



FAKULTET ZA POSLOVNU INFORMATIKU

Nikola Marinković

TRIPLE PLAY U SRBIJI

- Diplomski rad -



Beograd, 2009.



FAKULTET ZA POSLOVNU INFORMATIKU

TRIPLE PLAY U SRBIJI

- Diplomski rad -

Mentor:
Prof dr Mladen Veinović

Student:
Nikola Marinković

Br. indeksa:
III-34/2006



Beograd, 2009.



FAKULTET ZA POSLOVNU INFORMATIKU

UNIVERZITET SINGIDUNUM
FAKULTET ZA POSLOVNU INFORMATIKU
Beograd, Danijelova 32

Broj: _____/2009

Kandidat: Nikola Marinković

Broj indeksa: III-34/2006

Smer: Projektovanje i programiranje

Tema: TRIPLE PLAY U SRBIJI

Zadatak: Objasniti i pribličiti čitaocu pojam usluge Triple Play koja je sve prisutnija u ponudi svetskih i domaćih telekomunikacionih operatera. Pojedinačno se osvrnuti na sve tri kategorije koje uslugu sačinjavaju, dati teorijska objašnjenja svake tehnologije ponaosob, pomenuti i objasniti protokole koje se u njima koriste, kao i prikazati tehničku realizaciju u mreži Telekom Srbija.

MENTOR

Prof. dr Mladen Veinović

Datum odobrenja teme:

17.07.2009.

Beograd

DEKAN

Prof. dr Milan Milosavljević

Sažetak

Glavni razlog za pojavu Triple Play usluge je pre svega težnja za sjedinjavanjem i unifikacijom komunikacionih sistema čime se omogućava ekonomičnije i jednostavnije korišćenje raspoloživih komunikacionih resursa. Ogroman i brz razvoj i popularizacija Interneta dovela je do toga da se IP komunikacioni protokol nametne kao *de facto* fokalna tačka kojoj konvergiraju svi postojeći komunikacioni sistemi. Tako, iako svojevremeno prvenstveno zamišljeni kao sistemi za prenos podataka, komunikacione mreže bazirane na IP protokolu počinju sve češće da se koriste i za prenos drugih vrsta signala kao što su govor i slika. Prateći ove tendencije došlo je do toga da se razviju sistemi koji prenose sliku govor i podatke preko komunikacione mreže bazirane na IP protokolu i da se ta jedinstvena ponuda objedini pod nazivom Triple Play.

Abstract

The primary reason for the appearance of Triple Play service is the desire to combine and unify the communications systems which enabled the more economic and simpler usage of the available communication resources. The incredible and fast development and popularization of the Internet caused the IP communications protocol to impose itself as a *de facto* focal point in which all the existing communications systems meet. Therefore, although the initial primary idea was to have the communications networks based on IP protocol as the systems for transferring data, they started being used more frequently as transmitters for other types of signals such as speech and motion picture.. Following these trends, new systems that transfer video, voice and data via communications network based on IP protocol were created, and this unique offer got unified and branded as Triple Play.

S A D R Ź A J

I.	Šta je Triple Play	8
II.	Širokopojasni pristup internetu kao osnova za Triple Play uslugu	8
III.	Uređaji u mreži	9
IV.	Zahtevi za kapacitetom	10
	INTERNET	
1.	Širokopojasni pristup internetu preko telefonske parice - xDSL	11
1.1.	Prenosni medijum UTP	12
1.2.	Opšte karakteristike xDSL tehnologije	13
2.	DSL faimilija	
2.1.	ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line)	15
2.2.	SHDSL (Symmetric High bitrate Digital Subscriber Line)	18
2.3.	VDSL (Very high bitrate Digital Subscriber Line)	18
2.4.	FTTU (Optičko vlakno do korisnika)	18
3.	Modulacione tehnike u xDSL tehnologiji	19
3.1.	Struktura ADSL rama	20
3.2.	Quadrature Amplitude Modulation (QAM)	20
3.3.	Višedimenzionalno Trellis kodovanje	22
3.4.	Handshake protokol - protokol "rukovanja"	22
3.5.	CAP i DMT modulacija	23
3.6.	CAP modulacija (Carrierless Amplitude Phase)	23
3.7.	DMT modulacija (Discrete Multi Tone)	24
4.	Protokoli i standardi korišćeni u xDSL	26
4.1.	Hijerarhija ADSL protokola	26
4.2.	PPP preko ATM (PPPoA)	27
4.3.	PPP preko Ethernet-a (PPPoE)	27
4.4.	Arhitektura mreže	27
5.	ADSL proširenja	28
5.1.	ADSL2+ karakteristike	29
5.2.	ADSL2 poboljšanja	30
5.3.	VDSL2	32
5.4.	Budućnost	33
6.	Pristupna oprema u mreži Telekoma Srbija	33
6.1.	Opšta topologija mreže	34
6.2.	Rešenja za određene usluge	35
6.3.	Grafičko okruženje AWS 5523 i prikaz ASAM-a 7301	37
	IP TELEFONIJA	
7.	VoIP Uvod	39
7.1.	Razlozi uvođenja VoIP-a	39
7.2.	Uspostavljanje poziva preko VoIP mreže	41
7.3.	Protokoli u VoIP	43
7.4.	UDP, RTP i RTCP protokoli	44
7.5.	H.323	46
7.6.	SIP	46
7.7.	MGCP i MEGACO/H.248	48
7.7.1.	MGCP	49
7.7.2.	MEGACO/H.248	49
7.8.	SS7	49

8. Kvalitet servisa u VoIP mrežama	50
8.1. Kašnjenje	50
8.2. Džiter	51
8.3. Propusni opseg	51
8.4. Gubitak paketa	51
8.5. Sigurnost	51
8.6. Eho	52
8.7. Rešenja za ostvarivanje kvaliteta servisa	52
9. VoIP kod nas	52
9.1. Telekomova CENTREX usluga	53
9.2. Tehnički preduslovi za pružanje usluge	54
9.3. Terminali	54
9.4. Prednosti IP Centrex usluge	55
9.4.1. Funkcionalnost kućne centrale i povezivanja kućnih centrala na različitim lokacijama	55
9.4.2. Konvergencija usluga prenosa govora i prenosa podataka	55
9.4.3. Smanjenje investicija i troškova	55
9.4.4. Mogućnost upravljanja i administriranja telekomunikacionih servisa	55
9.5. Način korišćenja usluge	56
9.6. Plan numeracije i usmeravanje poziva (način biranja)	56
10. Tipovi usluga	57
11. Mrežni scenario realizacije usluge	61
11.1. Numeracija i IP adrese	63
11.2. Prenos saobraćaja kroz IP/MPLS mrežu	63
11.3. Kombinovanje IP Centrex usluge sa drugim uslugama Telekoma	64
12. VoIP zaključak	65
IPTV – Internet Televizija	
13. Uvod	66
13.1. Definicije IPTV sistema	66
13.2. IPTV u odnosu na klasične sisteme za distribuciju TV signala	66
13.3. Klasični TV sistemi i IPTV	67
14. Osnovna arhitekture IPTV sistema	71
14.1. Tradicionalna arhitektura IPTV sistema	74
15. Kodovanje	76
15.1. Verovatnoća kao mera količine informacija	76
15.2. Kompresija video signala po H.264 / MPEG-4 Part 10 standardu	77
16. Tipična infrastruktura distributivne IP mreže	79
16.1. Zahtevi krajnjeg korisnika	81
16.2. Bandwidth – propusni opseg	82
16.3. Odziv mreže	84
16.4. Pouzdanost mreže	85
16.5. Kvalitet servisa	85
16.6. Bezbednost	87
17. QoS	87
18. Izbor arhitekture VLAN-ova u Access mreži	88
18.1. Potrebne DSLAM funkcionalnosti	89
18.2. VoD servis unicast	90
19. Video over UDP/RTP	90
20. Pregled multicast protokola protokola koji se koriste (IGMP, PIM)	91
20.1. IGMP	91

20.2. PIM	92
21. Klasifikacija IPTV usluga	93
21.1. IPTV komunikacione usluge (IPTV-Communication)	93
21.2. IPTV interaktivne usluge (IPTV-Interactive)	93
21.3. IPTV komercijalne usluge (IPTV-Commerce)	93
21.4. IPTV-VoD	93
21.5. IPTV kanal usluge (IPTV-Channel)	94
22. Generalna arhitektura IPTV sistema	94
22.1. Primer realizacije "Headend"-a	95
23. IPTV portal	96
24. Budućnost IPTV sistema - Konvergencija servisa	98
25. IPTV - zaključak	98
26. Zaključak	100
27. Literatura	101

I. Šta je Triple Play

U današnje doba visokih tehnologija svako želi od kuće imati pristup internetu i sve mogućnosti koje on pruža. Telekomunikacionim operaterima je u interesu privući korisnike raznim uslugama i mogućnostima. Uz pristup Internetu, velika je potražnja i za fiksnom telefonijom i televizijom. Kao odgovor na to, telekom operateri su spojili te tri usluge u jednu.

U telekomunikacijama Triple Play je marketinška oznaka za skup usluga. Pod njih spadaju usluge telefonije, širokopojasni pristup Internetu i televizija u jedinstvenom paketu. Ovakve usluge nudi jedinstveni operater preko jedne fizičke veze.

Krajnjem korisniku Triple Play pruža jednostavniji i efikasniji pristup tim uslugama. Korisnik dobija jedan račun za sve usluge i ne posluje sa više odvojenih operatera. To je većini korisnika primamljivo zbog jednostavnosti. Osim što je više računa zamenjeno jednim, ukoliko dode do kvara na bilo kojoj od usluga, korisnik ima jedinstvenu službu za korisnike koja pristupa rešavanju njegovih poteškoća. Korisnik prilikom uvođenja Triple Play-a može zadržati prethodne usluge i uvesti nove. Takođe, korisniku prilikom uvođenja usluga sve se obavlja od jednom sa manje opreme i manjim troškovima uvođenja i održavanja i za korisnika i za operatera. Kako se razvijaju nove usluge, korisnik može jednostavno i brzo dobiti iste kod sebe zbog vezanja na jedinstvenog operatera i jednostavnost i modificiranja usluga na jedinstvenim mrežama. Zbog svega toga korisnik dobija bolji kvalitet pruženih usluga.

Operateru se isplati pružati takvu uslugu jer može koristiti manje opreme za više usluga. Samim ustrojem usluga može eliminirati zastarele elemente mreže. Nadgledanje i upravljanje mrežom je centralizovano i jednostavnije. Takve mreže su posebno zanimljive mladim operaterima koji nemaju stare mreže koje moraju nadograđivati. Jednostavnije je odmah graditi modernu i brzu mrežu od nule.

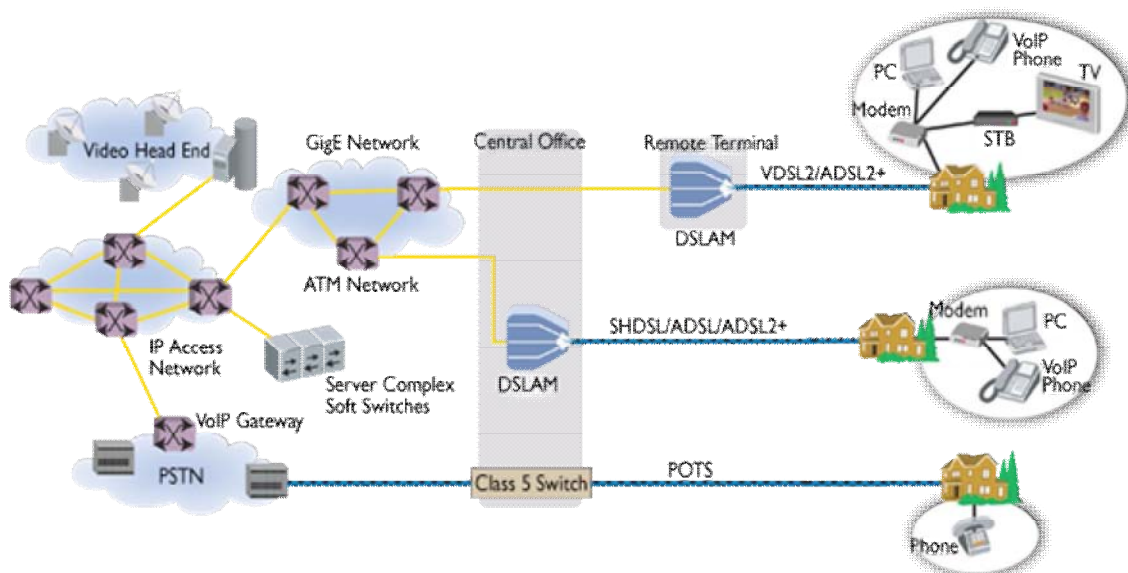
II. Širokopojasni pristup internetu kao osnova za Triple Play uslugu

Verovatno najvažnija usluga modernih telekomunikacija koju korisnici očekuju od kvalitetnog operatera je širokopojasni pristup Internetu. Danas je količina informacija, kao i veličina datoteka, koje se razmenjuju putem Interneta, postala tolika da klasične brzine pristupa više nisu adekvatne. Korisnici prilikom potpisivanja ugovora sa operaterom biraju brzinu pristupa, koju kasnije mogu menjati dok god su u pretplatničkom odnosu. Brzine omogućene pretplatnicima zavise od udaljenosti od pristupne tačke i o samoj opremi korišćenoj u njoj. Trenutni trend je kontinualan rast pristupnih brzina kako se razvija tehnologija i kako postaje pristupačnija. Kao osnova za pružanje Triple Play usluge podrazumeva se širokopojasni pristup internetu preko pretplatničke parice.

Savremene telekomunikacije i razvoj nauke i tehnologije u današnje vreme imaju za cilj da maksimalno unaprede postojeću infrastrukturu i omoguće da se ona iskoristi za neke od novih usluga. U slučaju ADSL (Asimetrična digitalna pretplatnička linija) usluge, postojeća telefonska mreža se u potpunosti koristi kao fizički medijum za pristup internetu

veoma velikim brzinama. Baš iz razloga što koristi postojeću telefonsku infrastrukturu, ADSL se i definiše kao dodatna usluga telefonskoj, a ne kao linija što u praksi i jeste. Pored prenosa govora za koji telefonska parica inače služi, njom se mogu prenositi i podaci, glas i video. Naravno prednost ovakvog načina prenosa je nemerljiva u odnosu na izgradnju nove infrastrukture, a to pogotovo važi za urbane sredine gde je strašno teško postaviti novu mrežu, jer to za sobom povlači mnoštvo problema u saobraćaju, dostavi hrane, odnošenju smeća i mnogim svakodnevnim stvarima.

ADSL uslugom se rešio jedan veliki problem do skora najrasprostranjenijeg dial-up pristupa internetu koji je bio suviše spor za svakodnevne potrebe mnoštva korisnika i nove internet sadržaje. Ogromna je i ušteda u visini telefonskog računa, jer telefonska linija nije zauzeta prilikom korišćenja blagodeti koju pruža internet. Svakako, ADSL ne može zadovoljiti potrebe nekih većih firmi, koje zahtevaju optički kabl i sopstvenu mrežu korisnika, ali većinu korisnika sasvim dobro opslužuje. ADSL tehnologija ustvari transformiše postojeću informacionu mrežu od jedne mreže sa skromnim mogućnostima prenosa zvuka, teksta i videom loše rezolucije u moćni sistem sposoban da prenosi raznovrsne multimedijalne sadržaje koji uključuju i video signal visokog kvaliteta do svačijeg doma.



Slika 1. - Primer realizacije Triple Play usluge u NGN mreži provajdera

III. Uređaji u mreži

Kao okosnica Triple Play NGN mreže prema korisniku je IP DSLAM (Internet Protocol Digital Subscribers Line Access Multiplexer). Taj uređaj služi za spajanje korisnika na mrežu operatera. IP DSLAM omogućuje privatnim ili poslovnim korisnicima pristup Internetu brzinama značajno većim od prethodnih modema i ISDN-a. Uređaj se obično smešta u središnjim prostorima operatera i predstavlja vezu između korisnika i samog operatera.

Tehnikama multipleksiranja više DSL linija spaja se na "Internet backbone", brzu vezu prema Internetu. Osnovna ideja mreže je slična LAN mreži sa velikim dosegom. DSLAM može spajati DSL linije na ATM, komutacijske ili pak IP mreže, nakon čega se podaci prosleđuju na "Internet backbone" velikim brzinama (preko 10 Gbit/s). Dakle, DSLAM kao switch skuplja podatke sa više DSL ulaza i multipleksira ih na gigabitni link koji ga povezuje na "backbone". DSLAM ujedno možemo posmatrati i kao skup modema koji predstavljaju Point-to-Point vezu sa pretplatničkim DSL modemom.

Kao i analogni modemi, DSLAM ima sposobnost testiranja i adaptiranja na liniju, pa zato može uvek iskoristiti njen maksimalan kapacitet kompenzujući moguće degradacije. Osim toga može sadržavati funkcije firewall-a i filtriranja neželjenih paketa, te dodavanja i skidanja VLAN tag-a saobraćaja na putu do korisnika. Sve te funkcije DSLAM-a važne su kada se on koristi kao pristupni čvor za pružanje usluga vezanih uz Triple Play.

IV. Zahtevi za kapacitetom

Različite Triple Play usluge koriste različite kapacitete u silaznom odnosno uzlaznom smeru. Sledi popis usluga sa odgovarajućim kapacitetnim zahtevima:

- SDTV (Standard Definition TV) sa MPEG-2 kompresijom, 2 do 6 Mbit/s po kanalu, a sa MPEG-4 kompresijom, 1.5 do 3 Mbit/s po kanalu.
- HDTV (High Definition TV) sa MPEG-2 kompresijom, 12 do 19 Mbit/s po kanalu, a sa MPEG-4 kompresijom, 6.5 do 8 Mbit/s po kanalu.
- EPG (Electronic Program Guide) do 0.5 Mbit/s u silaznom smeru.
- Širokopojasni Internet tipično do 8 Mbit/s u silaznom i 1 Mbit/s u uzlaznom smeru.
- VoIP i video konferencija, 100 kbit/s do 1 Mbit/s simetrično.
- Online igre oko 1 Mbit/s simetrično.

INTERNET

1. Širokopojasni pristup internetu preko telefonske parice - xDSL

U daljem tekstu će detaljnije biti objašnjene karakteristike ADSL usluge, njene mogućnosti i praktična realizacija što je najvažnije za pravilno shvatanje ove tehnologije. Da bi razumeli kako ADSL funkcioniše treba prvo detaljno sagledati karakteristike samog prenosnog medijuma kao i postojeće telefonske mreže, modulacione šeme vezane za ADSL kao i ograničenja koja se kod ove tehnologije javljaju.

Rec modem je akronim pojmova Modulator-Demodulator. U osnovi modem se koristi za prenos i prijem podataka preko komunikacionog kanala kao što je upredena parica (Twisted Pair), koaksijalni kabal ili optičko vlakno. Primena modema jeste da podatke iz računara pretvori u analogni signal koji možemo preneti preko telefonske linije. Na izvoru podataka modulacione tehnike se koriste da digitalni signal sastavljen od „0“ i „1“ pretvori u analognu formu pogodnu za prenos kroz kanal. Na prijemu se dolazni analogni signal konvertuje uz pomoć demodulacije u digitalne podatke. U ovom pojednostavljenom objašnjenju rada modema nismo pomenuli enkripciju podataka, detekciju grešaka, kompresiju podataka, modulacije, „handshake“ protokole i ukidanje eho tona.

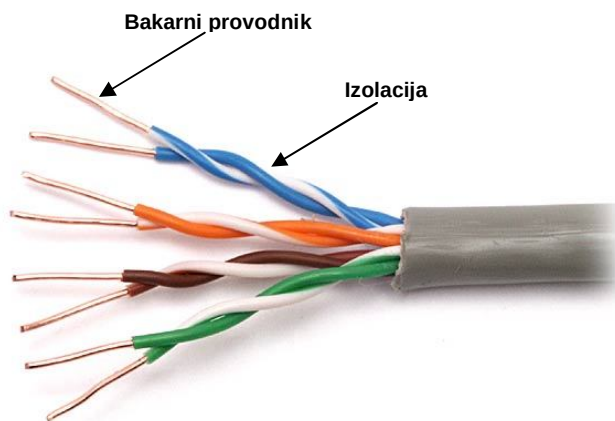
Vremenom je nastala potreba za novom tehnologijom i modemima koji nam mogu ponuditi siguran prenos podataka pri velikim brzinama. Uopšteno, prenos podataka velikim brzinama nam je potreban da bi smo eliminisali vremensko kašnjenje i obezbedili korisnicima usluge komunikaciju u realnom vremenu. Veliki je broj aplikacija koje zahtevaju velike brzine prenosa, pogotovo kada je reč o „download“ -u. Mnoge usluge i aplikacije mogu biti u budćnosti ponuđene zahvaljujući brzom prenosu podataka i modemima velikih brzina, a to uključuje:

- Pristup interenetu – brži download, efikasnije korišćenje grafički i multimedijalno zahtevnih aplikacija (Java, Flash...), interaktivne aplikacije i interaktivno igranje.
- Primena u računarskim mrežama – LAN (Local Area Network), WAN (Wide Area Network).
- Pristup zabavnim sadržajima - muzika i video na zahtev, MPEG filmovi kompresije i brzine 1,5Mb/s i više, interaktivna televizija, HDTV televizija visoke rezolucije.
- Elektronska kupovina preko intereneta.
- Učenje na daljinu – virtuelne učionice i laboratorije, online biblioteke, audio i video prezentacije.
- Audio i Video Conference - audio i video konferencijski sistemi, sastanci na daljinu.

Napretkom i razvojem novih tehnologija u proizvodnji i ovi modemi velikih brzina postali su jeftiniji i na taj način bliži većem delu internet populacije.

1.1. Prenosni medijum UTP

U cilju iskorišćenja postojećeg telefonskog sistema za nove digitalne tehnologije, neophodno je da razumemo osnovnu strukturu ovakvog jednog telefonskog sistema. Postoje različiti tipovi prenosnih medijuma koji mogu povezivati uređaje u nekoj mreži, kao što su, upredena parica, koaksijalni kabal ili opticko vlakno. Najčešće korišćen medijum kako za analogne tako i za digitalne signale jeste upredena parica. Ona se koristi za povezivanje telefonskih uređaja u zgradama kao i za vezu telefona sa lokalnim razdelnikom – telefonskom centralom. Fizički, upredenu paricu ne predstavlja ništa drugo do dve izolovane bakarne žice koje su upredene. Same žice, napravljene su ili od bakra ili su to čelične žice presvučene bakrom ne bi li se povećala sama čvrstina parice. Parica je pogodna za prenos podataka na relativno kratkim rastojanjima a može biti upotrebljena i kao veza od tačke-do-tačke u okviru neke mreže. U električnom smislu, parica predstavlja jednu izbalansiranu strukturu gde upredene žice minimizuju spregu signala, i nastoje da smanje nivo šuma. Obzirom da ovo nije moguće u potpunosti, nastali šum i preslušavanje signala čine ograničavajući faktor za prenos signala paricom.



Slika 1. - UTP Kabal - telefonska parica

Ako pogledamo *Shannon*-ovu teoremu o kapacitetu prenosnog kanala koja je definisana formulom:

$$C = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \text{ [bitovi / sec]}$$

Ovom teoremeom definiše se maksimalan kapacitet šumnog kanala, C , u bitovima/sec za kanal sa ograničenim propusnim opsegom od B (Hz) u prisustvu *Gauss*-ovog šuma.

Kapacitet kanala se definiše u zavisnosti od propusnog opsega kanala B , i odnosa signal/šum. Ovde su S i N srednje snage signala i šuma, respektivno, mereno na ulazu kanala. **Teorema kaže da se kapacitet kanala može proširiti povećanjem odnosa S/N .** Iz ovoga sledi da povećanjem propusnog opsega kanala B povećavamo i C (data-rate) kapacitet kanala.

Na primer, to znači da za telefonsku liniju – tzv. *POTS (Plain Old Telephone Service)* čiji je propusni opseg $B=3,5\text{kHz}$, i odnos $S/N=30\text{dB}$, teoretska gornja granica kapaciteta kanala jeste 35Kb/s .

Originalno je POTS sistem napravljen samo za prenos glasa, stoga su i filtri implementirani u njemu ograničavali propusni opseg sistema na 4kHz, i time filtrirali visoke frekvencije koje su u ovom slučaju predstavljale šum, a za uzvrat sistem je pružao dovoljno dobar kvalitet prenosa glasa. Samo postojanje ovih filtara ograničavalo je povećavanje kapaciteta prenosnog kanala isto kao i mnogi drugi faktori kao što su termalni šum, impedansa, slabljenje (atenuacija)...

Posle svega ovoga postavlja se pitanje koji deo priče oko upredene parice ograničava kapacitet kanala? U stvari, bez ovih filtara koji ograničavaju propusni opseg na 4kHz, bakarna parica je u mogućnosti da prenosi frekvencije reda MHz i na taj način dozvoli povećanje samog kapaciteta kanala što je upravo i činjenica na koju se xDSL tehnologija najviše i oslanja. xDSL tehnologija usvaja da digitalni podaci ne treba da se konvertuju u analognu formu i obrnuto. Digitalni podaci se prenose u naš računar u svom izvornom obliku a ta činjenica dozvoljava nam da koristimo mnogo veći propusni opseg. Naravno možemo razdvojiti signale tako da se jedan deo opsega koristi za prenos analognog signala što nam omogućava da koristimo i telefon i računar preko jedne linije i to u isto vreme.

xDSL koristi dosta veći propusni opseg od POTS servisa preko iste telefonske parice. Koristeći frekvencije iznad POTS opsega (iznad 3500Hz), xDSL postiže mnogo veće brzine i protoke podataka od tehnologija ograničenih POTS opsegom. Zahvaljujući naprednim DSP (Digital Signal Processing) tehnologijama kombinovanim sa inovativnim algoritmima i metodama kodovanja iskorišćenje propusnog opsega je tokom godina povećavano od 100kHz za ISDN do preko 10 MHz za VDSL.



Slika 1.1. - ADSL linijski splitter

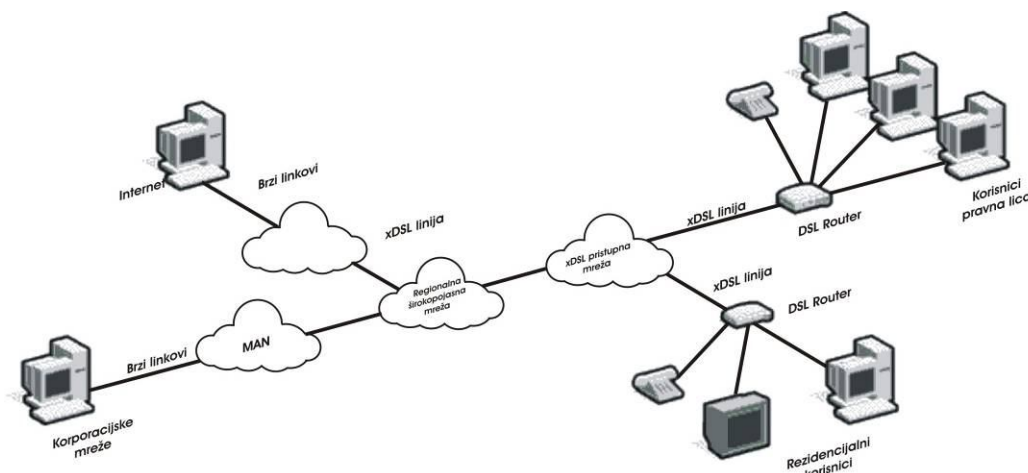
Da bi smo ovo postigli, xDSL oprema mora biti instalirana na oba kraja a sama bakarna parica treba da ima takve karakteristike da može da prenese visoke frekvencije duž određene rute. To takođe znači da elementi u POTS mreži koji ograničavaju propusni opseg, kao što su kalemovi i filtri, treba da budu uklonjeni ili na neki način izbegnuti.

1.2. Opšte karakteristike xDSL tehnologije

Za xDSL tehnologiju se može reći da je to tehnologija „poslednjeg kilometra“ iz razloga što se ovakav način povezivanja i prenošenja podataka koristi samo pri konekcijama između telefonske centrale i krajnjeg korisnika a ne za interkonekciju između centrala. Sledeća slika nam pokazuje kako se xDSL modemi mogu implementirati u postojeću mrežu. Glavna prednost xDSL-a je ta, da je ova tehnologija projektovana da radi

koristeći telefonsku infrastrukturu - bakarnu paricu, koja je već postavljena i koristi se u urbanim i stambenim oblastima.

xDSL modemi emituju svoje podatke u frekventnom opsegu višem od POTS (preko 4kHz) tako da se signali glasa i podataka multipleksiraju. Na taj način, ako se greška pojavi pri xDSL prenosu to neće uticati na prenos POTS signala.



Slika 1.2. - Implementacija ADSL modema u postojeću mrežu

Prenos informacija u xDSL sistemima odvija se u "full duplex" režimu što znači da informacije istovremeno mogu da se prenose i "upstream" i u "downstream" pravcu. Prenos podataka može biti simetričan, tamo gde je količina podataka koje šaljemo i primamo ista, ili može biti asimetričan, tamo gde "bitrate" nije isti za "upstream" i "downstream".

ADSL kao najrasporostranjenija kod rezidencijalnih korisnika, je samo jedna od mnogih tehnologija u xDSL familiji koja obuhvata R-ADSL, SHDSL, SDSL i VDSL. Ove tehnologije se razlikuju po brzinama koje nam omogućavaju, rastojanju na kome su efikasne i simetriji koja se ogleda u "upstream" i "downstream" vrednostima prilikom prenosa. Postoji kompromis koji se odnosi na rastojanje i brzinu prenosa podataka i koji kaže: **što je veća brzina - kraće je rastojanje na koje signal možemo efikasno preneti.**

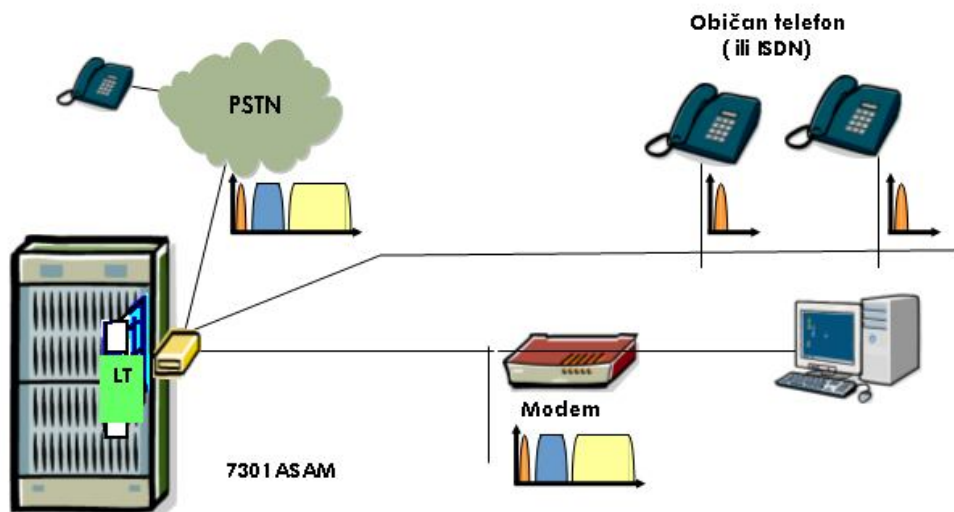
2. DSL familija

Da bi smo u potpunosti razumeli značaj ADSL tehnologije važno je da razumemo koje su odlike pojedinih tehnologija iz xDSL familije. Pogledajmo ukratko, koje su to tehnologije i osnovne osobine nekih od njih.

