

Nova upotreba bakarnih parica: xDSL tehnologija

Aleksandar Đorđević, student¹⁾
Saša Đorđević, dipl.inž.²⁾
Nataša Živić, dipl.inž.³⁾

Dat je pregled xDSL tehnologije koja pripada oblasti pristupnih mreža savremenih telekomunikacija. Definisani su osnovni pojmovi iz ove oblasti i detaljnije analizirane HDSL/SDSL, ADSL/G.lite i VDSL varijante ove tehnologije. U završnici je dato poređenje xDSL-a sa konkurentskim tehnologijama kao što su kablovski modemi, ISDN i DSS.

Ključne reči: xDSL tehnologija, pristupne mreže, bakarne parice.

Uvod

POSLEDNIJH godina naglo se razvijaju telekomunikacione tehnologije, pre svega, Internet i mobilne komunikacije. Broj tranzistora na jednom silikonskom čipu se povećava eksponencijalno (tzv. Mooreov zakon), omogućavajući na taj način izvršavanje sve komplikovanijih aplikacija. Razvoj Interneta (koji se razvija takođe po Moore-ovom zakonu) i sve veća zahtevnost korisnika, postavljaju pred inženjere problem pristupa Internet provajderu (ISP). Do pojave tzv. "aplikacija gladnih za propusnim opsegom" ("bandwidth-hungry applications"), kao što su prenos video telefonije, rad kod kuće (telecommuting), ili prenos digitalne televizije, voice-band modemi su bili sasvim dovoljni da pokriju zahteve svakodnevnog korisnika. Uvođenje ISDN-a je otvorilo (zkratko) dovoljno prostora, ali je ubrzo i 160kb/s postalo malo [1].

Logično rešenje se nameće upotrebom optičkih kablova, ali je to rešenje izuzetno skupo i ostavljeno za "bolja vremena". Kako je zahtev za većim bitskim brzinama postao realan, jedini način da se reši problem pristupa ISP-u je pristup preko bakarnih parica, koje su postavljane poslednjih pedeset godina u ogromnom broju. Na taj način se došlo do tzv. "rešenja poslednjeg kilometra" ("last mile solution") pomoću xDSL tehnologije.

Prvi primer xDSL tehnologije je predstavljao DSL modem. Naziv je dobio u BELL laboratorijama i stvorio do-voljno zabune. DSL (Digital Subscriber Line) ne označava vrstu linije, kako bi se moglo pomisliti već modem. Linija koju ovaj modem koristi je obična upredena bakarna parica. Međutim, negde se ova oznaka koristi za ceo sistem (dva modema i linija između njih), tako da se mora biti obazriv u korišćenju ove skraćenice. Danas se sve više koristiti ova skraćenica samo za modem, pa će tako biti upotrebljena u radu. Na osnovu DSL-a su izvedene skraćenice i za ostale članove familije (tabela 1)[2].

Sam DSL je služio za prenos BRI (Basic-Rate-Interface) ISDN-a imao je protok od 160kb/s (2B+D) i prenosio je "sirove" bite, dok se za razdvajanje kanala brinula ISDN oprema u prostorijama korisnika. Domet ovakvog modema je bio oko 6km na parici preseka 0.5mm.

Uspeh DSL-a je otvorio prostor za povećanje brzine protoka, i ubrzo se pojavila HDSL/SDSL tehnika prenosa. Tehnike su u osnovi iste, a razlikuju se u broju potrebnih parica za prenos protoka od 2048kb/s (1544kb/s u Severnoj Americi). Ova brzina je ostala od E1 (T1) sistema prenosa koji se pojavio krajem šezdesetih godina najpre u Americi (AT&T), a zatim u Evropi (ETSI), i predstavlja multipleks 30 telefonskih 64kb-skih signala (24 za T1). Ova brzina je i danas standard za prenos podataka između dve telefonske

Tabela 1. Pregled xDSL tehnologije

Ime	Značenje	Protok	Način rada	Aplikacije
DSL	Digital Subscriber Line	160 kb/s	Duplex	ISDN, prenos govora i podataka
HDSL	High data rate Digital Subscriber Line	2.048 Mb/s (1.544 Mpbs)	Duplex	T1/E1 servisi, WAN i LAN pristup
SDSL	Single line Digital Subscriber Line	2.048 Mb/s (1.544 Mpbs)	Duplex	Isto kao HDSL uz opremu za simetričan pristup
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	1.5 - 9 Mb/s (Down)	16 - 640 kb/s (Up)	Pristup Internetu, udaljenom LAN-u, VoD
VDSL	Very high data rate Digital Subscriber Line	13 - 52 Mb/s (Down)	1.5 - 2.3 Mb/s (Up)	Isto kao ADSL uz prenos HDTV signala

¹⁾ Elektrotehnički fakultet, 11000 Beograd, Bul. revolucije 73

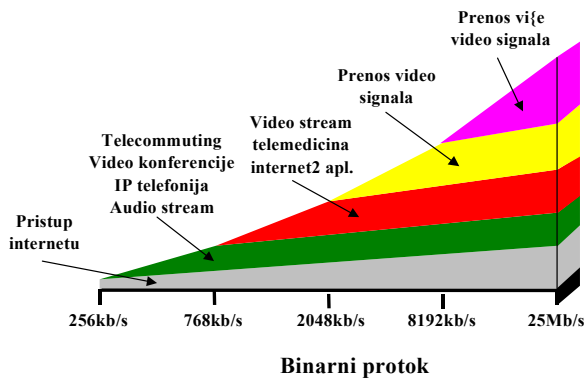
²⁾ Institut „Mihajlo Pupin“, 11000 Beograd, Volgina 15

³⁾ JP PTT saobraćaja „Srbija“, 11000 Beograd,

centrale. Sistemi su radili sa AMI kodom koji je zahtevao veliki propusni opseg (2MHz) i veoma je "zagađivao" okolinu, tako da je u jednom snopu od pedeset kablova smeo da se postavi samo jedan kabl za E1/T1 servis.

