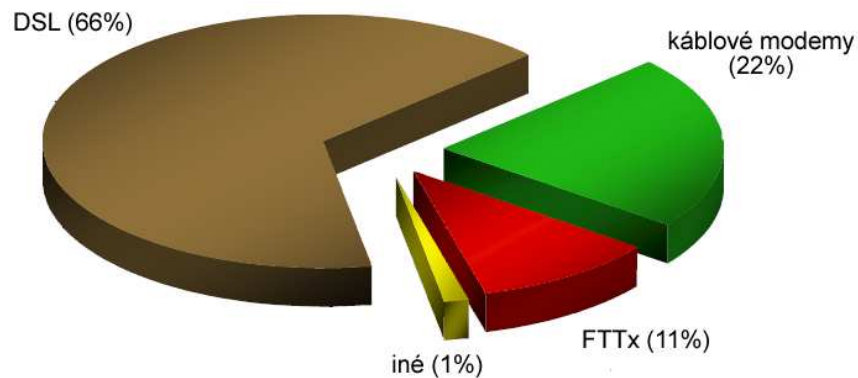


Obr. 4.1 – Percentuálne porovnanie počtu širokopásmových prípojk vo svete podľa regiónov

Najviac širokopásmových prípojok sa koncom roka 2006 nachádzalo v USA (57,3 milióna), za nimi nasleduje Čína (51,9 milióna). Rozdiel v počte prípojok medzi týmito dvomi krajinami sa za posledný kvartál zmenšil o pol milióna a je predpoklad, že Čína už čoskoro USA dobehne, resp. predbehne, najmä vďaka tamojšiemu programu pre pripojenie všetkých miest do Internetu „Cun Cun Tong“. Prvú trojku uzatvára Japonsko, z Európskych krajín je na tom najlepšie Nemecko na štvrtom mieste, tesne za ním je Južná Kórea. Nielen spomenutému programu, ale aj veľkosti tamojšieho trhu vďaka Čína za prvenstvo v rebríčku krajín s najväčším prírastkom prípojok za posledný rok, pribudlo ich tam vyše 14 miliónov. O 3 milióny nových prípojok menej pribudlo v USA, ktoré tiež disponujú pomerne veľkým trhom, nasleduje Nemecko, Francúzsko a Japonsko. Úplne iné poradie je podľa percentuálneho prírastku, kde tabuľku vedie Grécko (+215%), nasledujú Rumunsko, Ukrajina, India a na piatom mieste je Slovensko. Treba však podotknúť, že v tomto prípade ide o krajiny, v ktorých sa trh ešte len rozvíja a nie je na ich území zatiaľ veľa prípojok. Preto sa tu prírastok percentuálne prejaví vyššími hodnotami, aj keď v absolútnych číslach je omnoho nižší než v iných krajinách.

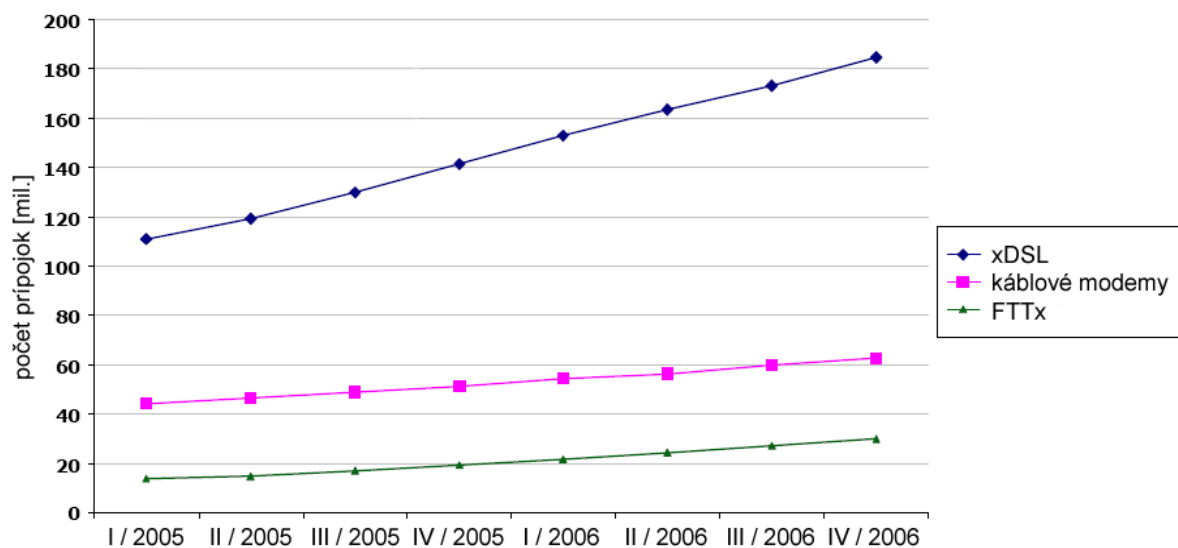
Čo sa týka celkového počtu prípojok, prieskum ešte dopĺňa penetráciu prípojok vzhľadom na počet obyvateľov a počet domácností v krajine. Prvý rebríček vedie Dánsko, kde takmer 32% jej obyvateľov má prístup ku širokopásmovým prípojкам, nasledujú Island a Holandsko (po 30%), Južná Kórea a Švajčiarsko (približne 27%). Najväčšie percento domácností je pripojených v krajinách juhovýchodnej Ázie – Južnej Kórei, kde sa penetrácia už blíži k 90% domácnostiam, a Hongkongu s približne 80% pripojenými domácnosťami. Nasledujú Island, Singapur a Holandsko.

Z technológií zaznamenávajú najrýchlejší rast optické a opticko-metalické riešenia FTTx. Koncom roka dosiahol počet FTTx prípojok vo svete hranicu 30 miliónov, pričom medzoročný nárast oproti roku 2005 bol takmer 55%. FTTx riešenia začínajú hrať na trhu čoraz dôležitejšiu úlohu a to aj napriek tomu, že ich podiel z celkového počtu širokopásmových prípojok je zatiaľ iba na úrovni 11%. Najväčšie zastúpenie, aj keď ich podiel oproti roku 2005 mierne klesol, majú stále s veľkým náskokom technológie xDSL (65,7%, t.j. približne 185 miliónov prípojok), nasledované káblovými modemami (22% - 62,8 miliónov prípojok) – vid'. graf na obr. 4.2.



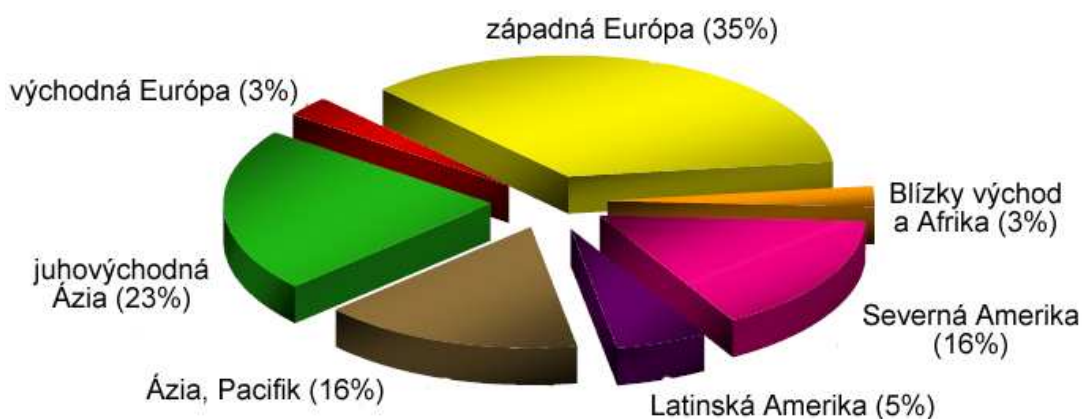
Obr. 4.2 – Podiel jednotlivých technológií na celkovom počte prípojok vo svete

Od začiatku roka 2005 zaznamenávajú technológie FTTx kontinuálny nárast približne 10% každý štvrťrok (obr. 4.3), výraznejší je tento nárast v Severnej Amerike (hlavne v USA) a východnej Ázii (Japonsko), kde sa štvrťročný prírastok priblížil až k hranici 19%, resp. 15%. Postarala sa o to hlavne stúpajúca popularita služieb na prenos obrazu (IPTV, Video na požiadanie a v Japonsku aj videokonferencie). Priaznivé štatistiky pre FTTx sú aj v Južnej Kórei, v Taiwane a z európskych krajín v Taliansku, kde sa nárast pohybuje okolo 11%. Naopak, nárast počtu xDSL prípojok a káblových modemov v týchto regiónoch sa utlmuje a mnoho používateľov, ktorí momentálne využívajú takéto pripojenie a majú tú možnosť, tiež prechádzajú na FTTx. Napríklad v Japonsku z 951-tisíc nových FTTx prípojok v roku 2006 je až 89-tisíc migrujúcich používateľov z xDSL. Ešte výraznejší je tento jav v Južnej Kórei, kde počet xDSL prípojok za druhý polrok 2006 klesol o 886-tisíc, naopak počet FTTx prípojok vzrástol o 1,25 milióna. Podobne je to aj vo Vietname – z 97-tisíc nových FTTB prípojok je až 30-tisíc bývalých používateľov xDSL.



Obr. 4.3 – Vývoj počtu širokopásmových prípojok v roku 2005 a 2006

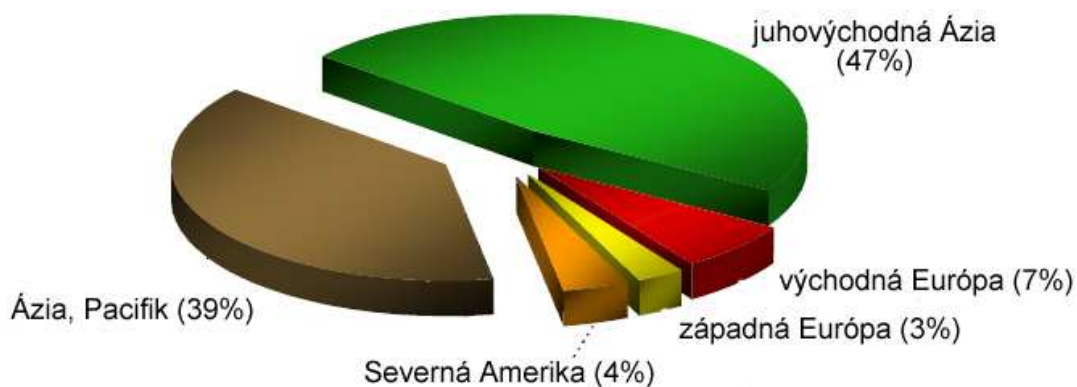
Práve v regióne juhovýchodnej Ázie je momentálne takmer polovica všetkých FTTx prípojok na svete (47%), výrazný podiel je vo zvyšku Ázie (v Japonsku a Číne), spolu približne 39%, zvyšok sveta tvorí iba 14% (viď. obr. 4.4.c). Vo východnej Ázii dokonca počet FTTx prípojok už prevýšil počet káblových modemov (22,7% oproti 19,6%). V USA a zvyšku Severnej Ameriky zasa stále dominujú technológie xDSL a hlavne káblové modemy – ich počet tu tvorí vyše polovicu celosvetového trhu (obr. 4.4.b). Naopak, FTTx prípojky aj napriek rýchlejšiemu rastu v tomto regióne, tvoria zatiaľ asi len 4% celosvetového trhu (obr. 4.4.c). Káblovým modemom sa v poslednom kvartáli darí aj vo východnej Európe, na Blízkom východe a tiež v juhovýchodnej Ázii, kde sa ich štvrtročný prírastok dokonca zvýšil. Práve tieto tri regióny však majú najmenší podiel na trhu (obr. 4.4.b). Technológie xDSL sú zasa najviac rozšírené v západnej Európe (Nemecko, Francúzsko), tiež v Ázii (Čína, Japonsko) a v USA (viď. obr. 4.4.a).