- **ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line - Asimetrična Digitalna Pretplatnička Linija)** predstavlja prvi pristup koji obezbeđuje široki propusni opseg preko postojeće upredene parice i odličnu tehnologiju koja rešava problem pristupa internetu u stambenim oblastima.
- **HDSL (High speed Digital Subscriber Line - Simetrična Digitalna Pretplatnička Linija za Brzi prenos Podataka)** predstavlja simetrični propusni opseg isključivo za biznis korisnike, postoji u varijaciji prenosa preko jedne telefonske parice (dvožično - **SDSL**) i koristeći dve telefonske parice (četvorožično - **HDSL**).
- **R-ADSL (Rate Adaptive Digital Subscriber Line – Brzinski prilagodljiva Digitalna Pretplatnička Linija)**. Ovo je nestandardna varijacija ADSL pri kojoj DSL modem ima dodatnu mogućnost da podešava propusni opseg u zavisnosti od samog kvaliteta prenosnog medijuma – telefonske parice, što se ne odnosi samo za vreme započinjanja prenosa već se modem može prilagođavati tokom samog prenosa ne bi li postigao najbolji kvalitet.
- **VDSL (Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line – Digitalna Pretplatnička linija veoma Velikog protoka)** pruža veoma širok propusni opseg za zabavu koja zahteva veliki propusni opseg (video). Može raditi u simetričnom ili asimetričnom modu.
- **FTTU (Fiber To The User – Optičko vlakno do korisnika)** predstavlja rešenje problema „poslednjeg kilometra“, što je inače problem postojeće infrastrukture.

2.1. ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line)

Frekvencije unutar govornog opsega (300-3400Hz) se prenose kroz komutiranu PSTN (Public Switch Telephone Network) mrežu. Ovakav govorni opseg se koristi za prenos govora ili za komunikaciju (npr. fax, V.32, V.90,...). DSL tehnologije koriste druge frekvencije, izvan govornog područja da bi modulisale informacije na lokalnoj liniji. Protok na analognoj telefonskoj liniji je ograničen na 56 kb/s, ISDN obezbeđuje brzinu do 160 kb/s i pri tom postojeća telefonska mreža nije predviđena za brzi prenos podataka. Za razliku od prethodna dva načina ADSL obezbeđuje veoma brzu konekciju koristeći postojeću pretplatničku liniju.



Slika 2. - Ilustracija ADSL usluge u postojećem okruženju

ADSL je ustvari proizišla iz HDSL tehnologije. Osnovna karakteristika je ta da je saobraćaj asimetričan i to u smislu da je "downstream" brzina obično mnogo veća nego "upstream". Ovo nam omogućava ekonomski isplativ način da se korisniku ponude različiti multimedijalni sadržaji preko postojeće telefonske mreže.

Ova tehnologija rezerviše najveći deo svog propusnog opsega za "downstream" saobraćaj (saobraćaj ka korisniku) i manji deo za "upstream" (saobraćaj od korisnika). Brzine se kreću do 8Mb/s za "downstream" i 1,544Mb/s za "upstream". Ovo znači da je ADSL pogodan za aplikacije gde je "downstream" brzina kritična i od značaja, dok se "upstream" kanal koristi za jednostavne komande i zahteve ili brzinski manje zahtevne prenose podataka. Aplikacije koje ovo uključuju jesu: Internet pristup, LAN mreže, Video na zahtev, emitovanje video signala kao i svaka druga interaktivna multimedija.



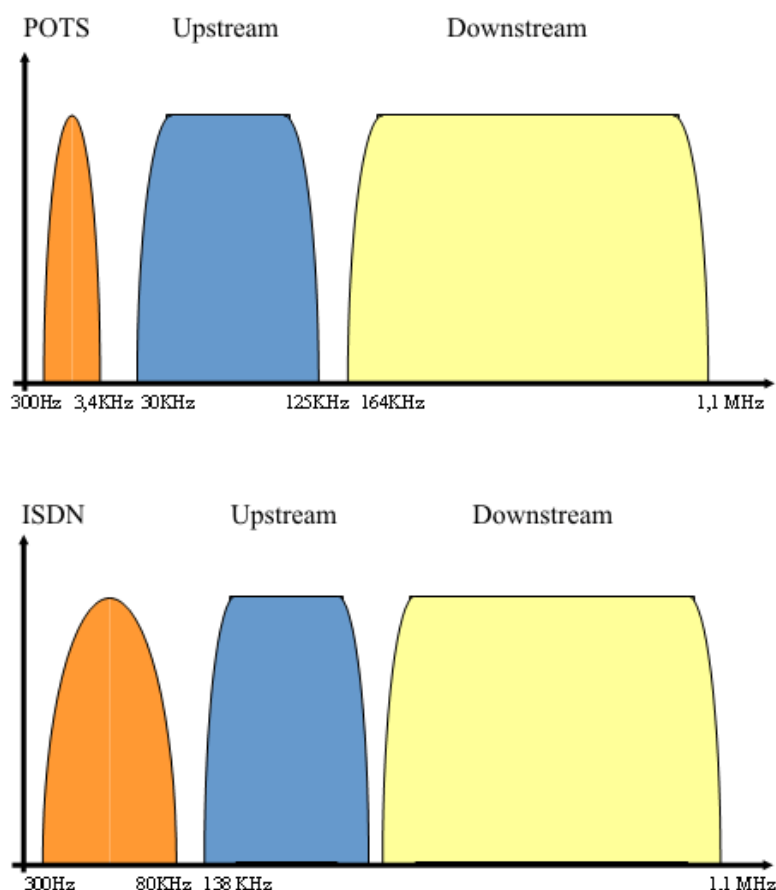
Slika 2.1. - Huawei i Thomson modemi iz ponude Telekom Srbija

Na slikama 2. i 2.2. prikazane su ilustracija ADSL usluge i frekvencijskih opsega koje splitter filtrira sa javne telefonske mreže na kojoj je signal neograničenog opsega, na telefonske aparate u stanu ili firmi kojima je omogućen samo govorni signal od 0 - 4 KHz.

Do ADSL modema takođe stiže kompletan neoslabljen signal dok je maksimalna moguća razdaljina do koje je moguća modemska komunikacija 5,4 km.

Da bi korisnik koristio ADSL uslugu moraju se ispuniti određeni uslovi. Pre svega korisnik mora posedovati direktnu telefonsku liniju (nikako ne sme biti dvojničnik, a ni na PCM uređaju). Da bi se ispunio uslov adekvatne podeljenosti frekvencijskog opsega u praksi se koriste frekventni filtri - spliteri. ADSL koristi frekvencije na lokalnoj liniji do 1,1 MHz. Ove frekvencije se ne poklapaju sa opsegom POTS-a odnosno obične telefonske usluge ili ISDN-a, a time dozvoljavaju istovremeni prenos govora i podataka.

Niže frekvencije koje koristi ADSL mogu ometati audio opseg i potrebno ih je filtrirati pre telefonskog aparata. U zavisnosti od toga da li je podignuta ili spuštена slušalica, impedansa linije se menja i ovo utiče na ADSL modemska komunikaciju. ADSL usluga radi u režimu "always connected" baš kao i kod kablovskog modema, i njeno funkcionisanje ne utiče na rad telefona, dok za razliku od kablovskog modema, ADSL modemi nemaju pojavu smanjenja propusnog opsega usled činjenice da se linija deli sa ostalim korisnicima. Svaki ADSL korisnik ima svoju sopstenu bakarnu paricu i tu se resursi ne dele.



Slika 2.2. - Frekvencijski opsezi kod ADSL usluge

ADSL je pogodan za sve tipove komunikacija (govor i podaci). U razvoju ADSL-a se teži ka totalno digitalnoj petlji (FDL-Full Digital Loop) a ujedno i eliminaciji obične telefonske linije. Kao što smo u gornjem tekstu rekli da bi se uspostavila modemska

komunikacija kao fizički link se koristi postojeća telefonska linija. Na taj način korisnik ostvaruje fizičku vezu sa modemsom koncentradorom DSLAM-om odnosno odgovarajućim portom na LT ploči DSLAM-a. Zatim se putem IPGW odnosno IP Gateway ploče povezuje sa ruterom u MAN mreži, a potom i sa ruterom najvišeg nivoa odnosno ivičnim (Edge) ruterom ka svetskoj internet mreži i tako više ne postoje prepreke za ostvarivanje veze za prenos podataka tipa "sa kraja na kraj".

2.2. SHDSL (Symmetric High-bitrate Digital Subscriber Line)

Primena SHDSL omogućava protoke od 192 kb/s do 2,312 Mb/s bidirekciono i to za jedan par UTP (obične upredene parice), odnosno od 384 kb/s do 4,624 Mb/s bidirekciono za dva para UTP. SHDSL ima podršku preko SMLT (kada je u pitanju Alcatel DSLAM) ploče, pa postoji mogućnost kombinovanja 8 HDSL linkova u jedan virtuelni link (8x 2,312Mb/s). Kod SHDSL-a postoji ograničenje u petlji na maksimalno 2,5 km. Ova usluga funkcioniše bez POTS/ISDN servisa, jer za fizičku vezu koristi bakarnu paricu (u praksi poznatiju kao „poprečna veza“). Još jedna prednost SHDSL-a je da koristi celokupan frekvencijski opseg, pa iz tog razloga nisu potrebni spliteri.

2.3. VDSL (Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line)

VDSL je proširenje ADSL servisa i trenutno najbrža od xDSL tehnologija. Može biti ili simetrična ili asimetrična, koristi jednu POTS ili baznu ISDN liniju. Sam koncept VDSL-a se zasniva na činjenici da potencijalni kapacitet bakarne petlje prelazi 10 Mbps na relativno kratkim rastojanjima (300m do maksimalnih 1500m). Brzina kod VDSL-a se kreće od 13 do 52 Mb/s za „downstream“ i od 1,5 do 2,3Mb/s za „upstream“ ili u simetričnom slučaju, 34Mb/s i za „upstream“ i za „downstream“. Prednost VDSL u odnosu na druge DSL tehnologije je ta što je protok od 24Mb/s koji je potreban za emitovanje HDTV signala u potpunosti podržan. Ova tehnologija koristi propusni opseg od skoro 20 kHz što samo po sebi postavlja mnoge izazove koji ne postoje u običnom DSL-u. Ova tehnologija je poslednjih godina dosta napredovala pa se može o njoj pričati i kao o alternativi ADSL-u.

2.4. FTTH (Optičko vlakno do korisnika)

FTTH usluga koristi PON (Passive Optical Network, pasivnu optički mrežu). Još jedna velika prednost ove usluge je ekstremno visok propusni opseg, pri čemu se koristi multipleksiranje po talasnim dužinama. Brzine koje podržava su takođe neuporedivo veće nego kod svih ostalih usluga i iznose 622 Mb/s za downstream i 155 Mb/s za upstream. Kod ove usluge je veoma visok nivo kvaliteta prenosa.

U sledećoj tabeli je dat kratak pregled svih pomenutih varijacija DSL tehnologije:

Tehnologija	Opis	Brzina Down/Up-stream	Razdaljina	Karakteristike
IDSL	ISDN Digital Subscriber Line (ISDN-DSL)	128 Kb/s	Oko 5500m	Slično ISDN servisu ali se prenose samo podaci (ne prenosi se glas preko iste linije)
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	Od 1,544 do 6,1 Mb/s za downstream; Od 16 to 640 Kb/s za upstream.	Oko 5000m pri 1,544 Mb/s; Oko 4800m pri 2,048 Mb/s; Oko 3500m pri 6,312 Mb/s; Oko 2700m pri 8,448 Mb/s;	Asimetrična, jer se veći deo propusnog opsega dodeljuje za downstream ,dok se manji deo koristi za upstream.Nema potrebe za odvajanjem linija za glas i podatke.
HDSL	High bit-rate Digital Subscriber Line	1,544 Mb/s duplex on two twisted-pair lines (or T1) 2,048 Mb/s duplex on three twisted-pair lines (or E1)	Oko 3500m	Jedna od prvih varijanti DSL-a.Često služi kao T1/E1 link između servera i telefonskih kompanija ili kao DSL linija za biznis korisnike.Simetrična je što znači da ista količina podataka protiče u oba smera.
SDSL	Symmetric DSL	1,544 Mb/s duplex (U.S. i Kanada); 2,048 Mb/s (Evropa) on a single duplex line downstream and upstream	Oko 3500m	Isto kao i HDSL sa razlikom da koristi samo jedan par žica - jednu paricu.
RADSL	Rate-Adaptive DSL	Prilagođeno liniji,od 640 Kb/s do 2,2 Mb/s za downstream; i od 272 Kb/s do 1,088 Mb/s za upstream	Nema podataka	ADSL tehnologija kod koje je softver u stanju da utvrdi najbolji protok u odnosu na kvalitet pretplatničke linije i time omogući kvalitetan prenos.Prilagođava se.
VDSL	Very high Digital Subscriber Line	Od 12,9 do 52,8 Mb/s za downstream; od 1,5 do 2,3 Mb/s upstream;	Oko 1300m pri 12,96 Mb/s; Oko 900m pri 25,82 Mb/s; Oko 300m pri 51,84 Mb/s	Tehnologija koja omogućava najveće brzine na relativno malom rastojanjima.

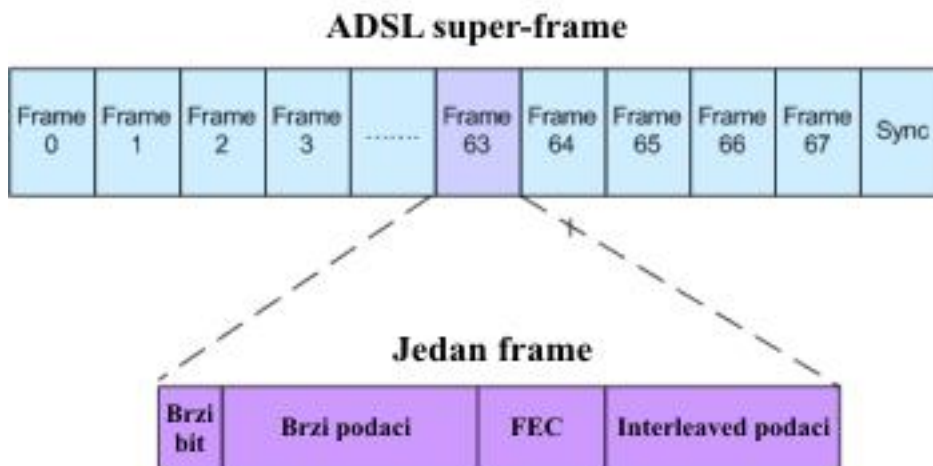
Tabela 1. - Pregled DSL tehnologija

3. Modulacione tehnike u xDSL tehnologiji

U narednom delu, osvrnućemo se na neke modulacione i kodne tehnike primenjene u xDSL tehnologiji, bez velikog zalaženja u detalje i matematičke analize, što može biti tema nekog drugog rada.

3.1. Struktura ADSL rama

ADSL podaci su podeljeni u okvire i super-okvire. Jedan super-okvir se sastoji od 68 ADSL okvira i jednog sinhronog okvira. Sinhroni okvir sinhronizuje super-okvire tako što identifikuje početak super-okvira. Međutim, ADSL linije se međusobno razlikuju i asimetrične su, pa zbog toga postoje i okviri različite veličine. Svaki super-okvir se šalje svakih 17 ms a okvir svakih 250 mikrosekundi.



Slika 3. - ADSL Super-okvir

ADSL modemi su produžetak trenutnih analognih modemske tehnologije. Zajedničke karakteristike su, između ostalog:

- QAM modulacija;
- Više-dimenzionalno Trellis kodovanje i stvaranje konstalacionih mapa;
- Eliminisanje eha;
- Handshake protokol;

3.2. Quadrature Amplitude Modulation (QAM)

QAM (Quadrature Amplitude Modulation) – Kvadratura Amplitudna Modulacija takođe poznata i kao **I&Q** modulacija, je kombinacija amplitudne modulacije (podaci se predstavljaju amplitudama koje se razlikuju) i fazne modulacije (podaci se predstavljaju pomeranjem svakog pojedinačnog talasa shodno talasu koji mu prethodi). U QAM signalu postoje dva nosioca – oba su iste frekvencije ali im se faze razlikuju za 90 stepeni (četvrtina ciklusa) odatle i proizilazi izraz „kvadratura“. Prvi signal se zove **I** signal a drugi se zove **Q** signal. Matematički, jedan signal se može predstaviti sinusnim talasom a drugi kosinusnim.

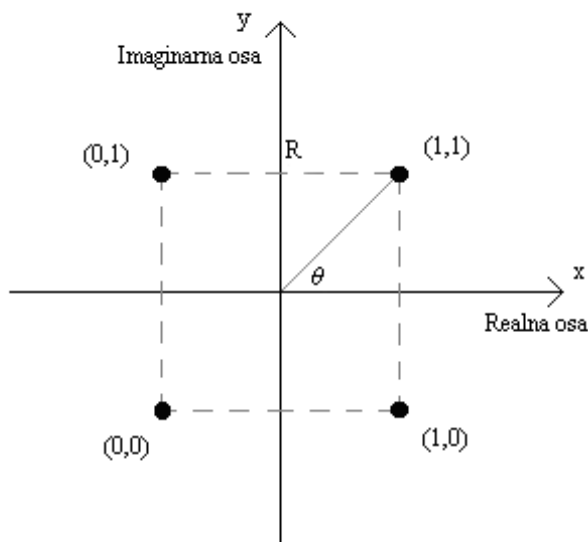
Oba nosioca su modulirana pomoću dva pojedinačna balansna modulatora (BM) a onda spojena - sabrana. Kad stignu do destinacije, nosioci se razdvajaju; iz svakog se izvuku podaci i onda se kombinuju u originalnu modulatorsku informaciju.

QAM signal je predstavljen narednom formulom:

$$s(t) = x(t)\cos\omega ct - y(t)\sin\omega ct$$

Gde je $x(t)$ je komponenta „in“(ulazne) faze a $y(t)$ kvadrature faze.

QAM je forma signaliranja na više nivoa a 4-simbolni QAM je nazvan 4-QAM. QAM moduliše amplitudu i fazu nosećeg signala. QAM signal može da se predstavi dijagramom i pomoću konstalacione mape (mapa „sazvežđa“). Mapa sazvežđa 4-QAM-a izgleda ovako:



Slika 3.1. - Konstalaciona mapa za 4-QAM

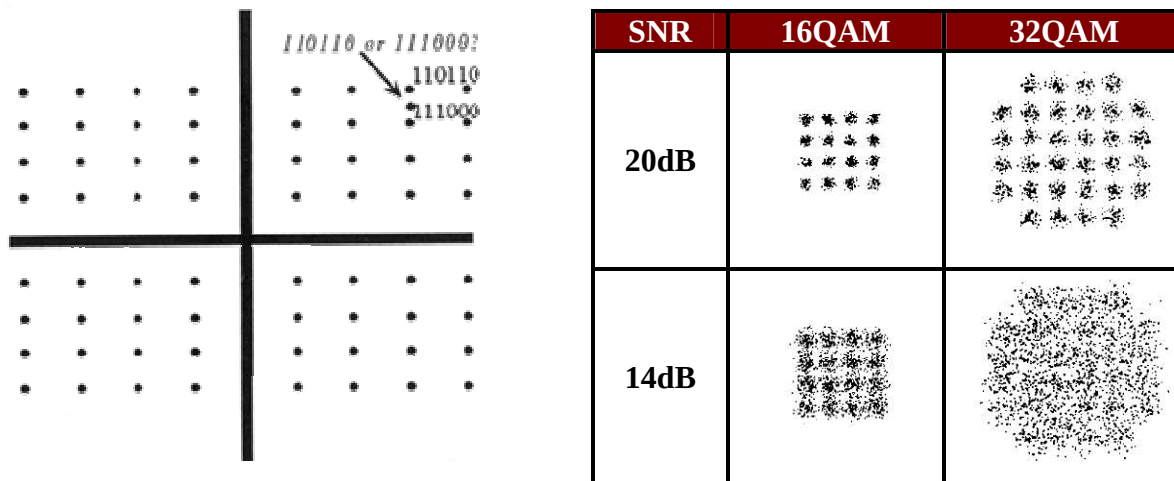
Tabelarno ovo možemo predstaviti :

Bit	Amplituda	Faza
11	1	45°
01	1	135°
00	1	225°
10	1	315°

Tabela 2. - Tabelarni prikaz 4-QAM

Ako povećamo veličinu konstalacione mape, doći će do povećanja u bitima/simbolima što dovodi do boljeg iskorišćenja opsega. Međutim, pošto postoji šum u kanalu i/ili interferencija, povećanje veličine konstalacione mape dovodi do smanjenja

preciznosti određivanja prave tačke na mapi. To se dešava zato što se na konstalacionoj mapi pojavljuje sve više i više simbola (npr. 64-QAM), a razlika između amplitude i faze između susednih simbola se smanjuje zbog čega može doći do nejasnoća pri dešifrovanju simbola u prisutnosti šuma. To je ilustrovano narednim dijagramom:



Slika 3.2. - Konstalaciona mapa za različite QAM i greške koje se dešavaju

3.3. Višedimenzionalno Trellis kodovanje

Iz gore navedenog scenarija sledi da povećanje rastojanja između simbola dovodi do smanjenja nejasnoća pri detektovanju pravilnih simbola. Upravo to je svrha Trellis kodovanja. Ova metoda uvodi bite viška u „bitstream“ (tok bita) i proširuje konstalacionu mapu (mapu sazvežđa) pri čemu ne proširuje korišćeni frekventni opseg. Ovaj napredak je po prvi put bio primenjen u V.32 modemima i od tada se koristi u svim ostalim „V-dot“ modemima. Metod je prvobitno usavršen putem 2-D Trellis kodovanja koje duplira veličinu konstalacije time što unosi višak u dvodimenzionalni prostor. Međutim, u velikim sazvežđima, što sazvežđe više raste, to se javlja više nejasnoća u dešifrovanju. Zbog toga je potrebno dodati višak u tok bita a ne povećati veličinu sazvežđa. Ako se biti viška pošalju u višedimenzionalni prostor, broj bita/simbola koji su predstavljeni u dvodimenzionalnom prostoru biće manji. Zato je moguće da se uvede višak a ne duplira veličina sazvežđa. 4-D Trellis kodovanje predstavlja najbolji kompromis između složenosti i izvođenja.

3.4. Handshake protokol - protokol "rukovanja"

Handshake omogućava to, da dva modema pregovaraju o karakteristikama i vrstama parametara (npr. protokol rukovanja za V.34 modem je V.8). Radi se o karakteristikama kao što su:

- koju modulaciju za prenos koristi.
- koje metode ispravljanja grešaka i kompresiju podataka koristiti.
- koja je brzina prenosa.

Handshake protokol za xDSL je G.hs, čiju definicija je dao ITU. Zahvaljujući ovom protokolu, dva xDSL modema mogu da pregovaraju o najpodobnijim parametrima i karakteristikama koje će koristiti prilikom transmisije. Za vreme inicijalizacije, jedan modem šalje poznati tok bita ("bitstream") drugom modemu. Modem koristi dobijeni tok bita i poredi ga sa originalom i na taj način utvrđuje u kakvom je stanju linija i popravlja eventualne nelinearnosti. Nelinearnosti nastaju zbog opreme i stanja same telefonske parice. xDSL modemi su stalno konektovani tj u stanju "always on" i zbog toga se ova vrsta komunikacije mora vršiti sa vremena na vreme. Iz razloga kvaliteta servisa, brza komunikacija ovog tipa je jako bitna u xDSL modemima pošto se dostižu brzine do/preko 8 Mb/s.

3.5. CAP i DMT modulacija

U xDSL tehnologiji koriste se dve vrste modulacija:

- Amplitudno-Fazna bez nosioca (**Carrierless Amplitude Phase - CAP**)
- Diskretni Višetonski Model (**Discrete Multi Tone - DMT**)

Obe, i CAP i DMT koriste istu osnovnu tehniku zvanu Modulacija Kvadrature Amplitude (QAM). QAM je metoda modulacije koja se često koristi u modemima, kao što smo ranije napominjali.

CAP modulacija ima svojih prednosti nad DMT, kao što su manji troškovi izrade električnih kola, jednostavnija je, brža je i prilagodljivija, ali se u ADSL-u ipak više koristi DMT modulacija, obzirom da se smatra da je pouzdanija i sofisticiranija i na kraju sposobnija da obezbedi veće brzine, što je i cilj ADSL-a. DMT ima još nekih prednosti u odnosu na CAP, kao što su: baratanje impulsnim šumom, smanjenje RF interferencije, i prilagođavanje nedostacima (pogoršanjima) na liniji.

3.6. CAP modulacija (Carrierless Amplitude Phase)

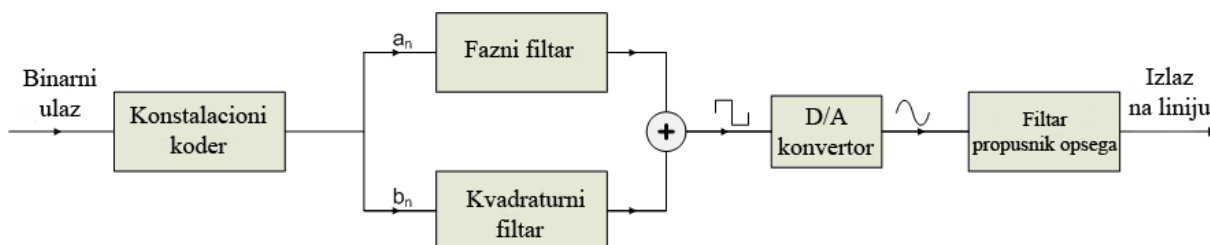
Kompanija „AT&T“ je patentirala CAP modulaciju. Ova tehnika je modifikovana verzija QAM-a. Obzirom da nosilac ne sadrži nikakve informacije, pre prenosa se potiskuje a onda se ponovo obnovi kad signal stigne do drugog kraja, zato se ova modulacija i zove „modulacija bez nosioca“.

CAP (Carrierless Amplitude/Phase) modulacija – Fazno/Amplitudna modulacija bez nosioca je prvobitni pristup DSL-u (kao i izbor mnogih proizvođača modema u prošlosti) proizvodi istu vrstu signala kao i QAM.

Potiskivanje nosioca ima dve prednosti:

- Digitalna implementacija je jeftinija pri računanju intenzivnog mnoštva operacija koje su nužne za modulaciju nosioca, tako da demodulacija postaje izlišna.
- Nedostatak nosioca povećava fleksibilnost time što lako menja svojstva spektra, kao što su centralna frekvencija i oblik.

U početku, CAP proverava kvalitet telefonske parice i na osnovu toga bira najefikasniju verziju QAM-a (npr. 16-QAM). Radi se o relativno jednostavnom prenosnom sistemu koji je popularan izbor u nekim ranijim implementacijama ADSL modema.



Slika 3.3. - Uprošćena blok šema CAP koda

Konstalacioni koder mapira dolazeće podatke u dva niza $a_1...a_n$ i $b_1...b_n$. Ova dva niza se tada propuštaju kroz dva filtra projektovana tako da se na izlazu dobija tzv. **Hilbertov par** (signali koji su fazno pomereni za 90 stepeni).

CAP deli podatke u dva niza i menja broj simbola po vremenu i modulacione nivoe da bi promenio brzinu protoka. Time se broj simbola po vremenu modema prilagođava različitim linijskim uslovima. Sam nosioc je potisnut pre emitovanja (ne sadrži nikakve informacije i može se rekonstruisati na prijemu). CAP takođe koristi frekvencijski multipleks da bi eliminisao potrebu za tehnikom „eliminacije eha“. Još jedna prednost je cena implementirane tehnologije koja je u poređenju sa drugim metodama niska. Međutim, polako ga zamenjuje DMT model koji superiornije funkcioniše ali je zato i komplikovaniji.

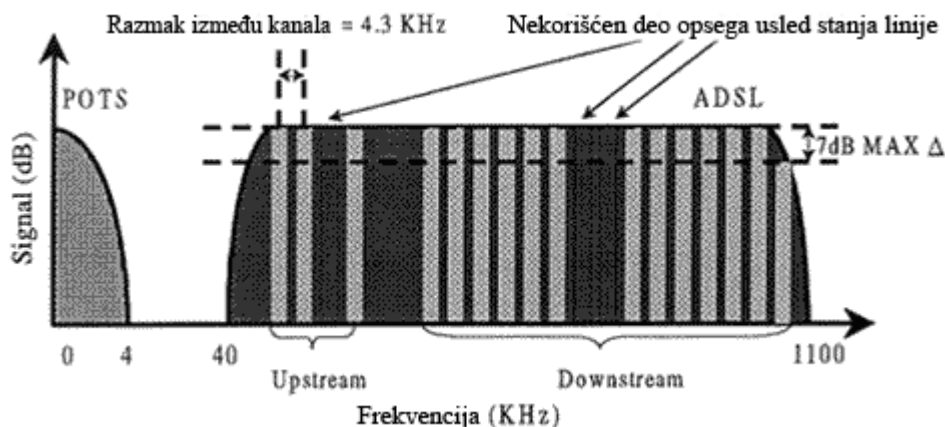
3.7. DMT modulacija (Discrete Multi Tone)

DMT – (Diskretna Višetonka Modulacija) je standard odabran za ADSL prenos, na osnovu mišljenja "Američkog Instituta za Nacionalne Standarde" (ANSI), "Evropskog Instituta za Telekomunikacione Standarde" (ETSI), i Međunarodne Telekomunikacijske Unije (ITU). Ova metoda se zasniva na više nosećih frekvencija (multi-carrier) modulacionoj tehnici (razmak između nosioca je 4 kHz), koja deli opseg na 256 pod-kanala pomoću diskretne Fourier-ove transformacije. Svaki pod-nosilac koristi određenu formu QAM modulacije.

Signali visokih frekvencija prenošeni paricom više trpe ako postoji šum, zato se prenošenje podataka deli tako što se više eksploatišu kanali nižih frekvencija. Kao i u CAP-u, i ovde sistem proverava kvalitet linije na samom početku transmisije da bi utvrdio kapacitet svakog od 256 pod-kanala. Da bi se smanjilo preklapanje pod-kanala koje dovodi do interferencije, koriste se druge tehnike kao što je DWMT- (Discrete Wavelet Multi-Tone) koja povećava izolaciju između susednih kanala.

ADSL modemi koji su zasnovani na DMT-u mogu se posmatrati ustvari kao 256 mini-modema koji istovremeno funkcionišu. Svaki pod-kanal se moduliše pomoću QAM i može da prenese između 0-15 bita/simbol/Hz. Od stanja linije zavisi i broj bita/simbola/Hz. Tako na primer neki pod-kanali mogu da funkcionišu na maksimumu od 15

bita/simbola/Hz, dok drugi mogu da budu potpuno neiskorišćeni zato što su linije u lošem stanju. To je ilustrovano narednim dijagramom.