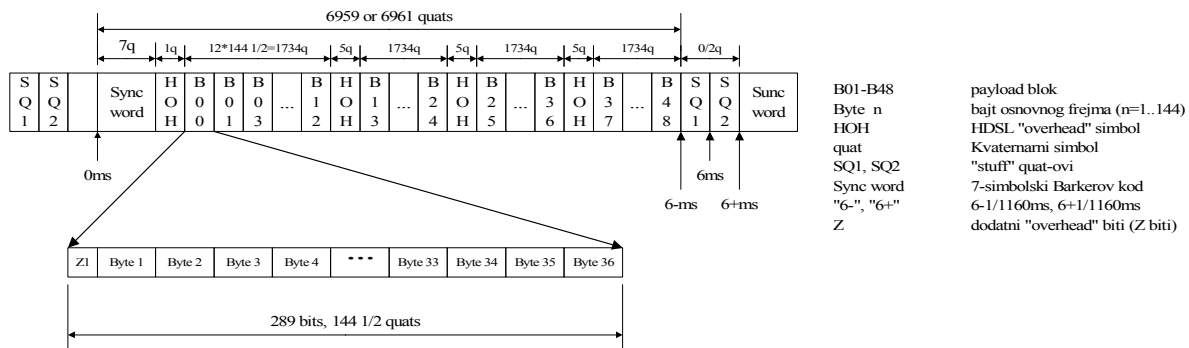
Kasnije su pošte ponudile ovaj servis velikim korisnicima za prenos podataka. Ovakva tehnika nije pogodna za pojedinačne korisnike [2]. Iz tog razloga iskorišćen je 2B1Q kod i stvoren je HDSL (ako se koristi prenos po dve ili tri parice) odnosno SDSL (ako se koristi prenos po jednoj parici). Ekspanzija Interneta je donela potrebu za još većim protokom. Kako, korisnik ka svom ISP-u ne šalje veliku količinu podataka (procenjuje se da prosečna E-mail poruka iznosi oko 20kB) to nije potrebno da se koristi prenos od 2048kb/s od korisnika ka ISP-u (upstream). Tako je nastao asimetrični DSL (ADSL) kod koga postoje dve brzine: od korisnika ka ISP-u (upstream) i od ISP-a ka korisniku (downstream). Najnovija vrsta ADSL-a tzv. G.lite je zvanično dobila standard u junu 1999. godine (G.992.2). Razlika između ADSL-a i G.lite-a je u postojanju (odnosno nepostojanju) tzv splitera koji razdvaja ADSL deo od POTS (Plain Old Telephone System) dela, kao i u različitim maksimalnim protocima. Za jako zahtevne korisnike, koji imaju potrebu za protokom većim od 10Mb/s, razvija se nov sistem pod nazivom VDSL, koji bi imao izuzetno veliku brzinu na kratkim rastojanjima.

Na sl.1 je dat pregled aplikacija koje se trenutno koriste, kao i binarni protoci koje te aplikacije koriste. Primećuje se da aplikacije nisu ograničene sa gornje strane, što omogućava, pristup Internetu i brzinama većim od 20Mb/s (što je neekonomično).



Slika 1. Zahtevi za propusnim opsegom

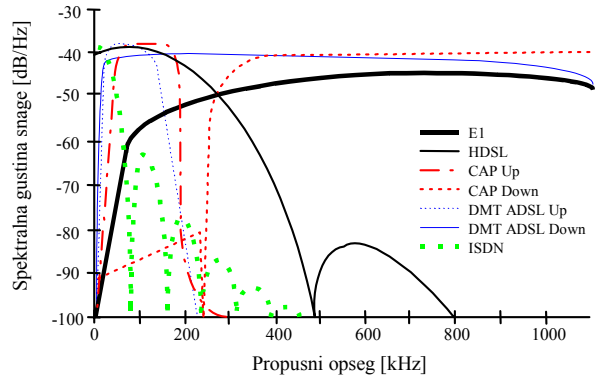
Razni proizvođači sastavljaju i sopstvene skraćenice za uređaje koji imaju neku karakteristiku koja nije standardna,



Slika 3. HDSL frejm

tako da postoji npr. RADSL (Rate Adaptive DSL) koji prilagođava brzinu liniji i aplikaciji koja se koristi. Takođe postoji i nestandardno označavanje koje proizilazi iz male razlike između HDSL-a i SDSL-a, pa neki proizvođači označavaju svoje SDSL modeme kao HDSL ili S-HDSL.

Osnovna karakteristika xDSL je veliko iskorišćenje propusnog opsega primenom DSP tehnologije kao i korišćenjem višenivoskih modulacija (PAM, QAM i drugih) sa primenom zaštitnog kodovanja. Pregled spektara signala najčešće korišćenih sistema je dat na sl.2 [3].



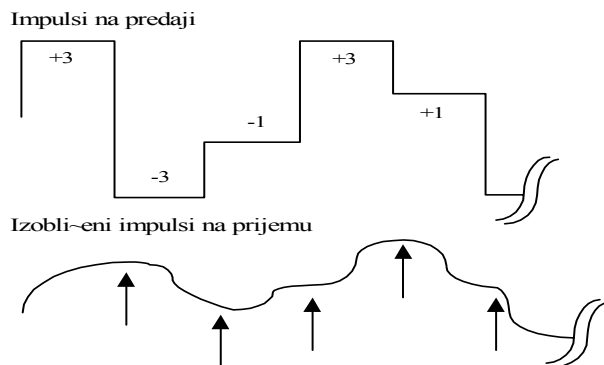
Slika 2. Spektralne gustine snage signala kod različitih sistema prenosa

HDSL/SDSL

HDSL (High-bit-rate Digital Subscriber Line) tehnologija je razvijena u Severnoj Americi sa ciljem da zameni postojeće T1 linije čiji je maksimalni domet od 1.5km bez regeneratora predstavljao problem za instalaciju i održavanje. Nova tehnologija je omogućila prenos na razdaljine do 5km za paricu prečnika 0.5 mm, obezbeđujući pritom veću otpornost na šum i bolje iskorišćenje kanala. Prenos se vrši preko dve bakarne parice, od kojih svaka prenosi pun dupleks od dvanast 64kb/s kanala, što sa kontrolnim bitima čini protok od 784kb/s. Slična ideja je realizovana u Evropi za E1 standard korišćenjem tri para provodnika za prenos 2.3Mb/s. Nedugo zatim pojavio se tzv. two-pair HDSL sa linijskim protokom od 1168kb/s po svakom paru i neznatno manjim dometom. Donošenjem standarda od strane organizacija kao ETSI (ETSI ETR 152 i ETSI TS 101 135 za linijski interfejs), zatim ANSI u Severnoj Americi i ITU, omogućilo je dalji razvoj ovih tehnologija. Prema ovim standardima je i definisan oblik HDSL frejma, odnosno način multipleksiranja korisnog signala i dodavanje tzv. "overhead" bita (sl.3)[4].