Obr. 4.4.a – Podiel počtu xDSL technológií podľa regiónov



Obr. 4.4.b – Podiel počtu káblových modemov podľa regiónov



Obr. 4.4.c – Podiel počtu FTTx prípojok podľa regiónov

krajina	xDSL technológie			ostatné technológie (FTTx, kábl. modemy ...)			spolu		
	dec. 2005 [mil.]	dec. 2006 [mil.]	nárast [%]	dec. 2005 [mil.]	dec. 2006 [mil.]	nárast [%]	dec. 2005 [mil.]	dec. 2006 [mil.]	nárast [%]
USA	20,44	25,68	25,61	25,67	31,65	23,32	46,11	57,33	24,33
China	26,36	37,12	40,82	11,15	14,78	32,61	37,50	51,90	38,38
Japonsko	14,48	14,31	-1,17	8,17	11,79	44,29	22,65	26,10	15,22
Nemecko	10,40	14,10	35,58	0,31	0,56	82,65	10,70	14,88	38,98
Južná Kórea	6,53	5,49	-15,94	5,67	8,55	50,85	12,20	14,04	15,11
Francúzsko	9,39	13,28	41,37	0,57	0,71	24,83	9,96	13,98	40,43
Veľká Británia	7,18	10,03	39,69	2,65	3,08	16,50	9,83	13,12	33,45
Taliansko	6,63	8,40	26,65	0,35	0,43	23,73	6,98	8,83	26,51
Kanada	3,35	3,84	14,76	3,51	4,04	15,03	6,85	7,88	14,90
Španielsko	3,88	5,29	35,90	0,98	1,46	49,45	4,85	6,73	38,63
Brazília	3,29	4,39	33,55	0,75	1,46	93,80	4,04	5,85	44,75
Holandsko	2,46	2,96	20,20	1,56	1,93	23,85	4,02	4,88	21,62
Taiwan	3,65	3,85	5,40	0,55	0,63	14,60	4,20	4,84	6,61
Austrália	2,14	3,14	46,85	0,60	0,76	26,33	2,74	3,90	42,33
Mexiko	1,61	2,73	69,66	0,69	0,90	29,37	2,30	3,62	57,50
ostatné krajiny	19,91	30,32	52,29	9,79	13,83	41,27	29,75	43,61	46,59
SPOLU	141,70	184,93	30,51	72,97	96,56	32,32	214,68	281,49	31,12

Tab. 4.1 – Prehľad počtu prípojok a medziročný percentuálny nárast v 15-tich krajinách sveta s najväčším počtom prípojok; údaje zoradené podľa počtu prípojok v decembri 2006 zostupne

Ako z uvedeného prieskumu vyplýva, xDSL sú spomedzi širokopásmových technológií stále vo svete dominantné, a to nielen z globálneho hľadiska, ale aj v jednotlivých krajinách, s výnimkou niekoľkých štátov. Takáto situácia tu bude ešte niekoľko nasledujúcich rokov, kým sa viac nerozšíria optické prípojky, napríklad riešenia typu FTTx. Celkový počet prípojok neustále rastie, ale vo vyspelých krajinách už sú tamojšie trhy nasýtené, a tak dochádza k útlmu rastu. FTTx v poslednom období zaznamenávajú veľký rozmach, postupne sa dostávajú z východnej Ázie, kde majú najväčšie zastúpenie, do celého sveta. Používatelia požadujú stále väčšie rýchlosti a FTTx ich vedú ponúknuť. Z xDSL technológií sú rozšírené najmä asymetrické varianty, čiže ADSL, ADSL2 a ADSL2+, tieto stále poskytujú dostatočné rýchlosti pre spoľahlivé zabezpečenie aktuálne ponúkaných služieb. Rodina HDSL je na ústupe, naopak, operátori sa začnú z ADSL preorientovávať na technológie VDSL resp. VDSL2, a to hlavne ako technológie na metallickej časti FTTx riešení, keďže dosah samotných VDSL je veľmi obmedzený. VDSL má navyše oproti ADSL výhodu v symetrickom rozdelení prenosového pásma, čo sa viac hodí na služby dátovo rovnako náročné v oboch smeroch komunikácie ako sú videokonferencie a pod. Tiež poskytuje omnoho vyššie prenosové rýchlosti, otázne však je, či operátori poskytnú aj služby, ktoré tieto rýchlosti dokážu využiť. Momentálne najviac dokáže linku vyťažiť prenos obrazu v HDTV kvalite alebo využitie P2P sietí (vid' kap. 5). Posledné slovo zďaleka nepovedali ani káblové modemy, ktoré sú druhou najrozšírenejšou formou pripojenia, práve naopak – aj v tejto oblasti sa štandardy vylepšujú a tak môžu byť konkurencieschopné aj s FTTx. Problémom je však pri všetkých technológiách stále ich dosah, ktorý je len niekoľko kilometrov a tak nemôžu byť použité v odľahlejších oblastiach – penetrácia širokopásmového pripojenia by potom mohla byť ešte vyššia. Operátori mali doposiaľ dosť zákazníkov aj vo väčších mestách alebo hustejšie osídlených oblastiach, tam sa však trh postupne nasýti a budú sa musieť zaujímať aj o vidiek. Jedným z možných riešení ako dostať pripojenie do odľahlejších oblastí je kombinácia FTTx a jedna z variant xDSL.

5. Služby na báze technológií pre rýchly dátový prenos

Moderné technológie v prístupových sieťach popísané v predchádzajúcej kapitole ponúkajú vysoké prenosové rýchlosti a tým sprístupnia koncovým zákazníkom širokú škálu služieb. Na jednej strane sú to služby známe už z úzkopásmových technológií (pod týmto pojmom sa rozumie napríklad pripojenie cez bežnú telefónnu linku - dial-up alebo ISDN linku), ktorých možnosti sa vďaka vysokým prenosovým rýchlostiam niekoľkonásobne rozšírili, na druhej strane ponúkajú množstvo úplne nových služieb, ktorých implementácia na úzkopásmových technológiách nebola možná, nakoľko pre svoje fungovanie kvôli potrebe prenosu veľkého množstva dát vyžadujú práve vysoké rýchlosti, ako aj ďalšie vlastnosti, napríklad minimálne oneskorenie, garancia kvality služieb (Quality of Service – QoS) a pod.

5.1 Rozdelenie služieb

Podľa spôsobu poskytovania:

- **interaktívne** – informácie sa zo zdroja vyvolávajú podľa požiadaviek používateľa, každý používateľ má možnosť zvoliť si obsah informácie (napr. Video na požiadanie)
- **distribučné** – rovnaká informácia sa z centrálného zdroja odovzdáva súčasne väčšiemu počtu používateľov, používatelia nemajú možnosť ovládať obsahový a časový priebeh informácie (napr. televízne a rozhlasové vysielanie)

Podľa druhu prenosu:

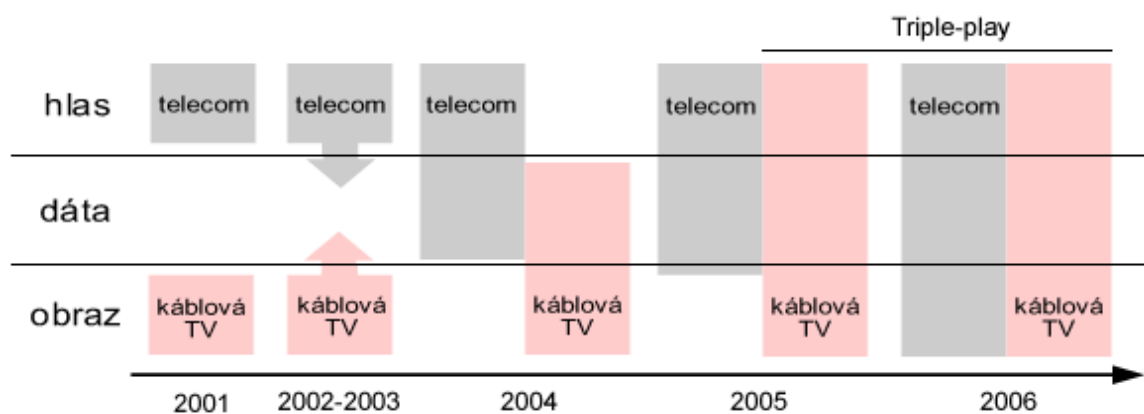
- **monomediálne** – prenos jedného druhu informácie
- **multimediálne** – súčasný prenos viacerých druhov informácií (napr. obraz a zvuk)

5.2 Služby Triple-play

V súčasnosti sú vo svete populárne najmä balíky služieb označované „Triple-Play“ – v tomto balíku sú zahrnuté všetky tri typy služieb, čiže prenos dát, hlasu aj obrazu. Zákazník tak zaplatí len jeden poplatok svojmu operátorovi resp. poskytovateľovi služieb, za ktorý bude môcť telefonovať – a to nielen pomocou hlasu ako doteraz, ale už aj obrazu (pri použití napr. videotelefónu), bude môcť surfovať po Internete a pohodlne a rýchlo sťahovať aj objemnejšie súbory či hudbu, a samozrejme aj pozeráť televíziu – či už si vyberie sledovanie klasických televíznych kanálov vysielajúcich cez sieť operátora

v digitálnej kvalite, alebo kanálov vysielajúcich vo formáte HDTV (High Definition Television) s vysokým rozlíšením. Vybrať si tiež môže z veľkého množstva rôznych ponúkaných titulov (filmy, dokumenty, koncerty, záznamy športových prenosov a pod.), podobne ako by navštívil videopožičovňu, len s tým rozdielom, že nebude musieť opustiť pohodlie svojej obývačky. Bližší popis jednotlivých služieb je v nasledujúcich kapitolách.

Všetky spomenuté služby sa k zákazníkovi dostanú buď cez jednu existujúcu prípojku, ktorá bola dovtedy napríklad analógovou alebo ISDN telefónnou linkou, a zákazník ju bežne používal iba na telefonovanie (samozrejme, len ak vlastnosti tejto prípojky a príslušného metalického vedenia umožnia implementovať novú technológiu pre vysokorýchlostný dátový prenos), alebo inštaláciou novej prípojky využívajúcej moderné optické vedenia. Spustením služieb pre prenos obrazu u telekomunikačných operátorov, poskytujúcich dovtedy iba telefonovanie alebo prístup do Internetu cez pevnú linku, zároveň vznikla veľká konkurencia súčasným káblovým televíziám, ktoré, ak si budú chcieť udržať zákazníkov, budú musieť takisto rozšíriť portfólio svojich služieb o hlasové služby a vysokorýchlostný prístup na Internet a tiež skvalitniť prenos televíznych kanálov, či rozšíriť programovú ponuku. Takýmto káblovým operátorom ponúkajúcim Triple-play služby, sa hovorí aj Multiple Service Operator (MSO).

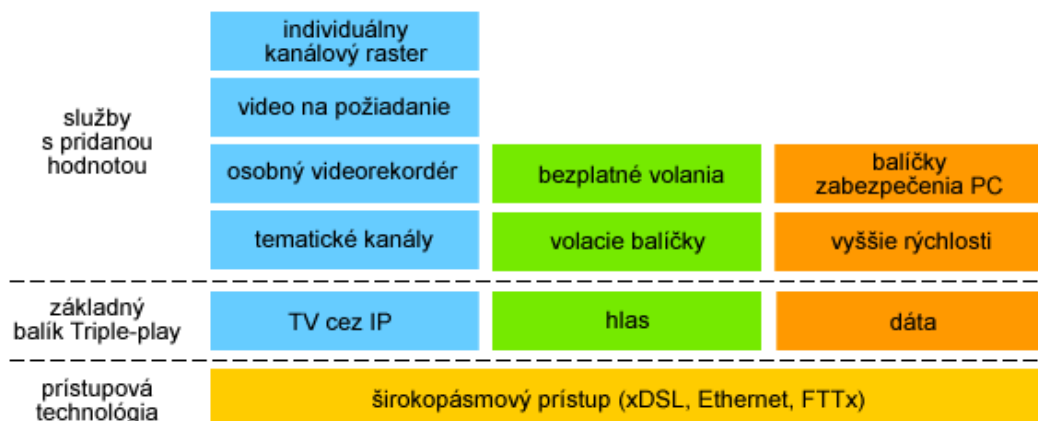


Obr. 5.1 – Vývoj k poskytovaniu komplexných služieb u telekom. a káblových operátorov [30]

Nakoľko je ale kapacita televízneho frekvenčného spektra pri analógovom prenose obmedzená, bude nutné aj tu prejsť na digitálne vysielanie, napríklad na štandard DVB-C (Digital Video Broadcast via Cable), ktorý umožňuje na jednej frekvencii prenos viacerých TV kanálov. Do konkurenčného boja sa určite zapoja aj mobilní operátori, ktorí vo svojich sieťach tiež implementujú technológie pre vysokorýchlostný prenos dát a obrazového signálu, tieto ale v porovnaní s technológiami používanými na metalických a optických

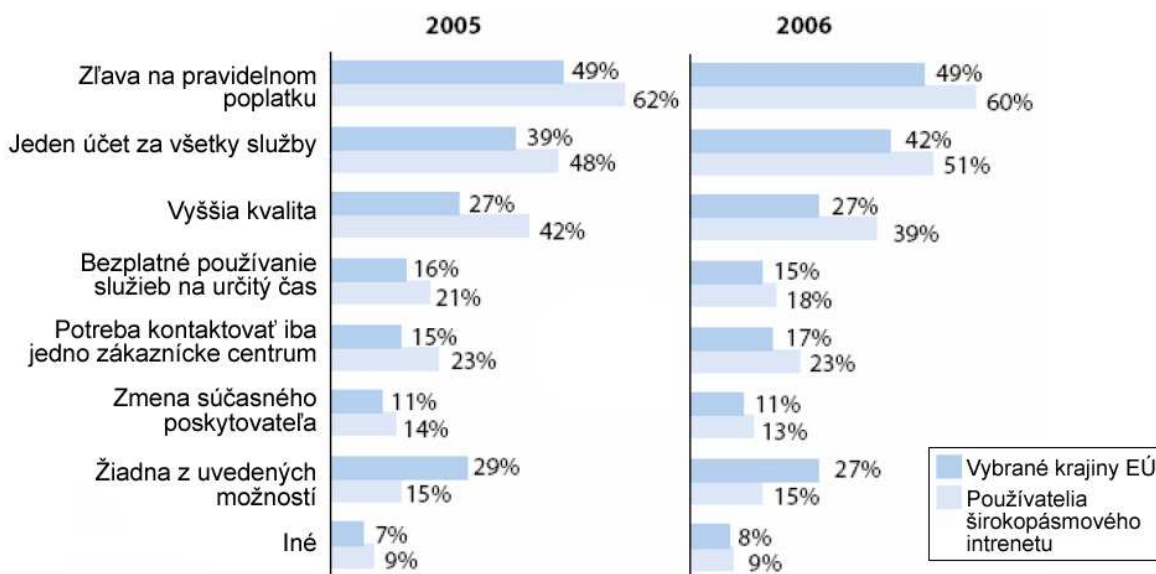
vedeniach nedosahujú zatiaľ porovnateľné parametre, hlavne čo sa týka maximálnej prenosovej rýchlosti. Výhodou však v tomto prípade je mobilita.