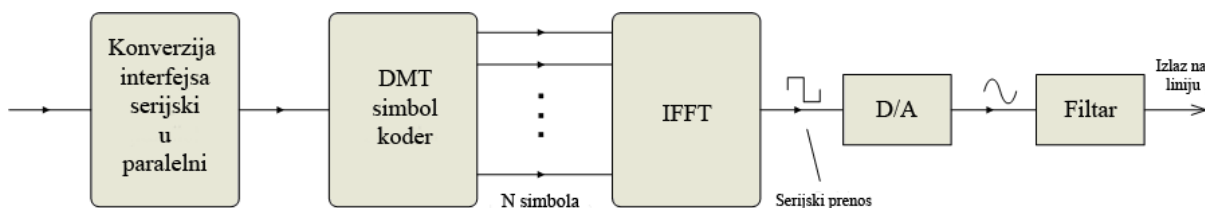
Slika 3.4. - DMT spektar

Na osnovu ovih pretpostavki, teoretski maksimum „upstream“ i „downstream“ brzina se dobija na sledeći način:

Upstream: $25 \text{ kanala} * 15 \text{ bita/simbol/Hz/kanal} * 4 \text{ kHz} = 1,5 \text{ Mb/s}$

Downstream: $249 \text{ kanala} * 15 \text{ bita/simbol/Hz/kanal} * 4 \text{ kHz} = 14,9 \text{ Mb/s}$

Za vreme inicijalizacije, DMT meri odnos signala/šum (S/N) posebno za svaki kanal i određuje brzinu svakog pod-kanala. Najčešće su pod-kanali nižih frekvencija više korišćeni nego pod-kanali viših frekvencija zato što su signali prigušeniji na višim frekvencijama. Zato ova procedura omogućava bolje performanse nego CAP imajući u vidu praktično stanje linija. DMT omogućava i trenutno prilagođavanje brzine prenosa, gde prati stanje linije i dinamički joj prilagođava brzinu prenosa modema.



Slika 3.5. - Uprošćena blok šema DMT kodera

Ulazni podaci se buferuju i DMT koder svaki bit dodeljuje - mapira u jedan od N (QAM) više-nivo-skih, pod-kanalnih simbola. Obzirom da su ovo kompleksne vrednosti možemo ih posmatrati kao predstavu signala u diskretnom frekventnom domenu. Koristeći inverznu Fourier transformaciju možemo ih prebaciti u vremenski domen (prijemnik će

koristiti Fourier transformaciju da ih konvertuje nazad u frekventni domen). Rezultujuća funkcija vremenskog domena se serijski propušta kroz D/A konvertor i linijski filter.

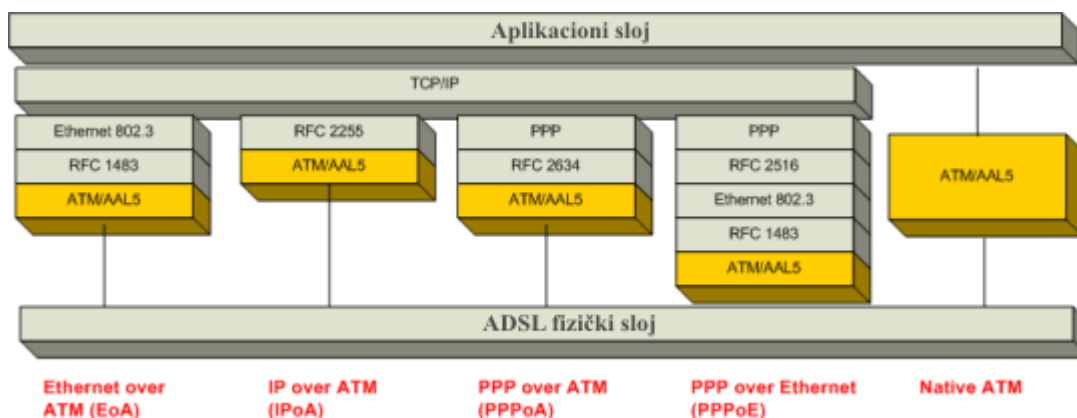
„Upstream“ i „downstream“ DMT kanali se preklapaju zbog čega su potrebne tehnike „eliminisanja eha“. Discrete Wavelet Multitone (DWMT) je varijanta DMT-a koja je i dalje u fazi razvoja. Ona će predstavljati bolju pod-kanalsku izolaciju time što će koristiti Digitalnu wavelet transformaciju umesto Fourier transformacije koja se inače koristi u DMT.

4. Protokoli i standardi korišćeni u xDSL

4.1. Hijerarhija ADSL protokola

ADSL ne zahteva dial-up pristup. Kada se ATM (Asynchronous Transfer Mode) konekcija uspostavi između ATU-R (ADSL Transceiver Unit-Remote) – udaljen modem koji se nalazi kod korisnika, i ATU-C (ADSL Transceiver Unit-Central office) - modem koji se nalazi u centrali, ova konekcija se naziva PVC (Permanent Virtual Circuit) konekcija, stalna virtuelna petlja. Svaki PVC se pravi između DSL linije, ATM mreže i ISP (Internet Service Provider) provajdera. Stoga korisnik ima uspostavljenu konekciju ka ISP-u, sve dok je ATU-R – modem uključen.

ADSL infrastruktura je izgrađena po uzoru na dial-up sistem koji koristi PPP (Point to Point) - od tačke do tačke, konekciju. PPP preko ATM (PPPoA) – ADSL model je postao standard za prenos i pristup podacima u ADSL-u. Pitanje izbora najprikladnijeg protokola viših nivoa nije jednostavno i zavisi od topologije same mreže i servisa koji su planirani, kao i zahteva koji su pred njima postavljeni. Na slici su prikazane neke od najviše primenjivanih šema za ADSL protokole.



Slika 4. - Hijerarhija ADSL protokola

U kompaniji Telekom Srbija od početka i trenutno jesu bila zastupljena dva protokola, u početku PPPoA i kasnije PPPoE, pa će zbog toga ta dva protokola i biti pomenuta u ovom radu.

4.2. PPP preko ATM (PPPoA)

Zasnovan na standardu RFC 2364 „PPP preko AAL5“ zajedno sa RFC 1483, ovo je jedan od najlogičnijih izbora za međukonekciju korisnika i ISP-a preko postojeće ATM mreže. Kombinacija PPP sloja omogućava velike mogućnosti od kojih su neke:

- Autentifikacija – važna stavka koja povećava sigurnost konekcije. Identifikacija korisnika se uspostavlja preko korisničkog imena i lozinke koju verifikuje RADIUS server.
- IP menadžment adresa – statička IP, pseudo i dinamička (najviše zastupljena) dodela IP adresa.
- Monitoring link-a.
- Dodela DNS (Domain Name Server) adresa.

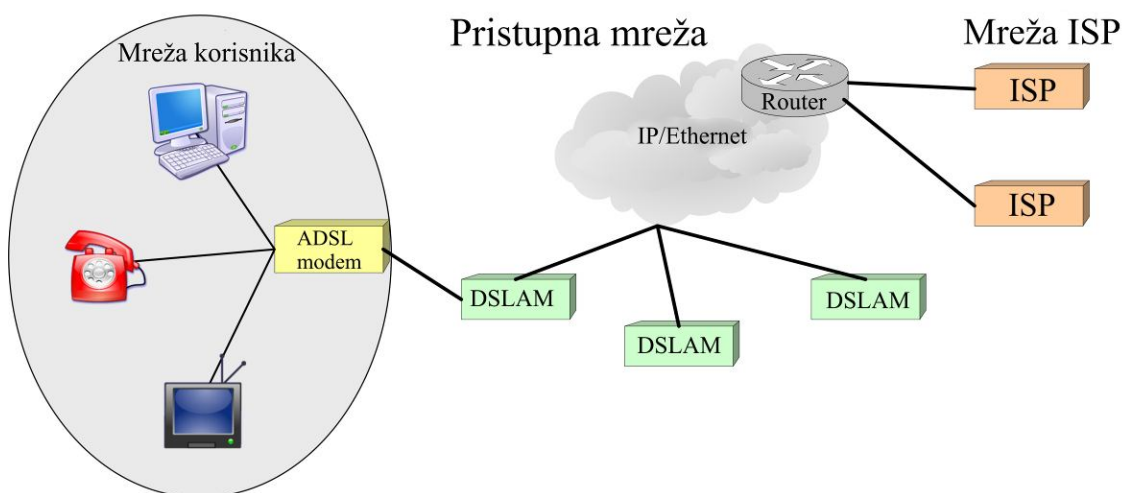
4.3. PPP preko Ethernet (PPPoE)

Slična je PPPoA, ovo je najlogičnije rešenje za povezivanje korisnika i ISP-a preko postojeće mreže bazirane na ethernet-u. Jedina razlika je u enkapsulaciji koja se koristi. PPPoE koristi ethernet umrežavanje, sa PPP protokolom i enkapsulacijom koja omogućava da se više računara poveže na više destinacija koristeći jedan PVC koji je zasnovan na RFC 2516 protokolu. PPPoE takođe ima sve prednosti PPP konekcije kao i PPPoA, sa razlikom da je iskorišćenje prenosa podataka veće jer se ne gubi 20% saobraćaja na ATM zaglavlje.

4.4. Arhitektura mreže

Tipična arhitektura mreže podrazumeva BRAS (Broadband Remote Access Server) i RADIUS servere (servere za udaljenu autentifikaciju i praćenje sesije), jedan ili više WEB servera, servisne „gateway“ servere kao i opcione servere koji procesuju razne sadržaje (npr. firewall).

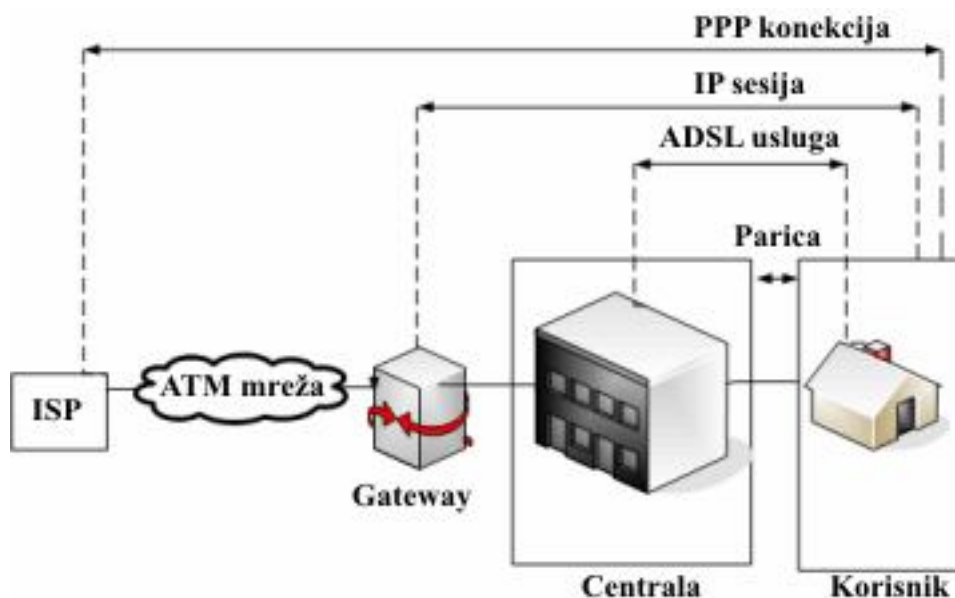
Na sledećoj slici je prikazana jedna od mogućih realizacija pristupne mreže za ADSL servis koja obuhvata "triple-play" prenos preko DSLAM uređaja i IP mreže.



Slika 4.1. - Primer realizacije pristupne xDSL mreže

Korisnici se konektuju kroz web i preko RADIUS servera dobijaju listu dostupnih sadržaja koje mogu da koriste. Na ovaj način se korisnik ograničava prema paketu kupljenih usluga. RADIUS server je zadužen za autentifikaciju, autorizaciju i obračun svakog od korisnika. Autentifikacija se uobičajeno obavlja koristeći „username“ (korisničko ime) i „password“ (lozinku). Takođe RADIUS prati i loguje korisnikove aktivnosti nakon autentifikacije i po potrebi ih dodatno obračunava.

Na slici je prikazana veza korisnika sa centralom i put uspostavljanja PPP konekcije.



Slika 4.2. - Uspostavljanje PPP konekcije

5. ADSL proširenja

Kako je popularnost ADSL-a rasla, tako je ADSL postajao sve rasprostranjeniji širom sveta, da bi ga na kraju ISP i korisnici prihvatili kao svoj izbor za „broadband“ medije. Korisnici su bili zadovoljni, što je u kombinaciji sa stalnom potrebom za usavršavanjem dovelo do stvaranja nove porodice standarda zvane ADSL2. Ovi standardi nam nude veće brzine ali su i lakši za korišćenje krajnjim korisnicima, a uz to i profitabilniji za ISP kompanije. Pored toga, većina ADSL2 modema je kompatibilno sa prethodnim standardima što znatno olakšava prelaz sa jedne na drugu tehnologiju prilikom nadogradnje.

Osnovni nedostatak ADSL usluge je nemogućnost pružanja pouzdanog prenosa na većim rastojanjima. Trenutna situacija u Srbiji je da je pokrivenost teritorije prilično dobra. Modemski koncentratori DSLAM-ovi predviđeni za veleprodaju usluge od strane „Telekom Srbija a.d.“ su postavljeni na skoro svim lokacijama u državi, u upotrebi su kako DSLAM tako i MSAN uređaji koji podržavaju ovaj novi ADSL2+ standard, i najviše su zastupljena dva proizvođača opreme, Alcatel i Huawei.

Nekoliko potencijalnih unapređenja je definisano u poslednjih nekoliko godina i to u sledećim oblastima:

- Brzina prenosa naspram moguće dužine prenosa.
- Dijagnostika petlje.
- Razvoj iz udaljenih kabineta.
- Spektralna kontrola.
- Kontrola snage.
- Održavanje i upravljanje.

Nakon nekoliko godina iskustva sa ADSL-om, pojavili su se i naredni pravci razvoja ADSL 2, ADSL 2+, RE-ADSL i VDSL2. U skladu sa trendovima razvoja u svetu i „Telekom Srbija a.d.“ je implementirao uslugu ADSL 2+, što je još jedan korak u evoluciji ove oblasti kod nas koja je i onako u priličnom vremenskom zaostatku za ostatkom Evrope, SAD-om i Japanom. Naravno, u skladu sa razvojem, definisani su i novi standardi.

5.1. ADSL2+ karakteristike

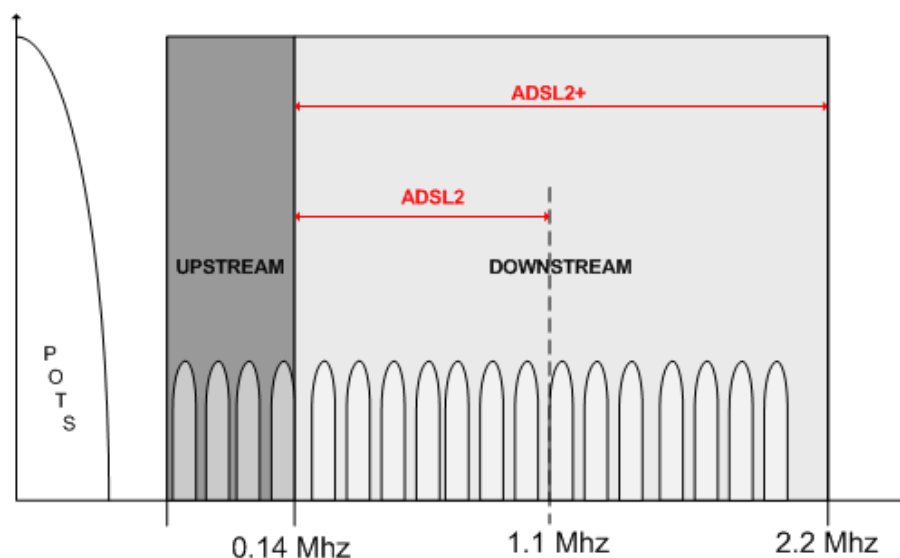
ADSL2Plus (tj.ADSL2+) se pridružio ADSL2 porodici u januaru 2003. kao standard G.992.5 nakon što ga je ITU odobrila.

ADSL2+ je nova usluga, sa mnogo boljim performansama od običnog ADSL. Downstream frekvencijski opseg kod ADSL2+ ide do 2,2 MHz (512 nosilaca), što dovodi do znatnog povećanja protoka podataka na kraćim telefonskim linijama. Ovo je vrlo jednostavno proširenje za standardni ADSL koji bi trebalo da doda manje od 5 % na troškove izrade čipova. ADSL2+ se može koristiti da smanji preslušavanja, koristeći tonove između 1,1 i 2,2 MHz i maskirajući „downstream“ frekvencije ispod 1,1 MHz.

Standard	Obavezan downstream protok	Maksimalni downstream protok
ADSL (G.992.1)	6,144 Mb/s	8Mb/s (15Mb/s opciono za S=1/2)
ADSL2 (G.992.3)	8Mb/s	15Mb/s
ADSL2+ (G.992.5)	16Mb/s	24,5Mb/s

Tabela 3. - Pregled downstream protoka kod ADSL familije

ADSL2+ duplira „downstream“ frekvencijski opseg sa 1,1MHz u osnovnom ADSL2 na 2.2MHz u ADSL2+. Time se protok podataka za „downstream“ na kratkim telefonskim linijama povećava i dostize 20 Mb/s na žicama dužine do 5000 stopa (približno 1.5km). „Upstream“ ADSL2+ je i dalje 1 Mb/s, u zavisnosti od stanja petlje.



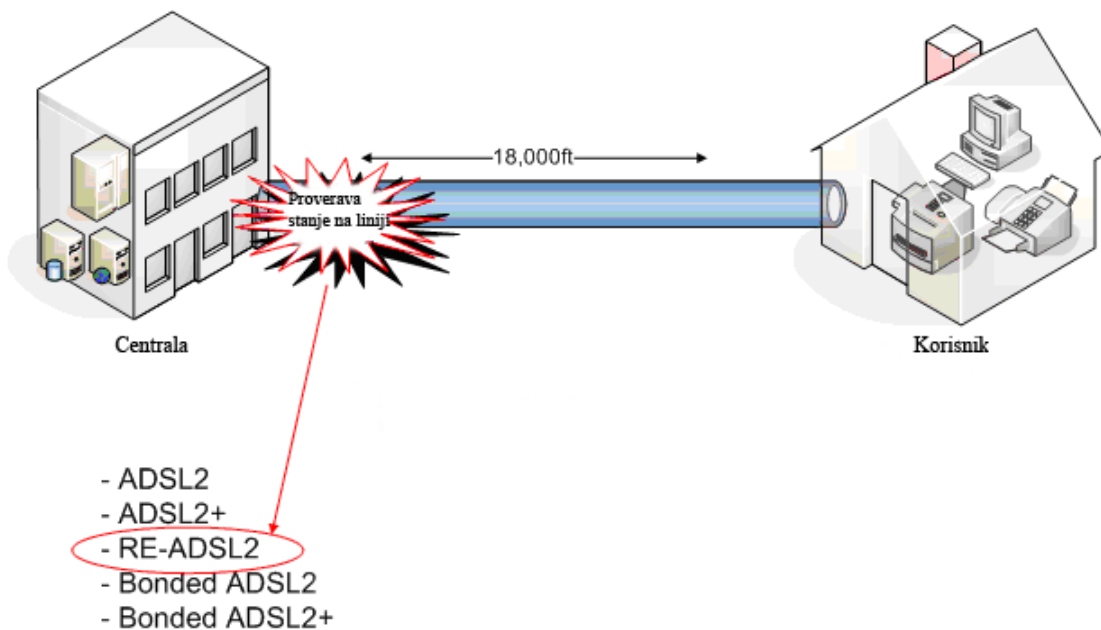
Slika 5.1. - Poređenje opsega ADSL2+ i ADSL/ADSL2

ADSL2+ se može takođe koristiti pri smanjenju preslušavanja. Zahvaljujući osobini da koristi samo nosioce između 1,1 MHz i 2,2 MHz, može da maskira sve frekvencije ispod 1,1 MHz.

5.2. ADSL2 poboljšanja

Kod ADSL2 usluge bolja je modulaciona efikasnost obaveznom Trelis kodovanjem. Trelis kodovanje je mehanizam korekcije i detekcije greške, koji funkcioniše slično detekciji i korekciji u govornom jeziku. U ADSL-u dodati biti ramu koriste minimum od 32 kb/s korisnih informacija. Na nižim protocima od 128 kb/s ovo je preko 25%, dok se u ADSL2 dodati biti mogu programirati od 4 do 32 kb/s. Ovo obezbeđuje dodatnih 28 kb/s za korisne informacije. Još jedno od poboljšanja kod ADSL2 je to da su poboljšane performanse time što je dozvoljena modulacija na pilotskom tonu.

Jedna od ADSL2 karakteristika je i ta da je maltene potpuno automatizovan. Nova karakteristika se zove „automode” i omogućava provajderima da korisnicima pruže najbolju moguću uslugu tako što analiziraju uslove u kojima se žice/linije nalaze, sakupljaju razne informacije za vreme povezanosti koncentratora i korisnika, a onda automatski biraju najbolju konfiguraciju za liniju.



Slika 5.2. - ADSL2 auto-mode

ADSL2 standard G.992.3 (kao i G.992.4 ADSL2 „lite“ verziju) je 2. oktobra 2003 odobrila ITU i čini se da je to sledeća generacija ADSL tehnologije koja obećava. Osnovna forma ADSL2 preko POTS se drugačije naziva ADSL2 annex A, ili samo ADSL2. Ona predstavlja jednog od najranijih članova nove porodice. Pomenućemo neke nove karakteristike i prednosti ADSL2 nad njegovim prethodnikom ADSL-om:

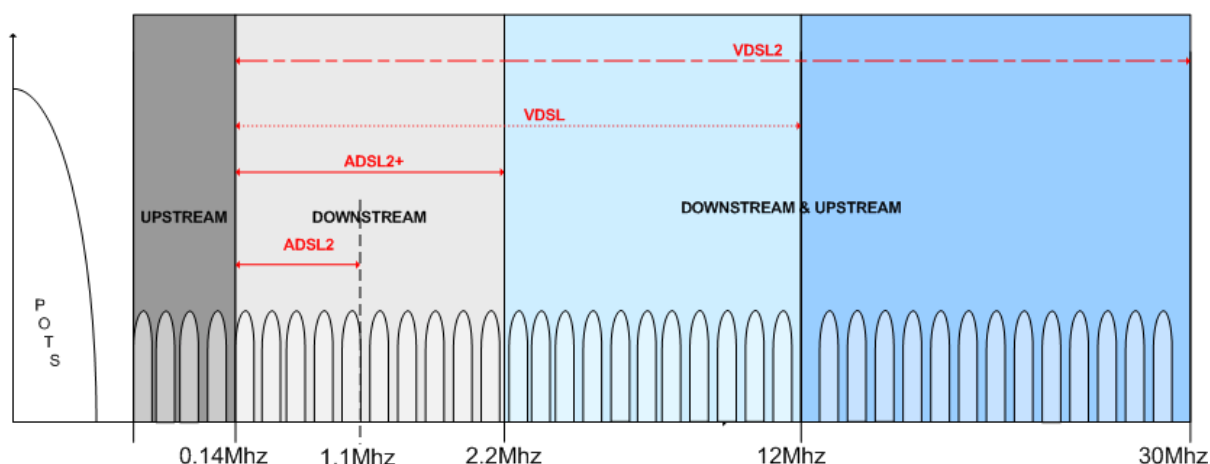
- Poboljšanje toka i opsega – ADSL2 ima veći protok za „downstream“ (12 Mb/s, dok je ADSL-ov 8 Mb/s) – to se postiže zahvaljujući usavršenim tehnikama i efikasnosti primenjenih modulacija, kao i veći protok za „upstream“ (1 Mb/s).
- ADSL2 nam donosi i poboljšanje u inicijalizaciji stanja modema čime se izbegava interferencija na liniji. Zahvaljujući ovome, razdaljina na kojoj ADSL2 radi je veća od razdaljine ADSL-a za nekih 600 stopa (približno 185 m), a uz to su brzine prenosa podataka povećane.
- ADSL2 smanjuje framing-overhead (deo saobraćaja koji otpada na razna zaglavlja i ne čini korisne podatke) tako što omogućava da se utvrdi broj overhead bita u opsegu od 4-32 kb/s (ADSL okviri su imali 32 kb/s overhead po okviru). ADSL2 ovo postiže zahvaljujući novim frame algoritmima (Rid Solomonov kod - ispravljanja grešaka unapred).
- Poboljšana inicijalizacija – ADSL2 poboljšava proces inicijalizacije – mnogo je automatizovaniji od ADSL-a. Time se broj grešaka smanjuje a protok povećava.

5.3. VDSL2

VDSL2 - Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line 2 (digitalna linija za korisnike sa veoma visokim protokom 2) i dalje razvija nekoliko proizvođača čipova. ITU ju je preporučila u maju 2005. kao ITU-T preporuku G.993.2.

Tela kao što su „DSL forum“ su procenila i testirala kako ADSL funkcioniše u različitim uslovima i zaključila koje su najbolje modulacione tehnike, šeme korišćenja, kao i mnogi drugi faktori koji su uticali na i uobličili krajnje standarde ADSL-a. Zato ne iznenađuje činjenica da je VDSL2, kao i ADSL odabrao DMT a ne CAP. VDSL2 takođe podržava širok dijapazon parametara za testove, koje je usvojio od ADSL2. Isto tako, ako se uzmu u obzir mnogi izazovi (i rešenja) vezani za razvoj ADSL-a za mase, uključujući nedostatak detaljne standardizacije i alati za upravljanje mreža, kao i problema vezanih za upravljanje spektra, specifikacija za filtere itd., možda će se masovno korišćenje VDSL2 desiti ranije nego što se to desilo sa ADSL-om.

VDSL2 podržava asimetrične i simetrične transmisije sa agregatnim protokom podataka do 200 Mb/s na paricama – 100 Mb/s za „downstream“ i 100 Mb/s za „upstream“. Spektar mu se povećava sa 12kHz (koliko mu ima prethodnik, VDSL) na 30kHz.



Slika 5.3. - Spektar VDSL2 signala

Međuooperativnost sa postojećim proizvodima koji koriste VDSL, ADSL, ADSL2+ je još jedna od beneficija za korisnike koji žele da investiraju u VDSL2. Isto tako, VDSL2 podržava konfiguraciju ATM-a i IP preko standardnih bakarnih žica za razliku od ADSL-a koji je uglavnom baziran na ATM-u. VDSL2 podržava G.994.1, handshake protokol DSL opreme.

Dodatne pogodnosti:

- Omogućava kompletni triple-play (trostruku uslugu) (video-audio-podaci).
- Najbolje pokriće potrošača sa optički brzim broadband uslugama koje tržište može da ponudi.
- Usavršena inicijalizacija, uključujući i fazu otkrića kanala, što dovodi do bolje međuoperativnosti.
- Raznovrsnost upravljanja mreže i opreme za testiranje.

5.4. Budućnost

Kako potražnja korisnika za troduplim uslugama (Triple Play - zvuk, podaci, video) raste, tako raste i konkurencija između DSL provajdera usluga i firmi koje obezbeđuju kablovske usluge. Dok ovi drugi već nude HDTV, VoD, VoIP i druge mnogo brze usluge, internet provajderi usluga ne mogu da se takmiče sa potrebama visokog protoka podataka pošto postojeća tehnologija ne može da ih dostigne. Potreba za protokom velike brzine postoji i što pre se utoli, to bolje. Jedno rešenje je da se u svačiji dom uvedu optička vlakna. Ali, to ima ekonomske implikacije pošto vlakna puno koštaju. Stvaranje infrastrukture takođe dugo traje te pretpostavka „što pre to bolje” baš i ne funkcioniše. Najbolje rešenje je najverovatnije DSL koji koristi postojeći POTS, pošto je ekonomski profitabilan za provajdere a uz to nudi i dovoljno brzine potrošačima koji onda mogu da uživaju u bogatom sadržaju interneta/mreži.

6. Pristupna oprema u mreži Telekoma Srbija

IP DSLAM proizvođača Alcatel – Lucent ISAM 7302 je upravljački i pristupni uređaj za mnoštvo savremenih usluga. Za njega se može reći i da je modemska koncentracija, ali njegove mogućnosti i funkcije koje obavlja prevazilaze tu formulaciju. Pre svega ISAM 7302 je DSL multiplekser i to za sve varijante DSL-a : ADSL, ADSL2, ADSL2+, RADSL, SHDSL, VDSL. Servisi koje on pruža su pre svega internet pristup velikih brzina, koristeći integrisani ili eksterni pristupni server, VoDSL govor preko DSL-a, video preko DSL-a, iznajmljene linije preko DSL-a i još mnogo toga. Povećana je pokrivenost korišćenjem naspramnih (subtending) ISAM-a. Poboľjšano je upravljanje elementima i upravljanje mrežom (za upravljanje se koristi radna stanica AWS 5523).

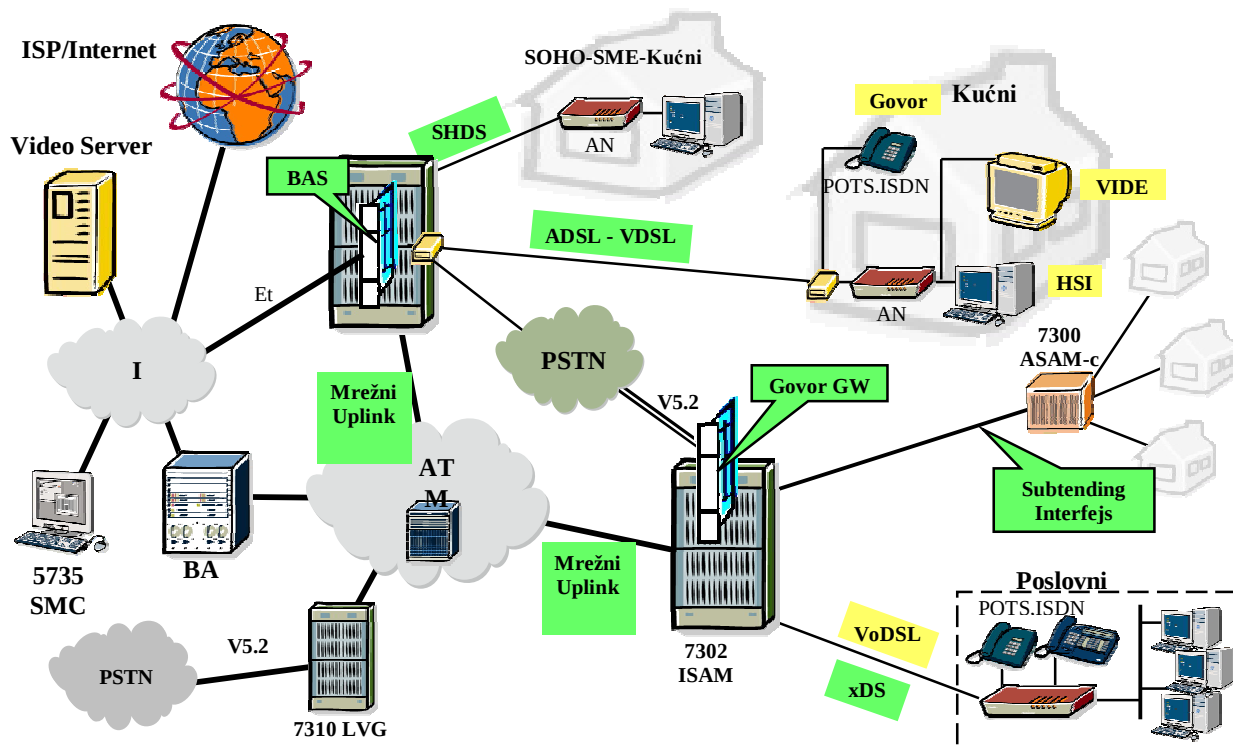
ISAM 7302 je opremljen da izade u susret novim trendovima svakako najpre u smislu pomaka sa kućne Dial-up verzije pristupa internetu do profesionalne i multimedijalne upotrebe. U upotrebu uvodi nove usluge kao što su video signal putem DSL-a i naravno najnaprednija usluga za trostruki prenos: video signala, govora i podataka (Triple Play). Pored ISAM 7302 koji je IP DSLAM, u mreži Telekom Srbija se veoma dosta koriste i IP DSLAM uređaji proizvođača Huawei Technologies, a to je najrasprostranjeniji model MA-5000.