HDSL T1/E1 sistemi kao linijski kod koriste 2B1Q (two binary - one quaternary) čija četvoronivovska šema (u literaturi poznata i kao 4-PAM odnosno 4-level Pulse Amplitude Modulation) omogućuje prenos podataka dva puta većom brzinom od linijske [5]. Oblik signala je dat na sl.4.

SDSL (Single-pair ili Symmetric High-bit-rate Digital Subscriber Line) za prenos koristi samo jednu paricu što je osnovna razlika (i prednost) u odnosu na HDSL sisteme. Ova varijanta je orijentisana ka pojedinačnim pretplatnicima koji često na raspolaganju imaju samo jednu liniju. Imajući u vidu da SDSL podržava i istovremeni rad sa POTS-om na istoj liniji, ovakvo rešenje je vrlo primamljivo za ovu vrstu korisnika.



Slika 4. Izgled 2B1Q signala na predaji i prijemu

SDSL je baziran na osnovnoj HDSL tehnologiji i koristi prenos od 128kb/s do 2.3Mb/s. Kao logičan sled, razvija se Multirate SDSL koji obezbeđuje prenos sa promenljivim protokom u zavisnosti od kvaliteta kanala (dužina linije, prečnik žice, nivo šuma...), i automatski se prilagođava novim radnim uslovima. HDSL ima za prednost i korišćenje dve ili tri parice. Iako to komplikuje potrebu za infrastrukturom, uvek postoji redundansa medijuma za prenos. U slučaju ispada jedne parice mogu se koristiti preostale za prenos podataka. Ovakav prenos se može ostvariti na dva načina: prvi je ponovno vršenje mapiranja i prenosa celih 2Mb/s na preostalim paricama (u slučaju da dužina preostalih linija to dozvoljava), ili prenosa sa dve trećine biske brzine uz ponovno mapiranje i prenos kanala sa većim prioritetom. Preko EOC kanala mogu se poslati alarmi da je veza u prekidu.

Razvoj ADSL tehnologije koja na razdaljinama do 3km (na kojima se koriste i SDSL/HDSL) obezbeđuje prenos podataka protokom od 6Mb/s, učinio ih je nepodesnim za pristup Internet-u i drugim sličnim servisima. Iako ADSL obezbeđuje širok propusni opseg, njegova asimetrična priroda ga čini nepodesnim za poslovne i SOHO (small office, home office) potrebe, kao i za buduće korisničke usluge (rad od kuće, učenje na daljinu). Poučene iskustvom Interneta, koji je za nekoliko godina postao "omiljen" medijum za pristup tržištu i kupcima, snabdevajući ih svim potrebnim informacijama, velike organizacije i firme se odlučuju za Intranet kao rešenje problema unutrašnje komunikacije. Kao mogućnosti se javljaju rad od kuće, jednostavna interna komunikacija, pristup lokalnim bazama podataka, pristup javnim i privatnim (zatvorenim) mrežama, zatim video konferencije i mnoge druge usluge koje zahtevaju simetričan prenos (odnosno istu upstream i downstream brzinu).

ADSL ne podržava megabitske prenose i POTS isto-

vremeno, bez upotrebe tzv. splitera a i tada je moguće preneti samo jedan glasovni kanal, dok sa druge strane SDSL/HDSL obezbeđuje potpunu spektralnu kompatibilnost sa postojećim sistemima (POTS, ISDN, DDS) [2].

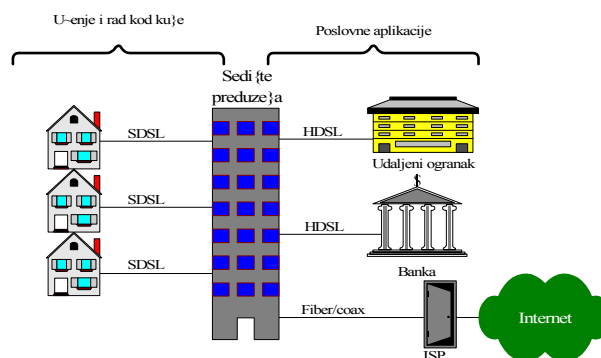
Može se zaključiti da se, zbog lake upotrebe i ugradnje, ovi uređaji mogu koristiti za velik broj primena koje zahtevaju širok propusni opseg:

- Međusobno povezivanje LAN mreža,
- povezivanje kućnih centrala,
- povezivanje baznih stanica u mrežama mobilne telefonije,
- telecommuting, učenje na daljinu,
- video konferencije,
- pristup lokalnim bazama podataka,
- pristup Internetu.

Na sl.5 prikazan je primer SOHO i poslovne aplikacije.

Glavne prednosti opisanih sistema leže u mogućnosti istovremenog rada sa postojećim servisima, uz povezivanje po postojećim standardima i preporukama (G.703, V.35...), koristeći postojeću infrastrukturu, i pritom omogućuju:

- brzu i jednostavnu ugradnju i održavanje,
- smanjena ulaganja i lako proširenje kapaciteta mreže,
- bolje iskorišćenje postojećih linija,
- veliki broj novih servisa i usluga.