Dôležitými faktormi pre úspešné etablovanie Triple-play služieb na trhu sú: široká ponuka a vysoká kvalita služieb a priaznivá cena. Príklad ponuky služieb (obr. 5.2):



Obr. 5.2 – Príklad produktového modelu Triple-play služieb [31]

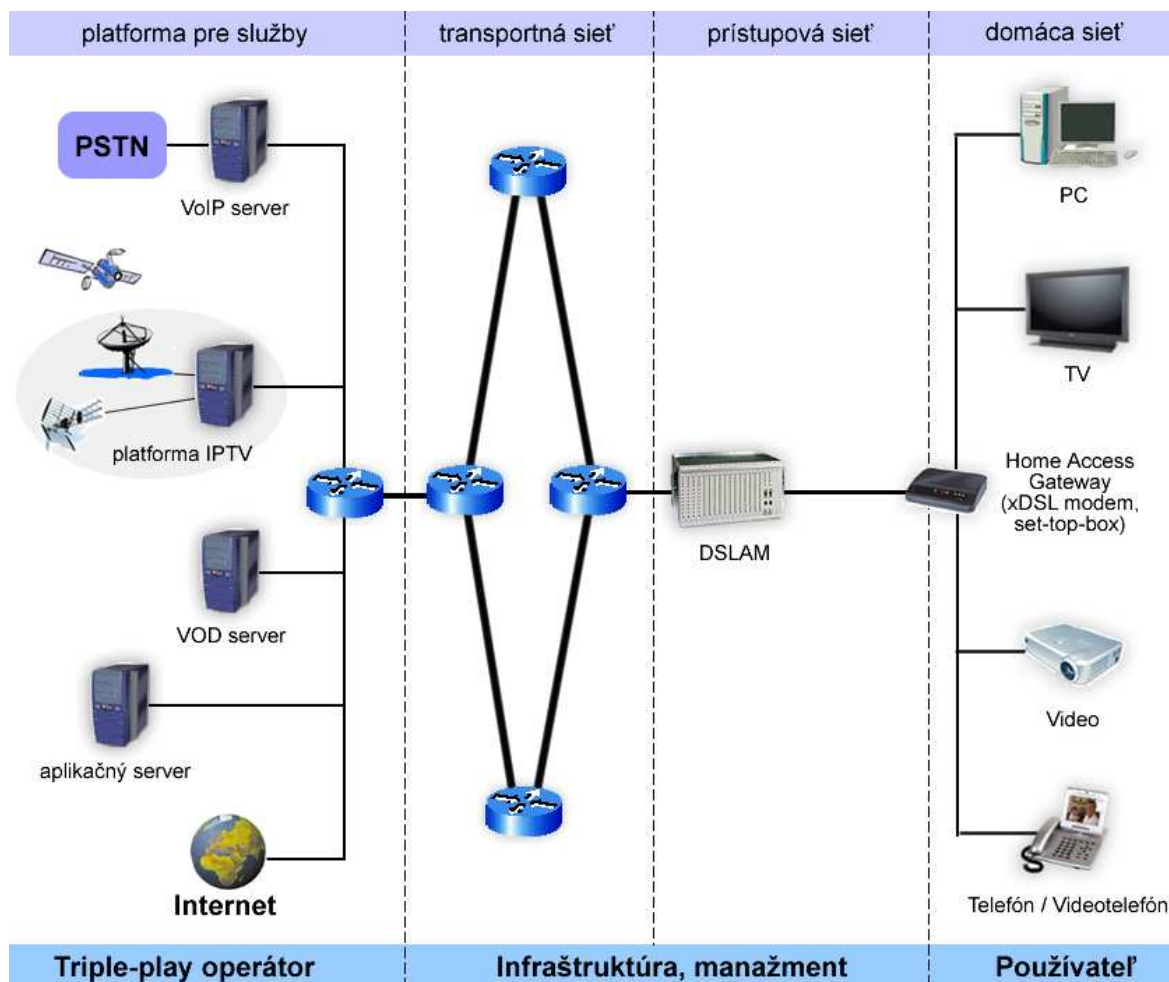
Pre samotných používateľov sú najdôležitejšími faktormi pri rozhodovaní o predplatení Triple-play služieb zľava na pravidelnom (mesačnom) poplatku, platba iba jednému poskytovateľovi a zvýšenie kvality služieb. Vyplýva to z prieskumov *Forrester's ECTAS Survey* v rokoch 2005 a 2006 v siedmich krajinách Európy (Holandsku, Francúzsku, Španielsku, Švédsku, Nemecku, Taliansku a Veľkej Británii) [30, 31]:



Obr. 5.3 – Dôvody rozhodnutia používateľov pre objednanie Triple-play služieb
Zdroj: Forrester's ECTAS Q2 2005 & Q2 2006 Survey [30, 31]

5.3 Topológia NGN siete pre poskytovanie Triple-play služieb

Obr. 5.4 znázorňuje zjednodušenú topológiu NGN siete telekomunikačného operátora poskytujúceho služby Triple-play. V prístupovej sieti je v tomto prípade použitá xDSL technológia, v domácej sieti používateľa to môže byť napríklad Ethernet. [32]



Obr. 5.4 – Sieťová topológia operátora poskytujúceho Triple-play služby [32]

5.4 IPTV

IPTV (Internet Protocol Television) je služba, pomocou ktorej je prostredníctvom širokopásmovej prípojky s použitím internetového protokolu IP šírené digitálne televízne a rozhlasové vysielanie, pričom v závislosti od použitej IPTV technológie je možné šíriť až niekoľko stoviek kanálov. IPTV je často poskytovaná spolu so službou Video na požiadanie (vid'. kap. 5.5) alebo tiež v balíkoch spolu s prístupom na Internet (kap. 5.6), telefonovaním (kap. 5.7), či obidvomi ako Triple-play (kap. 5.2).

IPTV využíva vlastnosti širokopásmových technológií a prináša nové možnosti a komfort pre zákazníka a ďalšie príjmy pre poskytovateľa, aj keď na prvý pohľad by sa mohlo zdať, že šíriť televízne vysielanie napríklad cez xDSL nemá príliš veľký zmysel, pretože káblové televízie už teraz ponúkajú veľké množstvo TV programov. Ďalšou možnosťou je prijímať vysielanie z pozemných vysieláčov, či už analógových alebo digitálnych. DVB-T poskytne okrem súčasných aj veľa nových TV programov, ich počet bude ale v porovnaní s ponukou káblových operátorov chudobnejší – limitom je šírka prideleného frekvenčného spektra a počet digitálnych multiplexov, navyše pokrytie väčšiny územia digitálnym signálom trvá určitý čas, nebude preto dostupné hneď pre každého. Stovky TV programov je možné prijímať aj zo satelitov, nie každý však môže alebo chce inštalovať parabolu, a niektorých od satelitného príjmu odrádza aj to, že pre nich zaujímavé programy sa vysielajú na rôznych satelitoch, čo vyžaduje kúpu ďalších zariadení, alebo kódovanie kanálov rôznymi systémami. Preto môže byť pre mnohých IPTV dostupnejšie alebo lacnejšie riešenie ako káblová alebo satelitná televízia. Pre poskytovateľov je zasa IPTV dôležitá preto, lebo môže prilákať na vysokorýchlostné pripojenie aj tých, ktorí nevenujú pozornosť Internetu alebo ešte nemajú počítač, stačí im iba set-top-box (viď. kap. 5.4.1) pripojený k bežnému televíznemu prijímaču. Pri väčšej penetrácii môže byť IPTV zaujímavá aj pre prevádzkovateľov mestských, lokálnych či tematických TV kanálov alebo tých, ktorí nezískajú licencie na DVB-T.

Výhodou IPTV je aj možnosť poskytovať doplnkovú službu *Network-based Personal Video Recording (NPVR)*. Používateľ si vďaka nej môže zaznamenať zvolený program na sieťový disk u poskytovateľa a neskôr si ho vo vhodnom čase prehrať. Nemusí teda vlastniť set-top-box so zabudovaným pevným diskom (aj keď tie sú už v súčasnosti bežne dostupné) alebo DVD-rekordér. Zaujímavou je aj služba *Pause Live TV* – časovo posunutá TV. Táto služba umožňuje používateľovi virtuálne zastaviť vysielanie a pokračovať neskôr, napríklad ak mu zvoní telefón a potrebuje súrne čosi vybaviť. Ako vyrovnávacia pamäť môže byť použitý NPVR alebo pevný disk set-top-boxu.

Cez telefónne linky alebo optické vedenia je dnes možné prenášať obraz a zvuk kvalitatívne porovnateľný s digitálnym terestriálnym alebo satelitným vysielaním (DVB-T, DVB-S) alebo digitálnou káblovou televíziou (DVB-C). Faktom, ktorý čiastočne v minulosti bránil rozmachu IPTV bolo, že pri kódovaní obrazu do staršieho formátu MPEG-2 sa na prenos jedného TV kanálu vyžaduje rýchlosť 3 až 4 Mb/s, pri HDTV

kanáloch s vysokým rozlíšením dokonca 18 až 20 Mb/s. Vtedajšie technológie (najčastejšie ADSL) ale umožňovali prenos len niekoľko Mb/s. Novší formát MPEG-4 (H.624) umožňuje rovnako kvalitný obraz prenášať pri polovičných rýchlostiach, preto sa v praxi používa čoraz viac. Nároky na rýchlosť linky zvyšuje aj potreba zabezpečiť možnosť súčasného sledovania viacerých obrazových tokov, pretože dnes už je bežné mať v jednej domácnosti viac TV prijímačov, a pravdepodobne sa tak bude často objavovať požiadavka sledovať súčasne dva alebo viac rôznych televíznych kanálov, prípadne pri sledovaní jedného TV kanálu zároveň nahrávať program bežiaci na inom TV kanáli na pevný disk set-top-boxu alebo do PC. Dostatočnú rýchlosť pre prenos viacerých obrazových tokov súčasne poskytujú až technológie ADSL2/2+ alebo VDSL a VDSL2. [33, 34]

5.4.1 Set-top-box

Set-top-box (skr. STB) je koncovým zariadením digitálnej linky na strane používateľa. Svojím tvarom a veľkosťou sa podobá na satelitný prijímač (príklad na obr. 5.5) a umožňuje pripojiť k digitálnej linke ďalšie digitálne či analógové zariadenia, napríklad televízny prijímač alebo domáce kino, čo umožní digitálne prenášaný TV program alebo film cez Internet sledovať rovnako pohodlne, ako napríklad film na DVD. Netreba pritom k tomu žiadny špeciálne vybavený TV prijímač. Digitálny signál sa podobne ako pri digitálnom satelitnom prijímači dekoduje, prevedie sa do analógovej formy a TV prijímač je potom možné k STB pripojiť cez konektor SCART (21-pinové analógové rozhranie, tiež známe pod názvom Eurokonektor – viac v [35]). Pri novších modeloch STB a TV prijímačov sa môžeme stretnúť aj s novým digitálnym rozhraním HDMI (High-Definition Multimedia Interface), ktoré je priamo určené pre prenos audio a video signálov medzi multimediálnymi zariadeniami. HDMI poskytuje vysoké prenosové rýchlosti, podporuje tiež ochranu autorských práv proti kopírovaniu titulov (tzv. DRM – Digital Rights Management) a v budúcnosti by malo nahradiť staršie analógové rozhrania ako spomínaný SCART alebo kompozitné video signály (viac v [36]).

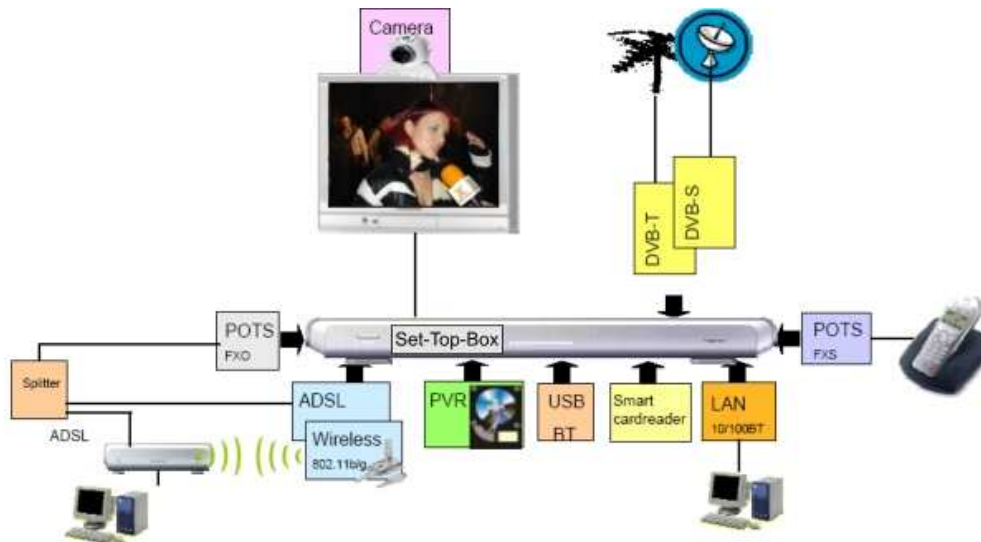
Všetky požiadavky, napríklad prepínanie TV kanálov alebo ovládanie zvuku, je možné uskutočniť pomocou diaľkového ovládača k STB, TV prijímač slúži len ako zobrazovacia jednotka. Rovnako aj všetky nastavenia sa vykonávajú cez menu zobrazené na televíznej obrazovke.