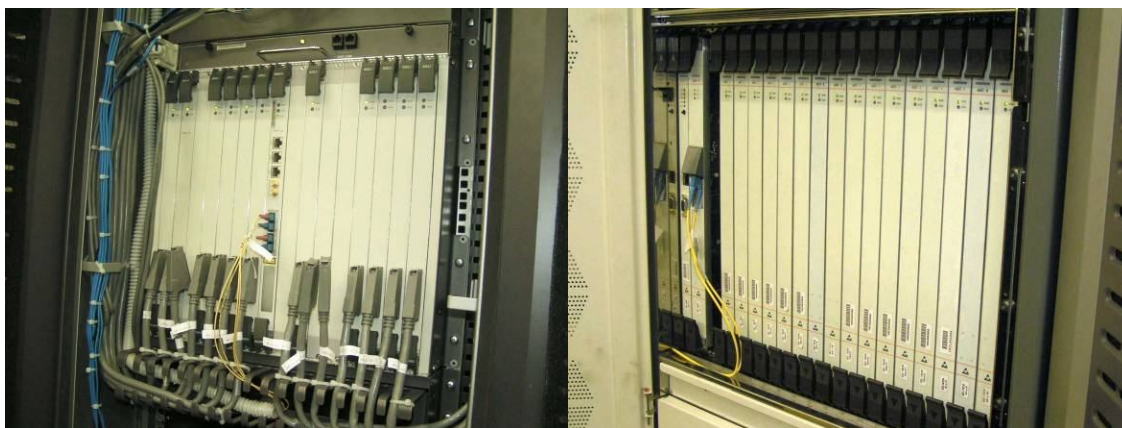
Slika 6. - Alcatel i Huawei IP DSLAM jedan pored drugoga

6.1. Opšta topologija mreže

Kao što se vidi na slici 6.1 pristupni uređaj za korisnike familije DSL usluga je ISAM 7302. U zavisnosti od toga koju DSL uslugu žele da koriste njima se omogućava pristup odgovarajućoj ploči ISAM-a . U našoj nacionalnoj mreži trenutno svaki samostalni ISAM je mrežnim uplink-om vezan na neki od rutera u MAN mreži, a takođe i na pristupni server koji administrira samim korisnicima. Sa MAN mreže podaci se kroz IP/MPLS mrežu preko STM linkova rutira na svetske ISP Internet Service Provider-e. Sama topologija mreže u svetu je stvar organizacije i planiranja nacionalnih kompanija tih zemalja, ali se uglavnom primenjuju slični modeli i proverena iskustva.



Slika 6.1. - Opšta topologija mreže



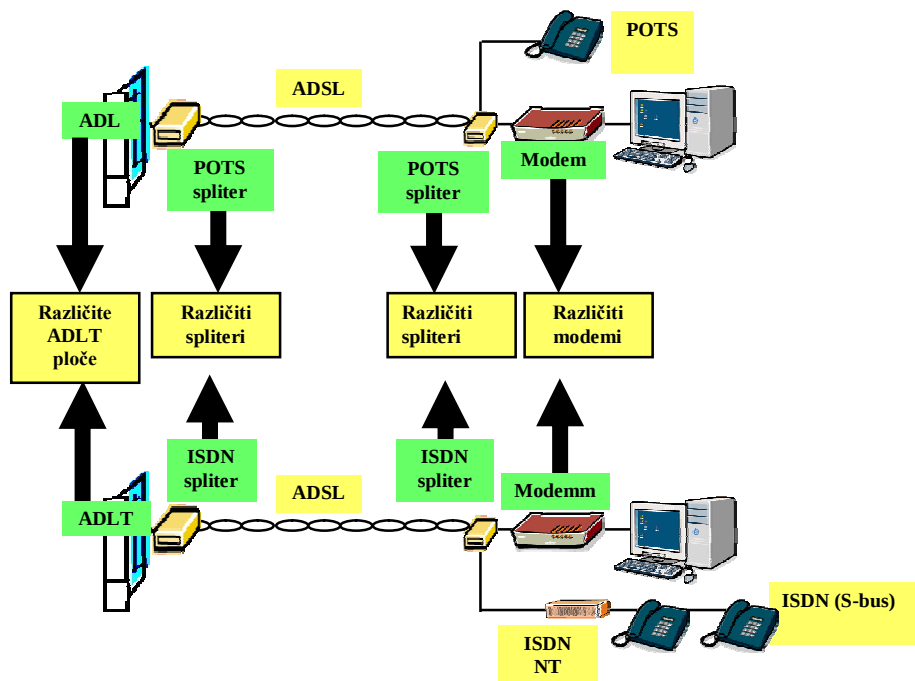
Slika 6.2. - Detalj, ADSL i SHDSL ploče u IP DSLAM, Huawei (levo) i Alcatel (desno)

6.2. Rešenja za određene usluge

U razvojnem putu koji je vodio ka Triple Play usluzi Kablovski operateri odnosno kompanije za kablovsku televiziju imale su različit put razvoja od telekomunikacionih kompanija. Kablovske kompanije su svojim korisnicima prvo ponudile televiziju, pa su vremenom stizale do brzog interneta i na kraju telefonije, dok su telekomunikacione kompanije svojim korisnicima prvo ponudile telefoniju, zatim su stigle do brzog interneta, a u velikom broju zemalja su dostigle i mogućnost da ponude telefonski signal putem postojeće infrastrukture.

Najširu primenu ADSL je svakako doživeo kod običnih telefonskih korisnika. Postupak je krajnje pojednostavljen. Korisnik kada želi da pristupi internetu putem ADSL usluge on podnese zahtev nekom od Internet servis provajdera, od kojih dobija modem (ili ga kupuje) i već u roku od par dana ima mogućnost da uživa u čarima koje internet pruža.

Telekom kao jedini operator u oblasti telefonije kod nas dužan je da na osnovu ugovora koji je sklopio sa Internet provajderima sprovede sve potrebne tehničke pripreme na telefonskoj parici kako bi se ona prilagodila za mogućnost pristupa kartičnom modemu na IP DSLAM-u. Pošto je za nesmetano funkcionisanje ADSL usluge po postojećoj telefonskoj parici neophodna frekvencijska podela opsega, neophodni su NF filteri odnosno spliteri i sa strane Telekom-a i sa strane samog korisnika. Spliteri su naravno različiti za obične telefonske linije i za ISDN linije iz prethodno objašnjenog razloga različitih frekvencijskih opsega za te dve usluge.



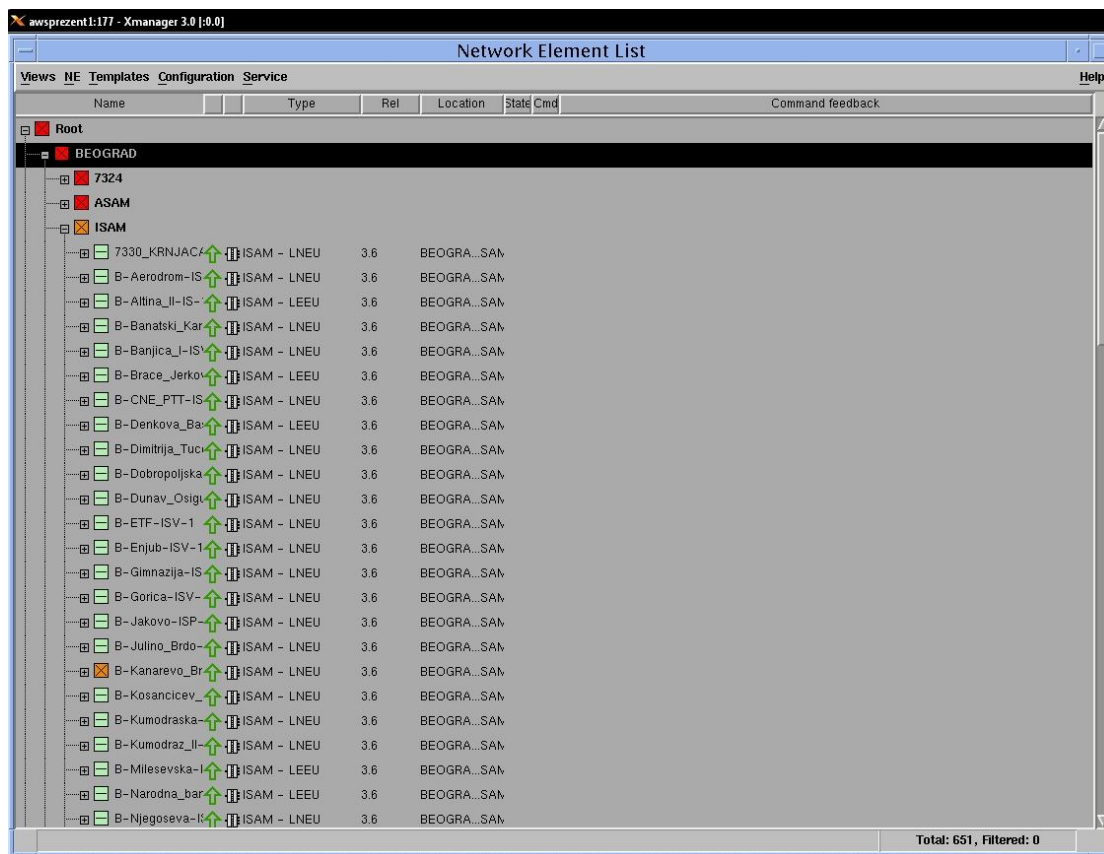
Slika 6.3. - Postavljanje splitera u postojećem okruženju

Kao što se sa slike vidi sa strane ISAM-a spliteri su postavljeni ispred ADLT ploče, a potrebna promena ožičenja odnosno postavljanje splitera na telefonsku paricu se radi u telefonskim razdelnicima. Kod korisnika je takođe obavezno postavljanje splitera i to tako što se telefonska linija prvenstveno ubaci u spliter, a potom se iz splitera vodi veza ka modemu odnosno telefonskom aparatu ili ISDN NT završetku. U stanovima, kućama ili firmama u kojima na postojećoj telefonskoj parici funkcionišu više telefonskih aparata ili čak mala kućna telefonska centrala može se montirati jedan centralni spliter, a onda posle njega aparati ili ukoliko za tako nešto ne postoji mogućnost zbog komplikovane kućne instalacije moguće je montirati spliter na svakoj tački pre samog telefonskog aparata i tako sprečiti pojavu preslušavanja ili smetnji koje bi ometale sam ADSL signal.

Za razliku od upotrebe splitera kod ADSL kod SHDSL usluge ne postoji potreba za spliterima. Modemi se postavljaju direktno na običnu paricu koja se ne koristi istovremeno za prenos telefonskog signala već samo za prenos podataka (tzv. poprečna veza).

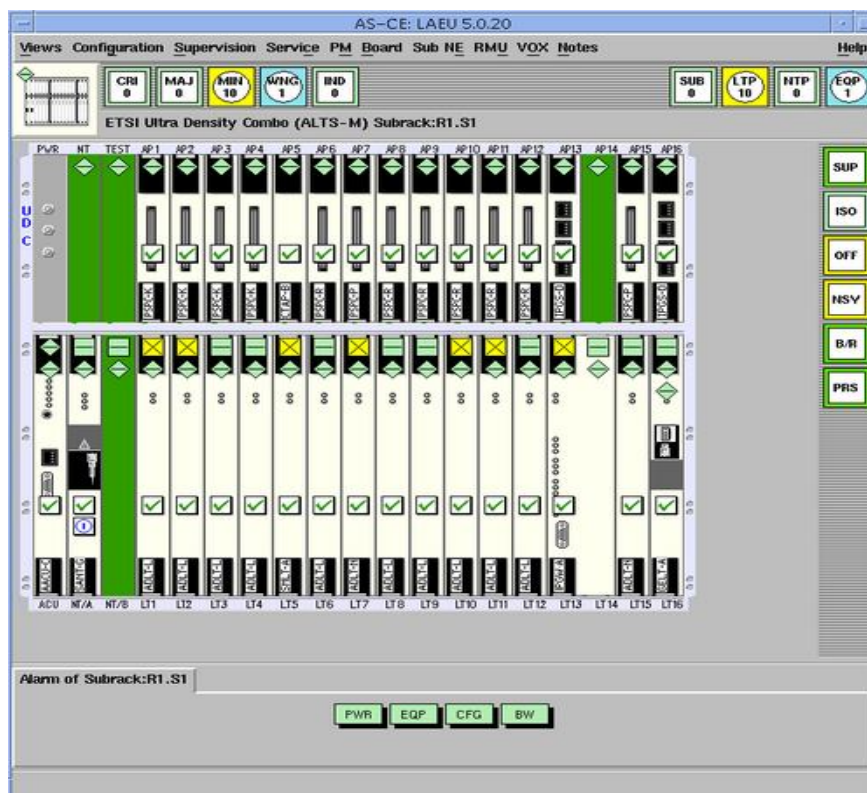
6.3. Grafičko okruženje AWS 5523 i prikaz ASAM-a 7301

Da bi ISAM 7302 bio što bolje shvaćen neophodno je imati uvid i u njegov grafički izgled. To je omogućeno pristupom na AWS 5523 radnu stanicu. Na slici 6.4. je prikazana mreža koju čine ISAM-i u Beogradu.



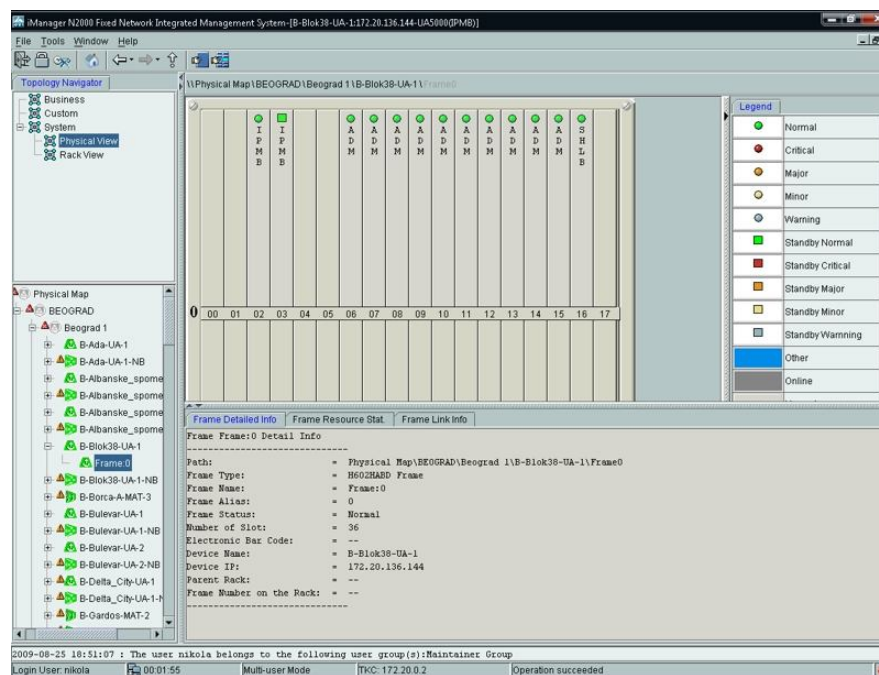
Slika 6.4. - Grafički prikaz mreže ISAM-a u Beogradu

Kao što se na slici vidi odabirom ISAM-a u levom prozoru, on se pojavljuje i u desnom i tek onda operator može pristupiti uređaju. Zatim se otvara grafički prikaz polica u samom ormanu ISAM-a i operator odabirom jedne od polica pristupa korisničkim pločama (linijama). Tako mu je omogućeno da konfiguriše potrebne parametre na samom portu i kroskonekcije. Grafički prikaz ploča u okviru jedne police (shelf) dat je na slici 6.5. Naravno velike mogućnosti AWS Radne stanice su tema za zasebnu opširnu priču.



Slika 6.5. - Grafički prikaz korisničkih i Aplique ploča u okviru jedne police ISAM-a

Slično kao i kod Alcatel opreme, i Huawei ima svoju radnu stanicu i softver za nadgledanje i konfiguraciju korisničkih portova na IP DSLAM pločama. Radna stanica koju Huawei koristim nosi oznaku N2000 i za razliku od AWS koja radi pod Solaris Operativnim sistemom, N2000 radi u Windows okruženju. Funkcije koje pruža su naprednije od Alcatel-a, a prozor za rad je prikazan na slici 6.6.



Slika 6.6. - Radna stanica n2000 za nadzor i konfiguraciju Huawei DSLAM/MSAN-a

IP TELEFONIJA

7. VoIP Uvod

Moderni Triple Play koristi IP telefoniju (VoIP) za razliku od starih ATM komutirajućih mreža. To pruža veći spektar telefonskih usluga koje su jednostavnije i jeftinije za izvedbu. Primarna usluga IP telefonije je klasična telefonska linija za širokopojasni glas. Iako se uz sve usluge dostupne na Internetu čini da bi fiksna telefonija mogla izumreti, veliki broj korisnika, bilo privatnih bilo poslovnih, još uvek želi imati fiksnu liniju, a predviđanje je da će se taj trend održati još dugi niz godina.

Uz klasičnu telefonsku uslugu podržan je i konferencijski poziv. Ta usluga podržava standardni glasovni konferencijski poziv, no uz to podržan je i video poziv, te instant messaging usluge. Ove dve usluge pružaju korisnicima kompletni mogući spektar klasičnih i modernih telefonskih načina komuniciranja uz jednostavnost i efikasnost modernih mreža. Uz to IP telefonija sadržava i dodatno rešenje za poslovne korisnike u vidu VPN usluge.

VPN (Virtual Private Network) je inteligentno rešenje za povezivanje distribuiranih elemenata jedinstvene organizacije. Povezanost se ostvaruje preko javnih linkova telekom operatera, no samom korisniku je to transparentno. Za njega su sve te lokacije direktno povezane i stvaraju jedinstvenu mrežu. To omogućava lakši pristup svim uređajima u mreži, kao i besplatnu telefonsku komunikaciju unutar mreže. Takođe pruža sigurnost veza i jedinstven izlaz te mreže prema ostatku sveta. Ta u sluga je posebno primamnjiv a poslovnim korisnicima. Kako je geografska rasprostranjenost jedne organizacije danas posebno bitna ovo se poslovnim korisnicima čini kao izvrsna opcija kojom štede na troškovima zbog ukidanja pređašnje potrebe za direktnim zakupljenim vodovima za svaku od lokacija.

7.1. Razlozi uvođenja VoIP-a

VoIP (*Voice over IP*), odnosno prenos govora preko IP (*Internet Protocol*) mreža, je tehnologija koja mrežu za prenos podataka koristi za prenos servisa telefonije. IP je danas najkorišćeniji protokol za umrežavanje računara. Obavezan je prilikom povezivanja računara i računarskih mreža na globalnu mrežu odnosno Internet. IP radi na bazi komutacije paketa što znači da se podaci segmentiraju i pakuju u pakete, pri čemu svaki paket u svom zaglavlju sadrži adresu odredišta na koji treba da bude dostavljen. IP obezbeđuje nepouzdan servis odnosno radi na *best effort* principu („ako prođe prođe“). IP je protokol bez uspostavljanja veze što znači da se veza ne uspostavlja unapred između polazišta i odredišta. Sve putanje paketa su potpuno nezavisne, a odluka o tome kuda će se paket proslediti donosi se u svakom čvoru duž putanje. S obzirom da su putanje nezavisne, može se desiti da paketi na odredište stignu u redosledu koji je drugačiji od polaznog. Takođe, može se desiti da paket uopšte ne stigne na odredište, da stigne kasno, da stigne oštećen ili da na odredište stignu dva ista paketa. Sve ove činjenice ukazuju na to da je ovaj protokol i relativno jednostavan, kao i čvorovi koji komutiraju pakete.

U cilju obezbeđenja pouzdanosti prenosa podataka, uvode se dodatni protokoli koji rade sa IP protokolom. Protokol koji najčešće obezbeđuje pouzdanost prenosa je TCP (*Transmission Control Protocol*), a koji poseduje funkcije za retransmisiju paketa koji je izgubljen ili zakašnjen, kao i funkcije za sortiranje paketa u početni redosled. Ovaj

protokol se takođe veoma često koristi za povezivanje računarskih mreža. Međutim, osnovni nedostatak TCP protokola je taj što je on projektovan da podrži prenos podataka asinhronne prirode, a pri tom nije pogodan za prenos podataka u realnom vremenu kao što su govor ili slika.

Osnovno pitanje koje se nameće nakon iznetih činjenica o dva osnovna protokola za povezivanje računarskih mreža (TCP i IP) jeste, zašto onda prenositi govor preko IP mreža i pored njihovog nedostatka u pogledu prenosa podataka u realnom vremenu? Naime, osnovni razlog koji je uočen jeste taj što korisnici, pored potrebe da telefoniraju, imaju potrebu i za određenim servisima prenosa podataka kao i činjenica da korisnici biraju onog telekom operatera koji im ponudi najbolji odnos cene i performansi. IP mreže u tom smislu omogućavaju sledeće: nižu cenu komunikacione opreme i niže troškove korišćenja opreme, mogućnost integracije govornih i servisa prenosa podataka, potencijalno zahtevaju manji propusni opseg a i rasprostranjene su širom sveta.

Još jedna od veoma bitnih odlika IP mreže je što one mogu da se grade korišćenjem opreme različitih proizvođača. Takođe, IP mreže su veoma lako proširive tako da nije potrebno unapred uložiti u veliki sistem koji bi u početku bio neiskorišćen. IP mreže su takođe i fleksibilne kao i sami IP standardi. Daleko su otvoreniji i fleksibilniji od standarda klasične telefonije tako da dozvoljavaju veoma laku implementaciju novih servisa. Uvođenje IN (*Intelligent Network*), inteligentne mreže u sisteme klasične telefonije donekle je odgovorilo na izazove IP mreža ali još uvek nisu toliko otvorene i fleksibilne kao IP rešenja.

Jedna od osnovnih prednosti IP telefonije u odnosu na klasičnu telefoniju, a posebno iz perspektive korisnika, jeste svakako i niža cena telefoniranja. Naime, telefonska mreža odličnog kvaliteta zahteva protok od 64 kbit/s. U poređenju sa protocima poslovnih računarskih mreža to je mala količina podataka koju treba preneti. Uobičajeni protok lokalnih računarskih mreža, LAN (*Local Area Network*) je 100 Mbit/s, a sve češće i 1Gbit/s. To je više hiljada puta veći protok od protoka klasične telefonske veze. LAN mreže se povezuju preko javnih mreža za prenos podataka, WAN (*Wide Area Network*) mreža, a protoci koji se tom prilikom koriste idu od 128kbit/s do više Mbit/s. Iz svega ovoga se vidi da su daleko veći protoci dostupni u mrežama za prenos podataka nego u klasičnim telefonskim mrežama. Poređenjem cena jednih i drugih veza dolazi se do zaključka da je otprilike 10 do 20 puta jeftinije slati podatke kroz mreže za prenos podataka nego govor preko klasičnih telefonskih mreža. Postoje dve vrste mreža za prenos podataka: komutirane (privremene) i stalne. Komutirane veze (*dial-up* veza sa Internetom) se naplaćuju u zavisnosti od vremena provedenog na vezi ili po količini podataka koji se razmenjuju. Njihov osnovni problem je što gotovo uvek zahtevaju izvesno vreme da se uspostavi veza sa mrežom za prenos podataka. Stalne veze se pak tarifiraju na bazi mesečne pretplate ili količine podataka koji se razmenjuju. Ove mreže imaju manju cenu prenosa od komutiranih.

Još jedan od razloga iz kojeg je jeftinije prenositi govor preko mreža za prenos podataka je taj što se može iskoristiti već postojeća veza sa mrežom za prenos podataka ili Internetom bez dodatnih ulaganja u sistem. Ukoliko korisnici nisu povezani na istu LAN ili WAN računarsku mrežu mogu se koristiti IP gejtveji koji omogućavaju povezivanje sa PSTN mrežom. Kada se uspostavlja veza preko IP gejtveja tada se radi o kombinovanoj vezi koja ide preko mreže za prenos podataka i PSTN mreže. Troškovi telefoniranja se tada uvećavaju za troškove konverzije toka podataka ali ti troškovi su samo mali deo ukupne cene koja je i dalje daleko manja nego da se poziv uspostavio preko PSTN mreže.

7.2. Uspostavljanje poziva preko VoIP mreže

Način na koji će se uspostaviti telefonska veza preko IP mreže zavisi od toga da li se radi o povezivanju rezidencijalnih korisnika, poslovnih korisnika ili kombinaciji ovih korisnika. Rezidencijalni korisnici se na IP mrežu (Internet) mogu povezati preko *dial-up* pristupa, kablovskih modema i DSL modema, dok se poslovni korisnici na IP mrežu, koja može i ne mora biti deo Internet mreže, povezuju direktnim linijama koje povezuju LAN mreže, preko javnih mreža za prenos podataka (Frame Relay, ATM) ili, retko, preko DSL, kablovskih ili *dial-up* modema.

Prva varijanta prenosa govora preko IP mreža podrazumevala je da se računar koji je opremljen multimedijalnom karticom, mikrofonom i slušalicama, koristio kao VoIP terminal. Ova varijanta je danas izuzetno prisutna kod rezidencijalnih korisnika. Da bi se računar koristio kao VoIP terminal potrebno je da bude povezan na IP mrežu i da ima poseban softver za prihvatanje govornog signala i njegovu konverziju u IP pakete kao i uspostavljanje veze sa odredišnim računarom (*MS NetMeeting*, *Net2Phone*, *Skype* itd). Međutim, korisnici su navikli na korišćenje telefonskog aparata za ostvarivanje servisa telefonije i zbog toga postoji potreba da se klasični telefoni prilagode VoIP mrežama. Ovo se naravno može ostvariti na više načina u zavisnosti od toga koliki se broj telefonskih aparata želi priključiti, i svakako od finansijskog aspekta sistema. Za povezivanje jednog telefonskog aparata mogu se koristiti VoIP kartice koje imaju mogućnost da se na njih poveže klasičan telefonski aparat preko RJ11 ili RJ45 utičnice, posebni PC-Phone adapteri, adapteri koji se direktno povezuju na ruter ili telefoni koji imaju USB priključak. U ovom slučaju, korisnik koristi telefon umesto mikrofona i slušalica.

Ukoliko postoji potreba za povezivanjem više telefonskih aparata u cilju uspostavljanja VoIP servisa, može se koristiti VoIP server koji tada igra ulogu privatne centrale i predstavlja interfejs između većeg broja telefona i IP mreže. Ovaj VoIP server konvertuje analogni govorni signal u digitalni, formira IP pakete i obratno. VoIP server moguće je realizovati na dva načina: VoIP server na PC platformi i namenski VoIP server.

- VoIP server na PC platformi – računar koji je opremljen odgovarajućim hardverom i softverom predstavlja VoIP server. Ovaj računar se povezuje na LAN ili preko rutera na IP mrežu, a na njega svi klasični telefoni. Ovakva konfiguracija omogućava i dodatne servise kao što su interaktivni govorni odziv IVR (*Interactive Voice Response*), automatsku distribuciju poziva ACD (*Automatic Call Distribution*), govornu poštu (*voice mail*) i slično.
- Namenski VoIP server – VoIP server je poseban uređaj na koji se povezuje veći broj klasičnih telefona. U ovoj varijanti korisnicima su dostupne samo osnovne telefonske usluge, ali ako se žele uvesti i dodatne, onda se mora u konfiguraciju mora uključiti i računar koji će obezbediti te dodatne usluge. VoIP server se povezuje u LAN i preko rutera na Internet.

U novije vreme su na tržištu prisutni novi telefonski aparati, VoIP telefoni. Oni se direktno, preko Ethernet interfejsa povezuju na IP mrežu. Sam uređaj vrši kompletnu obradu govornog signala i generiše IP pakete koje direktno šalje u IP mrežu.

Većina kompanija u današnje vreme ima razvijene računarske mreže koje rade na bazi IP-a i vezu ka Internetu. Te računarske mreže sadrže jedan ili više LAN-ova koji su povezani preko linkova ili mreža za prenos podataka. Postoji više načina na koji se te poslovne računarske mreže mogu iskoristiti za prenos govora sa lokala kućne telefonske centrale. U bilo kojoj varijanti potrebno je ostvariti vezu između PSTN mreže i mreže za prenos podataka, a ona se ostvaruje pomoću uređaja koji se naziva PSTN/IP gejtvej (*gateway*) ili skraćeno, kako je već spomenuto, IP gejtvej.

Njegov osnovni zadatak jeste da govorne signale iz kućne telefonske centrale konvertuje u IP pakete, da ih šalje na odredište preko IP mreže i da na odredištu izvrši obrnuti proces. Povezivanje kućne telefonske centrale sa mrežom za prenos podataka može se ostvariti na više načina, a u nastavku će biti objašnjena tri načina: povezivanje preko namenskog linka, povezivanje preko javne mreže za prenos podataka i povezivanje preko Interneta.

- Povezivanje preko namenskog linka podrazumeva, na primer, ako jedna kompanija poseduje dva sedišta na dva geografski udaljena mesta i ukoliko su računarske mreže koje se nalaze u tim sedištim povezano nekim sopstvenim ili iznajmljenim komunikacionim linkom, tada se taj link može koristiti i za prenos govora između dva sedišta. Na obe lokacije je moguće postaviti IP gejtvej koji ima mogućnost analiziranja broja koji je pozvan i koji će pozive između dva sedišta prosledivati preko komunikacionog linka umesto preko PSTN mreže. Ukoliko je kapacitet samog komunikacionog linka dovoljno velik da se kroz njega pored podataka propusti i govor, tada su svi pozivi u okviru kompanije besplatni.
- Povezivanje preko javne mreže za prenos podataka (Frame Relay, ATM) podrazumeva uvođenje mehanizma upravljanja govornim vezama. Neophodno je u računarsku mrežu dodati *call server* koji će upravljati uspostavljanjem govornih veza preko javne mreže za prenos podataka. *Call server* odlučuje kuda treba proslediti poziv na osnovu pozvanog broja. Ukoliko se radi o pozivu unutar kompanije zadatak *call server*-a je da samo utvrdi adresu računarske mreže koja je povezana sa PBX-om na koju je vezan pozvani korisnik. Ukoliko je u pitanju poziv van kompanije (javni telefonski broj), *call server* treba da selektuje IP gejtvej koji će poziv proslediti ka PSTN.
- Povezivanje preko Interneta podrazumeva upravljanje pozivima između IP gejtveja i/ili IP telefona. Uspostavljanje govornih veza preko Interneta moguće je ostvariti preko provajdera Internet telefonskih servisa.