Slika 5. Primena HDSL/SDSL

Izuzetne karakteristike navedenih sistema i mogućnosti koje pružaju proizvođačima i korisnicima osim velike popularnosti za kratko vreme su obezbedile da se u ovim tehnologijama traže rešenja za nove, ali i za postojeće probleme. Tako je nastao čitav niz uređaja koji predstavljaju implementaciju starih rešenja na nov način. Tipičan primer je IDSL (Integrated Digital Subscriber Line) koji je nastao po ugledu na ISDN. Na taj način, veliki broj usluga koji se mogao dati korisnicima preko jedne od prvobitnih xDSL tehnologija, dobija svoje članove ove familije namenjene baš za tu primenu. Ovakvo se ipak ne stvara konkurencija među samim xDSL sistemima, jer se oni pre svega dopunjuju, a međusobna kompatibilnost samo pomaže povećanju broja usluga i kvaliteta servisa koji se nude preko ove tehnologije.

Iako je ETSI usvojio standard za Single-Pair HDSL koristeći postojeći 2B1Q kod, ANSI je pogoršanje karakteristika sistema smatrao velikim i zadržao se na prenosu preko dve parice. Potreba za prenosom preko jednog para provodnika je navela ANSI da radi na novom standardu: HDSL2. Da bi postigli zadovoljavajuće performanse, predložen je novi linijski kod PAM 16, kodovanje, veći izlazni nivo na predaji uz zadržavanje

spektralne kompatibilnosti. Da bi se unapredile karakteristike, izabrani kod je modifikovan i nazvan OPTIS (Overlapped PAM Transmission with Interlocking Spectra). Efektivno poboljšanje karakteristika treba da bude obezbeđeno, između ostalog i korišćenjem naprednijih tehnika kodovanja. U predlogu se predviđa mogućnost upotrebe treliš kodovane modulacije ("obične" i turbo), kao i višenivoskih, turbo ili konvolucionih kodova uz najverovatniji izbor neke od treliš modulacija. Ova tehnologija bi trebala da bude imuna na sve probleme koje unosi zaostavština POTS sistema kao što su regeneratori, neterminirane parice i slično. Dok je za upotrebu HDSL-a neophodno ukloniti regeneratore iz mreže, HDSL2 će raditi bez obzira na njihovo prisustvo, sa smanjenim uticajem preslušavanja i refleksije, usled pogodne asimetrične spektralne karakteristike novog linijskog koda i nove tehnike slanja nestrukturiranih bita na liniju veze. Konačan rezultat bi trebao da bude složeniji sistem uz poboljšanje od 7dB (osnovni dobitak treba da se ostvari kodovanjem, i za nabrojane opcije kreće se od 4.5dB do 5.5dB za treliš modulaciju u odnosu na 2B1Q HDSL (tipični nivo predaje +13.5dB). Uz postojeće, očekuje se usvajanje nove tehnike prenosa ogleđane u ETSI-SDSL standardu koji bi istovremeno obezbedio standardizaciju Multirate SDSL-a i HDSL2 standard koji bi trebao da bude prihvaćen od strane ITU.

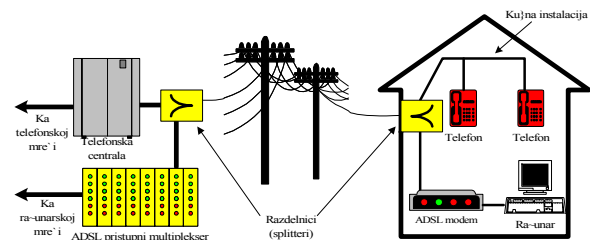
ADSL/G-lite

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) konvertuje postojeće parične telefonske linije u puteve pristupa za multimedijalne i komunikacije sa vrlo brzim podacima. ADSL kolo povezuje ADSL modem na svakom kraju parice telefonske linije formirajući tri informaciona kanala – downstream kanal velike brzine, dupleks kanal srednje brzine i POTS ili ISDN kanal. POTS kanal je odvojen filterima od digitalnog modema, što garantuje neprekidni POTS/ISDN servis, čak i ako ADSL ne uspe. Velike brzine kanala su u opsegu od 1.5 do 6.1 Mb/s, dok su dupleks brzine u opsegu od 16 do 64 kb/s. Svaki kanal može biti podmultipleksiran do forme više kanala manje brzine, zavisno od sistema. ADSL modemi obezbeđuju brzine podataka u skladu sa severnoameričkom i evropskom digitalnom hijerarhijom i mogu se kupiti sa različitim opsežima brzina i raznim mogućnostima. Minimum konfiguracije obezbeđuje 1.5 ili 2 Mb/s downstream i 16 kb/s dupleks kanal; ostali obezbeđuju protoke od 6.1 Mb/s downstream i 64 kb/s u full-dupleksu. Danas su dostupni proizvodi sa downstream protokom do 8 Mb/s i dupleks protocima do 640 kb/s. Downstream protoci podataka zavise od brojnih faktora, uključujući dužinu bakarne linije, debljinu njene žice, prisustvo tzv. "bridged tap"-ova i međusobnu interferenciju. Frekvencijski opseg koji se koristi za puni ADSL podeljen je u tri dela: opseg od 0 do 4 kHz je rezervisan za govornu telefoniju, deo između 25 kHz i 138 kHz za upstream podatke do Interneta, a ostatak opsega do 1.1 MHz za downstream podatke od ISP-a do korisnika. Razdvajanje podataka u različitim smerovima se ostvaruje na dva načina: pomoću FDM i poništavanja eha ("echo cancellation"). FDM dodeljuje jedan opseg za upstream, a drugi za downstream podatke. Downstream je zatim podeljen vremenskim multipleksom na jedan ili više kanala velike brzine, i na jedan ili više kanala male brzine [1,2,3].

Upstream put je takođe multipleksiran u odgovarajuće kanale male brzine. Poništavanje eha dodeljuje upstream opseg preklapajući ga sa downstream opsegom, a razdvaja

ih tehnikom poništavanja lokalnog eha dobro poznatom u V.32 i V.34 modemima. Pomoću obe tehnike ADSL razdvaja oblast od 4 kHz za POTS i drugi deo opsega za podatke.