Obr. 5.5 – Príklad moderného set-top-boxu, vyniká malými rozmermi a zaujímavým tvarom, podporuje obrazové formáty MPEG-2 aj MPEG-4, vysoké rozlíšenie HDTV, obsahuje rozhranie HDMI a ochranu proti kopírovaniu HDCP (zdroj: www.aminocom.com)

Set-top-box však okrem televízneho vysielania či filmu z on-line videopožičovne dokáže zobrazit' aj ďalšie doplnkové informácie. Štandardom je teletext, lepšie vybavené modely zvládnu napríklad aj prezeranie internetových stránok, alebo sú ich súčasťou aj jednoduché hry, ovládateľné pomocou diaľkového ovládača. Prostredníctvom STB má používateľ k dispozícii elektronického programového sprievodcu, kde sa môže dozvedieť informácie o programe jednotlivých staníc na niekoľko dní vopred a jednoduchým spôsobom si napríklad naprogramovať nahrávanie častí vysielania na pevný disk, ktorý sa už stáva súčasťou aj základných modelov, v súčasnosti sú ponúkané STB s veľkosťou HDD až okolo 100 GB a viac, čo stačí pri zázname v DVD kvalite približne na 30 hodín. Vďaka pripojeniu na Internet si tiež bude môcť používateľ vyhľadať množstvo ďalších informácií k sledovanému titulu. K STB vyššej triedy bude možné cez špeciálne alebo univerzálne rozhrania pripojiť aj iné komponenty, spomeňme napríklad externý DVD alebo HDD rekordér, kameru, počítač, telefón, prijímače digitálneho vysielania DVB-T a DVB-S, a mnoho ďalších – príklad na obr. 5.6.

Ako z predchádzajúceho textu vyplýva, set-top-box je určený najmä na pripojenie TV prijímača a poskytuje s tým súvisiace doplnkové funkcie. Pokiaľ sa zákazník rozhodne nevyužívať služby IPTV alebo VoD, ale iba pripojenie do Internetu alebo telefonovanie, nie je potrebný STB – postačí mu napríklad vhodný modem.



Obr. 5.6 – Príklad riešenia pre domácnosť; realizácia „triple-play“ služieb s využitím set-top-boxu na báze technológie ADSL. [2]

Keďže spomenuté riešenia na báze xDSL alebo FTTx ponúkajú aj dátový kanál smerom od používateľa k poskytovateľovi, bolo by vhodné ho okrem odosielania požiadaviek (napr. na voľbu TV kanála) využiť pri sledovaní TV aj pre odosielanie rôznych ďalších údajov, čím by sa sledovanie TV stalo viac interaktívnym – používateľ by potom teoreticky mohol priamo v reálnom čase ovplyvňovať vysielanie, napríklad hlasovaním do ankiet, posielaním otázok do diskusií, alebo vďaka kamere sa zúčastniť relácie aj bez fyzickej prítomnosti v štúdiu. V súčasnosti sú možnosti pre aktívne zapojenie do vysielania obmedzené – využíva sa väčšinou iba telefonický kontakt a populárne sú aj SMS správy. Možností, ako zatriktívniť používateľovi obyčajné sledovanie televízie je veľa. Záleží už len od výrobcov komponentov, s čím prídu na trh, od poskytovateľov pripojenia, aký obsah ponúknu svojim užívateľom, a samozrejme aj od samotných užívateľov, koľko budú ochotní do nových služieb investovať. [2, 6, 7]

5.4.2 Súčasnosť IPTV

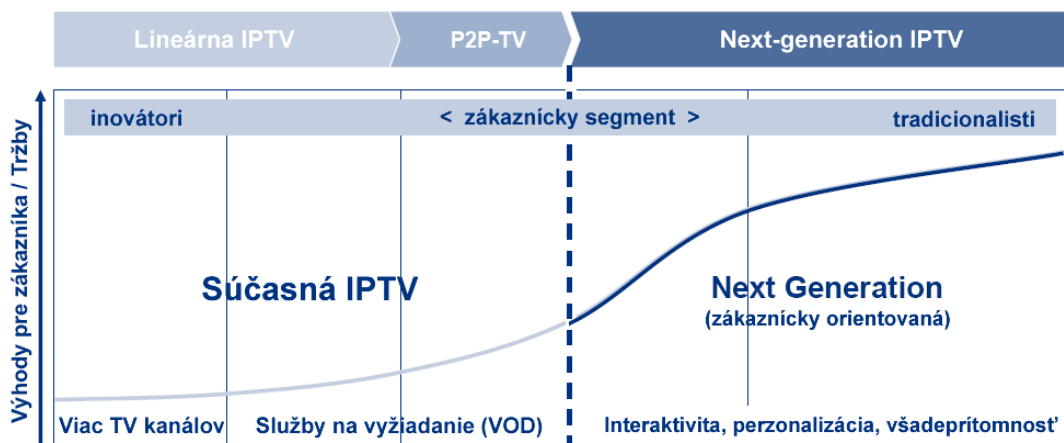
Dominantným fixným operátorom poskytujúcim hlasové služby odkrajujú z tržieb mobilní operátori a poskytovatelia IP telefónie, preto nové zdroje príjmov vidia v IPTV. Aj keď investície do nových služieb nie sú najmenšie a návratnosť je pomerne dlhá, čoraz viac operátorov začína poskytovať IPTV, aby zvýšili priemernú tržbu na užívateľa (ARPU - Average Revenue Per User). IPTV dnes ponúkajú národní a tiež niektorí alternatívni operátori vo všetkých vyspelých krajinách, kde je dostatočná penetrácia širokopásmových prípojok. V Európe je to hlavne Francúzsko, kde IPTV ponúkajú až piati veľkí operátori

(France Telecom, Free, Neuf Cegetel, T-Online Clubinternet, Alice), v Španielsku sú to štyria operátori (Telefónica, Jazztel, Wanadoo, Superbanda). Troch operátorov ponúkajúcich IPTV má Taliansko (Telecom Italia, Fastweb) a Veľká Británia (British Telecom, tiscali, Kingston Communications). Z ostatných európskych krajín je ešte možné spomenúť Švédsko (Telia, Bredbands Bolaget), Belgicko (Belgacom), Holandsko (KPN), Dánsko (TDC), Poľsko (Telekomunikacja Polska), Rakúsko (Telecom Austria), Nemecko (Deutsche Telekom), Nórsko (Lyse), Estónsko (Elion), Island (Síminn), Slovinsko (SiOL), Českú republiku (Telefónica) a Slovensko (Slovak Telekom). V krajinách východnej Ázie ponúkajú IPTV napríklad na Taiwane (Chunghwa Telecom), v Hongkongu (PCCW), či v Japonsku (NTT), v Severnej Amerike sú to zasa operátori Verizon, AOL a Yahoo, pôsobiaci v USA. Okrem spomenutých krajín a operátorov však v mnohých krajinách pôsobia aj menší operátori, ktorí rovnako ponúkajú IPTV, ale na malom území, poskytované služby však často krát bývajú porovnateľné. [30]

Programovú skladbu väčšinou tvorí základný balík miestnych staníc a niekoľkých populárnych zahraničných alebo tematických staníc. Ďalšie stanice je možné doplniť vo forme rozširujúcich balíkov. Len zriedkavo operátori ponúkajú možnosť vytvoriť si vlastný kanálový raster. Proti možnosti individuálneho rastra sa stavajú aj mnohé stanice s menším diváckym potenciálom, ktoré by si pravdepodobne neobjednalo veľa abonentov, ale po zaradení do balíku spolu s atraktívnymi stanicami majú možnosť dosiahnuť vyššiu sledovanosť. Individuálne sú ponúkané len úzko špecializované stanice, napríklad filmové, športové, alebo stanice s obsahom pre dospelých.

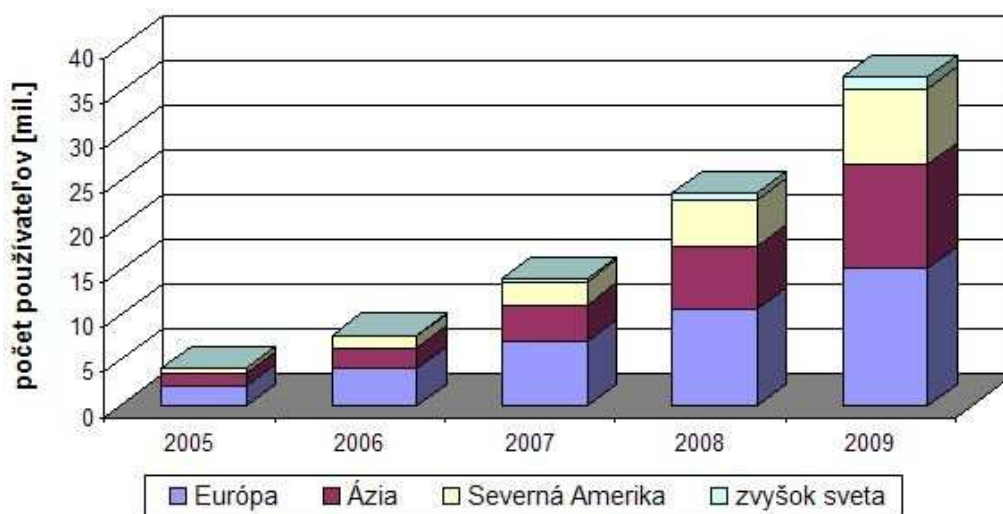
5.4.3 Trendy vývoja IPTV

Budúcnosť IPTV patrí interaktivite. Postupne prejde ďalším vývojom a inováciami a od jednoduchého šírenia TV kanálov sa prejde k novým službám, prinášajúcim ďalšie výhody pre zákazníka. „Next-generation IPTV“ bude nielen interaktívna, ale navyše si ju bude môcť každý zákazník prispôbiť svojim požiadavkám, či už výberom kanálov, o ktoré bude mať záujem, alebo výberom doplnkových služieb. Kým v súčasnosti patria medzi zákazníkov hlavne záujemcovia o nové technológie, v budúcnosti to už budú aj tradicionalisti, ktorí sú spokojní so súčasnými službami a nemajú radi zmenu. Väčšia zákaznícka základňa v budúcnosti samozrejme prinesie operátorom väčšie tržby [31].



Obr. 5.7 – Trend vývoja IPTV smerom k interaktívnej Next-generation IPTV [31]

Podľa *Multimedia Research Group* [30] by mal počet používateľov IPTV vzrásť do roku 2009 až na 35 miliónov, čo je takmer trikrát viac, než by ich malo byť v tomto roku, a približne päťkrát viac, než ich bolo v roku 2006. Najviac zákazníkov pritom v súčasnosti je a aj v budúcnosti by malo byť v Európe (približne 15 mil. v roku 2009), nasleduje Ázia (12 mil.) a Severná Amerika (8 mil.). Ostatné oblasti sa na celkovom počte používateľov podieľajú iba minimálne.



Obr. 5.8 – Trend vývoja počtu používateľov IPTV, zdroj: Multimaedia Research Group Inc, 2006 [30]

5.4.4 Porovnanie spôsobu príjmu TV programov

Nasledujúca tabuľka uvádza porovnanie možností a vlastností príjmu televíznych staníc rôznymi v súčasnosti vo svete dostupnými spôsobmi a tiež porovnanie doplnkových služieb, ktoré je možné spolu s TV využívať. [30]

Tab. 5.1 – Porovnanie možností príjmu TV staníc a doplnkové služby pomocou rôznych technológií [33]

	terestriálny príjem		satelit		kábelová televízia		IPTV cez xDSL alebo FTTx	mobilná televízia (DVB-H, 3G)
	analogový	digitálny	analogový	digitálny	analogová	digitálna		
obraz a zvuk	analogový	digitálny	analogový	digitálny	analogový	digitálny	digitálny	digitálny (môže byť rušené pri zlom počasí)
interaktivita	nie	obmedzená	nie	obmedzená	obmedzená	áno	áno	áno
video na pranie	nie	nie	nie	nie	nie	technicky možné	áno, možnosť objednania titulov, kanálov, možnosť zastavenia alebo pretáčania	obmedzené
typy TV kanálov	málo dostupných kanálov, obmedzené možnosti, nie všetky kanály dostupné pre každého	väčší výber kanálov	bezplatné kanály, málo možností pre príjem obsahu za príplatok	široký výber kanálov	široký výber kanálov	široký výber kanálov	široký výber kanálov	obmedzený výber kanálov
TV program	nie	áno, EPG	nie	áno	nie	áno	áno, EPG	chýba EPG
cena	zdarma (okrem koncesionárskych poplatkov)	zdarma (okrem koncesionárskych poplatkov), niektoré platené kanály	zdarma / niektoré kanály platené	zdarma / platený	platený	platený	platený	platený
potrebné zariadenia		dekodér (set-top-box)	satelitný prijímač	sat. prijímač, dekodér		dekodér	dekodér (set-top-box)	prenosné zariadenie / mobilný telefón; (obmedzený výber, malá obrazovka, ...)