Ono što je takođe potrebno razmotriti i rešiti je kako rezidencijalnim korisnicima koji su povezani na PSTN omogućiti VoIP servise. U ovom slučaju treba omogućiti povezivanje PSTN-a sa IP mrežom. Za ovo povezivanje takođe se koristi IP gejtvej koji je sa jedne strane povezan na PSTN i može kontaktirati bilo koji telefon u svetu, dok je sa druge strane povezan na Internet i može da uspostavi vezu sa svakim računarom ili IP telefonom u svetu koji je povezan na Internet. Osnovni zadaci IP gejtveja su da preuzme signal, da ga digitalizuje (ako već nije digitalizovan), da ga komprimuje i formira IP pakete koje će proslediti ka odredištu preko Interneta. Sa druge strane on prihvata IP pakete i konvertuje ih u signal pogodan za prenos do krajnjeg telefonskog aparata. Primopredaja IP paketa i audio informacija se obavlja simultano, kako bi se omogućila *full-duplex* komunikacija.

Sledeće pitanje na koje treba pružiti odgovor je kako se obavlja pozivanje u VoIP sistemu i da li se razlikuje od načina pozivanja u klasičnim sistemima.

Prva varijanta pozivanja je sa ukucavanjem koda države i međumesnog koda za svaki poziv zbog toga što ITSP ne zna fizičku lokaciju korisnika koji se poziva.

Druga varijanta podrazumeva da pozivalac poznaje IP adresu IP telefona kojeg želi da pozove i tu IP adresu ukucava u svoj IP telefon. Pozivanje se može vršiti i pomoću web adrese, e-mail adrese, preko imenika na Internetu direktnim ukucavanjem imena i prezimena korisnika itd.

Kada sumiramo sve do sada spomenute uređaje, mreže i načine njihovog povezivanja, zaključujemo da VoIP sistem čine: korisnički uređaji, kompanijske telefonske i računarske mreže, javna telefonska mreža sa svojim centralama i prenosnim putevima, IP gejtveji, Internet mreža sa svim pripadajućim elementima.

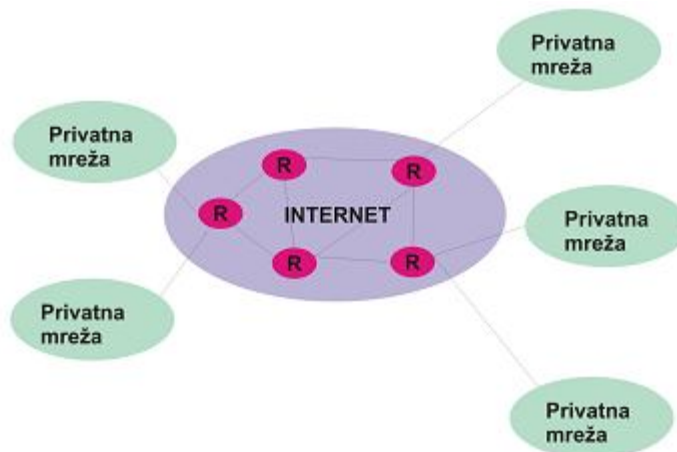
Moguće je ostvariti veliki broj različitih povezivanja krajnjih rezidencijalnih i poslovnih korisnika. Svi ovi načini se na kraju mogu svesti na tri osnovna:

- PC-PC, IP telefon-PC, IP telefon-IP telefon – korisnici su opremljeni računarima ili IP telefonima koji su direktno preko modema ili LAN-a povezani na Internet; pozivi se uspostavljaju preko IP adresa ili preko klasične numeracije ako postoji *call-server*.
- PC-klasičan telefon, IP telefon-klasičan telefon – uspostavlja se veza između računara ili IP telefona povezanih na Internet i klasičnog telefona povezanog na PSTN ili PBX (Private Branch Exchange); ovaj način povezivanja zahteva IP gejtvej jer je ovo praktično integracija IP i PSTN mreže.
- Klasičan telefon-klasičan telefon – Internet predstavlja osnovu za smanjenje troškova telefoniranja; oba korisnika su povezana na PSTN direktno ili preko PBX-a, sa obe strane postoji gejtvej a Internet se koristi kao transportna mreža.

7.3. Protokoli u VoIP

Brzi razvoj VoIP-a je bio delimično moguć zbog korišćenja protokola i standarda ili posebnih pravila kojim krajnje tačke u telekomunikacijama koriste dok komuniciraju. Međunarodna tela za standardizaciju su zaslužna za pravila koja omogućavaju da komunikacija bude otvorena. Cilj organizacije standarda je pre svega u razvoju, korigovanju, prepravci i modernizovanju standarda da bi se iskoristila sveprisutnost tehnologije. U slučaju VoIP-a, prodavci, arhitekta sistema i ljudi zaduženi za razvoj istog, istraživači, kompanije koje obezbeđuju telekomunikacione usluge, i korisnici se oslanjaju na sopstvenu obimnu ekspertizu i iskustvo da bi uspešno i sigurno implementirali VoIP.

Internet predstavlja skup računarskih mreža kako javnih tako i privatnih. Javne mreže su mreže koje pripadaju provajderima Internet servisa, ISP (*Internet Service Provider*), i one za međusobnu komunikaciju koriste IP protokol. Privatne mreže su u opštem slučaju kompanijske mreže i mogu biti LAN (*Local Area Network*) ili WAN (*Wide Area Network*) tipa.



Slika 7. - Povezivanje računarskih mreža

Slika 7. prikazuje opšti način povezivanja privatnih računarskih mreža preko javnih mreža. Skup komunikacionih uređaja koji se nazivaju ruteri i koji obezbeđuju povezivanje različitih privatnih mreža, predstavljaju okosnicu Interneta.

U okviru VoIPa su primenjeni različiti protokoli, od osnovnog i baznog TCP/IP protokola do drugih protokola koji imaju različite namene. Sama realizacija kompletnog VoIP sistema je relativno otvorena u smislu, da se jedan sistem može realizovati uz primenu različitih protokola, na više načina. Ipak, podela protokola koji se pri tome koriste se vrši na transportne i signalne/komunikacione.

U signalne protokole koji se koriste u VoIP-u spadaju:

- SIP (Session Initiation Protocol)
- H.323
- MGCP (Media Gateway Control Protocol)
- MEGACO poznat i kao H.248
- SS7 (Signaling System 7)

Dok u transportne možemo svrstati:

- UDP (User datagram protocol)
- RTP (Real-Time Transport Protocol)
- TCP (Transmission Control Protocol)

Ove dve vrste protokola zajedno u koorelaciji sa IP protokolom daju osnovu za VoIP. Na narednim stranicama, pomenućemo samo neke od njih.

7.4. UDP, RTP i RTCP protokoli

Protokoli koji predstavljaju podlogu za uvođenje VoIP servisa u IP mreže su TCP/IP, RTP i RTCP.

TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) je naziv za skup protokola koji se koriste za povezivanje računarskih mreža. U okviru ovog protokola

postoji veći broj pojedinačnih protokola, a jedan od njih je i UDP (*User Datagram Protocol*).

UDP je protokol bez uspostavljanja veze. Kada šalje podatke UDP šalje deo po deo podataka koje dobija od aplikacionog nivoa i to u formi datagrama ka IP protokolu. Na prijemu se radi obrnuti proces. UDP je takođe i nepouzdan protokol jer nema mehanizam kojim garantuje isporuku paketa na odredište. Pored navedenih mana, dobra strana UDP protokola je ta što je dobar za neke aplikacije jer ne troši vreme na uspostavljanje i raskidanje veze tako da ako se radi o maloj količini podataka, ovo predstavlja dosta brže rešenje. U slučaju da se neki UDP datagram izgubi i da aplikacija na predajnoj strani očekuje odgovor na taj datagram, ona će nakon određenog vremena ponovo poslati taj datagram. UDP protokol se najčešće koristi kod multimedijalnih aplikacija koje zahtevaju prenos podataka u realnom vremenu, a primenjuje se u protokolima čije poruke staju u jedan datagram kao što su DNS i SNMP.

Kada govorimo o VoIP sistemu, on koristi UDP za prenos govora i to zbog samih karakteristika govora. Naime, ukoliko se desi da se prilikom konverzacije izgubi neki paket to ne predstavlja veliki problem jer se govor prenosi u malim paketima dužine 10 do 40 ms. Gubitak paketa ipak ne sme da bude velik. Prihvatljiva vrednost je nekih 5% koji su raspoređeni u toku komunikacije. Takođe, može se pojaviti problem pristizanja paketa u pogrešnom redosledu jer UDP o tome ne vodi računa, ali ipak se u praksi pokazalo da većina paketa stigne na odredište u pravilnom redosledu. U cilju prevazilaženja nedostataka UDP-a, razvijeni su drugi protokoli, RTP i RTCP.

RTP (*Real-Time Transport Protocol*) protokol se koristi za prenos saobraćaja u realnom vremenu (audio, video i multimedijalni podaci). Ovaj protokol se u protokol steku nalazi iznad UDP-a. Predajna strana enkapsulira deo medije unutar RTP paketa, potom sledi enkapsulacija u UDP datagram, a potom se taj datagram prosleđuje IP protokolu. RTP paketi imaju i podatak o broju sekvence tako da aplikacija može da detektuje da li je došlo do gubitka paketa kao i da formira pravilan redosled pristiglih paketa. Takođe, RTP paketi poseduju i informaciju o vremenu kada je paket generisan na izvoru i na taj način aplikacija na odredištu obezbeđuje sinhronizovanu predstavu informacija. Činjenica da se RTP protokol koristi za prenos podataka u realnom vremenu podrazumeva da se za prenos svakog tipa podataka, audio, video ili podaci, koristi posebna RTP sesija. RTP se koristi i u slučajevima kada u komunikaciji učestvuje više učesnika (audio i video konferencija).

RTP (*Real-time Transport Protocol*) i RTCP (*Real-time Transport Control Protocol*) protokoli se koriste za prenos podataka u realnom vremenu preko računarskih mreža i oslanjaju se na TCP/IP.

RTCP (*RTP Control Protocol*) je protokol koji pomaže RTP protokolu i obezbeđuje određeni broj kontrolnih poruka koji se razmenjuju u okviru sesije i koje se odnose na kvalitet poruke. RTCP obezbeđuje informacije o broju izgubljenih paketa, kašnjenju i džiteru. Ovaj protokol ne prenosi korisnički saobraćaj već samo informacije potrebne da bi se ostavrio određeni kvalitet servisa.

7.5. H.323

H.323 je preporuka koja definiše protokole zadužene za usluge multimedijalnih komunikacija preko mreža zasnovanih na komutaciji paketa. Može se primeniti na bilo kojoj paketskoj mreži nezavisno od fizickog nivoa i topologije, pa H.323 terminali mogu da komuniciraju preko habova, rutera, bridževa i *dial-up* veza. H.323 se koristi najčešće kao signalizacioni i kontrolni protokol u VoIP mrežama i za IP video-konferencije. Jedna od osnovnih prednosti H.323 je što je omogućio dodatne servise poslovnim korisnicima. Takođe, ovo je prvi standard koji u okviru sebe ima RTP protokol za prenos audio i video signala preko mreže. Glavna alternativa ovom standardu je SIP (*Session Initiation Protocol*) standard i koji zbog svoje jednostavnosti postaje sve popularniji.

H.323 je deo H.32x familije ITU-T preporuka, u okviru kojih su definisani servisi multimedijalnih komunikacija preko različitih mreža. Jedan od glavnih ciljeva H.323 standarda bio je interoperabilnost sa različitim mrežama za prenos multimedijalnih informacija, a ostvarena je upotrebom zajedničkih preporuka, procedura i poruka. Uvođenje gejtveja je upravo omogućilo tu interoperabilnost.

H.323 je najrasprostranjeniji međunarodni protokol koji omogućava konvergenciju prenosa govora, slike i podataka. Oslanja se na protokole za komutaciju kola, ali i na protokole za komutaciju paketa čime omogućava integraciju ova dva tipa mreže. Takođe koristi i mogućnosti Interneta pa korisnicima omogućava da obavljaju različite funkcije putem HTTP interfejsa. Glavne prednosti H.323 protokola su njegove sledeće osobine:

- proširivost – dizajneri ovog standarda ostavili su mogućnost proizvođačima opreme nadgradnju protokola i proširenje koje će omogućiti uređajima nove funkcije, ali i kompatibilnost sa drugim uređajima.
- integracija sa Internet standardima – H.323 je bio prvi standard koji je usvojio RTP/RTCP protokol za prenos multimedije, on omogućava korisnicima upućivanje poziva klikom na URL, kao i korišćenje DNS-a za međusobno lociranje krajnjih tačaka.

7.6. SIP

SIP (*Session Initiation Protocol*) je protokol za uspostavljanje, modifikaciju i raskidanje multimedijalnih sesija u paketskim mrežama. Predstavlja pandan H.323 protokolu i u poslednje vreme sve više dobija na popularnosti i dominira VoIP mrežama. Razlozi dominantnosti su jednostavnost, fleksibilnost i laka proširivost. SIP je prihvaćen i kao protokol za signalizaciju u mrežama mobilne telefonije treće generacije (3G).

SIP se bazira na HTTP protokolu, a sličnosti između njih se ogledaju pre svega u tekstualnom kodovanju poruka i u servisnom modelu (klijent/server arhitektura). SIP je nezavisan od transportnog sloja, odnosno njegove poruke mogu se slati i preko IP mreže i preko Frame Relay ili ATM mreža. SIP je *peer-to-peer* protokol što znači da je servisna inteligencija smeštena na krajevima mreže, kod krajnjih korisnika, kao kod računarskih mreža.

SIP poruke mogu se prenositi i preko UDP i preko TCP protokola. Multimedije se između korisnika prenose RTP protokolom, a taj prenos kontroliše RTCP ili RTSP protokol.

Prenos SIP signalizacije i RTP prenos multimedije se vrše po nezavisnim putanjama, odnosno signalizaciona mreža je odvojena od prenosne.

Mesto SIP i ostalih protokola u VoIP protokol steku prikazan je na slici 7.1.

Signalizacija		Prenos podataka	Kontrola prenosa
SDP		Multimedijalne aplikacije	Kontrolne aplikacije
SIP		RTP	RTCP/RTSP
TCP	UDP		
IP			

Slika 7.1. - Mesto SIP protokola u VoIP protokol steku

Tabela 4. prikazuje uporedne karakteristike ova dva protokola. Glavne prednosti H.323 su te što se ovaj standard prvi pojavio u obimu zahtevanom za praktičnu realizaciju VoIP rešenja, kao i to što su poruke binarno kodovane i zahtevaju manje propusnog opsega. Svi ostali bitni aspekti su na strani SIP-a. Međutim, standard H.323 će i dalje biti prisutan, a za jednostavniju tranziciju ka SIP protokolu se mogu koristiti SIP-H.323 gejtveji.

Aspekt koji se poredi	SIP	H.323
Model	Internet	ISDN
Arhitektura	Modularna	Monolitna
Funkcije	Signalizacija	Signalizacija, pregovaranje o mediji
Transportni nivo	UDP, TCP	UDP, TCP
Prenos podataka	RTP/RTCP	RTP/RTCP
Mrežna inteligencija	Proxy, registar, redirect server	Gatekeeper
Poruke	Tekstualne (duže)	Binarne (kraće)
Tip adrese	SIP URI	Alias
Kompleksnost signalizacionih procedura	Niska	Visoka
Primena	VoIP, Push to Talk, Instant Messaging	VoIP
Međusobni rad sa PSTN mrežom	Podržan	Podržan
Implementacija	Jednostavna	Komplikovana
Mobilnost	Visoka	Niska
Proširivost	Jednostavna	Komplikovana
Skalabilnost	Visoka (Stateless serveri, distribuirano upravljanje konferencijskim vezama)	Niska
Imperoperabilnost proizvođača	Visoka	Niska

Tabela 4. - Poređenje SIP i H.323 protokola

7.7. MGCP i MEGACO/H.248

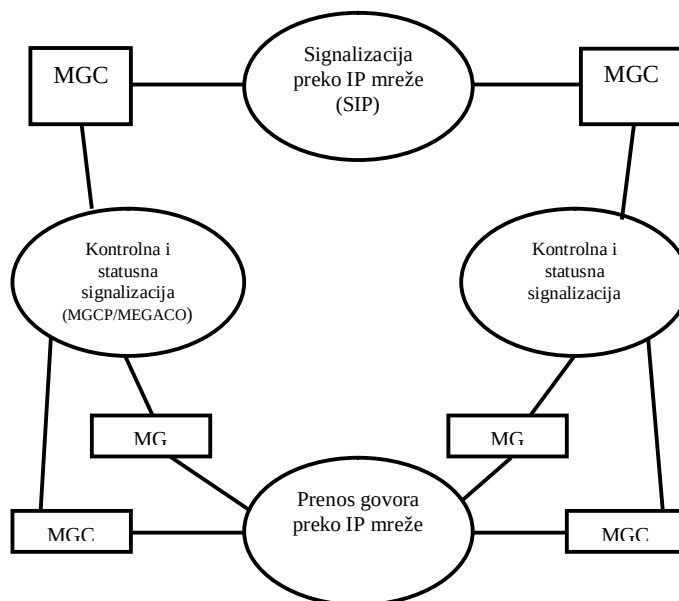
Ukoliko posmatramo VoIP mrežu i PSTN mrežu kao dve odvojene, integracija ove dve mreže u jedan sistem podrazumevala bi da korisnici iz te dve različite mreže mogu da ostvare željeni servis kao da se nalaze u istoj mreži. To može biti omogućeno pomoću gejtveja koji će obezbediti konverziju dva osnovna informaciona toka u okviru telefonske mreže: signalizacionog toka i toka prenosa govornog signala.

Putanje kroz mrežu kojima se prenosi govorni signal i njemu pridružene signalizacijske poruke ne moraju biti iste, tako da i sami gejtveji između PSTN i IP mreže mogu da sadrže odvojeno funkcije koje se bave obradom i translacijom signalizacije i funkcije koje vrše konverziju toka govornog signala.

Funkcije koje se bave obradom signalizacionih poruka deo su globalnog sistema kontrole poziva (*Call Control*) i povezuju odgovarajuće delove za kontrolu poziva unutar PSTN i IP mreže. Deo za konverziju govornog signala pripada globalnom sistemu prenosa čiji je zadatak ostvarenje potreba korisnika koje diktira deo za kontrolu poziva. Pošto su signalizacioni elementi sistema i elementi sistema za prenos govornog signala logički razdvojeni, nema potrebe da svaki gejtvej sadrži obe funkcije, što znači da ove dve celine mogu biti i fizički odvojene.

Zato postoje dva tipa gejtveja na spoju između PSTN i IP mreže: MGC (*Media Gateway Controller*) i MG (*Media Gateway*). MGC je mrežni element čiji je zadatak obrada signalizacionih poruka i ostvarenje funkcije kontrole poziva. MG je gejtvej čiji je zadatak konverzija govornog signala iz PSTN mreže sa komutacijom kola u IP mrežu sa komutacijom paketa.

Kako MGC obavlja funkciju kontrole toka poziva, on može u *master-slave* maniru da komunicira i sa jednim i sa više MG-ova prenoseći im direktna uputstva za rad. Komunikacija između MGC-a i MG-a obavlja se po standardizovanim komunikacionim protokolima od kojih su izdvojena dva: MGCP (*Media gateway Control Protocol*) i MEGACO/H.248 protokol. Takođe, kao standard za komunikaciju između MGC-a i elemenata IP mreže za kontrolu VoIP poziva, izdvojio se SIP protokol, i na taj način došlo se do arhitekture kombinovane PSTN/IP mreže, poznatije kao *Softswitch* arhitektura koja je prikazana na slici 7.2.



Slika 7.2. - Softswitch arhitektura

U ovakvoj arhitekturi upotreba SIP protokola u IP delu mreže čini MGC-e istovremeno i SIP *user agentima*, tj. elementima SIP mreže. Na strani PSTN mreže danas standardno očekujemo ISUP SS7 signalizacioni protokol, tako da uloga MGC-a zapravo postaje translacija SIP/ISUP signalizacije. Na interfejsima između MGC-a i MG-a danas su dominantni pomenuti MGCP i MEGACO/H.248 protokoli.

7.7.1. MGCP

MGCP je protokol za komunikaciju između MGC-a i MG-a. MGC-i su zaduženi za signalizaciju i funkcije kontrole poziva, što postižu izdavanjem odgovarajućih instrukcija MG-ima. Komande MG-a odnose se na uspostavljanje i raskidanje govornih veza sa jedne na drugu stranu MG-a. Međutim, signalizaciona komunikacija između MGC-a ostvaruje se SIP protokolom.

U terminologiji ovog protokola često se koriste termini krajnja tačka i konekcija. Krajnje tačke su interfejsi MG-a prema PSTN mreži. Oni predstavljaju izvor ili destinaciju toka govornog signala kroz IP mrežu. Konekcija predstavlja alokaciju IP resursa krajnjoj tački na način da joj se može pristupiti iz IP mreže. Konekcija se uspostavlja pri uspostavljanju govornog poziva između krajnje tačke tj. interfejsa po kojem pristize govorni signal u MG i RTP porta na interfejsu MG-a prema IP mreži.

7.7.2. MEGACO/H.248

MEGACO je takođe protokol koji definiše komunikaciju između signalizacionog MGC-a i MG medija gejtvaja. Razmenom MEGACO poruka između MGC-a i MG-a ostvaruju se osnovne funkcije uspostavljanja i raskidanja poziva u okviru NGN (*Next Generation Networks*) mreže. Osnovni funkcionalni elementi su MGC (osnovni element za upravljanje signalizacionim porukama) i MG (gejtvej za konverziju transportovanih podataka). Komunikacija između MGC i MG elemenata obavlja se razmenom transakcionih zahteva (*transaction request*) koji sadrže jednu ili više komandi (*commands*) i transakcionih odgovora (*transaction reply*) koji sadrže jedan ili više odgovora (*responses*).

7.8. SS7

Signalizacija u telefonskim mrežama koje rade na principu komutacije kola može se podeliti na dva tipa: signalizaciju po pridruženom kanalu, CAS (*Channel Associated Signaling*) i signalizaciju po zajedničkom signalu, CCS (*Common Channel Signaling*). Kod CAS signalizacije se za svaki govorni kanal alocira jedan signalizacioni kanal, bez obzira da li se govorni kanal zauzima ili ne. Signalizacioni put se poklapa sa putem kojim se prenosi govor. Kod CCS se signalizacija prenosi posebnim signalizacionim sistemom (signalizaciona mreža) koji ne mora da prati topologiju govornih kanala. Osnovna karakteristika CCS signalizacije je da se ona prenosi samo za govorne kanale koji su u upotrebi. Govorni kanali koji nisu aktivni ne zauzimaju resurse signalizacione mreže.

Najčešće korišćena CCS signalizacija je SS7 (*Signaling System No. 7*). Ovo je danas osnovna signalizacija između mrežnih elemenata savremene digitalne telefonske mreže. Takođe, SS7 predstavlja osnovu inteligentne mreže koja korisnicima obezbeđuje veliki broj servisa, a telekom operaterima dodatni prihod (*Caller-ID*, prenosivost broja, univerzalni pretplatnički broj itd). U cilju povezivanja VoIP-a i klasične telefonske mreže, neophodno je obezbediti mehanizam *interworking-a*, odnosno međusobnog rada između

VoIP i SS7 mreža. Mora se obezbediti SS7 podrška od strane IP aplikacija iako SS7 nije projektovana za povezivanje sa IP mrežama.

SS7 je dizajniran tako da može da obradi sve vrste komunikacija (digitalnih i analognih) između javnih centrala. SS7 je univerzalni i najzastupljeniji sistem signalizacije u telefonskim mrežama.

8. Kvalitet servisa u VoIP mrežama

Kvalitet servisa, QoS (*Quality of Service*) je jedan od najvećih problema koji se sreće u VoIP mrežama. Kvalitet servisa predstavlja jedan od razloga iz kog provajderi VoIP usluga nude servis prenosa govora preko Interneta besplatno ili uz minimalnu nadoknadu i to zato što se korisnici servisa ne mogu žaliti na njegov kvalitet ukoliko ga koriste besplatno. Postoje i oni provajderi koji su zainteresovani da VoIP servis ponude korisnicima u cilju ostvarivanja profita, ali u tom slučaju kvalitet servisa postaje veoma bitan, jer se korisnici neće opredeliti za servis koji ne zadovoljava njihove potrebe, bez obzira na cenu.

Pojam kvaliteta servisa se ne može jednostavno definisati i zato, kad su u pitanju paketske mreže, postoje najmanje tri objašnjenja ovog pojma:

- Mogućnost uspostavljanja klasa servisa koje se odnose na prioritetizaciju različitih tipova saobraćaja u paketskim mrežama – klase servisa omogućavaju grupisanje različitih tokova podataka koji imaju različite zahteve u pogledu, recimo, kašnjenja i brzine prenosa. Klase se odnose na mogućnost davanja prioriteta određenim servisima u pogledu korišćenja mrežnih resursa i dostupnog propusnog opsega.
- Unutrašnji kvalitet servisa (*Intrinsic QoS*) – zavisiće od zahteva i dela propusnog opsega koji je dodeljen određenom saobraćaju, a karakterisan je sledećim parametrima: kašnjenje (vreme potrebno da paket preko mreže stigne od izvora do odredišta), džiter (varijacija kašnjenja paketa) i procenat izgubljenih paketa (učestanost sa kojom paketi ne stižu do prijemne strane).
- Subjektivni kvalitet servisa (*Perceived QoS*) – određen je osećajem i reakcijom korisnika koji koristi servis.

Tehnički gledano, kvalitet servisa se može karakterisati sa nekoliko kriterijuma koji se odnose na performanse sistema za prenos govora kao što su dostupnost mreže, propusni opseg, vreme uspostave poziva, procenat uspešnosti prenosa i brzina detekcije i ispravke greške. Kvalitet servisa zavisi i od provajdera preko kojih se ostavaruju pozivi. To znači da se kvalitet servisa mora obezbediti sa kraja na kraj i zahteva određeni vid kooperacije ukoliko je u pitanju više provajdera. Kooperacija se ogleda kroz tzv. ugovor o nivou servisa, SLA (*Service Level Agreement*) koji predstavlja ugovor koji se sklapa između različitih operatora u kojem se definišu određeni tipovi kvaliteta servisa, prava i obaveze ugovornih strana, kao i posledice koje se snose ukoliko neki od zahteva iz ugovora nije ispunjen.

8.1. Kašnjenje

Kašnjenje je vreme koje je potrebno da paket stigne sa jednog na drugi kraj mreže. ITU-T preporuke razmatra kašnjenje u mreži koje se odnosi na prenos govora i definiše tri

opsega kašnjenja za veze koje imaju adekvatnu kontrolu eha koja se zahteva ukoliko je jednosmerno kašnjenje veće od 25 ms:

- 0 – 150 ms › prihvatljivo za većinu korisničkih aplikacija.
- 150 – 400 ms › prihvatljivo ukoliko su administratori mreže svesni ovog kašnjenja i uticaja koje ono ima na kvalitet prenosa korisničkih aplikacija.
- preko 400 ms › neprihvatljivo za generalno planiranje mreže.

8.2. Džiter

Džiter predstavlja varijaciju kašnjenja paketa i računa se kao razlika vremena od trenutka kada je paket trebao da stigne na odredište do trenutka kada je paket zaista i stigao. Do džitera u mreži dolazi zbog varijacija u čekanju koje je posledica dinamičkih promena saobraćajnog opterećenja, a drugi razlog je taj što se paketi nekad prosleđuju različitim putanjama.

8.3. Propusni opseg

Propusni opseg predstavlja meru koliko je bita u sekundi dostupno u mreži za svaku aplikaciju. Određivanje koliko će se propusnog opsega dodeliti određenom servisu zavisi od administratora mreže, odnosno od zahteva date aplikacije, prioriteta određenih korisnika i dostupnog ukupnog propusnog opsega.

Praksa u današnje vreme je da se primeni predimenzionisanje resursa propusnog opsega (*overprovision*) da bi se obezbedilo dovoljno kapaciteta kako bi se ispunili saobraćajni zahtevi i u trenucima maksimalnog opterećenja i u slučaju greške, odnosno ispada nekog elementa u mreži.

8.4. Gubitak paketa

Tri glavna razloga gubitka paketa su prekid fizičkog linka, gubitak paketa usled šuma i gubitak paketa usled zagušenja u mreži. Veoma često je količina saobraćaja koja se prenosi veća nego što mreža može da prosledi. Za vreme zagušenja u mreži, baferi u ruterima i svičevima su popunjeni i odbacuju sve novopristigle pakete. Gubitak paketa za aplikacije kojima nije bitno vreme prenosa nije poželjan ali nije ni kritičan. Aplikacije koje rade u realnom vremenu i koriste UDP transportni protokol su mnogo manje tolerantne prema gubitku paketa.

Zato se u mrežama za prenos govora uvode mehanizmi za klasificiranje i prioritetizaciju servisa. Jedan od njih je DiffServ (*Differentiated Services*), kod koga se paketima većeg značaja dodeljuje viši prioritet, čime se obezbeđuje isporuka paketa za kritične aplikacije čak i za vreme zagušenja mreže.

8.5. Sigurnost

Provajderi i organizacije sa sopstvenom VoIP mrežom, moraju da zaštite uređaje od neovlašćenog pristupa i napada. Sigurnosni protokoli mogu da spreče neovlašćeni pristup servisu, ali ne mogu da spreče DOS napad koji može značajno da degradira servis ili ga potpuno onemogućí.

8.6. Eho

Eho se javlja kada govornik u telefonskoj slušalici čuje svoj govor zakašnjen za neki vremenski period. Kada je taj vremenski period mali, eho ne predstavlja problem. Međutim, ukoliko je vremenski period veći od 25 ms tada eho utiče negativno na konverzaciju. Eho nastaje kao refleksija signala negde u mreži ka polaznoj strani. Za poništavanje eha u VoIP-u razvijena je oprema za obradu audio signala čija je cena prihvatljiva, tako da se poništavači eha nekada implementiraju i u IP telefone.

8.7. Rešenja za ostvarivanje kvaliteta servisa

Postoje različita rešenja koja se odnose na poboljšanje kvaliteta servisa u VoIP mrežama i svako od tih rešenja pristupa problemu iz različitih uglova:

- Prvi pristup je da se pre uspostavljanja poziva rezervišu resursi u mreži koji će garantovati određeni kvalitet. Ovaj pristup podrazumeva da se rezervišu određeni propusni opseg i sličan je pristupu koji se koristi u PSTN mrežama.
- Drugi pristup vrši kategorizaciju saobraćaja i deli ga na klase servisa kojima dodeljuje određene prioritete. Ovaj pristup je jednostavniji za implementaciju, ali ima i svojih mana. Na primer, jedan servis kao što je telefonija, može da uguši ostale servise i zato treba obratiti pažnju na pravilnu raspodelu resursa mreže koja se koristi za istovremeni prenos govora i podataka.
- Treći pristup, koji je možda najprisutniji u praksi, je predimenzionisanje mreže. Ovaj pristup podrazumeva da se u mreži obezbede propusni opsezi koji nadmašuju stvarne potrebe, jer se pokazalo da je propusni opseg najčešći razlog kašnjenja i gubitka paketa.