ADSL modem je povezan na korisnički kraj samo jednom tehnologijom. Telefonski par žica je povezan na uređaj mrežnog interfejsa (NID), gde frekvencijski splitter, takođe poznat i kao POTS splitter, razdvaja niskofrekventne govorne signale od visokofrekventnih signala podataka. Telefonski izlazni port interfejsa je povezan na postojeće telefonske žice. Izlazni port za podatke je povezan na ADSL modem, koji je zatim spregnut sa Ethernet mrežnom interfejsnom karticom, instaliranom unutar PC-a (sl.6). Frekvencijski splitter može biti van ili u okviru interfejsnog uređaja. Korišćeni filteri mogu biti aktivni i pasivni. Ako su u pitanju pasivni filteri, niskopropusni filteri teže da budu nezgrapni jer koriste velike komponente. Aktivni filteri zauzimaju manje prostora, ali ako dođe do prekida rada, mogu ugroziti intenzitet life-line telefonskog servisa.



Slika 6. Tipičan ADSL sistem sa razdelnikom

U CO (Central Office) telefonske kompanije linija se završava POTS splitterom koji odvaja korisničke analogne govorne signale od signala podataka generisanih od strane korisnikovog PC-a ili Interneta. Govorni signali se napajaju preko standardne telefonske centrale, dok se signali podataka završavaju u kartici unutar uređaja zvanog DSLAM (DSL Access Multiplexer). Svaka kartica u okviru multipleksera ima funkciju ADSL modema. Kako modemi međusobno komuniciraju, multiplekser prima pakete podataka od pojedinačnih pretplatnika, multipleksira pakete i šalje ih dalje raznim Internet servis provajderima preko mreže podataka telefonske kompanije. Rek multipleksera generalno podržava 500 do 1000 ADSL linija.

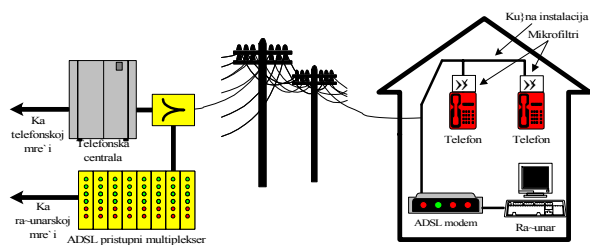
Zadnji kraj multipleksera je povezan sa mrežom podataka telefonske kompanije i radi uglavnom u ATM-u. Ovo se razlikuje od slučaja kada bi svi pretplatnici povezani na jedan multiplekser slali pakete podataka u istom trenutku. Zbog toga inženjering saobraćaja podataka dopušta da 15-40 korisničkih paketa bude poslato u mrežu podataka u bilo kom trenutku. Pošto se podaci dalje šalju komutacijom paketa, za razliku od komutacije kola, manje kašnjenja prođe neprimećen od strane korisnika.

Frekvencijski opseg ispod 25.875 kHz je u ADSL sistemima rezervisan za analognu telefoniju. Za sad postoji dozvola za samo jednu analognu telefonsku liniju. U budućnosti će biti moguće otvaranje više telefonskih kanala ako se u ovu svrhu budu koristili ATM ili Internet protokol paketi.

Predajnici punog ADSL-a su još uvek skupi, pa ponekad telefonske kompanije povežu neke od svojih servisa kako bi ADSL bio ekonomski atraktivniji. Da bi tehnologiju učinila prihvatljivijom i ubrzala njen razvojni proces, Univerzalna ADSL radna grupa (UAWG) je u januaru 1998. godine predložila dizajniranje diskretne višetonske verzije ADSL-a bez splitera. Ovaj modem bez splitera bi radio sa manjim

protocima (do 1.5 Mb/s downstream i 512 kb/s upstream) u odnosu na ADSL modem, ali bi bio relativno jeftin i mogao bi korisnik sam da ga instalira. Potreban bi bio jedino visokopropusni filter na ulaznom portu modemske linije. Veza sa Ethernet mrežnom karticom ostaje ista. U verziji diskretne višetonske tehnologije bez splitera, koristan frekvencijski opseg je podeljen na 128 kanala, umesto 256 u verziji sa punim protokom, pri čemu je svaki podkanal širine 4.3125 kHz. Ovakvo rešenje pojednostavljuje elektroniku i smanjuje cenu uređaja. Telefonske kompanije su tražile tehnička rešenja koja su imala potencijal da eliminišu potrebu za slanjem tehničara koji bi instalirao ADSL servis, omogućavajući korisnicima da sami instaliraju ADSL modeme na način kao i tipične dial-up modeme. Velika razlika između ADSL i dial-up modema je potreba za telefonskim spliterom. Pored toga što ovaj uređaj drži telefonske i ADSL signale odvojenim omogućavajući istovremeni pristup Internetu i telefonski servis na istoj liniji, spliter takođe eliminiše i destruktivne uslove interferencije između ADSL signala i POTS sredstava (npr. telefoni, faksevi i telefonske sekretarice). Telefonski spliter bi morao biti instaliran na liniji, na tački ulaza u kuću, i opet bi zahtevao tehničara za instalaciju. Tako se razvila ideja o žrtvovanju pune brzine u korist operacije bez splitera. Izgledalo je da bi ADSL modem redukovane brzine mogao da eliminiše prepreke omogućavajući širokopojasni razvoj ADSL servisa. Rođena je nova verzija ADSL-a koju bi korisnik mogao sam da instalira. Ova prostija verzija bi omogućila ADSL-u takmičenje sa drugim opcijama širokopojasnog pristupa kao što su kablovski modemi.