5.5 Video na požiadanie

Video na požiadanie (angl. *Video on Demand – VoD*) umožní používateľom zvoliť si a následne prehrať ľubovoľný videosúbor dostupný v databáze poskytovateľa. Používatelia zároveň môžu do určitej miery alebo úplne ovládať prehrávanie záznamu. Koncovým zariadením u používateľa je buď klasický počítač alebo set-top-box. VoD je podobne ako IPTV služba s vysokými nárokmi na kvalitu a rýchlosť prenosových ciest, preto sa začala rozširovať až v posledných rokoch s nástupom širokopásmových prípojok – vhodné sú najmä ADSL2/2+ a VDSL technológie alebo káblové modemy či optické prípojky až do domu. Na kódovanie obrazu sú použité formáty MPEG-2, MPEG-4 alebo VC-1. Okrem týchto formátov v súčasnosti na kódovanie obrazu existujú aj ďalšie kompresie ponúkajúce pomerne kvalitný obraz už pri dátovom toku okolo 1 Mb/s (najznámejšie DivX alebo Xvid), tie sa ale pri VoD nepoužívajú. VoD môžeme z hľadiska prenosu dát a spôsobu ovládania prehrávania rozdeliť na niekoľko kategórií: [6, 7, 33, 37]

True Video on Demand (TVoD) – štandardný typ VoD používaný v súčasnosti. Používateľ s VoD serverom komunikuje prostredníctvom svojho set-top-boxu, kde si cez menu zvolí videosúbor a ovláda jeho prehrávanie. Videosúbor sa prehráva priamo z VoD servera a k používateľovi sa prenáša v reálnom čase (jedná sa o tzv. „streaming“). TVoD ponúka mnoho interaktívnych funkcií na ovládanie prehrávania, podobne ako video- alebo DVD-prehrávače. Medzi tieto funkcie patria napr. Prehrať (Play), Zastaviť (Stop), Pozastaviť (Pause), Obnoviť prehrávanie (Resume), Skok vpred (Jump forward), Skok vzad (Jump back), Rýchlo vpred (Fast forward), Rýchlo vzad (Rewind), Pomalé prehrávanie (Slow), Prehrávanie opačným smerom (Backward) a ďalšie funkcie napríklad na voľbu alebo zabránenie zobrazovania reklám, zistenie ďalších informácií o prehrávanom titule a pod. TVoD nemusí vždy obsahovať všetky spomenuté funkcie.

Near Video on Demand (NVoD) – Videosúbor sa rovnako ako pri TVoD vysiela v reálnom čase priamo z VoD servera, avšak na viacerých kanáloch súčasne s niekoľkominútovými odstupmi. Tým majú používatelia možnosť preskakovať na rôzne časové intervaly, čo nahrádza funkcie rýchleho posuvu vpred a vzad. Takéto riešenie, keď jeden titul je vysielať na viacerých kanáloch, je ale náročné na prenos dát, preto ho poskytujú iba operátori s dostatočne veľkou kapacitou sietí. Výhodou ale je, že videosúbor môže byť v tomto prípade prenášaný viacerým používateľom naraz.

Push Video on Demand (PUSH-VoD) – Toto riešenie môže byť zaujímavé pre operátorov, ktorí chcú začať poskytovať VoD bez výraznejších investícií do zvýšenia kapacity siete. Pri predchádzajúcich dvoch spomenutých VoD riešeniach môže používateľ kedykoľvek začať sledovať požadovaný film alebo program, čo však znamená aj pravdepodobnosť výskytu špičiek v zaťažení siete, vyššiu chybovosť, možnosť prerušenia alebo výrazné predĺženie doby sťahovania. Pri PUSH-VoD sa prenos žiadaneho videosúboru uskutoční v čase, keď je to z hľadiska zaťaženia siete optimálne (napríklad v noci) a zaznamená sa na pevný disk používateľovho set-top-boxu. Vďaka tomu môže operátor poskytovať VoD aj pri nižších prenosových rýchlostiach. Nevýhodou pre používateľa je to, že nemôže vždy začať sledovať zvolený videosúbor okamžite.

Quasi Video on Demand (QVoD) – je podobné ako NVoD s tým rozdielom, že prehrávanie videosúboru začne iba v prípade, ak bude mať o neho záujem aspoň určený minimálny počet divákov. Pri QVoD sú používatelia zoskupení podľa oblastí ich záujmu.

Z hľadiska spoplatnenia služby môžeme VoD rozdeliť na: [38]

- *Free Video on Demand (FVoD)* – služba je poskytovaná bezplatne alebo v rámci základného balíka služieb spolu s IPTV alebo inou službou, a obsahuje spravidla iba niekoľko videotitulov, väčšinou starších, menej úspešných, rodinných alebo dokumentárnych filmov, alebo hudobných videoklipov
- *Subscription Video on Demand (SVoD)* – služba za určitý pravidelný poplatok ponúka neobmedzený prístup k balíku atraktívnejších filmov ako FVoD alebo k archívu vysielaných programov na obmedzený čas (napr. jeden mesiac)
- *Pay-per-view VoD* – týmto spôsobom spoplatnenia VoD používateľ zaplatí iba za pozretie tých videotitulov, o ktoré má naozaj záujem. Poplatok mu bude započítaný pri objednaní titulu a naučtovaný pri ďalšej pravidelnej platbe za ostatné služby, alebo sa mu odráta z predplateného kreditu. Po zaplatení poplatku používateľ má možnosť pozrieť si videotitul buď iba raz, alebo neobmedzený počet krát v priebehu nasledujúcich niekoľko hodín.

V súčasnosti je VoD populárne najmä v krajinách s rýchlo sa rozširujúcimi širokopásmovými prípojkami, hlavne v krajinách juhovýchodnej Ázie (Japonsku, Južnej

Kórei) alebo USA, ale postupne sa udomácňuje aj v Európskych krajinách, kde VoD poskytujú operátori spolu s IPTV (najmä Francúzsko, Španielsko, Taliansko, Švédsko, Veľká Británia a ďalšie). Zo všetkých operátorov stojí za zmienku napríklad taliansky FastWeb, ktorý ponúka 700 hollywoodskych filmov a ďalších 1000 programov (hudba, šport, dokumenty, ...), vyše 600 rôznych titulov, z toho viac ako 400 filmov ponúka aj jeho konkurent Telecom Italia. V ponuke britského operátora Tiscali je viac ako 1000 filmov a 4000 hudobných videoklipov. Ponuka titulov u jednotlivých operátorov závisí aj od filmových a distribučných spoločností (medzi najznámejšie patria Warner Bros, 20th Century Fox, Universal, Paramount Pictures, Dreamworks a ďalšie), ktoré na tieto tituly vlastnia autorské práva. Spoločnosti obmedzujú ich počet kvôli strachu z možnosti vytvárania nelegálnych kópií, čo je ale technicky ošetrované, ale tiež kvôli možnosti zníženia príjmov, keďže za zapožičanie titulu cez VoD dostanú od operátora v prepočte asi 1 až 2 USD a na jednom predanom DVD zarobia až 12 USD. Vo VoD ponukách operátorov sa preto tieto tituly objavujú s odstupom niekoľkých mesiacov po vydaní na DVD, čo čiastočne znižuje atraktivitu samotnej VoD služby. [6, 7, 30, 38]

5.6 Pripojenie do siete Internet

Pripojenie do siete Internet je v súčasnosti najrozšírenejšou službou, ktorú je možné využívať prostredníctvom širokopásmových technológií. Dnes už bežne poskytuje neporovnateľne vyššie prenosové rýchlosti (pri niektorých technológiách 100-násobne až 1000-násobne viac – vid'. kap. 3) ako kedysi pripojenie cez klasickú, alebo ISDN telefónnu linku, tzv. „dial-up“ s rýchlosťami 56 kb/s resp. 128 kb/s, ktoré bolo v minulosti hlavne pre domácnosti jedinou možnosťou pre prístup k informáciám na Internete a k e-mailu. Na rozdiel od „dial-up“ ide o trvalé spojenie – nadväzuje sa hneď pri spustení počítača alebo modemu, ktorý sa behom pár sekúnd prihlási do siete a spojenie zostáva stále aktívne. Pri pripojení cez xDSL, ale aj káblový modem alebo FTTx sa totiž neplatí za dobu, počas ktorej je spojenie aktívne, ale platí sa väčšinou pevný mesačný paušál, zriedkavo sa vyskytnú aj prípady, keď sa platí spätne za objem prenesených dát v predchádzajúcom mesiaci. Pre mnohých používateľov je preto toto riešenie cenovo, resp. pomerom cena/výkon omnoho výhodnejším a ak je možné napríklad jednu z xDSL technológií zaviesť na ich telefónnej linke, siahajú radšej po tomto pripojení. Aj preto počet širokopásmových prípojok vo svete stále rastie (vid'. kap. 4).

Pre prístup do siete Internet pomocou xDSL je potrebné aktivovať dve služby – tou prvou je prenájom samotnej xDSL linky pre dátový prenos medzi používateľom a poskytovateľom pripojenia do Internetu (angl. Internet Service Provider – ISP). xDSL linku prenajíma miestny telekomunikačný operátor, u ktorého používateľ môže, ale nemusí mať zriadenú aj telefónnu linku, a to v rôznych rýchlostiach a od toho závislých cenách. Vo väčšine krajín už národní telekomunikační operátori majú povinnosť prístupové vedenia (miestnu slučku) prenajímať alternatívnym operátorom (jedná sa o tzv. Local Loop Unbundling – LLU), vďaka čomu je možné prenajať si xDSL linku na rovnakom vedení od viacerých operátorov – konkurencia na trhu prináša koncovému používateľovi výhodnejšie ceny. Druhou službou je samotný prístup do siete Internet – tú poskytujú viacerí ISP. Väčšinou telekomunikační operátori sú zároveň aj ISP, a poskytujú prenájom linky a prístup v jednom balíku, čo môže byť pre používateľa cenovo výhodnejšie. Vo všeobecnosti poznáme dva typy prístupu: dátovo obmedzený a dátovo neobmedzený. Prvý typ obsahuje v poplatku určitý objem dát (väčšinou od 1 GB až do niekoľkých desiatok GB), ktoré môže používateľ prečerpať za stanovené obdobie (spravidla jeden kalendárny mesiac). Pokiaľ používateľ prekročí tento predplatený objem, dáta navyše sú mu dodatočne spoplatnené. Druhým typom je dátovo neobmedzený prístup, tzv. „flat-rate“, kde môže používateľ v rámci paušálu preniesť akékoľvek množstvo dát. Zatiaľ čo pri prvom type zvyčajne ISP neobmedzujú prenosové rýchlosti a tie závisia na rýchlosti prenajatej xDSL linky, pri druhom si niekedy ISP túto rýchlosť upravia smerom nadol. Pri neobmedzenom prístupe sa udáva aj tzv. agregácia resp. agregáčny pomer – ten vyjadruje, koľko používateľov sa delí o určité prenosové pásmo, pohybuje sa zvyčajne od 1:10 do 1:40. Takisto sa aj napriek tomu, že sa jedná o neobmedzený prístup, uplatňujú určité obmedzenia, ktoré bránia používateľom v nadmernom prenose dát a zbytočnému zahlcovaniu linky, dôvody sú uvedené napr. v kap. 5.9. [39]

Z xDSL technológií sú najčastejšie využívané tie z rodiny ADSL, ktoré plne vyhovujú hlavne domácim používateľom, pretože tí potrebujú informácie z Internetu hlavne prijímať, a len málo odosielať, a práve ADSL resp. rýchlejšie ADSL2 a ADSL2+ im poskytujú asymetrické rozdelenie rýchlostí (viď. 3.1.2). Momentálne je ponúkaným minimom väčšinou rýchlosť od 256 kb/s smerom k používateľovi a 64 kb/s pre smer od používateľa k poskytovateľovi. Najvyššie sa pohybujú pri ADSL okolo 6-8 Mb/s (v smere k používateľovi); operátori, ktorí ponúkajú už aj rýchlejšie ADSL2 alebo ADSL2+ majú v ponuke produkty dosahujúce maximálne teoretické rýchlosti týchto

technológií, t.j. aj okolo 12 Mb/s, resp. až vyše 20 Mb/s pri ADSL2+. Už aj spomenutá najnižšia rýchlosť postačuje pre prehliadanie internetových stránok, posielanie a prijímanie e-mailov aj s väčšími prílohami, či sťahovanie súborov (obrázky, programy, multimédiá). Pri ADSL2/2+ môže byť zároveň ponúkaná služba IPTV, kde potom časť pásma musí byť vyhradená pre prenos videosignálu, takže prenosové rýchlosti pre prístup na Internet sú o niekoľko Mb/s nižšie.