9. VoIP kod nas

Preduzeće za telekomunikacije "Telekom Srbija" a.d. planira da u predstojećem periodu završi proces digitalizacije, poveća broj korisnika i ponudi nove usluge i aplikacije. Imajući u vidu nove tehnologije i usluge, kao i tendencije razvoja telekomunikacija, planirano je da svi novi kapaciteti u mreži „Telekoma Srbije“ a.d. budu realizovani u paketskoj tehnologiji (VoIP), odnosno na bazi *softswitch*-eva klase 5.

U telekomunikacionoj mreži "Telekoma Srbija" a.d, u toku 2007. godine, uključen je u rad *softswitch* klase 4, tipa Ericsson EIN 3.1, koji obavlja funkciju kombinovane međunarodne i tranzitne centrale. Uključivanjem *softswitch*-a klase 4 u rad, učinjen je prvi korak migracije ka mrežama sledeće generacije (NGN). Sledeći korak je bio implementacija mreža *softswitch*-a klase 5 u Beogradu i Novom Sadu, za početak, čime se nastavlja proces migracije ka ciljnoj arhitekturi NGN mreža i na lokalnom nivou.

Pod pojmom mreža *softswitch*-a klase 5 podrazumevaju se neophodni elementi koji obezbeđuju funkcije zahtevane inicijalnim projektnim zadatkom:

- *softswitch* klase 5 (IMT 3.0 u Beogradu, TSS 4.0 u Beogradu i Novom Sadu)

- *Session Border Controller* (SBC u Beogradu i Novom Sadu)
- *Media Gateway* (MGW u Beogradu)
- oprema za nadzor i upravljanje (OAM sa centrom u Beogradu)
- oprema za međusobno povezivanje elemenata mreže *softswitch*-a klase 5 i povezivanje sa IP/MPLS mrežom (u Beogradu i Novom Sadu).

Projektnim zadatkom bili su definisani zahtevi za izgradnju mreža *softswitch*-a klase 5 u Beogradu i Novom Sadu, a koje su morale da budu realizovane u telekomunikacionom okruženju koga čine:

- PSTN i PLMN mreža,
- mreža inteligentnih servisa (IN mreža),
- *softswitch* klase 4 (sa *media gateway*-ima),
- IP/MPLS mreža,
- IP multiservisni pristupni čvorovi (MSAN) i
- širokopojasna xDSL pristupna mreža.

Elementi mreže *softswitch*-a klase 5 u Beogradu i Novom Sadu su na IP/MPLS mrežu „Telekom“-a povezani preko Gigabit Ethernet singlemode optičkog interfejsa.

9.1. Telekomova CENTREX usluga

Centrex usluga predstavlja jedinstveno i kompletno rešenje za biznis korisnika koje mu omogućava povezivanje telefonskih priključaka svih poslovnih jedinica u jedinstvenu privatnu komunikacionu mrežu korišćenjem resursa telekomunikacione mreže Telekoma Srbija. Povezivanje omogućava da se u okviru Centrex grupe biranje obavlja po privatnom planu numeracije. Centrex usluga je alternativa klasičnim kućnim PBX telefonskim centralama, koja zamenjuje klasičnu kućnu PBX centralu nudeći čitav niz dodatnih mogućnosti.

Centrex podrazumeva angažovanje resursa javne centrale za obavljanje funkcija kućne centrale, odnosno biznis korisniku obezbeđuje virtuelnu, geografski izdvojenu kućnu centralu, smeštenu na opremi Telekoma Srbija (hosted PBX). Biznis korisnik, bilo da se nalazi na jednoj lokaciji ili je geografski dislociran, bez nabavke sopstvene telekomunikacione infrastrukture, može imati sve mogućnosti koje bi mu pružala jedna ili više njegovih međusobno povezanih kućnih centrala, a takođe povezuje i lokacije sa malim brojem njegovih priključaka. Preduzeća sa brojnim lokacijama postižu njihovu potpunu integraciju u jedinstveni privatni plan numeracije, a međusobno pozivanje mogu da ostvaruju skraćenim biranjem. Centrex usluga, ne samo da otklanja potrebu za nabavkom kućne centrale, već i za njenim održavanjem, konfigurisanjem, hardverskim nadogradnjama i softverskim unapređenjima, povećanjem kapaciteta. Firma dobija mogućnost da se fokusira na svoju primarnu delatnost, smanjuje svoje investicije i operativne troškove, a brigu o telekomunikacijama prepušta Telekomu Srbija.

IP Centrex omogućava, pored standardnih telefonskih usluga, sve prednosti IP telefonije i mnoštvo novih, IP baziranih servisa. VoIP (Voice over Internet Protocol) tehnologije omogućuju poslovnim korisnicima optimizaciju postojećih mreža za prenos podataka kroz dodavanje govornih usluga bez degradacije kvaliteta, zajedno sa zaobilazanjem potrebe za sopstvenim kućnim centralama. Telekom Srbija nudi i široku paletu dodatnih usluga, koje može da prilagodi potrebama poslovnih korisnika.

IP Centrex omogućava integraciju govornih usluga, usluga prenosa podataka i pristupa Internetu i na taj način obezbeđuje integralno telekomunikaciono rešenje za biznis korisnika. Posebno je značajna mogućnost da biznis korisnik može, u određenoj meri, da upravlja svojim servisima. Kompanijama kao velikim biznis korisnicima i njihovim krajnjim korisnicima mogu se dodeliti različiti nivoi ovlašćenja u okviru kojih oni mogu da definišu, upravljaju i nadziru svoje servise. Preduzeća s zaposlenima koji službeno putuju ili onima koji rade od kuće, omogućavaju se usluge koje im poboljšavaju poslovnu komunikaciju, čime se povećava njihova efikasnost i smanjuju troškovi poslovanja.

IP centrex je baziran na SIP protokolu i novoj IMS mreži Telekoma Srbija (Ericsson-ovo IMS rešenje IMT 3.0). On primarno predstavlja virtualno "hosted" IP PBX rešenje bazirano na IMS tehnologiji gde je kompletna funkcionalnost kućne centrale smeštena na platformi Telekoma Srbija. Dalje kombinovanje IMS funkcionalnosti sa IP Centrex aplikacijom omogućava "hosting" seta osnovnih i dodatnih govornih usluga, uz dodavanje novih funkcija, kao što su nomadnost, web-pristup i administriranje korisničkih profila od strane samih korisnika ili ovlašćenih osoba.

9.2. Tehnički preduslovi za pružanje usluge

Preduslov za pružanje IP Centrex usluge je da se na lokacijama korisnika obezbedi pristup IP/MPLS mreži Telekoma. Pristup IP/MPLS mreži se obezbeđuje preko xDSL pristupne mreže (ADSL, ADSL 2+, SHDSL, VDSL idr.) i preko optike. U zavisnosti od toga da li korisnik ima neku postojeću uslugu prenosa podataka na određenoj lokaciji (kao što su L2 i L3 VPN) tehničkim rešenjem se obezbeđuje koegzistencija IP Centrex usluge i postojećih usluga prenosa podataka.

9.3. Terminali

Telekom obezbeđuje SIP (IP) telefone i adaptere za analogne telefone (SIP RGW – SIP Residential Gateway) sa 2, 4 i 8 portova za priključivanje analognih telefona. SIP telefoni i RGW uređaji se priključuju na LAN mrežu biznis korisnika (Ethernet priključak) a LAN mreža se preko odgovarajućeg modema/rutera povezuje na IP/MPLS mrežu Telekoma. LAN mrežu na svojim lokacijama obezbeđuje korisnik.



Slika 9. – IP Telefon proizvođača Cisco

9.4. Prednosti IP Centrex usluge

IP Centrex usluga se svojim karakteristikama izdvaja od standardnih usluga prenosa glasa, navedemo neke od ključnih:

9.4.1. Funkcionalnost kućne centrale i povezivanja kućnih centrala na različitim lokacijama

- rešenje profesionalnih usluga za internu i eksternu komunikaciju
- potpuna funkcionalnost jedne ili više međusobno povezanih kućnih centrala
- povezivanje poslovnih jedinica na različitim lokacijama, sa malim ili velikim brojem priključaka, u jedinstvenu komunikacionu mrežu
- privatni plan numeracije i skraćeno biranje unutar Centrex grupe
- zadržavanje brojeva iz privatnog plana numeracije u slučaju seobe priključaka na drugu lokaciju
- skup dodatnih usluga koje poboljšavaju i unapređuju poslovnu internu komunikaciju

9.4.2. Konvergencija usluga prenosa govora i prenosa podataka

- optimizacija postojećih mreža za prenos podataka kroz dodavanje govornih usluga
- potpuna funkcionalnost kućnih centrala, uz sve prednosti IP telefonije, bez degradacije kvaliteta govornih usluga

9.4.3. Smanjenje investicija i troškova

- smanjivanje kapitalnih ulaganja
- skalabilnost rešenja – povećanje kapaciteta može da se vrši postepeno, u skladu sa potrebama
- smanjivanje operativnih troškova za angažovanje sopstvenog ili eksternog osoblja za eksploataciju i održavanje kućne centrale (ili kućnih centrala)
- eliminisanje potrebe za hardveskim i softverskim unapređenjima sopstvene opreme, s obzirom da se servisi pružaju na opremi Telekom Srbija.
- smanjenje troškova poslovnih komunikacija

9.4.4. Mogućnost upravljanja i administriranja telekomunikacionih servisa

- mogućnost upravljanja servisima od strane korisnika na jednostavan način putem web portala
- mogućnost dodeljivanja različitih nivoa ovlašćenja u okviru kojih mogu da se definišu, upravljaju i nadziru servisi

- pristup Centrex grupi i odgovarajućim servisima zaposlenih koji rade od kuće ili su na službenom putu preko Web portala
- detaljan listing ostvarenog saobraćaja za svaku liniju u grupi, čime se ostvaruje maksimalna kontrola troškova poslovnih komunikacija

9.5. Način korišćenja usluge

On-net pozivi su pozivi između članova Centrex grupe. Ostvaruju se tako što korisnik bira:

- četvorocifreni broj člana Centrex grupe iz privatnog plana numeracije, koji se definiše po želji korisnika.
- broj iz javnog plana numeracije člana Centrex grupe.

Pozivi prema članovima Centrex grupe ostvareni na bilo koji od ova dva načina tretiraju se kao **on-net** pozivi.

Off-net pozivi su pozivi prema brojevima izvan Centrex grupe i ostvaruju se tako što korisnik bira željeni broj iz javnog plana numeracije, a tarifiraju se po standardnom Cenovniku. Saobraćaj ostvaren unutar jedne Centrex grupe, pretplatnik plaća jednom mesečno preko standardnog računa za telekomunikacione usluge. Pri tome je iznos za uslugu Centrex posebno prikazan.

IP Centrex usluga omogućava dva nivoa administracije od strane korisnika:

- Administrator IP Centrex grupe administrira korisnike i usluge u okviru svoje IP Centrex grupe preko grupnog web portala: upravlja servisima jedne Centrex grupe, dodeljuje i ukida servise članovima Centrex grupe, definiše ograničenja odlaznih poziva za pojedine članove Centrex grupe, konfiguriše grupne servise itd.
- Krajnji korisnik – član IP Centrex grupe ima mogućnost da, putem personalnog web portala, administrira servise koji su mu dodeljeni (ima pregled dodeljenih usluga sa objašnjenjima – kratkim opisom usluga, a takođe može da aktivira i deaktivira usluge, ima objašnjenje svi biznis korisnici moraju da imaju mogućnost administracije svojih usluga preko web klijenta u okviru dodeljenih prava.

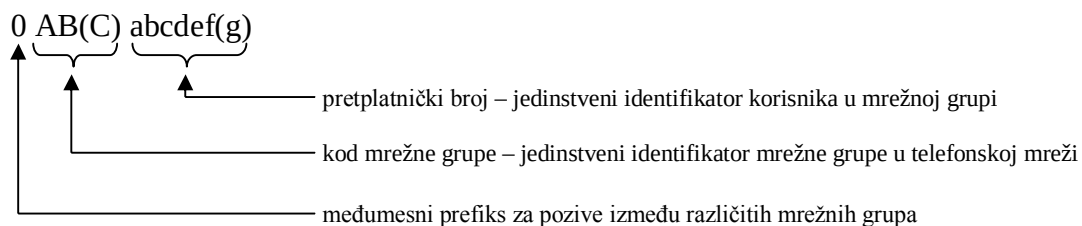
9.6. Plan numeracije i usmeravanje poziva (način biranja)

IMT 3.0 treba da ima sledeći nacionalni kod signalizacione tačke (SPC kod):

SPC	Nacionalni kod signalizacione tačke													
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
	Broj administrativnog područja							Broj signalizacione tačke						
BG/IMT 3.0	011							099						

Tabela 5. – Format Nacionalnog koda

Opšti format nacionalnog telefonskog broja je u skladu sa međunarodnim preporukama podržan je za sve korisnike ponuđenog tehničkog rešenja za mreže *softswitch*-a klase 5:



Slika 9. - Format nacionalnog telefonskog broja

Predviđeno je da *softswitch* klase 5, za korisnike koje kontroliše, podržava način biranja koji je primenjen u postojećoj nacionalnoj telefonskoj mreži:

- korisnici u istoj mrežnoj grupi (ne mogu imati iste korisničke brojeve)
Pozivajući korisnik A bira samo pretplatnički broj abcdef(g) pozvanog korisnika B, bez biranja koda mrežne grupe 0AB.
- korisnici u različitim mrežnim grupama (mogu imati iste pretplatničke brojeve)
Pozivajući korisnik A bira 0ABabcdef(g), dakle prefiks 0, kod mrežne grupe, i pretplatnički broj pozvanog korisnika C.

10. Tipovi usluga

Tehničkim rešenjem predviđeno je da mreže *softswitch*-eva klase 5 u Beogradu i Novom Sadu moraju da obezbede osnovnu telefonsku uslugu i sledeće VoIP usluge za sve korisnike koji su realizovani preko SIP terminala (SIP telefon, SIP RGW/IAD, SIP *softclient*):

- **Poziv na čekanju (*Call Waiting*)**

Omogućava korisniku da, u toku konverzijske faze poziva, primi tonsku informaciju (*call waiting* ton) o drugom dolaznom pozivu, nakon čega korisnik može da stavi postojeći poziv na čekanje i prihvati drugi dolazni poziv, a zatim i da naizmenično aktivira, odnosno stavlja na čekanje bilo koji od ova dva poziva.

- **Držanje veze (*Call Hold*)**

Omogućava korisniku da stavi aktivni poziv na čekanje, po potrebi uspostavi novi poziv ka trećem korisniku (bilo da je član IP Centrex grupe ili je u javnoj mreži), a zatim i da naizmenično aktivira, odnosno stavlja na čekanje bilo koji od ova dva poziva.

- **Preusmeravanje poziva (*Call Forwarding*)**

Omogućava korisniku da preusmeri dolazne pozive prema drugom korisniku u IP Centrex grupi, prema drugom pretplatniku u javnoj mreži ili na govornu poštu. U zavisnosti od stanja pozvanog korisnika, mora postojati mogućnost da se pozivi preusmeravaju pod sledećim uslovima:

- bezuslovno (*Unconditional*)
- zauzeće pozvanog (*Busy*)

- pozvani ne odgovara (*No Reply*)

- **Transfer poziva (*Call Transfer*)**

Omogućava korisniku da aktivan poziv stavi na čekanje, zatim da bira broj drugog korisnika u IP Centrex grupi ili u javnoj mreži i da, nakon uspostavljanja drugog poziva izvrši transfer – prospajanje poziva između korisnika sa kojim je imao prvi aktivni poziv i korisnika sa kojim je uspostavio drugi poziv.

- **Call Park**

Omogućava korisniku da aktivan poziv stavi u stanje čekanja tako da ga drugi korisnik u IP Centrex grupi može preuzeti (*pick-up*).

- **Ciljano preuzimanje poziva (*Directed Call Pick-up*)**

Omogućava korisniku da preuzme dolazni poziv koji je upućen bilo kom drugom korisniku u IP Centrex grupi biranjem određenog koda i lokalnog broja kome je upućen poziv. Mogućnost preuzimanja poziva mora biti ograničena na određenu grupu korisnika u IP Centrex grupi.

- **Identifikacija pozivajućeg (*Calling Line Identification Presentation*)**

Omogućava pozvanom korisniku da primi identifikaciju (broj) pozivajućeg korisnika.

- **Zabrana identifikacije pozivajućeg (*Calling Line Identification Restriction*)**

Omogućava da korisnik za sve ili pojedinačne odlazne pozive onemogući prikazivanje sopstvene identifikacije.

- **Ograničenje odlaznih poziva (*Outgoing Call Barring/Restriction*)**

Omogućava administratoru IP Centrex grupe da ograniči određene odlazne pozive (npr. međunarodni pozivi, *premium rate* i sl.) svim ili određenim lokalima u okviru IP Centrex grupe.

- **Ograničenje dolaznih poziva (*Incoming Call Barring/Restriction*)**

Omogućava administratoru IP Centrex grupe da ograniči određene dolazne pozive svim ili određenim lokalima u okviru IP Centrex grupe.

- **Identifikacija zlonamernog poziva (*Malicious Call Trace*)**

Omogućava da se za sve dolazne pozive ka korisniku kome je dodeljena ova kategorija beleže CDR zapisi sa posebnom oznakom ili da korisnik nakon uspostavljanja, dolazni poziv označi kao zlonamerni čime će se za taj poziv generisati posebno označen CDR zapis.

- **Konferencija tri učesnika u vezi (*Three Party Conference*)**

Omogućava korisniku da u aktivnu vezu uključi i trećeg učesnika, tako da sva tri korisnika međusobno komuniciraju. Ova usluga je povezana sa uslugom *Call Hold* jer korisniku mora biti omogućeno da bilo kog učesnika konferencijske veze naizmenično isključuje iz veze (stavljajući njegov poziv u stanje *hold* – držanje veze), odnosno ponovo uključuje u vezu.

- **Hunt Groups**

Omogućava administratoru da definiše seriju korisnika u okviru IP Centrex grupe na koje će se upućivati dolazni pozivi prema određenom redosledu, pod uslovom da se nije javio korisnik kome je prethodno pokušano da se uputi poziv.

- **Skraćeno biranje (*Speed Dialing*)**

Omogućava korisniku da pridruži skraćene kodove (1 – 2 cifre) najčešće biranim ili drugim brojevima i da pri biranju tih brojeva, umesto celokupnog broja, bira samo skraćeni kod.

- **Pristup uslugama i pozivima preko web portala mora da omogući korisniku:**

- pregled odlaznih, primljenih i propuštenih poziva
- aktivaciju/deaktivaciju usluga u okviru dodeljenih prava.

- **Automatski ponovni poziv zauzetom korisniku (*Automatic Callback*)**

Omogućava korisniku da, po aktiviranju usluge, sistem nadzire status zauzetog pozvanog korisnika iz iste IP Centrex grupe i da, odmah po oslobađanju zauzetog korisnika, automatski uspostavi poziv sa tim korisnikom.

- **SIP forking (za 5% korisnika koji su realizovani preko SIP terminala – SIP telefon, SIP RGW/IAD, SIP softclient – na 3 terminala)**

Omogućava korisniku da istovremeno registruje više SIP terminala sa istim pretplatničkim brojem. Prilikom dolaznog poziva, poziv se upućuje svim registrovanim terminalima sa istim pretplatničkim brojem. Govorna komunikacija se uspostavlja sa terminalom koji prvi odgovori na poziv, a poziv prema ostalim terminalima se prekida.

- **Muzika na čekanju (*Music on Hold*)**

Omogućava administratoru IP Centrex grupe da definiše određeni audio *file* (muzika, govorna poruka, reklama i sl.) koji će se za dolazne pozive emitovati pozivajućim korisnicima dok su njihovi pozivi na čekanju iz bilo kog razloga (*call transfer, call hold, call park*).

- **Karakteristično zvonjenje (*Distinctive Ringing*)**

Omogućava korisniku da za određene dolazne pozive, koji zadovoljavaju određene kriterijume, imaju različite sekvence pozivnog zvona (npr. razlikuju se spoljni pozivi i pozivi u okviru IP Centrex grupe).

- **Selektivno odbijanje poziva (*Selective Call Rejection*)**

Omogućava korisniku da definiše listu pretplatničkih brojeva (*Black List*) tako da svi dolazni pozivi od tih korisnika budu odbijeni.

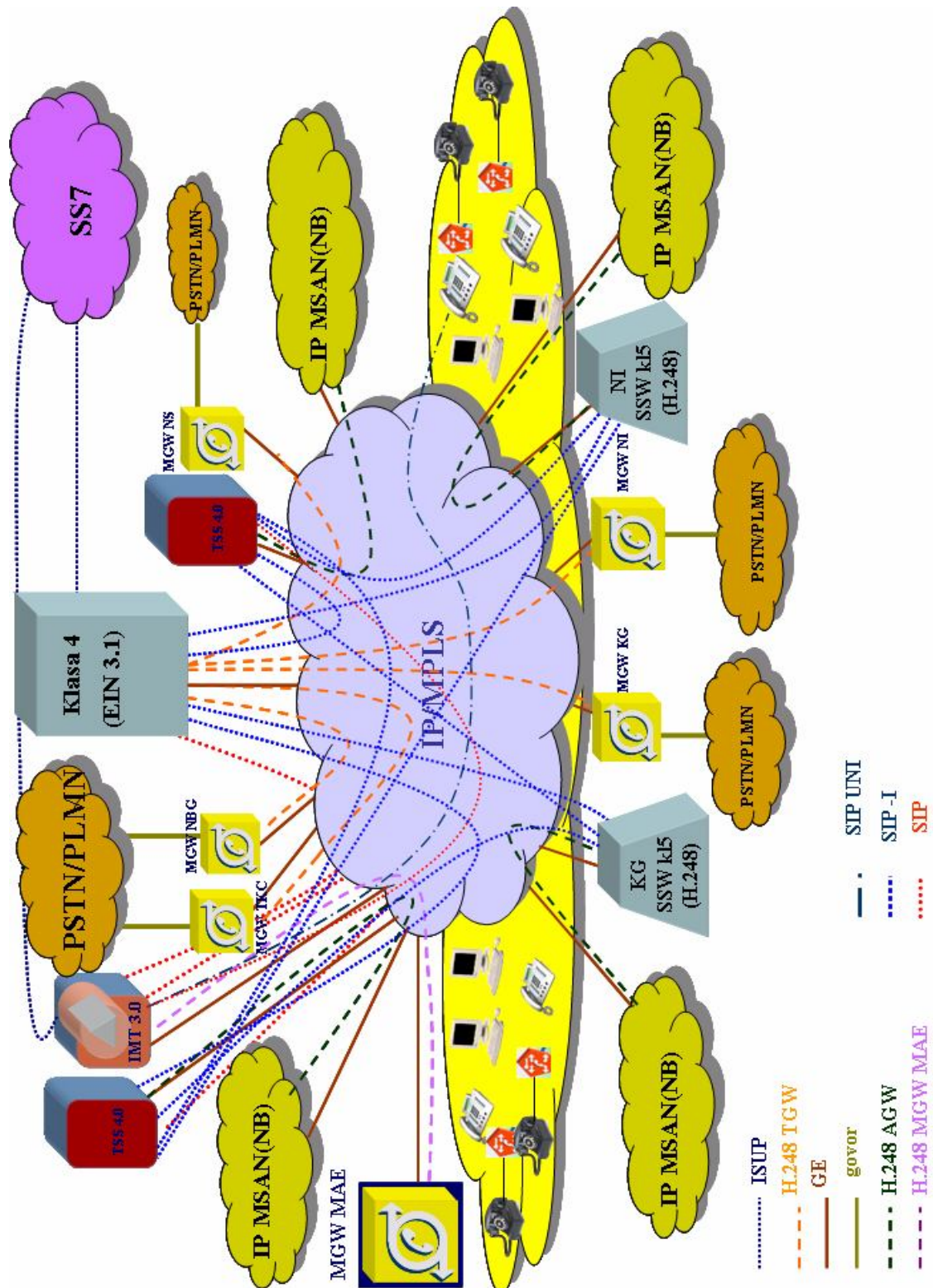
- **Kod za autorizaciju (*Authorization Codes*)**

Omogućava korisniku da uspostavlja određene odlazne pozive (npr. pozive prema PSTN ili međunarodne pozive) samo ako je prethodno birao odgovarajući kod za autorizaciju.

- **Automatska sekretarica (*Auto Attendant*)**

Obezbeđuje funkciju automatske sekretarice koja odgovara na pozive i pozivajućem korisniku reprodukuje poruku kojom mu nudi različite opcije za usmeravanje poziva.

Pored ovih usluga, takođe su još mnoge druge, ovde je napravljen samo kratki presek.



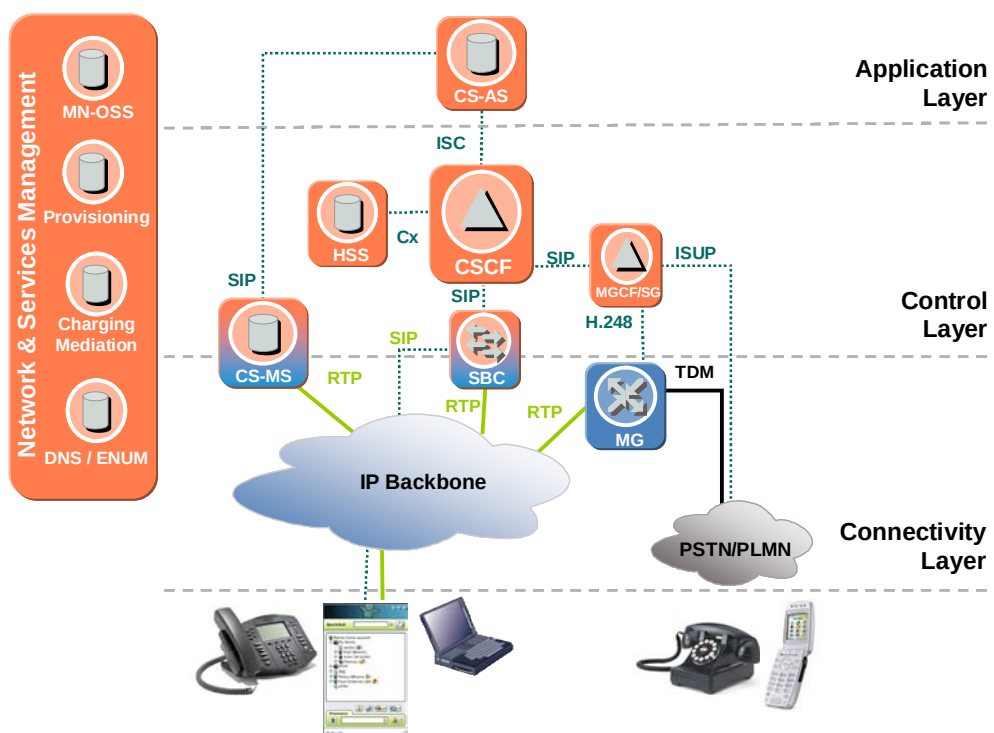
Slika 10. - Arhitektura mreže

11. Mrežni scenario realizacije usluge

Usluga IP Centrex je realizovana na IMS platformi Ericsson (IMT 3.0). Za korišćenje ove usluge potreban je klijentski softver koji podržava SIP protokol, a koji može biti realizovan na:

- SIP telefonskom aparatu (standardno rešenje)
- SIP RGW tj. SIP ATA (SIP adapteru za analogne telefone)
- SIP IAD (Integrated Access Device koji ima integrisan SIP adapter sa dva POTS porta za analogne telephone)
- PC računaru (nomadski pristup).

U kontekstu IP Centrex usluge navedeni uređaji predstavljaju SIP korisničku opremu. IP Centrex usluga je uglavnom namenjena biznis korisnicima Telekoma Srbija.

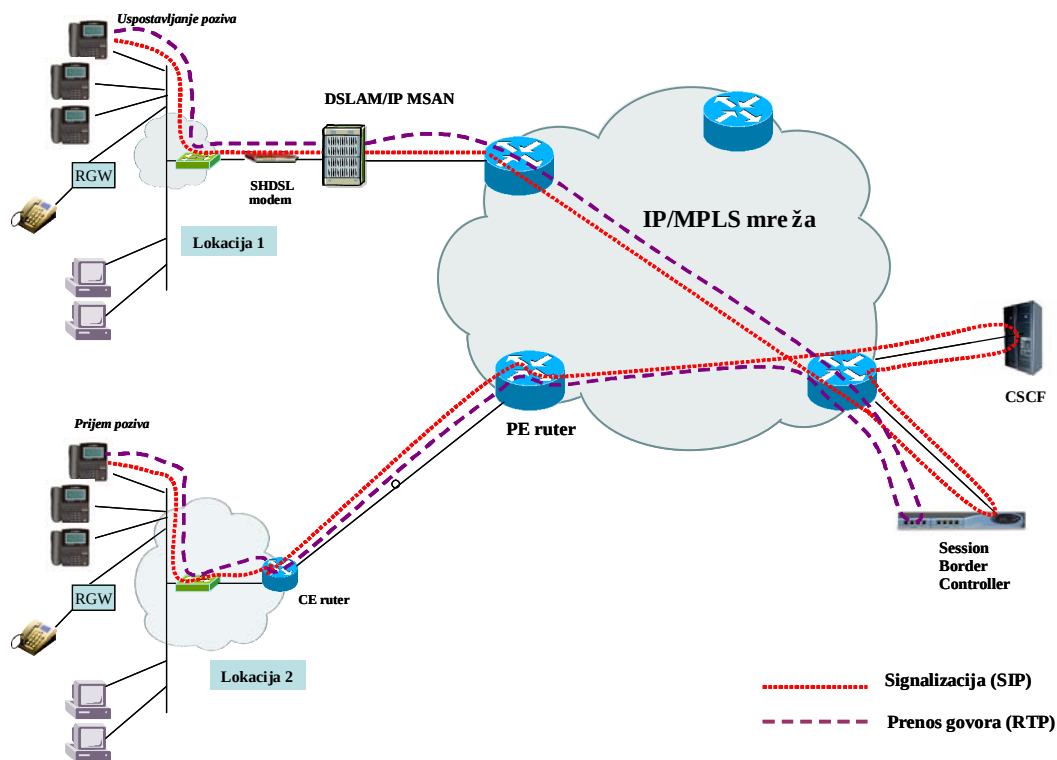


Slika 11. - Funkcionalni slojevi IMT 3.0 sistema

Mrežni scenario realizacije zasniva se na L3 VPN servisu u topologiji *hub-and-spoke* (zvezda). Svi SIP korisnici prijavljuju se na SIP Proxy/Registrar Serveru u Beogradu (CSCF server – Call Session Control Function), gde je locirana i ostala neophodna oprema (HSS - Home Subscriber Server, CS-MS – Media Server itd.), a sistemu se pristupa preko Session Border Controllera (SBC) Acme Packet 4000 u Beogradu (2 lokacije) i Novom Sadu.

Kroz SBC prolazi i signalizacioni (SIP) i govorni (RTP) saobraćaj. Signalizacioni saobraćaj dalje se prosleđuje ka SIP Proxy-ju, dok se RTP saobraćaj sa SBC usmerava direktno ka drugom učesniku u razgovoru. RTP saobraćaj koji počinje i završava na istoj

fizičkoj lokaciji (tj. u okviru iste LAN mreže) ne usmerava se na SBC već se zatvara na toj lokaciji (tj. na istom switch-u) čime se emulira tradicionalna PBX funkcionalnost i značajno štedi propusni opseg.