Predstandardizovan modem bez splitera je bio poznat kao univerzalni ADSL (UADSL). ADSL modemi bez splitera su prihvaćeni na sastanku ITU-T u oktobru 1998. godine, da bi postali G.Lite specifikacija (zvanična ITU-T preporuka G.992.2). G.Lite modem i POTS zajedno rade na istoj telefonskoj instalaciji, dozvoljavajući korisniku da uključi i telefon i kompjuterski modem u standardni zidni telefonski otvor. Ovo je suprotnost originalnom konceptu kod koga je ADSL servis omogućen preko odvojenih kućnih žica iz centralnog POTS splitera lociranog na telefonskoj liniji na ulazu u kuću, obično u NID-u. Kad je POTS spliter instaliran na ulaznoj tački gde linije ulaze u kuću, on će filtrirati telefonski signal pre nego što se kombinovani ADSL i telefonski signali pošalju i prime. Uticaji šuma i impedanse (uopšteno, impedansa telefona kad je slušalica podignuta može biti tako mala, da u osnovi odvodi snagu ADSL signala) su eliminisani jednom POTS spliterskom instalacijom. Da bi se ovi problemi otklonili u slučaju ADSL verzije bez splitera, prosto rešenje bi bilo da se na liniji instalira mikrofilter (niskopropusni filter) između zidnog utikača i telefona, čime se eliminiše problem smetnji. Takav filter nije skup i korisnik ga može lako instalirati. U stvari, na ovaj način se ostvaruje isti efekat za G.Lite kakav je postojao pri korišćenju koncepta centralnog splitera. Umesto da imamo filter na jednoj tački, filtriranje najčešće uzima oblik raspodeljenog splitera. Ovaj mikrofilter na liniji eliminiše ometajući šum i podiže impedansu na ADSL frekvencijama, da bi se sprečilo oćicanje ADSL signala. Ako su mikrofilteri korektno instalirani, kuća može dobiti puni ADSL (sl.7).



Slika 7. ADSL sistem sa mikrofilterima

Važno je naglasiti da G.Lite servis nije konkurentan ADSL servisu – oni su pre komplementarni. U stvari, G.Lite servis se može smatrati sredstvom za obuku korisnika. U početku će mnogi korisnici početi da rade koristeći G.Lite servis, a kasnije će oni koji žele viši ili zagarantovani bitski protok moći da se priključe na ADSL servis. Modemi korisnika G.Lite-a se mogu projektovati sa ADSL-om, a zahtevaju samo poboljšanje softvera da bi se omogućio ADSL servis.

VDSL

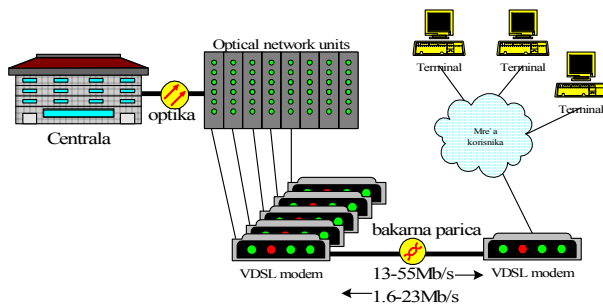
Dosad opisani sistemi su namenjeni pojedinačnim korisnicima ili grupi korisnika koja nema potrebe za velikim protokom. Za slučaj povezivanja udaljene LAN mreže, prenosa višestrukih video kanala ili HDTV kanala, dati bitski protoci nisu dovoljni. VDSL je namenjen za tu kategoriju korisnika. Brzine koje su predložene za upotrebu u VDSL-u za downstream (standard još uvek nije usvojen, tako da je sve u fazi predloga) su izvedene iz brzine na kojima rade SONET i SDH mreže, 155.52 Mb/s, i to 51.84 Mb/s, 25.92 Mb/s i 12.96 Mb/s. Svaka od tih brzina ima određeni domet (tabela 2).

Tabela 2. Domet VDSL modema

Bitska brzina [Mb/s]	Domet [m]
12.96 - 13.8	1500
25.92 - 27.6	1000
51.84 - 55.2	300

- Za upstream brzinu predložene su sledeće brzine:
 - 1.6 - 2.3 Mb/s,
 - 19.2 Mb/s,
 - Jednaka downstream brzini.

Na sl.8 je prikazan jedan primer primene VDSL modema. Ovakav pristup se naziva "optika do komšiluka" (Fiber To The Neighborhood, FTTN). Optički kabl iz centrale dolazi do određene tačke, tzv. "optičke mrežne jedinice" (Optical Network Unit) koja predstavlja multiplexer/demultiplexer i koja raspodeljuje protok na linije na kojima su zakačeni VDSL modemi. Zatim se signal vodi preko bakarne parice do drugog modema i zatim na mrežu korisnika. Ovo predstavlja izvrsnu zamenu za scenario "optika do kuće" (Fiber all the way To The Home, FTTH) koji bi trebao da zaživi u budućnosti.



Slika 8. Sistem "optika do komšiluka"

Što se tiče kandidata za izbor modulacije i linijskog koda koju će koristiti VDSL preostale su sledeće četiri mogućnosti:

- CAP- Carrierless AM/PM,
- DMT-Discrete Multitone,
- DWMT-Discrete Wavelet Multitone,
- SLC-Simple Line Code.

Pošto se pretpostavlja da će jedna od važnijih primena VDSL-a biti prenos slike u realnom vremenu, postavlja se problem zaštite od grešaka. Klasičan sistem retransmisije nije pogodan, tako da je ostavljen prostor za implementaciju FEC-a, sa interleavingom koji bi trebao da eliminiše uticaj bursta impulsnih smetnji. Predloženi sistem FEC-a je sličan FEC-u kod ADSL-a, što znači Reed-Solomonovo kodovanje. Ostaje otvoreno pitanje "overhead" bita (dodatni biti iznose oko 7.5% korisnog signala). Još uvek nije odlučeno da li će višak biti na uštrb korisnog protoka ili će biti smešten u dodatni opseg (kod HDSL-a je to rešeno na ovaj drugi način dobivši tako linijski protok od 2330 kb/s u odnosu na koristan protok od 2048 kb/s, a i kod ADSL-a je rešeno na isti način).

Predložene su dve vrste konfiguracija za uporebu VDSL-a:

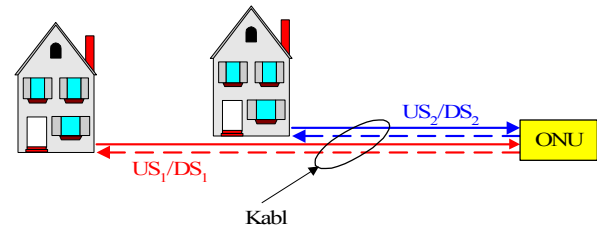
- Pasivna NT (network termination),
- Aktivna NT.