5.7 Telefonovanie cez Internet – VoIP, videotelefónia

Ďalšou dôležitou službou je telefonovanie cez Internet. *VoIP – Voice over Internet Protocol* predstavuje alternatívnu hlasovú službu na prenos hlasu prostredníctvom dátových sietí. Na jednej strane dátovej cesty (u jedného používateľa) sa hlas zdigitalizuje, komprimuje a konvertuje na dátové pakety, a na druhej strane (u používateľa „na druhom konci“) sa spätným procesom z paketov vyrobí pôvodná hlasová stopa. Samotné pakety sa prenášajú prostredníctvom internetového protokolu IP. Prenos hlasu na báze VoIP je cenovo výhodnejší v porovnaní s klasickou technológiou (PSTN), preto sa dostáva do pozornosti hlavne firemných ale aj domácich používateľov. Už od roku 2004 patrí VoIP medzi najdôležitejšie služby, na ktoré sa sústreďujú poskytovatelia. [40]

Hlasová prevádzka môže smerovať do verejnej telefónnej siete alebo privátnej siete poskytovateľa, podporovaná je odchádzajúca aj prichádzajúca prevádzka – širokopásmová prípojka tak môže fungovať ako hlavná telefónna linka a úplne nahradiť bežný telefón. Väčšina poskytovateľov (ale nie všetci) viaže VoIP na širšie kombinované ponuky, spolu so širokopásmovým prístupom na Internet alebo IPTV, takže si zákazník nemôže kúpiť iba službu VoIP, ktorú by využíval na širokopásmovej prípojke od iného poskytovateľa, čo môže niektorých zákazníkov odradiť, nakoľko ponuky iných poskytovateľov môžu byť pre nich cenovo zaujímavejšie.

Výrobcovia zariadení sa snažia čo najviac priblížiť VoIP aj bežnému, technicky menej zdatnému používateľovi. Hlavným cieľom je ponúknuť mu rovnaký komfort ako pri používaní bežnej telefónnej linky alebo mobilného telefónu a prístroje s podobnými nadštandardnými funkciami, napríklad možnosťou vyhľadať číslo v telefónnom zozname. Prístroje by takisto mali byť čo najjednoduchšie a mali by sa automaticky nakonfigurovať a fungovať hneď po pripojení k počítaču alebo modemu. Už dnes je možné zakúpiť

množstvo typov VoIP telefónov od rôznych svetových výrobcov, ale aj menej známych značiek. Ceny prístrojov sú zatiaľ vyššie ako ceny obyčajných telefónov, poskytovatelia VoIP ich ale ponúkajú za nižšie dotované ceny, pokiaľ sa zákazník zaviazne využívať služby tohto poskytovateľa určitý čas, podobne ako je to pri mobilných telefónoch. Ceny za samotné telefonovanie sú v súčasnosti len zlomkom za telefonovanie cez bežnú telefónnu linku – veľa poskytovateľov dokonca ponúka bezplatné telefonovanie v rámci vlastnej siete. Aj preto sa VoIP venuje čoraz väčšia pozornosť – najmä nasadením vo firmách je možné ušetriť nemalé finančné prostriedky. [41]

Prenos hlasu cez Internet je možný aj bez špeciálnych telefónov – stačí vlastniť počítač, mikrofón, slúchadlá alebo reproduktory, a mať aktívne pripojenie na Internet. Na samotné telefonovanie potom slúžia aplikácie, ktoré je možné získať na Internete. Medzi najznámejšie patrí nepochybne Skype, ktorý je k dispozícii bezplatne (www.skype.sk). Po jednoduchej inštalácii a on-line registrácii je možné ho ihneď používať. Program má jednoduché ovládanie, ponúka kvalitný zvuk, prenos hovorov je šifrovaný. So Skype je možné bezplatne telefonovať v rámci vlastnej siete a za poplatok aj do veľkého množstva pevných či mobilných sietí na celom svete, rovnako za poplatok dostane používateľ telefónne číslo, na ktorom je možné prijímať prichádzajúce hovory z pevných alebo mobilných sietí. Na podobnom princípe a s podobnou cenovou politikou pracujú aj ďalšie aplikácie, napríklad Jajah, Wengo, Gizmo, Betamax a ďalšie.

Poskytovatelia VoIP hľadajú ďalšie spôsoby, ako prilákať nových zákazníkov a zvýšiť tržby. Jednou z možností je aj videotelefónia – *VVoIP (Video and Voice over IP)*. O tomto nástupcovi VoIP sa už hovorí dlhšie a vďaka rastúcej penetrácii širokopásmových prípojok a záujmu aj zo strany poskytovateľov a výrobcov koncových zariadení by sa mohla stať populárnou medzi používateľmi. Videohovory je možné dnes uskutočňovať aj v mobilných sieťach 3. generácie, ale ich kvalita je pomerne nízka. Dopomôcť k rozšíreniu VVoIP by mohli lacné videotelefony s jednoduchou obsluhou a kvalitným obrazom a zaujímavá ponuka balíkov služieb pre VoIP a videotelefóniu. Ako prvý ohlásil spustenie veľkého videotelefónneho projektu „MaLigne Visio“ francúzsky národný operátor France Telecom na jar 2005, keď ponúkol dva balíky služieb, na prenos obrazu veľkosti CIF (352x288) stačila rýchlosť linky 512 kb/s. Odvtedy videotelefonovanie sprístupnili aj ďalší operátori v Japonsku, juhovýchodnej Ázii alebo USA. [viac v 42, 43]

5.8 Rozhlasové a televízne vysielanie cez internet

Pri dnešných rýchlostiach širokopásmových prípojok nie je problémom ani on-line počúvanie rádií a sledovanie televízie – v tomto prípade sa ale nejedná o IPTV (viď. kap. 5.4), šírenie vysielania tu zabezpečuje priamo vysielateľ danej stanice, nie poskytovateľ používateľovho internetového pripojenia. Takmer každé rádio šíri svoje vysielanie nielen prostredníctvom vysielateľov či satelitu, ale aj prostredníctvom Internetu, a navyše existujú stovky ďalších výlučne internetových rádií, zameraných na rôzne hudobné (aj menšinové) žánre. Vysielanie býva väčšinou vo formátoch MPEG1–Layer 3 (MP3), Windows Media Audio, RealAudio, Ogg Vorbis, alebo AAC (Advanced Audio Codec) a bitové rýchlosti sa pohybujú od 20 až do 256 kb/s, takže vysielanie cez Internet je u niektorých rádií po zvukovej stránke kvalitnejšie než z pozemného vysielateľa.

Aj televízie šíria svoje vysielanie prostredníctvom Internetu. Toto vysielanie je ale v horšej kvalite než klasické digitálne vysielanie (DVB alebo IPTV), býva v nižšom rozlíšení (320 x 240 bodov) a v nižšom dátovom toku, spravidla okolo 300 – 400 kb/s, no nájdu sa aj výnimky, keď televízia cez Internet vysielala v plnej PAL kvalite (720 x 576 bodov), s dátovým tokom do 1,5 Mb/s – príkladom môže byť česká hudobná stanica Óčko. Internetové vysielanie televízií býva v súčasnosti najčastejšie vo formáte Windows Media Video (WMV), súvisí to s obľúbenosťou operačného systému Windows, ktorý má priamo v sebe už zabudovanú podporu tohto formátu, nie je preto potrebná inštalácia nových kodekov. V porovnaní s DVB a IPTV je pri tomto type vysielania aj väčšie oneskorenie. Kvôli autorským právam na vysielané programy býva internetové vysielanie televízií obmedzené len na vysielanie vlastnej produkcie, alebo geograficky podľa IP adresy len na územie, pre ktoré má televízia zakúpené autorské práva.

Pre počúvanie rádií a sledovanie televízie týmto spôsobom nie je potrebné zakúpiť u poskytovateľa ďalšiu službu, stačí mať k dispozícii aktívne pripojenie na Internet (viď. kap. 5.6). Keďže je v tomto prípade potrebné dáta hlavne prijímať, odosielaných je len minimum, z xDSL technológií sú vhodné napríklad všetky z rodiny ADSL, no môžu byť použité aj iné s dostatočnou prenosovou rýchlosťou (odporúčaných je aspoň 512 kb/s) Pri predplatenom objeme dát sa dáta pri sledovaní TV alebo počúvaní rádia cez internet odrátavajú z tohto objemu, keďže sa jedná o klasický dátový prenos – na rozdiel od IPTV, kde sa sledovanie TV do tohto objemu neráta, keďže ide o inú službu.

5.9 Výmena súborov (dát) medzi používateľmi – P2P siete

Internetovej prevádzke dnes dominuje výmena súborov medzi používateľmi – najväčšie množstvo prostredníctvom tzv. „peer-to-peer“ sietí (skr. P2P). Pre využívanie P2P stačí mať aktívne pripojenie na internet (kap. 5.6) a nie sú potrebné ďalšie hardvérové zariadenia. Rozvoj P2P nastal v roku 2000 po zrušení siete Napster, ktorá slúžila na výmenu hudobných MP3 súborov. Odvtedy prešli P2P siete prudkým vývojom, dnes sú už úplne distribuované, decentralizované a ponúkajú možnosť výmeny akéhokoľvek typu súborov. Najpopulárnejšími sieťami sú BitTorrent, Direct Connect, eDonkey, FastTrack, a Gnutella / Gnutella 2. V minulosti boli hlavným magnetom v P2P sieťach súbory MP3, dnes s nástupom vysokorýchlostného pripojenia na Internet čoraz viac ľudí hľadá zdroje pre sťahovanie filmov či softvérových produktov a hier. Proti rozširovaniu nelegálnych kópií sa snažia bojovať viaceré organizácie na ochranu autorských práv, podporované tiež nahrávacími spoločnosťami, no všetky opatrenia (súdne žaloby a pod.) len minimálne obmedzili prevádzku P2P sietí. Na druhej strane existujú aj portály, napr. iTunes alebo nový Napster, kde sa dá za určitý poplatok stiahnuť hudobná nahrávka legálne, a to zhruba za 1 USD, počet ich používateľov sa tiež neustále zvyšuje.

P2P siete predstavujú problém aj pre ISP, pretože veľká časť celej internetovej prevádzky je komunikácia cez P2P siete. Najaktívnejší užívatelia, tzv. „heavy-users“ dokážu preniesť za mesiac niekoľko desiatok GB dát a ľahko tým vyťažít prenosové prostriedky poskytovateľa – práve proti nim sa ISP bránia napríklad tým, že negarantujú prenosovú rýchlosť pri flat-rate programoch, alebo zavádzajú tzv. Fair User Policy (FUP), čo je dodatok k zmluve o pripojení s pravidlami, ktoré hovoria, že ak používateľ napríklad niekoľkokrát o sebe prekročí určitý objem dát, môžu byť voči nemu zo strany ISP vyvolané dôsledky (zníženie prenosovej rýchlosti, spoplatnenie dát nad limit, blokovanie portov, ktoré programy používajú a pod.). [6, 7]

Pre využívanie P2P sietí sú z dostupných technológií vhodnejšie tie so symetrickým delením pásma, ako napr. VDSL, keďže rýchlosť sťahovania dát u používateľa v mnohých sieťach závisí od rýchlosti, akou môže dáta odosielať; s obmedzenou rýchlosťou sťahovania však bez problémov P2P programy fungujú aj napr. na technológiách ADSL, cez káblové modemy alebo cez niektorú z bezdrôtových technológií.