Slika 11.1. - Simbolički prikaz saobraćaja između korisnika usluge IP Centrex na različitim lokacijama

Funkcije SBC: sprečavanje zlonamernih napada sa korisničke strane ili iz spoljne mreže, omogućavanje NAT traversal, Call Admission Control (CAC) čime se omogućava implementacija QoS zahteva – odbijanje poziva u slučaju nedovoljnog propusnog opsega, kontrola propusnog opsega u zavisnosti od dozvoljenih servisa, itd.

Pozivi korisnika usluge IP Centrex prema drugim korisnicima koji nisu registrovani na IMT obavljaju se preko MGW (Media Gateway) tj. preko PSTN mreže. Za ostvarenje specifičnih IP Centrex funkcionalnosti zadužena je posebna servisna platforma, tzv. CS-AS (Centrex Services - Application Server). Zadatak ove platforme je ostvarivanje i upravljanje personalnim i grupnim Centrex servisima. Funkcija CS-AS uključuje i menadžment saobraćaja i signalizacionih interfejsa, kao i logičko izvršavanje i upravljanje servisa. CS-AS u sebi sadrži integrisani web server i bazu podataka.

Kodek koji se primenjuje za digitalizaciju govora je G.711, što uz usvojeni period paketizacije od 20 ms zahteva propusni opseg od oko 100 Kb/s na ADSL(2+) pristupu za svaku istovremeno ostvarenu vezu.

11.1. Numeracija i IP adrese

Numeracija korisnika je geografska u okviru postojeće telefonske mreže, tj. korisnici imaju telefonsku numeraciju iz unapred definisanog opsega u okviru numeracije mrežne grupe kojoj inače pripadaju sa svojim PSTN brojem. Izuzetak od ovog pravila je numeracija za "nomadske" korisnike koja će biti negeografska (u okviru jedinstvenog negeografskog koda). Sa aspekta identifikacije u IP mreži svi korisnici dobijaju dinamičku privatnu IP adresu iz unapred definisanog opsega, tj. podopsega za svaku lokaciju. Nomadski korisnici imaju javne adrese, s obzirom da dolaze sa javnog Interneta.

Domen za korisnike usluge je definisan kao **ims.telekomsrbija.com**, a korisnici se identifikuju kao **broj_telefona@ims.telekomsrbija.com**. Broj telefona je u punoj E.164 notaciji (country code+area code), npr. 381111234567@ims.telekomsrbija.com.

11.2. Prenos saobraćaja kroz IP/MPLS mrežu

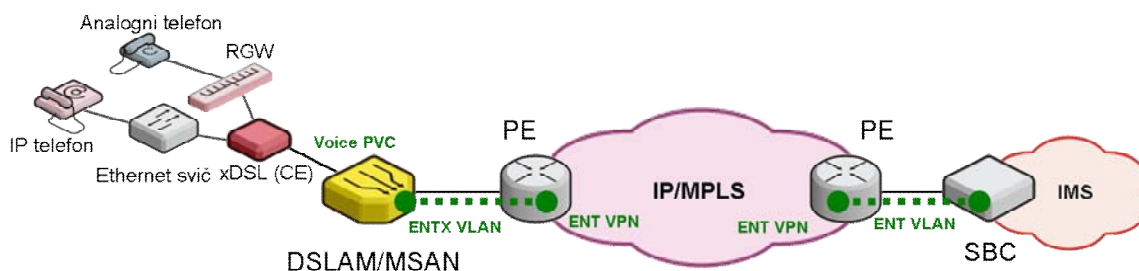
Telekom u okviru pružanja usluge obezbeđuje pristup do IP/MPLS mreže i do IMT platforme:

- preko bakarnog (xDSL) pristupa
DHCP/DNS/RTP/SIP saobraćaj od terminala prenosi se preko posebnog ATM PVC-a (voice PVC) između xDSL modema (bridging mod) i DSLAM-a, odnosno po posebnom ENTX VLAN-u između DSLAM-a i PE rutera. Jedan ENTX VLAN je potreban za povezivanje jedne lokacije Centrex korisnika. Mrežna terminalna oprema (CE oprema) na lokaciji korisnika je xDSL modem koji može biti ADSL ili SHDSL ili SHDSL.bis, ili CE ruter koji obezbeđuje Telekom (*managed*) sa ugrađenim xDSL modulom.
- preko optičkog (Ethernet) pristupa
DHCP/DNS/RTP/SIP saobraćaj od terminala prenosi se preko posebnog ENTX VLAN-a između CE opreme (ruter) i PE rutera. Mrežna terminalna oprema (CE oprema) na lokaciji korisnika je CE ruter ili switch i po potrebi medija O/E konvertor (za prelazak sa optike na električni interfejs CE rutera).

Napomena: pod DSLAM-om se podrazumeva i MSAN sa xDSL priključcima.

U PE ruteru na koji je povezan DSLAM ili CE ruter/switch saobraćaj iz ENTX VLAN-a se mapira u L3VPN, imenovan kao ENT VPN (Enterprise VPN), koji je jedinstven za sve IP Centrex korisnike u mreži Telekoma. Dalje se saobraćaj prenosi kroz IP MPLS mrežu u okviru ENT VPN-a do PE rutera na koji je direktno povezana IMT platforma, a od njega ponovo kroz jedinstveni ENT VLAN preko odgovarajućeg SBC (Beograd ili Novi Sad) do IMT sistema u Beogradu.

Prenos IP Centrex saobraćaja od lokacije korisnika kroz IP/MPLS mrežu predstavljen je na slici 11.2. za slučaj pristupa preko xDSL pristupa.



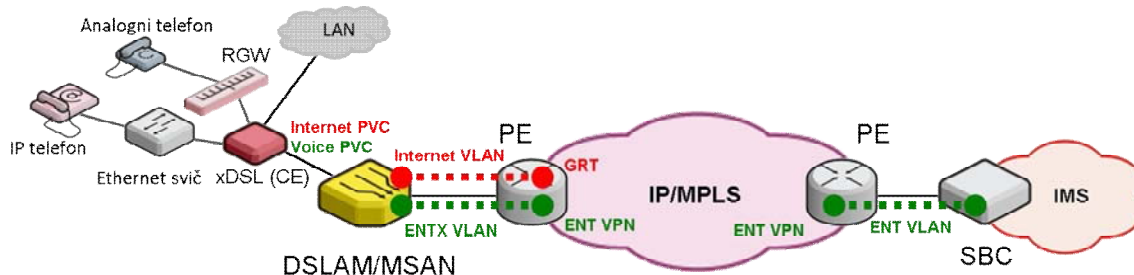
Slika 11.2. - Prenos kroz mrežu za scenario realizacije IP Centrex usluge

Svaki Telekomov edge ruter (PE) sadrži po jednu VRF (*VPN Routing and Forwarding*) tabelu za svaku L3 VPN mrežu koja je na njega povezana. U VRF tabeli se nalaze informacije o tome kojom putanjom treba rutirati IP pakete u zavisnosti od IP adrese odredišnog korisničkog rutera (CE). VRF tabele mogu se popuniti prilikom konfigurisanja mreže predefinisanim rutama (statički), ili se njihovo popunjavanje vrši dinamički, korišćenjem nekog protokola za rutiranje kojim se između CE i PE rutera distribuira informacija o dostupnosti. Korišćenjem posebne VRF tabele za svaku L3 VPN mrežu izvršeno je logičko razdvajanje saobraćaja u MPLS mreži.

11.3. Kombinovanje IP Centrex usluge sa drugim uslugama Telekoma

Kombinovanje IP Centrex usluge na lokaciji poslovnog korisnika sa drugim uslugama Telekoma – Internet, VPN ili IPTV ostvaruje se korišćenjem različitih logičkih veza – ATM PVC i/ili VLAN, koje se definišu između CE opreme i PE rutera. Princip da se za svaku uslugu odnosno dodatnu uslugu, koriste posebne logičke veze, primenjuje se u IP/MPLS mreži Telekoma za sve poslovne korisnike, u pristupnom segmentu mreže od svake lokacije korisnika do najbližeg PE rutera. U skladu s tim možemo izdvojiti sledeće slučajeve:

IP Centrex usluga se na lokaciji korisnika kombinuje sa Internet uslugom. Internet usluga podrazumeva HSI uslugu (*High Speed Internet*) u slučaju ADSL-a kao korisničkog pristupa, ili DPI uslugu (direktan pristup Internetu) u slučaju SHDSL, SHDSL.bis i direktnog optičkog pristupa. Ovaj slučaj predstavljen je na slici 11.3. za slučaj pristupa preko xDSL.



Slika 11.3. - Prenos kroz mrežu za scenarijo realizacije IP Centrex i Internet usluga

Realizacija IP Centrex usluge na lokaciji korisnika u velikom broju slučajeva podrazumeva da se SIP korisnička oprema povezuje na CE opremu Telekoma preko LAN opreme, odnosno LAN mreže. U slučaju da korisnik instalira i konfiguriše LAN mrežu ili koristi svoju postojeću LAN infrastrukturu, korisnik mora međusobno logički da razdvoji saobraćaj svake usluge koju koristi na lokaciji. Korisnik mora logički da razdvoji voice saobraćaj, data VPN saobraćaj i Internet saobraćaj u posebne VLAN-ove kroz celu LAN mrežu. Pored toga, u slučaju da korisnik na lokaciji koristi ADSL modem Telekoma, mora i fizički da razdvoji saobraćaj na posebne portove ADSL modema. U ovom slučaju korisnik treba da LAN agregacioni svič (svič najbliži ADSL modemu) poveže sa dva ili tri porta na ADSL modem, saglasno broju usluga. Na agregacionom sviču se saobraćaj iz svakog posebnog VLAN-a netagovan prosleđuje na odgovarajući port ka ADSL modemu.

Kada je u pitanju Triple Play usluga na ADSL modemu se prvi port mapira u PVC za Internet, drugi u PVC za voice i treći u PVC za VPN ili IPTV. U slučajevima kada korisnik na lokaciji koristi SHDSL ili CE ruter, korisnik treba da LAN agregacioni svič poveže jednim ethernet portom na CE opremu, pri čemu se VLAN tagovan saobraćaj prosleđuje do CE opreme, odnosno poseban VLAN za svaku uslugu.

Pravilo da se mora logički razdvojiti saobraćaj svake usluge u posebne VLAN-ove kroz celu LAN mrežu na lokaciji korisnika, važi u svim slučajevima kombinovanja IP Centrex usluge sa drugim uslugama Telekoma.

12. VoIP zaključak

Na kraju, iz svega navedenog, možemo da damo odgovor na pitanje: *zašto VoIP?*

Neki od odgovora su, značajno smanjenje telekomunikacionih troškova kako za firme tako i za fizička lica, najpovoljniji oblik komunikacije sa poslovnim partnerima, rođacima i prijateljima iz inostranstva, cene razgovora mogu biti i do 90 % niže od klasičnih telefonskih, bez obzira da li telefonirate u Australiju, Nemačku, Italiju, Francusku, Kanadu ili SAD. Obzirom da se tehnologija sastoji u tome da se, sa jednog telefona govor pretvara u digitalni signal i preko Interneta tj. posredstvom Internet protokola prenosi do telefona sagovornika. Na ovaj način se međunarodni telefonski razgovori tarifiraju po cenama sličnim kao kod lokalnih poziva, što je više nego dovoljna opravdanost za isplativost VoIP-a. Za VoIP je potreban samo poseban adapter, uređaj koji se priključi na telefon i preko koga se on povezuje sa Internetom. Preko servera firme koja pruža usluge, korisnik VoIPa uspostavlja telefonsku vezu sa bilo kojim mestom na planeti. VoIP u Srbiji dnevno koristi po nekoliko hiljada korisnika, dok se u svetu ta cifra kreće oko 300 miliona korisnika. VoIP tehnologija u Srbiji je tek od skoro regulisana zakonom i očekuje se da se prava tržišna utakmica na ovom polju uskoro razvije. VoIP predstavlja korak ka budućnosti jer prema nekim procenama, do 2010. godine 70% međunarodnog telefonskog saobraćaja biće bazirano na VoIP tehnologiji.

IPTV – Internet Televizija

13. Uvod

Sistemi za prenos televizijske slike preko računarske mreže bazirane na IP protokolu postaju sve interesantniji i sve češći u praktičnoj primeni. U uvodu ćemo pokušati da objasnimo kako je došlo do potrebe za ovakvim sistemima i na koji način su oni učinjeni mogućim za realizaciju

Glavni razlog za pojavu IPTV je pre svega težnja za unifikacijom komunikacionih sistema čime se omogućava ekonomičnije i jednostavnije korišćenje raspoloživih komunikacionih resursa. Ogroman i brz razvoj i popularizacija Interneta dovela je do toga da se IP komunikacioni protokol nametne kao *de facto* fokalna tačka kojoj konvergiraju svi postojeći komunikacioni sistemi. Tako, iako svojevremeno prvenstveno zamišljeni kao sistemi za prenos podataka, komunikacione mreže bazirane na IP protokolu počinju sve češće da se koriste i za prenos drugih vrsta signala kao što su govor i slika. Prateći ove tendencije došlo je do toga da se razviju sistemi koji prenose sliku preko komunikacione mreže bazirane na IP protokolu tj. IPTV sistema. U ovom delu diplomskog rada dati su osnovni elementi za upoznavanje i razumevanje IPTV sistema.

13.1. Definicije IPTV sistema

U najjednostavnijem, IPTV je prenos TV signala preko Interneta. No ova definicija nije sasvim precizna. Važno je pomenuti da su postojale mnoge različite definicije za "IPTV". Često se ovaj pojam koristi da označi elementaran prenos raznih vrsta video "stream"-ova preko IP protokola. Ovaj vid distribucije TV signala preko Interneta tačnije bi se mogao označiti kao "Internet TV". U ovom slučaju Internet TV provajder nema kontrolu nad kompletnim prenosom i ne garantuje nikakav kvalitet već se oslanja na tzv. "best-effort" prenos.

Najtačnija definicija bila bi da je *IPTV sistem za distribuciju jednog ili više TV kanala preko IP mreže pri čemu je izvor signala sastavni deo mreže i u kojem je obezbeđen garantovani kvalitet (QoS).*

13.2. IPTV u odnosu na klasične sisteme za distribuciju TV signala

Televizija je svojom pojavom u velikoj meri uticala ne samo na tehnički već i na društveni razvoj druge polovine dvadestog veka. Tehnika koja je omogućila distribuciju slike širokom auditorijumu postala je primarni medijum komunikacije kako u kulturno zabavnom tako i u informativnom domenu a krajem dvadesetog veka počela je da biva i jedno od najvažnijih sredstava političkog delovanja.

U početku, shodno datim tehničkim mogućnostima, televizija se isključivo zasnivala na zemaljskoj radiodifuziji analognog video signala. I pored ogromnog napretka kako u tehnici komunikacija tako i u digitalnoj obradi signala, televizija se i danas najčešće sreće kao analogni radiodifuzni sistem.

Karakteristike video signala, pre svega frekvencijski opseg njegovog signala dugo su predstavljale prepreku da tehnologija digitalizacije proдре u ovaj domen. Kao prve primere u kojima je digitalizacija počela da biva sastavni deo televizije možemo navesti uvođenje teleteksta. Ovo se u pravom smislu reči i ne može nazvati digitalnom televizijom

jer je to u suštini hibridni sistem u kojem se slika prenosi analogno a tekstualni (digitalni) podaci su na adekvatan način ukomponovani u analogni TV signal.

Značajan napredak u istoriji televizije predstavljao je razvoj satelitskih komunikacija. Prenos slike preko satelita najpre se koristio za studijsku razmenu televizijskih prenosa a daljim razvojem uvedeni su i sistemi za satelitsku radiodifuziju TV signala. Tehnološki razvoj je taj koji je omogućio prelazak na prenos digitalizovanog TV signala. Najpre se u praksi prenos digitalizovanog TV signala javio u radio-relejnim TV sistemima a najnovije vreme realizuju se i digitalni sistemi za satelitsku i zamaljsku radiodifuziju.

Jedan od važnih aspekata razvoja sistema za distribuciju TV signala predstavlja i tzv. kablovska televizija. Ovaj sistem uveo je sasvim novi koncept u distribuciju TV signala. Sistem se bazira na kablovskoj infrastrukturi kojom se TV signal dovodi do rezidencijalnih korisnika. U praktičnoj realizaciji kablovske TV razrađeni su mnogi koncepti (omiljeni i zabranjeni kanali, mozaik, VoD i sl.) koji se javljaju u IPTV sistemima. Razvoj Interneta snažno je uticao na sve vidove komuniciranja pa tako i na distribuciju TV signala. Devedesetih godina prošlog veka počeli su prvi pokušaji da se digitalizovana slika prenese preko Interneta. Kao prvi Internet prenos slike navodi se prenos ABC's World News Now emisije u 1994. godini. Prvi redovni program program ("live webcast") počeo je u januaru 1998. od strane radio kompanije AudioNet. Britanska radiodifuzna stanica Kingston Communications pokrenula je septembra 1999. preko DSL linija interaktivni TV servis i VoD pod nazivom "Kingston Interactive Television".

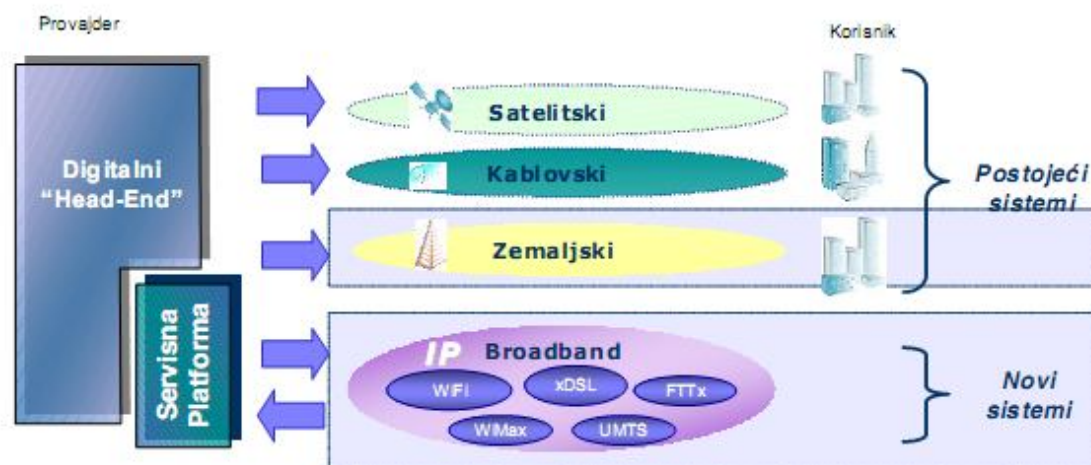
Razvoj IPTV pre svega je uslovljen ograničenom popularizacijom širokopojasne komunikacione infrastrukture. U narednom periodu očekuje se značajan razvoj broadband komunikacione infrastrukture za potrebe rezidencijalnih korisnika. Po nekim predviđanjima i do 400 miliona pretplatnika do kraja 2010. godine. Ovakav razvoj komunikacija dovešće i do široke popularizacije Triple Play i IPTV sistema.

13.3. Klasični TV sistemi i IPTV

Kao uvod u IPTV sisteme osvrnućemo se na sličnosti i razlike koje postoje između klasičnih, postojećih, TV sistema i IPTV.

Iako je kao i mnogi drugi, televizija počela kao analogni sistem, sa aspekta IPTV-a relevantni početak je pojava digitalne televizije. S toga ćemo u daljem tekstu pod "klasičnim" TV sistemima podrazumevati one koji služe za distribuciju digitalnog TV signala

Na slici 13. je dat šematski prikaz klasičnih sistema za distribuciju TV signala i IPTV.



Slika 13. - Šematski prikaz klasičnih i IPTV sistema za distribuciju TV signala

Za sve sisteme zajedničko je da na jednom kraju postoji davalac usluga "provajder" a na drugom kraju je korisnik. Provajder preko distributivne mreže prenosi TV signal do korisnika. Provajder mora imati izvor TV signala koji je na slici označen kao "Digitalni Headend" (u daljem tekstu DHE). Ovaj deo sistema zadužen je za prikupljanje i konverziju tekućeg, živog, TV programa i/ili smeštanje ranije snimljenog programa. TV signal iz DHE se distributivnim sistemom dovodi do krajnjeg korisnika.

Kao što je ranije pomenuto postojeći TV sistemi se mogu podeliti u tri osnovne grupe:

- zemaljski (radiodifuzni)
- kablovski
- satelitski

Iako su tehnike distribucije u postojećim sistemima vrlo različite, sa stanovišta korisnika ovi sistemi se ne razlikuju previše. Korisnik na raspolaganju ima veći broj raspoloživih TV kanala koje po izboru prati. Neki od kanala prenose tekući program a neki snimljeni (obično filmski, sportski, itd.). Zavisno od poslovne politike distributera i njihovog tarifnog modela korisnik može gledati TV programe koje plaća na osnovu generalne pretplate ili po posebnoj narudžbi. Svi postojeći distributivni sistemi unose kriptografsku zaštitu ("scrambling") za one sadržaje koji su zaštićeni autorskim pravima (obično filmski, sportski, itd.) a posebnim uređajem, kod korisnika, omogućava mu se da prati one na koje je pretplaćen.

Važno je napomenuti da klasični sistemi za distribuciju TV signala uvek obezbeđuju sve raspoložive programe kod korisnika a oni se zatim posebnim tehnikama korisniku stavljaju (ili ne) na raspolaganje.

Usluga IPTV sadrži niz pod usluga koje korisnicima omogućavaju klasične i moderne načine primanja televizijskog sadržaja.

- **Standard definition broadcast TV (SDTV)** je klasična televizija niskog kvaliteta emitovana preko digitalne mreže. Signal je digitalni, no ne pruža osetno poboljšanje u odnosu na standardnu analognu televiziju. Rezolucije emitovanja su približne ili jednake standardnoj analognoj televiziji.
- **High definition broadcast TV (HDTV)** je sistem digitalnog televizijskog emitovanja sa većim rezolucijama od klasične televizije. Kvalitet prikaza predstavlja veliki skok u kvalitetu u odnosu na dosadašnje standarde. Modernom HDTV-u metode kompresije omogućavaju prikaz velikih količina sadržaja u visokom kvalitetu sa što manjim zahtevima na propusni opseg veze (usprkos tome i dalje zahteva jako velike brzine pristupa).
- **Video on demand (VoD)** je usluga kojom korisnik dobija pristup širokom spektru video sadržaja kojima može pristupiti u svakom trenutku. Najčešći primer su filmovi. Ova usluga je analogna videoteci i najčešće se dodatno plaća.
- **Time-shifted TV** je usluga snimanja programskog sadržaja, kako bi ga korisnik mogao gledati odnosno slušati u terminu koji mu više odgovara. Ova se usluga odnosi na video i audio sadržaj.
- **Electronic Program Guide (EPG)** omogućava korisniku da na ekranu dobije organizovani prikaz svih video i audio sadržaja, sa pripadajućim vremenima emitovanja, organizovan po abecedi, vrsti medija, vrsti sadržaja itd...
- **Digital Audio Broadcasting (DAB)** je radio u digitalnom formatu koji ima CD kvalitet.

U IPTV sistemima takođe postoji DHE sa istom namenom kao i kod postojećih. Distributivni sistem bazira se na broadband Internet mreži koja, u najopštijem, može biti kablovska (xDSL, FTTH) ili bežična (UMTS, WiFi, WiMAX).

Suštinska razlika između klasičnih TV sistema i IPTV je u činjenici da Internet distribucija omogućava interaktivan odnos između provajdera i korisnika. Ova odlika IPTV-a omogućava sasvim nov pristup u realizaciji TV sistema i po tome IPTV predstavlja suštinski nov TV sistem za razliku od postojećih koji se praktično razlikuju samo u tehnici distribucije. Ova razlika je na slici 13. predstavljena povratnom strelicom i dodatnim delom nazvanim "Servisna platforma". Činjenica da Internet predstavlja, dvosmerni, interaktivni, komunikacioni sistem, omogućuje provajderu da putem IPTV-ja pruži sasvim novi oblik usluge. Deo IPTV sistema koji omogućava ove usluge označen je kao servisna platforma. U ovom delu vrši se, standardno ili na zahtev korisnika, adekvatno preusmeravanje i manipulacija TV signala čime se omogućava bogatstvo usluga i mogućnosti na strani korisnika.

Iako vrlo uprošćena slika na pravi način ilustruje suštinsku razliku između postojećih TV sistema i IPTV. U IPTV sistemima postoji interaktivni odnos između korisnika i provajdera. Ova interaktivnost omogućena je prevashodno servisnom platformom. S toga se može reći da je servisna platforma „srce“ IPTV sistema. U IPTV terminologiji servisna platforma se najčešće označava kao „Middleware“ podsistem. S toga je Middleware deo IPTV sistema od kojeg njegove performanse najviše zavise. Način realizacije i karakteristike Middleware-a praktično definišu same IPTV sisteme u primeni i najčešće su "zaslužni" za njihove dobre i/ili loše karakteristike. Strogo uzevši, barem konceptijski, Middleware predstavlja jedinu suštinsku novinu koju IPTV donosi kao novi sistem za distribuciju TV signala. To se vrlo očigledno vidi i sa slike. U prilog ovoj tezi

govori i činjenica da je Međunarodna unija za telekomunikacije baš Middleware-u posvetila glavnu svoju pažnju. I zaista, ako se pažljivije pogleda arhitektura IPTV sistema vidi se da, sem Middleware, svi ostali podsistemi predstavljaju manje više poznate uređaje računarske i komunikacione tehnike.

Ostajući kod iznete teze, u cilju kompletnosti, pomenimo da je IPTV značajno uticao i na promenu komunikacionih protokola ali sasvim sigurno ono što je prevashodni tehničko-tehnološki doprinos IPTV je Middleware. Na kraju, napomenimo da, za razliku od postojećih TV sistema, kod IPTV je još uvek tehnički složeno i skupo obezbediti da na strani korisnika uvek postoje svi raspoloživi programi. Ova činjenica značajno utiče na same karakteristike IPTV sistema, vidljive sa strane korisnika, kao i na složenost realizacije samog sistema u okviru postojećih mogućnosti.

Ono što se danas naziva "Open Internet" podrazumeva brzine reda 1 Mbps. Pod ovim se podrazumeva Internet mreža u svom izvornom obliku tj. tzv. „non managed“ što znači da ne postoji prioritetizacija saobraćaja pa samim tim ne postoji mogućnost garantovanja kvaliteta (nema QoS-a). Ovakve mreže za pristup pre svega se nude od strane Internet provajdera (ISP). Zbog male brzine i činjenice da ne postoji QoS ovakve mreže nisu pogodne za IPTV. Dakako, svedoci smo da se preko Interneta prenosi video signal (kao stream, download i sl.) ali to nije IPTV.

Ono što, za potrebe IPTV-ja, možemo smatrati broadband mrežama dato je u srednjem redu tabele 6. Kao broadband mreža za pristup pre svega se podrazumeva ADSL. Brzine koje se danas ostvaruju kreću se do 8 Mbps a u ADSL 2+ idu i do 20 Mbps. Drugi vid mreže za pristup koja odgovara primeni u IPTV je "Fiber-to-the-Home" (FttH) u kojoj su brzine još veće. Da bi se ove mreže mogle koristiti za IPTV neophodno je da se u njima vrši prioritetizacija saobraćaja i druge metode zasnovane na novim protokolima kojima se obezbeđuje QoS i druge potrebne karakteristike mreže. Ovakvu mrežnu infrastrukturu u principu obezbeđuju veliki telekomunikacioni operateri te se IPTV sistemi najčešće kod njih i implementiraju.

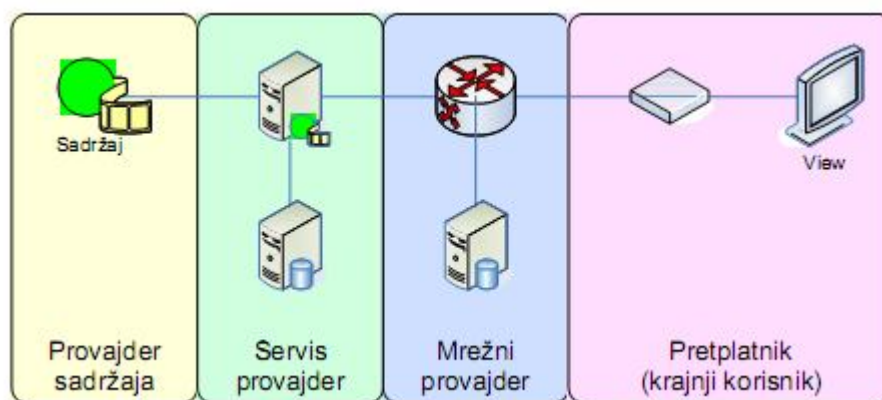
Tehnologija	Raspoloživi protok	Ko	TV
OPEN INTERNET (WAN)	1Mb/s Non Managed	ISP	Web TV (streaming) VoD preko interneta (download)
HIGH Speed Broadband	ADSL: 8Mb/s ADSL2+ : 20Mb/s Ftth: 10-50Mb/s	Telekomunikacioni Operateri	IPTV
Managed Network	QoS		
Local Access Network (LAN)	10-1000Mb/s	Firme Bolnice Kampusi	?

Tabela 6. – Šta je to broadband

14. Osnovna arhitekture IPTV sistema

IPTV sistemi su novina u teoriji i praksi telekomunikacija. Zbog toga postoje razni pristupi i pogledi na arhitekturu sistema. Oni ne predstavljaju različite sisteme već sagledavaju isti IPTV sistem iz različitih uglova. U ovom delu prikazaćemo neka najreprezentativnije sa ciljem da se čitalac preliminarno upozna sa prirodom IPTV sistema.

IPTV je sistem koji pruža svojevrsnu uslugu krajnjim korisnicima. Ako ga posmatramo sa tog stanovišta onda se ukupna IPTV usluga može posmatrati kao skup usluga koje ujedinjene daju konačnu uslugu krajnjem korisniku. Svako od usluga u lancu IPTV-a odgovara određeni domen koji te usluge omogućava i onaj koji ih pruža, provajder.