Kod pasivne NT svaka DTE ima svoj modem, dok pri aktivnoj NT više DTE u uređaju koristi jedan modem stvarajući potrebu za tzv "upstream multileksiranjem". Potreba za pristupom medijumu za prenos se rešava na dva načina. Prvi način je da se svakom uređaju dodeli po jedan (ili određeni broj) bandova u upstream kanalu. Ovakav način ima za posledicu ograničenu bitsku brzinu po DTE uređaju, ali eliminiše problem definisanja kontrole pristupa medijumu (MAC). Drugi način ima dinamičko dodeljivanje kanala i definisanje MAC protokola. U tzv "cell-grant" protokolu, DTE uređaj dobija ceo kanal za određeni vremenski interval u kome mora da pošalje upstream paket. On najpre pošalje preambulu, potom paket podataka, i na kraju se isključuje. Jedan od predloga ovakvog protokola definiše interval od 77 okteta za prenos paketa od 53 okteta [6].

VDSL je još uvek u eksperimentalnoj fazi i mnogi problemi još uvek nisu definisani i razjašnjeni. Jedan od problema koji se mogu pojaviti je uticaj RF smetnji na okolne kablove, dok je najveća nepoznanica stvarni domet VDSL-a jer parice nisu ispitivane na tako velikim brzinama. Veliki problem predstavljaju i paralelno vezane otvorene parice (bridge taps), i neterminirane telefonske instalacije koje puno ne smetaju ADSL-u i ISDN-u, ali se mogu pokazati kao ozbiljan problem kod VDSL-a. Probleme mogu stvarati i vazdušni telefonski kablovi koji predstavljaju antene i hvataju neželjeno zračenje iz

amaterskog opsega koje se preklapa sa korisnim opsegom VDSL-a. Ovo su samo neki od problema koji stoje pred konstruktorima, koji se moraju rešiti pre nego što se pređe na ratifikaciju standarda.

Najveći problem je preslušavanje između parica u istom kabl. Razmotrimo sledeći scenario (sl.9): dva korisnika koja se nalaze na različitim rastojanjima od centrale koriste parice, koje idu kroz isti kabl. Zbog različite dužine parice, korisnici koriste različite brzine za upstream i downstream (US_1 i US_2 tj. DS_1 i DS_2). Ovaj problem je nazvan "svežanj sa različitim servisima" ("mixed service bundle") [7].



Slika 9. "Mixed service bundle"

U preliminarnim razmatranjima institucija koje razmatraju standarde, ovaj problem nije uzet u obzir, što stvara dodatnu zabunu i pruža priliku proizvođačima da uvode svoja rešenja ovog problema. Sam problem se pojavljuje u obliku preslušavanja na daljem kraju (FEXT).

Problem se rešava efikasno monitoringom stanja na liniji i korišćenjem minimalne potrebne izlazne snage za normalan rad (poput AGC-a kod radio prijemnika). Međutim, ovo rešenje je veoma komplikovano i postavlja se pitanje do kog nivoa smanjiti predajnu snagu, s obzirom da sam standard nije definisao ovakvu situaciju.

Trenutno se standard razmatra u pet različitim institucija:

- T1E1.4 je skoro uzeo u razmatranje projekat standarda za linijski kod VDSL-a,
- ETSI je počeo da razmatra standard pod imenom High Speed (metallic) Access Systems (HSAS), i doneo odluku da se brzina definiše kao množitelj brzine prenosa SDH virtuelnog kontejnera VC-12 ili 2.3 Mb/s,
- Digital Audio Video Council (DAVIC) je prvi predložio upotrebu VDSL-a i to na dometu od 300m i upstream protoku od 1.6 Mb/s i downstream protoku od 51.84 Mb/s,
- ATM forum je razvio 51.84 Mb-ski interfejs,
- ADSL forum se bavi arhitekturom VDSL-a i protokolom koji će se koristiti.

xDSL nasuprot ostalim tehnologijama

Do sada su izložene karakteristike DSL tehnologija, međutim ostaje pitanje njihove konkurentnosti sa drugim sistemima. Što se tiče samo pristupa Internetu, tu je glavni konkurent analogni dial-up modem, koji dostigavši svoj zenit ogledan u V.90 tehnologiji, i dalje uzima značajan deo tržišta zbog jednostavnosti pri instalaciji i upotrebi, nasuprot opisanim ADSL sistemima, koji su uglavnom namenjeni sličnim svrhama.

Glavni oponent svim xDSL sistemima, a po realnim karakteristikama i mogućnostima upotrebe naročito S/HDSL (ostali DSL sistemi imaju znatno užu oblast primene, recimo samo na pristup Internetu ili multimediju), su kablovski modemi. Osnovno polje primena kablovskih modema su pojedinačni rezidencijalni korisnici, jer su

poslovne zgrade ili centri retko povezani na sistem kablovske televizije. Sve veći zahtevi i problemi poslovne komunikacije mogu se rešiti, ili uvođenjem potpuno novih sistema (što je razume se neisplativo) ili korišćenjem postojeće infrastrukture preko pomenutih sistema (najčešće simetričnih zbog potrebe komunikacije u oba smera).

I sami individualni korisnici su sputani sa „više strana”. Naime, iako su koaksijalni kablovi danas sve ređe zastupljeni, postoji značajan broj starih mreža koje ih koriste. Ovi sistemi nude megabitske prenose, ali samo za "download" prenos, dok ne postoji "upload" kapacitet, jer nisu dizajnirani za dvosmernu komunikaciju. Problem se može rešiti korišćenjem posebne telefonske linije i modema što svakako komplikuje stvar. Drugi tip, koji danas preovlađuje, je HFC (Hybrid Fiber/Coax) modem koji teorijski nudi 3 do 30 Mbps. Međutim, pokazalo se da su brzine kojima se vrši prenos podataka preko HFC mreža od 400 do 1500 Kbps. Za razliku od DSL-a koji koristi "fiksnu vezu" pristup kablovskoj mreži je po principu "shared access", odnosno kablovski servis je organizovan slično LAN mrežama gde više korisnika deli isti medijum, pa samim tim i raspoloživi propusni opseg, što ujedno znatno usložnjava problem bezbednosti i tajnosti. Kako su ugradnja i održavanje ovih sistema složeni i skupi, kablovski sistemi su nepogodni za poslovne svrhe, pa su okrenuti pojedincima.