5.10 Virtuálne privátne siete, teleworking

Pre firmy bude dôležitou službou virtuálna privátna sieť (VPN – *Virtual Private Network*). xDSL je dobrá technológia na jej implementáciu – veľká časť VPN sa realizuje práve pomocou prístupovej technológie xDSL a to buď na druhej vrstve, čo nahrádza klasické pripojenie napr. pomocou Frame Relay, alebo na tretej vrstve, čiže IP VPN pre prepojenie vzdialených pobočiek. VPN takisto umožní firme pripojiť na vnútornú sieť svojich zamestnancov, ktorí budú môcť pracovať z domova alebo kdekoľvek na služobnej ceste (tzv. *teleworking* – práca na diaľku), čo prináša množstvo výhod. Firme umožní ušetriť náklady na kancelárske priestory, zamestnancom zasa šetrí výdavky na cestovanie do práce a poskytuje flexibilnejší čas, čo zvyšuje ich produktivitu. Pre VPN je lepšie použiť technológie so symetricky rozdeleným prenosovým pásmom, napr. VDSL alebo VDSL2, prípadne vysokorýchlostné bezdrôtové pripojenia, aby rýchlosti oboma smermi boli rovnaké, podobne ako je to na klasickej počítačovej LAN sieti. Okrem pripojenia celého počítača na firemnú VPN existuje aj jednoduchšia možnosť – tzv. vzdialená pracovná plocha. V tomto prípade sa môže používateľ pomocou aplikácie (napr. Microsoft Remote Desktop Connection) pripojiť na firemný server alebo iný počítač a na svojom monitore vidí pracovnú plochu tohto vzdialeného počítača. Všetky operácie sú vykonávané priamo na vzdialenom počítači a používateľovi je posielané len aktuálne zobrazenie pracovnej plochy. [7, 44]

5.11 Multipoužívateľské hry

Ako poslednú službu je možné spomenúť multipoužívateľské hry (hry, ktoré hrajú spolu viacerí používatelia cez Internet). Používateľ si kúpi a nainštaluje počítačovú hru na vlastnom počítači alebo hernej konzole a prostredníctvom Internetu zdieľa v reálnom čase hracie prostredie umiestnené na vzdialenom serveri s inými používateľmi rovnakej hry, pričom prístup na tento server môže byť voľný alebo je treba si ho predplatiť – keďže multipoužívateľské hry sú veľmi populárne, práve predplatné je ďalším zdrojom príjmu pre tvorcov hry. Pre bezproblémový prístup je potrebná linka s rýchlosťou aspoň 256 kb/s v oboch smeroch a dôležitá je aj odozva linky, ktorá by mala byť čo najnižšia. Väčšina súčasných hier už má tzv. „multiplayer“ mód – možnosť hrania viacerými používateľmi aj cez Internet, najpopulárnejšie žánre sú stratégie, automobilové preteky alebo akčné. [7]

5.12 Kvalita služieb a kvalita vnímania

Pri všetkých službách je dôležité, aby boli poskytované v dostatočnej kvalite. Na prenos dát ale vplýva veľa faktorov, ktoré môžu kvalitu znížiť. Dynamické vlastnosti prístupového metalického vedenia napríklad pri samotnom xDSL spoji ovplyvňujú maximálnu prenosovú rýchlosť (viď. kap. 3.1). Vo vytvorenom dátovom spoji medzi IPTV alebo VoD serverom a zákazníkom môže potom dochádzať k poškodeniu alebo strate paketov, veľkej nestálosti oneskorenia paketov (jitter) či zväčšeniu odozvy na priradenie kanála (zapping). V používateľskej vrstve následne dochádza k strate synchronizácie a chybovosti videorámcov. Opätovné vysielanie chybných paketov zbytočne zahľucuje prístupovú sieť. Aby nedošlo k jej zbytočnému preťaženiu (to hrozí najmä v hlavných prevádzkových hodinách), boli stanovené prahové hodnoty, ktoré by mali byť splnené pre zaručenie QoS (viď. tab. 5.2). [45]

parameter	prahová hodnota
Stratovosť paketov	0,1%
Nestálosť oneskorenia (jitter)	5 ~ 10 ms
Nestálosť programového taktu	5 ~ 10 ms
Chybovosť videorámcov	0
Čas odozvy na priradenie kanála (zapping)	250 ms
Celkové oneskorenie signálu	nestanovené

Tab. 5.2 – Odporúčané maximálne hodnoty vybraných parametrov pre zaručenie QoS v IPTV [45]

Dokonalým meradlom kvality siete a služieb poskytovaných prostredníctvom tejto siete je subjektívne vnímanie kvality a použiteľnosti služieb koncovými zákazníkmi, označuje sa ako „kvalita vnímania“ (QoE – Quality of Experience). Pre operátorov je dôležité pravidelne zisťovať QoE medzi zákazníkmi a sieť či služby neustále zdokonaľovať a vylepšovať. Zlá QoE znamená nespokojnosť zákazníkov a môže následne viesť k ich odchodu ku konkurencii, čo spôsobí zhoršenie postavenia operátora na trhu a oslabenie jeho obchodnej značky. Pri prenose IPTV a VoD paketov vníma koncový používateľ chyby najmä vizuálne, prejavia sa väčšinou v obraze, keďže práve ten zaberá veľkú väčšinu prenášaných dát – buď sa zníži jeho kvalita (dôjde ku „štvorčekovaniu“) alebo úplne zamrzá, tiež môže dôjsť k pomalému prepínaniu kanálov. [46]

5.13 Služby Quad-play

Pod pojmom Quad-play sa skrýva balík služieb Triple-play rozšírený o možnosti mobilnej komunikácie. Zákazníci operátora ponúkajúceho Quad-play budú mať k dispozícii vysokorýchlostný prístup na Internet, televíziu s Videom na požiadanie (IPTV a VoD), telefonovanie cez pevnú linku (resp. VoIP) a tiež telefonovanie a rôzne služby prostredníctvom mobilného telefónu. Spojením všetkých uvedených služieb do jedného balíka od jedného poskytovateľa tak v konečnom dôsledku môže zákazník ušetriť ďalšie finančné prostriedky. Príkladom je Veľká Británia, kde kábloví operátori NTL a Telewest odkúpili internetového poskytovateľa Virgin a mobilného operátora Virgin Mobile a po rebrandingu na začiatku roka 2007 ponúkajú Quad-play služby pod značkou Virgin Media. Potenciál na poskytovanie Quad-play v blízkej budúcnosti má aj slovenský mobilný operátor Orange, ktorý od decembra minulého roka v Bratislave okrem mobilnej komunikácie poskytuje aj Triple-play služby prostredníctvom FTTH, zatiaľ však len na malom území a bez možnosti kombinácie VoIP, Internetu, IPTV a mobilnej komunikácie v jednom balíku. Balíky Quad-play majú predpoklad výrazne sa presadiť v budúcnosti. [29, 47]

6. Prehľad služieb a vhodných širokopásmových technológií

Nasledujúca tabuľka uvádza prehľad jednotlivých širokopásmových technológií popísaných v kap. 3 a služieb popísaných v kap. 5, ktoré je možné využívať prostredníctvom danej technológie. Pri každej technológii je uvedené, či je možné využívať konkrétnu službu v plnej kvalite (+), či je možné ju využívať s obmedzeniami alebo ju pomocou danej technológie nie je možné využívať (-).

služba technológia	IPTV	Video na požiadanie	Pripojenie do siete Internet	VoIP	VPN / teleworking	Multipouž. hry
HDSL / HDSL2 (pri max. rýchlosti E1 – 2Mb/s)	-	obmedzené, iba Push-VoD	+	+	+	+
SDSL (pri max. rýchlosti linky – 2,3 Mb/s)	-	obmedzené, iba Push-VoD	+	+	+	+
IDSL	-	-	iba 144 kb/s	-	-	-
ADSL	+	+	+	+	+	+
ADSL Lite	-	-	+	+	+	+
ADSL2	+	+	+	+	+	+
RE-ADSL2	-	obmedzené	+	+	+	+
ADSL2+ / ADSL2++	+	+	+	+	+	+
VDSL / VDSL2	+	+	+	+	+	+
DOCSIS, EuroDOCSIS (všetky špecifikácie)	+	+	+	+	+	+
PDSL	-	-	+	+	+	+
FTTx	+	+	+	+	+	+
mobilné siete 2G	-	-	obmedzené P2P, on-line rádiá a TV	-	-	-

UMTS	-	-	obmedzené P2P a on-line TV	obmedzené	obmedzené	obmedzené
UMTS + HSUPA + HSDPA	obmedzené	obmedzené	+	+	+	+
UMTS TDD	+	+	+	+	+	+
LTE UMTS	+	+	+	+	+	+
CDMA2000 1xEV-DO Rev. 0	-	-	+	-	-	-
CDMA2000 1xEV-DO Rev. A	-	-	+	+	+	+
CDMA2000 1xEV-DO Rev. B	obmedzené	obmedzené	+	+	+	+
Flash-OFDM	-	obmedzené, Push-VoD	+	+	+	+
Flash-OFDM Flexband	+	+	+	+	+	+
Wi-Fi	+	+	+	+	+	+
WiMAX	+	+	+	+	+	+
HIPERMAN	+	+	+	+	+	+
WiBro	+	+	+	+	+	+
iBurst	+	+	+	+	+	+

Tab. 6.1 – Prehľad služieb a vhodných širokopásmových technológií

Prehľad bol zostavený na základe dvoch kritérií: prenosovej rýchlosti technológie v smere k používateľovi a požadovanej rýchlosti pre danú službu v smere k používateľovi (pri niektorých službách aj požadovaná rýchlosť v opačnom smere). Prenosová rýchlosť technológie je vždy jej maximálna možná rýchlosť znížená o cca 25% (rezerva kvôli vplyvu prostredia a vzdialenosti do 2 – 3 km), ak nie je uvedené inak. Minimálne rýchlosti pre služby boli stanovené nasledovne: IPTV – 4 Mb/s; VoD - 4 Mb/s (do 2 Mb/s s obmedzeniami); Pripojenie do siete Internet a on-line rádiá - 256 kb/s; on-line TV cez Internet - 512 kb/s; P2P siete, VoIP, VPN a Multipoužívateľské hry - 512 kb/s (256 kb/s v smere od používateľa). P2P siete a on-line TV a rádiá sú v tabuľke začlenené

pod „Pripojenie do siete Internet“. Pri zostavovaní nebol braný ohľad na ďalšie aspekty ako QoS alebo odozva linky, pri bezdrôtových technológiách bol predpoklad priamej viditeľnosti. Rovnako nebol braný ohľad na súčasné využívanie viacerých služieb ani súčasné sledovanie viacerých kanálov alebo HDTV kanálu pri IPTV.

Na základe stanovených podmienok vyšli spomedzi všetkých technológií najlepšie xDSL technológie zo skupín ADSL a VDSL, technológie pre káblové modemy DOCSIS, mobilné UMTS s nadstavbami, Flash-OFDM Flexband a ďalšie vysokorýchlostné bezdrôtové technológie. Tieto technológie umožňujú na základe prenosových rýchlostí poskytovanie všetkých služieb.

7. Záver

Súčasný trend v telekomunikačných sieťach smeruje ku konvergencii hlasovej a dátovej prevádzky a k nasadzovaniu technológií NGN. Pre nových operátorov, ktorí budujú svoje siete od základu, predstavujú NGN v porovnaní s PSTN jednoduchší a lacnejší spôsob, ako môžu poskytnúť nové služby a tým prilákať nových zákazníkov. Práve nové služby sú dôležité, nakoľko výnosy za telefonovanie budú v budúcnosti rásť len veľmi málo, na druhej strane dátové služby budú najmä vďaka popularite Internetu a multimediálneho obsahu (televízia, video na požiadanie) prinášať o pár rokov niekoľkonásobne vyššie zisky.

Na pripojenie používateľov v prístupovej sieti sa najčastejšie používajú technológie xDSL. Je to spôsobené pomerne priaznivou cenou pre koncového zákazníka, vysokými dostupnými prenosovými rýchlosťami, možnosťou nasadiť tieto technológie aj v súčasných sieťach a na prenos dát využiť existujúce metalické telekomunikačné vedenia. Aj keď sa do popredia dostávajú už aj pripojenia cez optické vedenia až do domácnosti, stále sú oblasti, kde by bolo budovanie optiky nákladné alebo neefektívne, preto xDSL budú mať stále svoje uplatnenie. O popularite svedčia aj štatistiky počtu xDSL prípojok, ktoré z roka na rok rastú, aj keď v niektorých krajinách už došlo k nasýteniu trhu a tento rast sa pomaly utlmuje. V niektorých krajinách dokonca dochádza k poklesu xDSL prípojok oproti minulému roku, tu ale naopak rýchlejšie rastie počet optických FTTx prípojok a aj mnoho používateľov xDSL tam už prechádza na FTTx. xDSL, okrem toho, že je možné použiť ich popri súčasných PSTN sieťach na pripojenie používateľov do Internetu, stali sa aj základom v prístupovej vrstve sietí NGN. Rozšírené sú najmä varianty ADSL, novšie ADSL2, ADSL2+ alebo aj VDSL. Okrem FTTx riešení sú konkurenciou xDSL technológií aj káblové modemy, rozšírené najmä v Severnej Amerike, a tiež niektoré bezdrôtové technológie, napríklad WiMAX. Mobilné siete 2. a 3. generácie zatiaľ nedokážu konkurovať prenosovým rýchlostiam metalických či optických vedení a to ani s použitím rôznych nadstavieb. Rovnako zatiaľ nenašlo široké uplatnenie ani pripojenie cez energetické rozvody.

Aj keď sa skratka xDSL u mnohých spája práve s pripojením do siete Internet, prostredníctvom týchto technológií je možné prenášať nielen dáta, ale aj telefónne hovory,

filmy a bežné televízne vysielanie. Najčastejšie sú všetky tieto služby ponúkané spoločne v balíkoch nazvaných Triple-play. Objavili sa už aj balíky Quad-play, ktoré v sebe okrem prenosu dát, obrazového signálu a telefonovania zahŕňajú aj možnosť mobilnej komunikácie. Tie sú dostupné zatiaľ iba u niekoľkých operátorov, majú však predpoklad na rozšírenie v budúcnosti.

Najrozšírenejšou spomedzi jednotlivých služieb je pripojenie do siete Internet, ktoré je možné využívať aj na prípojkách s nižšími prenosovými rýchlosťami a to aj napriek tomu, že pri nízkych rýchlostiach nie je možné napríklad počúvanie internetového rádia, hranie on-line hier alebo vyžívanie P2P sietí. Výmenné P2P siete využívajú obrovskú prenosovú kapacitu a ich prevádzka patrí v súčasnosti medzi najväčšie záťaže telekomunikačných sietí. V posledných rokoch nastal najväčší rozmach služieb na prenos digitálneho obrazového signálu. Spôsobil to najmä fakt, že tieto služby na rozdiel od pripojenia do siete Internet pre svoje fungovanie vyžadujú vysoké prenosové rýchlosti, ale technológie, ktoré tieto rýchlosti poskytovali, boli dostupné len pre úzky okruh používateľov v niektorých vyspelých krajinách. Až s postupným rozširovaním optických prípojok, rýchlejších variantov xDSL technológií ako ADSL2, ADSL2+ alebo VDSL, zvyšovaním rýchlostí káblových modemov a vylepšeniam kompresie obrazu začali operátori poskytovať aj digitálnu televíziu – IPTV a Video na požiadanie. Nielen v podnikovej sfére, ale už aj v domácnostiach sa pomaly udomácnujú hlasové služby na báze VoIP, ktoré v porovnaní s bežnými PSTN sieťami predstavujú nižšie náklady na prevádzku, vďaka čomu môžu operátori ponúkať hovory za zlomok ceny oproti hovorom v PSTN a lákať zákazníkov napríklad aj akciami bezplatných volaní vo svojej sieti či v rámci krajiny.

Triple-play službami si dnes telekomunikační operátori nekonkurujú len medzi sebou, ale sú konkurenciou aj pre káblové televízie. Takisto kábloví operátori vo svojich sieťach začali ponúkať Triple-play – okrem televíznych staníc aj prístup na Internet a hlasové služby. Tento konkurenčný boj na poli operátorov a technológií v konečnom dôsledku prináša najmä profit pre koncového zákazníka v podobe kvalitnejších a lacnejších služieb a väčšej možnosti výberu.

Použité skratky

3G	Mobilná sieť 3. generácie
AAC	Advanced Audio Codec
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AMI	Alternate Mark Inversion
AON	Active Optical Network
API	Application Program Interface
APON	Asynchronous Passive Optical Network
ARPU	Average Revenue Per User
ATM	Asynchronous Transfer Mode
B8ZS	Bipolar with 8 Zeros Substitution / Binary Eight Zero Substitution
BPON	Broadband Passive Optical Network
CDMA	Code Division Multiple Access
CIF	Common Intermediate Format
CSD	Circuit Switched Data
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification
DRM	Digital Rights Management
DSL	Digital Subscriber Line
DVB-C	Digital Video Broadcast via Cable
DVB-H	Digital Video Broadcast – Handheld
DVB-S	Digital Video Broadcast via Satellite
DVB-T	Digital Video Broadcast – Terrestrial
DVD	Digital Video Disc / Digital Versatile Disc
EFM	Ethernet in the First Mile
EDGE	Enhanced Data Rates for Global Evolution
EPON	Ethernet Passive Optical Network
ETSI	European Telecommunications Standard Institute
FDM	Frequency Division Multiplex
FDSL	Fiber Digital Subscriber Line
Flash-OFDM	Fast Low-latency Access with Seamless Handoff OFDM
FR	Frame Relay
FTTB	Fiber To The Building
FTTCab	Fiber To The Cabinet
FTTC	Fiber To The Curb
FTTEx	Fiber To The Exchange
FTTH	Fiber To The Home
FTTN	Fiber To The Node / Neighbourhood
FTTO	Fiber To The Office
FTTP	Fiber To The Premise
FTTx	Fiber To The x
FUP	Fair User Policy
FVoD	Free Video On Demand
FWA	Fixed Wireless Access
GEM	GPON Encapsulation Method
GSM	Global System for Mobile communication
GPON	Gigabit Passive Optical Network
GPRS	General Packet Radio System
HDD	Harddisc (pevný disk)
HDMI	High-Definition Multimedia Interface

HDSL	High Bit-rate Digital Subscriber Line
HDTV	High Definition Television
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
iDEN	Integrated Digital Enhanced Network
ISDL	Integrated Services Digital Network-Digital Subscriber Line (ISDN DSL)
IETF	Internet Engineering Task Force
IP	Internet Protocol
IPTV	Internet Protocol Television
IPv6	Internet Protocol version 6
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISP	Internet Service Provider
LAN	Local Area Network
LLU	Local Loop Unbundling
MGCP	Multimedia Gateway Control Protocol
MP3	MPEG1-Layer 3 – formát pre kódovanie zvuku
MPEG	Motion Picture Expert Group
MPLS	Multiprotocol Label Switching
NGN	New Generation Network
NMT	Nordic Mobile Telephone
NPVR	Network-based Personal Video Recorder
NTSC	National Television Standards Committee
NVoD	Near Video on Demand
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
ODN	Optical Data Network
OLT	Optical Line Termination
ONU	Optical Network Unit
P2P	Peer-to-peer
PAL	Phase Alternating Line
PDC	Personal Digital Cellular
PDSL	Power Lines Digital Subscriber Line
PHS	Personal Handyphone System
PON	Passive Optical Network
POTS	Plain Old Telephone System (- Service)
PSTN	Public Switched Telephone Network
Push-VoD	Push Video on Demand
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QoE	Quality of Experience
QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
QVoD	Quasi Video on Demand
SCART	Syndicat des Constructeurs d'Appareils Radiorécepteurs et Téléviseurs
SIP	Session Initiation Protocol
SMS	Short Message Service
STB	Set-top-box
SVoD	Subscription Video On Demand
TDM	Time Division Multiplex
TVoD	True Video on Demand
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System

VDSL	Very High Bit-rate Digital Subscriber Line
VoD	Video on Demand
VoIP	Voice Over Internet Protocol
VPN	Virtual Private Network
VVoIP	Voice and Video over IP
W-CDMA	Wideband Code Division Multiple Access
WDM	Wavelength Division Multiplex
WLAN	Wireless Local Area Network
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WMV	Windows Media Video
xDSL	Digital Subscriber Line

Použitá literatúra

- [1] *Klubový odborný večer Asociácie Telekomunikačných Operátorov - NGN siete*, webstránka ATO, 2.6.2004, <http://www.ato.sk/index.php?sub=article&pgid=66>
- [2] Škop, M.: *Technologické trendy v pevných sítích*, prezentácia spol. Český Telecom na konferencii Teleinformatika 2004, 10.11.2004
- [3] Procházka, J.: *Next Generation Network: ďalšie „telekomunikačné zaklínadlo“?* Živé.sk, 7.6.2004, <http://www.zive.sk/h/Publicistika/AR.asp?ARI=108814>
- [4] Medvecký, M.: *NGN (IMS, TISPAN, MSF)*, prednášky k predmetu Širokopásmové spojovacie systémy – zimný semester 2006/07, Bratislava, STU, Katedra telekomunikácií
- [5] Větvička, V.: *Historie DSL*, DSL.cz, 22.1.2005, <http://www.dsl.cz/index.php?akce=237>
- [6] Čuchran, J., Róka R., et al: *Analýza súčasného stavu nasadzovania technológií xDSL vo svete a u nás pre konvergované siete*, Bratislava, STU, júl 2004
- [7] Čuchran, J., Róka R., et al: *Analýza súčasného stavu v oblasti služieb poskytovaných technológiami xDSL vo svete a u nás v prostredí konvergovaných sietí*, Bratislava, STU, júl 2004
- [8] *High data rate Digital Subscriber Line*, Wikipedia, the free encyclopedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/HDSL>
- [9] *Symmetric Digital Subscriber Line*, Wikipedia, the free encyclopedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/SDSL>
- [10] *ISDN Digital Subscriber Line*, Wikipedia, the free encyclopedia, http://en.wikipedia.org/wiki/ISDN_Digital_Subscriber_Line
- [11] *Asymmetric Digital Subscriber Line*, Wikipedia, the free encyclopedia, http://sk.wikipedia.org/wiki/Asymmetric_Digital_Subscriber_Line
- [12] Procházka, J.: *Broadband: Čo funguje vo svete, nemusí fungovať na Slovensku*, Živé.sk, 2.3.2007, <http://www.zive.sk/h/Publicistika/AR.asp?ARI=121431>
- [13] *ITU G.992.2*, Wikipedia, the free encyclopedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/G.Lite>
- [14] *Rate-Adaptive Digital Subscriber Line*, Wikipedia, the free encyclopedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Rate-Adaptive_Digital_Subscriber_Line
- [15] *Internetprovider-Glossar: ADSL2++*, Providersuche.org, <http://providersuche.org/glossar-adsl2++.php>
- [16] *Very High Speed Digital Subscriber Line*, Wikipedia, the free encyclopedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/VDSL>

- [17] *Very High Speed Digital Subscriber Line 2*, Wikipedia, the free encyclopedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Very_High_Speed_Digital_Subscriber_Line_2
- [18] Kusnyér, L.: *Xtend: zvýšenie kapacity CATV sietí o 3 Gbps*, ISDN Server, 10.8.2004, <http://www.isdn.cz/clanek.php?cid=5928>
- [19] *DOCSIS*, Wikipedia, the free encyclopedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/DOCSIS>
- [20] *Passive optical network*, Wikipedia, the free encyclopedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Passive_optical_network
- [21] *Fiber to the premises*, Wikipedia, the free encyclopedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Fiber_to_the_home
- [22] Vodrážka, J.: *Základy FTTx*, Access Server, 22.5.2006, <http://access.feld.cvut.cz/view.php?cisloclanku=2006051702>
- [23] Paulen, R.: *Mobilné siete pre rýchly prenos dát*, Prezentácia pre študentov STU, T-Mobile Slovensko, 4.12.2006
- [24] Vavrina, R.: *Mobilné siete vo svete: Pestrosť a vzájomná (ne)kompatibilita*, Mobilmania.sk, 9.2.2007, <http://mobilmania.sk/Dalsierubriky/Ar.asp?ARI=7677&CHID=1>
- [25] *List of mobile phone standards*, Wikipedia, the free encyclopedia, http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_mobile_phone_standards
- [26] *Orthogonal frequency-division multiplexing*, Wikipedia, the free encyclopedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/OFDM>
- [27] *Wi-Fi*, Wikipedia, the free encyclopedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>
- [28] *WiMAX*, Wikipedia, the free encyclopedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/WiMAX>
- [29] Chook, V.: *World Broadband Statistics: Q4 2006*, Point Topic Ltd., marec 2007, <http://point-topic.com/contentDownload/dslanalysis/world%20broadband%20statistics%20q4%202006.pdf>
- [30] *Oferta zintegrowana Telekomunikacji Polskiej, Tripleplay & IPTV – multipakiet tp*, Telekomunikacja Polska, Varšava, 19.9.2006, http://www.tp.pl/b/binaries/PL/356620/konf_pras_prezentacja_365179412.pdf
- [31] Hrachalová, M.: *Triple Play – Key Factors for succesful product launch*, prezentácia na študentskej konferencii Telekom Day 2006, 9.11.2006
- [32] Majer, I.: *Triple Play – Konečne tu!*, prezentácia na študentskej konferencii Telekom Day 2006, 9.11.2006
- [33] *IPTV*, Wikipedia, the free encyclopedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/IPTV>
- [34] Kusnyér, L.: *Šance a úskalia televízie cez DSL pripojenie*, ISDN Server, 4.2.2005, <http://www.isdn.cz/clanek.php?cid=6384>

- [35] SCART, Wikipedia, the free encyclopedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/SCART>
- [36] *High-Definition Multimedia Interface*, Wikipedia, the free encyclopedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/HDMI>
- [37] Kusnyér, L.: *PUSH Video-on-Demand: ekonomické riešenie pre telekomunikačných operátorov*, ISDN Server, 3.12.2004, <http://www.isdn.cz/clanek.php?cid=6170>
- [38] *The Video on Demand Dictionary & Business Index™*, ITV Dictionary & Business Index™, <http://www.itvdictionary.com/vod.html>
- [39] Talanda, M., Krajčovič, M.: *Videoslužby pomocou technológie ADSL*, Časopis EE, ročník 10, október 2004 – špeciálne vydanie ku konferencii Elektrotechnika a informatika 2004, str. 217
- [40] Pužmanová, R.: *Dôležitosť VoIP pro rozvoj rýchleho prístupu k Internetu*, DSL.cz, 15.12.2004, <http://www.dsl.cz/index.php?akce=213>
- [41] *CeBIT: Telefonování přes internet je připraveno k masovému provozu*, mobil.idnes.cz, 13.03.2005, <http://mobil.idnes.cz/>
- [42] Kusnyér, L.: *France Telecom začal poskytovať videotelefóniu cez ADSL*, ISDN server, 21.01.2005, <http://www.isdn.cz/clanek.php?cid=6319>
- [43] Procházka, J.: *VVoIP: Pozri, kto to hovorí*, MobilMania.sk, 21.12.2005, <http://www.mobilmania.sk/Operatori/AR.asp?ARI=5657>
- [44] Pužmanová, R.: *DSL vede také do podniků*, DSL.cz, 1.12.2004, <http://www.dsl.cz/index.php?akce=205>
- [45] Roziak, M.: *Kvalita služieb v Triple-play*, prezentácia na študentskej konferencii Telekom Day 2006, 9.11.2006
- [46] *Quality of Experience (QoE) of Mobile Services: Can It Be Measured and Improved? – Publisher's Description*, www.silicon.com, <http://whitepapers.silicon.com/0,39024759,60104519p-39000457q,00.htm?r=3>
- [47] Simpson, G.: *The A to Z of broadband: Quad-play*, www.silicon.com, 1.11.2006, <http://networks.silicon.com/broadband/0,39024661,39163573-18,00.htm?r=1>