Problem čine kompanije koje obezbeđuju kablovske servise, jer nisu voljne da korisnicima stave na korišćenje ceo raspoloživi opseg. Korisniku se daje ograničen opseg, tek nešto veći od potrebnog za prenos od centrale do kuće, da bi sprečile dodatno korišćenje videa i multimedije, preko „njihovog” medijuma, sa Interneta (koji su po pravilu znatno jeftiniji od sličnih usluga koje te kompanije nude).

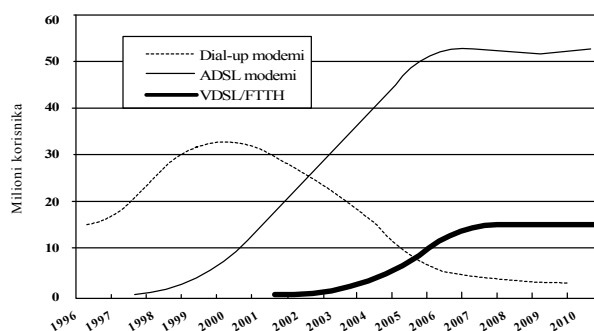
Postoji još alternativa koje po mogućnostima ne predstavljaju pravog konkurenta. ISDN koristi bakarne provodnike, ali se razvio kao alternativa analognim modemima i nema puno toga da ponudi. Interesantna je mogućnost da se deo opsega D kanala od 9.6 Kbps upotrebi za tzv. Always-on Internet vezu. Ova opcija, inače poznata i kao Always-on/Dynamic ISDN (AO/DI), obezbeđuje stalan pristup servisima koji zahtevaju male brzine (e-mail, najnovije vesti, cene akcija ...). Druga slaba alternativa je satelitska veza (recimo preko Digital Satellite Service-DSS u Sev.Americi) koja bi dala protok ne veći od 500 Kbps uz značajno kašnjenje i dodatno tarifiranje.

pojedinačnog korisnika zavisiti od ponuđenih usluga i budućih unapređenja sistema.

Zaključak

Uloga bakra još nije do kraja istražena. Upotrebom xDSL tehnologije izašlo se u susret potrebi za velikim bitskim protokom bez promene same infrastrukture. Prelaz sa bakarnih parica na optičke kablove je još uvek spor i pretpostavlja se da će se bakarne parice koristiti još izvestan broj godina. Sama upotreba optike do kuće je pod znakom pitanja iz razloga samog postavljanja instalacije. Procena upotreba različitog načina pristupa data je na sl.10 [3].

Optiku ugrožava i veliki napredak bežičnih komunikacija u sprezi sa CDMA sistemima, tako da sama koncepcija FTTH nije potrebna u svetlu kombinacije FTTH-a sa npr. W-CDMA. U ovakvom scenariju umesto VDSL-a bi se koristio bežični W-CDMA.



Slika 10. Projekcija upotrebe modema

Naravno, uvek postoji mogućnost da se pojavi neki novi sistem koji bi izbacio iz opcije i ove sisteme, ali za sada xDSL tehnologija funkcioniše i predstavlja sistem na koji se može osloniti bar još 10-15 godina.

Literatura

- [1] ĐORĐEVIĆ,S., ĐORĐEVIĆ,A., ŽIVIĆ,N. "Širokopojasni pristup po bakarnim paricama", IT2000, Žabljak.
- [2] DUTTA-ROY,A. "A second wind for wiring", IEEE Spectrum", September 1999.
- [3] ZIMMERMAN,A. "HDSL2 Tutorial: Spectral Compability and

Tabela 3. Pregled postojećih sistema

Ime	Prednost	Nedostak	Moguće poboljšanje	Posledica
HDSL/SDSL	Širok opseg primena, jednostavna ugradnja	Neophodno ukloniti regenerator sa linije	Novi sistemi kao HDSL2 i M-SDSL	Uvođenje novih sistema
Dial-up modem	jednostavna instalacija	Protok < 56kb/s tehnološki limit	Rad u režimu "shotgun" protok< 112kb/s	2 modema 2 linije
Cable modem	Korisnik ne brine o ugradnji	Cena, linija ne pripada korisniku raspodeljen pristup	Dodatni uređaj za željenu uslugu, nove vrste modema	Kompanija određuje servis, a ne korisnik
ISDN	Proverena tehnologija vrlo lak "upgrade"	Vrlo male mogućnosti u odnosu na konkurente	Nove opcije kao AO/DI	Česte izmene sistema
DDS	Proveren sistem sa velikim brojem korisnika	Veliko kašnjenje, mali protok dodatna naplata	Moguće je povećati protok do 1M	Nema IRC "chat"-ova zbog velikog kašnjenja (velik "leg")

Uporedni pregled u tabeli 3 pokazuje da je xDSL veoma atraktivan za poslovne primene zbog velikih mogućnosti i male cene uvođenja i održavanja, dok će izbor

Real-World Performance Advances", PairGain corp., June 25, 1998.

- [4] "Pupin GAIN PP-2M1p HDSL Modem: Uputstvo za instalaciju i korišćenje", Sistem Institut Mihajlo Pupin, IMP-Telekomunikacije, Beograd, Jun 1999.

- [5] "Symmetric DSL:From HDSL to SDSL & HDSL2", white paper, Metalink transmission devices, January 1999.
- [6] "The business case for VDSL", White paper, Orckit communications, April 1999.
- [7] "VDSL Performance: Mixed Services Deployment", white paper, Metalink transmission devices, January 1999.

Korišćene su Internet prezentacije i tutorijali : www.orckit.com, www.metalink.co.il, www.adslforum.com i druge.

Rad primljen: 25.5.2000.god.