Slika 14. - Servisi i domeni u IPTV

U ovom slučaju IPTV sistem može se podeliti na sledeće domene usluga:

- sadržaj
- servisi
- mreža
- pretplatnik

Domen usluga označen kao "sadržaj" ima za predmet prikupljanje i skladištenje televizijskog sadržaja u obliku digitalnog, komprimovnog, TV signala. U principu TV sadržaj može biti dvojak:

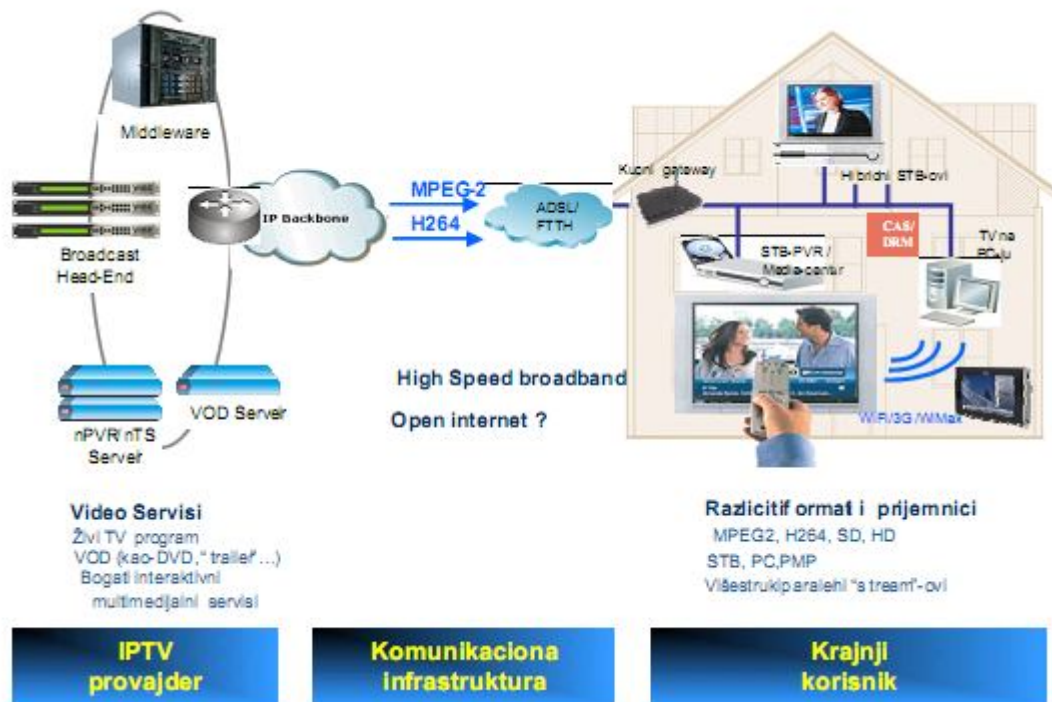
- tekući ili živi TV program
- snimljeni TV program ili drugi video sadržaji (filmovi, emisije, sport itd.)

Izvorno poreklo TV sadržaja su prevashodno TV kuće u čijim studijima nastaje TV program. Najčešće je to živi TV program. Pored toga to mogu biti i filmovi ili druge vrste snimljenih emisija. No, kada govorimo o IPTV sadržaja imamo na umu domen u kojem se TV sadržaj prima, priprema i snima za potrebe IPTV. Slobodno govoreći IPTV domen sadržaja je praktično interface između IPTV sistema i klasične televizije.

Servisni domen obuhvata jezgro IPTV sistema. U okviru ovog domena ostvaruje se interakcija između domena sadržaja i pretplatnika. Ovaj domen omogućava raznovrsnost, preglednost, prilagodljivost, interaktivnost i druge specifične osobine TV programa u IPTV sistemima.

Mrežni domen ostvaruje vezu između pretplatnika i servisnog domena i služi za prenos TV signala do pretplatnika kao i pretplatničkih zahteva do servisnog domena.

Pretplatnički domen obuhvata samog krajnjeg korisnika i opremu za prijem IPTV. Jedan od mogućih pogleda na arhitekturu IPTV sistema opisan je u ovom delu. Ovaj pogled može se, uslovno, nazvati osnovni. Blok šema osnovne arhitekture IPTV sistema prikazana je na slici 14.2.



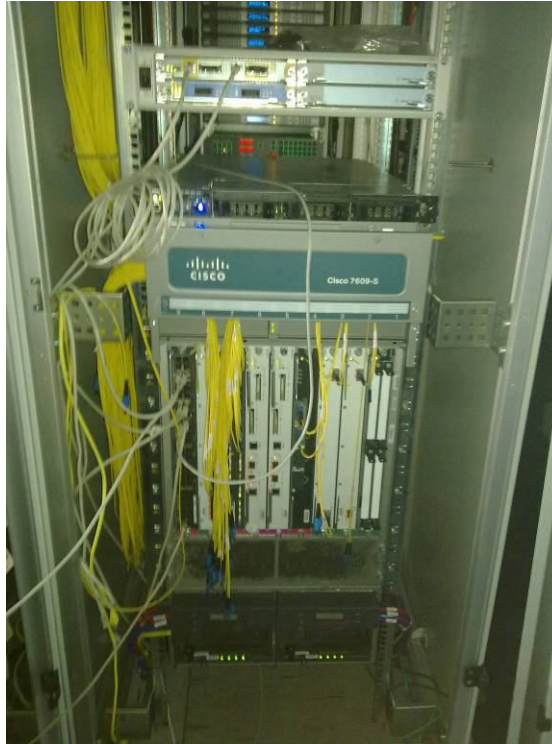
Slika 14.1. – Osnovna arhitektura IPTV sistema

Kao što se sa slike 14.1. vidi, ceo IPTV sistem može se podeliti u tri osnovne celine:

- IPTV provajder
- komunikaciona infrastruktura
- krajnji korisnik

IPTV provajder obezbeđuje usluge IPTV sistema. Po pravilu IPTV provajder ne proizvodi TV sadržaj već je njegova prevashodna uloga da pruža uslugu pristupa tim sadržajima preko IP mreže. Dakle, IPTV provajder nije ni mreža ni TV sadržaj već ono što spaja ta dva dela u funkcionalnu celinu. Ova funkcionalna celina, IPTV sistem, pruža usluge krajnjem korisniku preko kojih on ne samo da pristupa TV sadržaju, preko IP mreže, već kompletan prijem TV programa doživljava na sasvim nov, mnogo bogatiji, način. Ukratko IPTV provajder je jedan u nizu provajdera priključenih na IP mrežu koji korisnicima iste, nude svojevrsne usluge, u ovom slučaju TV program.

Komunikaciona infrastruktura je sama IP mreža preko koje se povezuju IPTV provajder i krajnji korisnik. U principu, može se reći da je to standardna IP mreža. No ipak IPTV sistemi postavljaju neke posebne zahteve prema IP mreži, posebno u domenu raspoloživog digitalnog protoka i komunikacionih protokola.



Slika 14.2. – Jedan od rutera kojim se IPTV multikast ubacuje u IP/MPLS mrežu Telekoma

Krajnji korisnik IPTV sistema predstavlja moderno, IP, opremljen dom sa LAN mrežom kojom se primljeni IPTV sadžaj distribuira po kući. Osnovna oprema krajnjeg korisnika je tzv. „Set-Top-Box“ (STB) koji je, preko IP mreže, intimno software-ski i hardware-ski spregnut sa IPTV provajderom. STB i IPTV provajder omogućavaju krajnjem korisniku da TV program prati na sasvim nov način, interaktivno i zajedno sa drugim vidovima komunikacija („Triple-Play“).



Slika 14.3. - Set Top Box firme Amino, u ponudi Telekom Srbija

14.1. Tradicionalna arhitektura IPTV sistema

Tradicionalni pristup arhitekturi IPTV sistema prikazan je na slici 14.5. Na strani IPTV provajdera prepoznaju se sledeći glavni podsistemi:

- IPTV Headend
- Storage i serveri
 - Database
 - VoD
- Middleware

IPTV Headend je skup uređaja za prijem i kodiranje IPTV sadržaja. Sadržaj može biti živi TV program ili snimljeni sadržaj, poput filmova, sportskih, obrazovnih programa i slično. Živi TV program prima se satelitskim ili zemaljskim kablovskim prijemnicima a snimljeni preko standardnih medijuma (DVD i sl.).

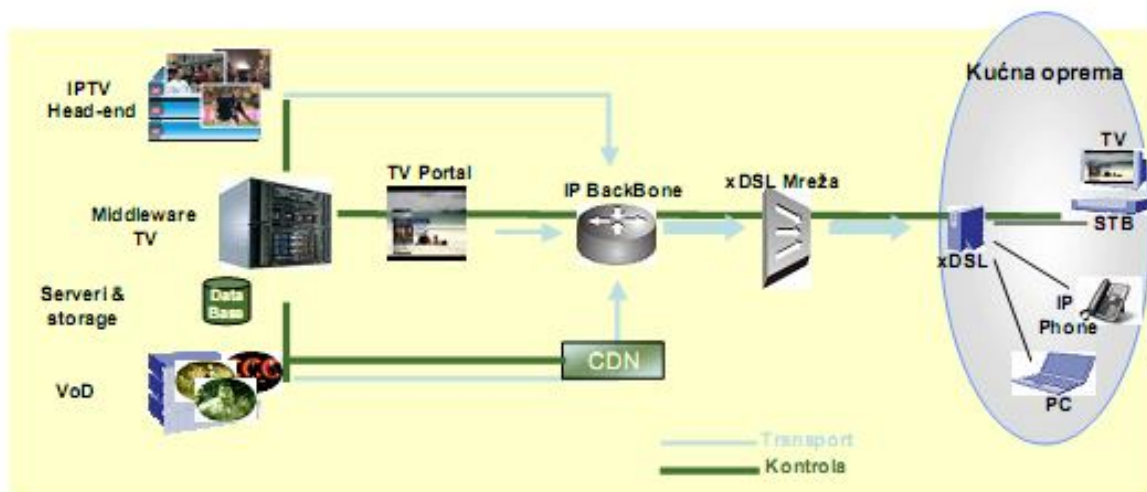
Sav primljeni sadržaj se komprimuje standardnim kodiranjem i tako komprimovan se šalje korisnicima ili smešta na „storage“ za kasniju upotrebu.



Slika 14.4. – Enkoderi u Headend-u Telekom Srbija

Serveri i „storage“ sistemi služe za smeštaj snimljenog sadržaja i instalaciju aplikacija potrebnih za rad IPTV sistema. Funkcionalno se oni mogu podeliti na one koji se koriste za razne baze podataka o korisnicima i sadržajima i one na kojima se smešta snimljeni sadržaja za reprodukciju po zahtevu (VoD).

Karakteristično i za Headend i za servere i storage je da u okviru ovih delova IPTV sistema nema tehnološki ničeg posebno novog ili specifičnog za IPTV. Sve su to klasični uređaji koji se koriste i u drugim sistemima.



Slika 14.5. - Tradicionalana arhitektura IPTV sistema

Ono što je sasvim specifično za IPTV sisteme i predstavlja suštinsku tehnološku novinu koju IPTV donosi je Middleware. Middleware je u principu software koji opslužuje IPTV sistem. On je zadužen da prima zahteve od korisnika i da upravlja delovima sistema tako da se ti zahtevi adekvatno realizuju. IPTV je u suštini usluga te je i Middleware skup software-skih aplikacija kojima se te usluge ostvaruju. Middleware je takođe zadužen za generalno opsluživanje korisnika u smislu njihove autentifikacije i autorizacije kao i tarifiranja svih usluga. Osnovna aplikacija preko koje korisnik "vidi" Middleware je TV portal. Middleware se brine o isporuci traženog IPTV sadržaja korisniku preko IP mreže koristeći CDN (Content Delivery Network) principe upravljanja.

IPTV sadržaj se transportuje do korisnika preko IP mreže. IPTV sadržaj preko jezgra mreže (BackBone) dolazi do mreže za pristup koja je u principu xDSL tipa i tim putem do korisnika. Na korisničkoj strani najpre se susrećemo sa modemom (xDSL) za vezu sa javnom IP mrežom. Na modem je povezan osnovni IPTV kućni uređaj STB.

STB je pored Middleware-a još jedna novost koju uvodi IPTV tehnologija. Ovaj uređaj služi korisniku za interakciju sa IPTV sistemom odnosno sa Middleware-om. Štaviše u nekim slučajevima deo Middleware-a se i fizički nalazi u STB. STB prima IPTV sadržaj i prevodi ga u formu pogodnu za prikaz na televizoru ili nekom drugom display uređaju. Preko STB-a se na IPTV sistem mogu povezati i drugi uređaji preko kojih se ostvaruju IPTV usluge (IP telefon, PC računar i sl.). Ovaj uređaj praktično ima ulogu kućnog gateway-a. No, suštinska novina koja se ostvaruje preko STB-a je interaktivnost. Ova osobina je nešto što IPTV suštinski odavaja od ostalih, klasičnih, sistema za distribuciju TV signala. Korisnik može da upravlja programom (snimanje, pauza itd.) pa i da u njemu učestvuje (glasanje, kvizovi i sl.). Na kraju pomenimo da napredniji STB uređaji imaju i Interface-e ka klasičnim TV sistemima (satelitski, kablovski i sl.) tako da on može sve da ih zameni.

15. Kodovanje

Kao što je ranije pomenuto, jedan od dva preduslova koji su omogućili praktičnu realizaciju IPTV leži u razvoju algoritama za kompresiju video signala. U ovom delu rada kratko ćemo se osvrnuti na osnovu kompresije koja leži u entropijskom kodiranju. Dosledna matematička analiza, kako ju je postavio rodonačelnik ove nauke, Claude Shannon, daleko prevazilazi obim i namenu ovog teksta. Opis koji sledi ima za cilj da ilustruje i približi sam proces kompresije a ne da izloži precizni matematički aparat.

15.1. Verovatnoća kao mera količine informacija

Informacija predstavlja naše saznanje o verodostojnosti neke činjenice. Informacije primamo primajući poruke. Kad god primimo neku poruku primimo i određenu količinu informacija. Uvidom u očigledno zaključujemo da količina informacije koju primimo, primajući neku poruku, zavisi od verovatnoće te poruke. Očekivane poruke nose malo informacija, a neočekivane poruke puno. Očekivanost poruke direktno je vezana za njenu verovatnoću te je samim tim i količina informacija direktno vezana za verovatnoću. Malo verovatne poruke nose puno informacija a vrlo verovatne poruke nose malo informacija.

Rodonačelnik teorije informacija, Claude Shannon, uveo je numeričku vrednost za količinu informacija ili informacioni sadržaj, poruke verovatnoće p kao

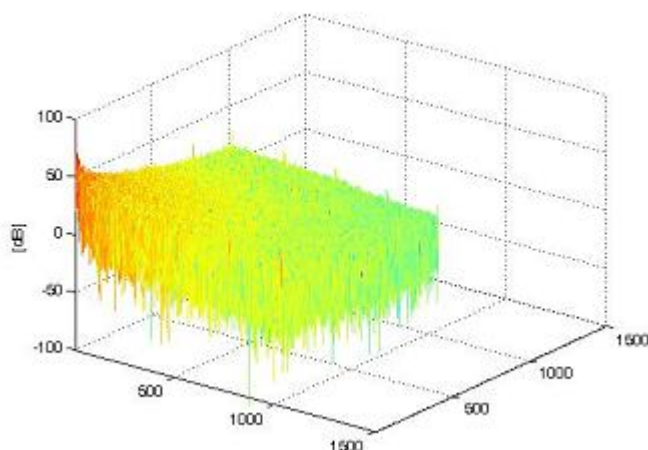
$$I := \log_2 \frac{1}{p} = \lg \frac{1}{p}$$

Analizom ove formule (koja je prilično obimna) može se doći do zaključka da se deo binarnog protoka kod uniformnog kodiranja izvora informacija (koji nema jednakoverovatne simbole) bespotrebno troši. Tačnije, pametnijim kodiranjem izvora informacija koji nema jednakoverovatne simbole moguće je smanjiti potreban binarni protok. U tome se sastoji suština kompresije signala.

Rekli smo da je moguće komprimovati signal kada je osnovno kodiranje izvršeno pod pretpostavkom da je entropija izvora veća nego što ona realno jeste. U praksi je ovo čest slučaj. Pri osnovnoj digitalizaciji slike analogno/digitalni konvertor ne pravi razliku između odbiraka i svakom odbirku dodeljuje istu kodnu reč (veličinu odbirka). Takođe ne uzima u obzir da su odbirci međusobno korelisani. Zbog toga ovakvo (uniformno) kodiranje podrazumeva daleko veću entropiju izvora nego što ona zaista jeste. Primenom adekvatnih postupaka moguće je značajno smanjiti digitalni protok potreban za prenos slike.

Na primer, ako piksele kolor slike kodujemo samo sa 8 bita i 10Mps (Symbols per Second - Baud) dobijamo potreban binarni protok od $3 \cdot 2^8 \cdot 10^7 = 7.68 \text{ Gb/s}$ što je potpuno neupotrebljivo. Sličan se rezultat dobija sa formatom slike 720x480 i 25 slika u sekundi (SDTV) $720 \cdot 480 \cdot 3 \cdot 2^8 \cdot 25 = 6.6355 \text{ Gb/s}$. S druge strane moguće je da primenom kodiranja dobijamo protoke (zavisno od kodiranja) od 2Mb/s do 5 Mb/s. Učinak kompresije je očigledno ogroman.

Kao ilustraciju jednog od mogućih postupaka prikazaćemo primer kompresije jedne slike pomoću dvodimenzionalne diskretne kosinusne transformacije (DCT2). U ovom slučaju ne prenose se odbirci same slike već komponente kosinusne transformacije.



Slika 15. - DCT spektar kodovane slike u logaritamskoj razmeri

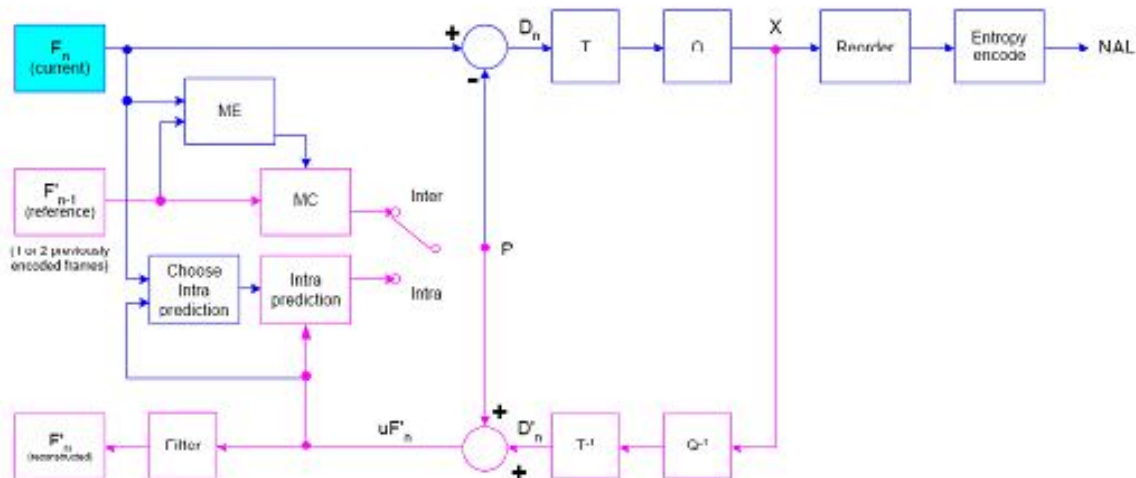
Spektralna slika pokazuje da značajne komponente postoje samo oko nule. Veći ili manji broj malih spektralnih komponentata možemo zanemariti. Zapravo uvodimo prag ispod kojeg zanemarujemo spektralne komponente. Na taj način smanjujemo broj podataka koje treba da prenesemo. Tako, iz različitih primera može da se vidi da se kvalitet slike pri kompresiji od 30-tak puta jedva primetno pokvario. Pri kompresiji od 100 puta slika je i dalje razgovetna iako se uočava značajniji pad kvaliteta. Primer pokazuje da se i ovako jednostavnim metodom mogu postići značajni rezultati u kompresiji slike.

15.2. Kompresija video signala po H.264 / MPEG-4 Part 10 standardu

Iako se još uvek koristi MPEG-2 algoritam kompresije, kompresija video signala koja će sigurno prevladati u IPTV sistemima je tzv. H.264 ili MPEG-4 Part 10 kompresija. Radi ilustracije, daćemo samo kraći opis blok šeme koda i dekodera realizovanog po ovom standardu.

Algoritam H.264 standarda za kompresiju slike bazira se na nekoliko statistički zasnovanih postupaka. Kao prvo koristi se redundansa same slike, "frame"-a ("intra" mod). Kao drugo, na osnovu uzastopnih slika vrši se predikcija kretanja objekata u slici ("inter" mod). Koder odlučuje o tome koji će od ova dva metoda koristiti na osnovu statistike signala razlike frame-ova. Za statične (delove) slike koristi se intra a za pokretne inter mod. Na osnovu jednog od ova dva postupka formira se predikcioni ("predviđeni") frame koji se oduzima od frame-a koji se procesira. Ovako dobijena razlika dalje se komprimuje korišćenjem DCT2 transformacije. Ovako dobijeni podaci su realni brojevi koji se zatim konvertuju u celobrojne vrednosti posebnim postupkom kvantizacije. Dobijene vrednosti se zatim preslože (interleaving) tako da se eventualne "burst" smetnje svojstvene kodovanom prenosu ravnomerno distribuiraju po celoj slici. Konačno, dobijene vrednosti se entropijski koduju i šalju u komunikacioni NAL (Network Abstraction Layer) za dalji transfer ili snimanje. Algoritam kao referencu koristi predhodni (predhodne) frame(-ove) koji se sintetišu na bazi kvantizovanih podataka.

Blok šema H.264 koder prikazana je na slici 15.1.

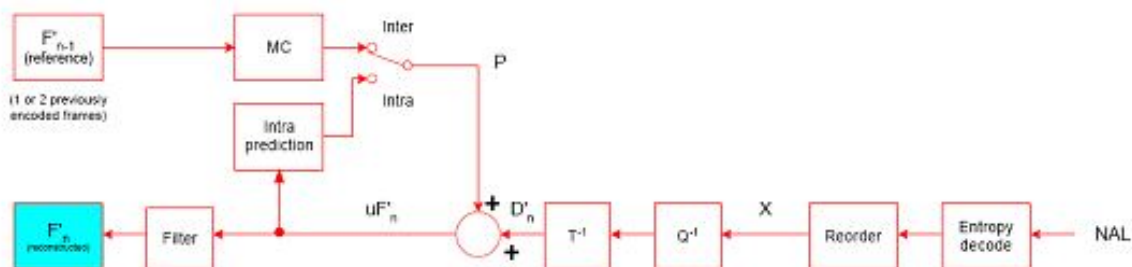


Slika 15.1. - Blok šema H.264 koder

Koder se sastoji od dva osnovna dela:

- direktni (označen plavom bojom) koji proizvodi kodovane podatke
- povratni (označen magenta bojom) koji rekonstruiše prethodni frame na osnovu kodovanih podataka

Povratni deo koder odgovara dekoderu. Blok šema H.264 dekoder prikazana je na slici 15.2.



Slika 15.2. - Blok šema H.264 dekoder

Dekoder dobija komprimovani niz iz NAL-a. Izdvajaju se dodatne informacije a podaci se entropijski dekoduju i preslože u originalni sled. Tako se dobijaju odbirci X. Kao u povratnoj grani koder, iz X odbiraka dobija se rekonstruisana makroblok diferencija D' . Korišćenjem informacije iz hedera kodovanog niza dekode formira predikcioni nv makroblok P identičan onom u koderu. Predikcioni makroblok P se dodaje diferenciji D_n' i tako formira rekonstruisani makroblok uF' (približna verzija makroblocka F). Primenom ivičnih filtara na rekonstruisane makroblobove konačno se dobija rekonstruisani makroblok F_n' .

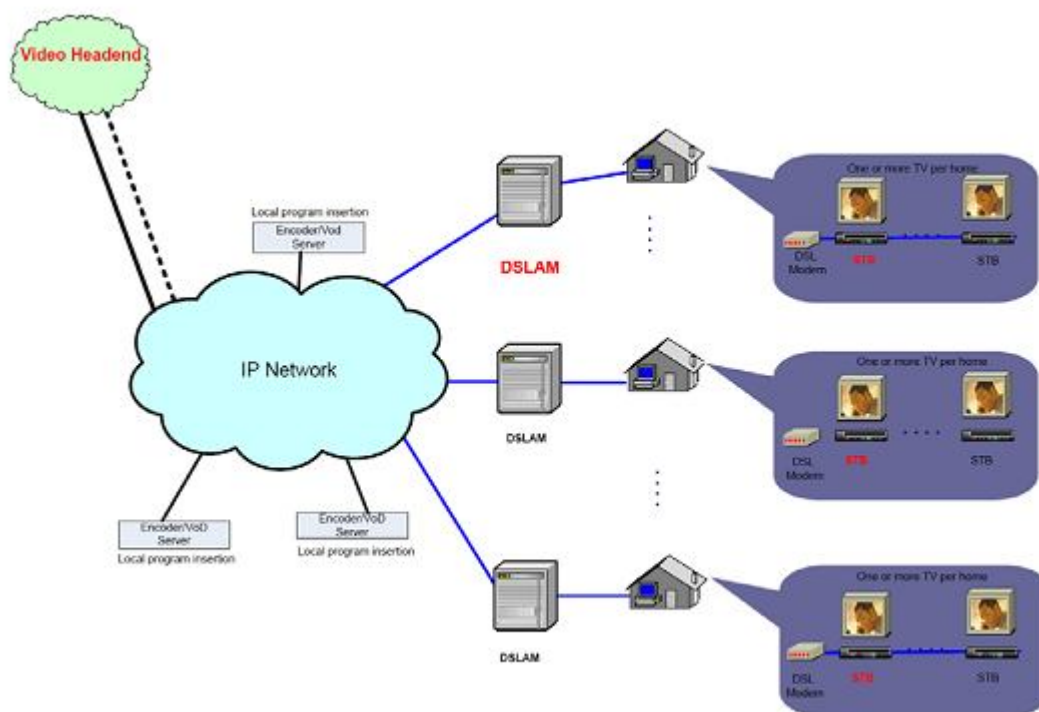
Treba imati u vidu da su koder i dekode tako konstruisani da su predikcioni makroblokov (P) u koderu i dekoderu identični.

16. Tipična infrastruktura distributivne IP mreže

Istraživanja su pokazala da će korisnik radije platiti atraktivan paket usluga koji uključuje Data/Voice/Video koji mu nudi jedan operater nego iste servise razdvojene na nekoliko operatera. S obzirom na razvoj tržišta i tehnologije, postoji velika potreba za migracijom telekomunikacione infrastrukture koja može da, osim dosadašnjeg prenosa glasa klasičnom fiksnom telefonijom, korisniku ponudi i dodatne usluge. Mreža mora biti spremna da prenese Voice, Data i Video (Video on Demand – VoD) i TV broadcast servise (u daljem tekstu će se koristiti termin IPTV), takozvani TriplePlay servis.

Ovo poglavlje ima za cilj da objasni i analizira **zahteve i tehnologije** za prenos Video sadržaja preko IP mreže, kao i da ponudi rešenja koja bi se mogla primeniti na jednu klasičnu telekomunikacionu infrastrukturu provajdera u Srbiji.

Na slici 16. je prikazana tipična arhitektura IPTV mreže.



Slika 16. - Tipična arhitektura za prenos IPTV servisa

Osnovne komponente su:

- Video Headend
- IP Mreža
- DSLAM
- Residential Gateway
- SetTopBox (STB)

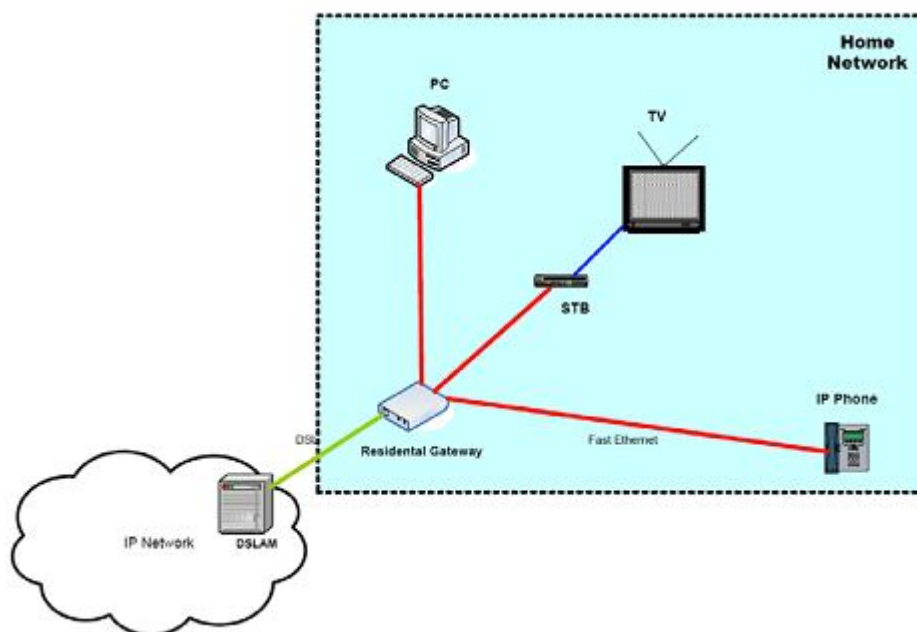
Video Headend je zadužen za generisanje i emitovanje video stream-ova (MulticastIPTV i Unicast-VoD). Poseban naglasak je na redundantnim linkovima između Video Headenda i ostatka mreže. Najveći broj programa se emituje sa jedne centralne lokacije, međutim lokalni programi se ubacuju u mrežu u zavisnosti od geografske lokacije i same prirode kanal.

IP Mreža mora biti sposobna da prenese Multicast i Unicast saobraćaj na pouzdan i kvalitetan način. Moraju se zadovoljiti kriterijumi propusnog opsega, pouzdanosti, odziva i mora biti primenjen odgovarajući QoS s obzirom na real-time prirodu video signala i zahtevani kvalitet IPTV /Video servisa.

Moderni **DSLAM**-ovi su IP-aware, što ih čini sposobnim za najvažniju stavku u IPTV/VoD sistemima, a to je replikacija multicasta, čime smanjuju potrebno opterećenje sa *Edge* rutera i čuvaju propusni opseg.

Residential Gateway je generički naziv za DSL ruter sa dodatnim funkcionalnostima. S obzirom na prirodu ovog servisa, neophodno je da modem ima više Fast Ethernet portova, a samim tim se javlja potreba i za IGMP Snooping funkcionalnošću u samom modemu. Osim toga, u zavisnosti od primenjenog modela, ovaj uređaj mora imati mogućnost da mapira odgovarajući PVC na odgovarajući VLAN.

Na slici slici 16.1. je prikazana detaljna šema tipičnog povezivanja uređaja u Triple Play konfiguraciji kod korisnika. Na Residential Gateway se priključuje računar (HSI–High Speed Internet servis), STB (IPTV/VoD) i IP Telefon (VoIP). Osnovna pretpostavka je da korisnik ima samo jedan STB uređaj, međutim, kako se servis bude razvijao i kako se budu nudile veće pristupne brzine, realno je očekivati da će potražnja za više STB-ova u jednom domaćinstvu rasti. Trenutno se na tržištu nude Gateway-i sa tipično 4 FastEthernet porta, što je dovoljno za realizacije Triple Play (HIS, IPTV/VoD, VoIP) servisa.



Slika 16.1. - Povezivanje korisnika

Osnovne funkcionalnosti koje mora da zadovolji Residential Gateway:

- Bridge/Router
- IGMP Snooping (Proxy)
- DHCP Server/Client
- Firewall
- QoS (DiffServ/802.1p)
- PVC/VLAN mapping (mapiranje odgovarajućeg PVC-a na odgovarajući fizički port na modemu)
- VLAN tagging (opciono)
- SNMP/TR-069 Management

STB (Set Top Box) predstavlja interface između TV aparata i mreže. Njegova osnovna funkcija je da dekoduje i konvertuje video signal u standardan TV format koji se može prikazati na odgovarajućem TV uređaju. U zavisnosti od servisa koji se nudi, zavise i eventualne dodatne funkcionalnosti STB-a. Za VoD servis, STB mora omogućiti i rewind, fast-forward, pause, stop i slow-motion kontrolu, šaljući odgovarajuće komande upstream kanalom do VoD servera. U zavisnosti od modela STB može imati i Hard Disk u sebi, dok je osnovni kriterijum minimalna memorija koja može da kompenzuje kašnjenja i jitter video signala koju unosi sama IP mreža. STB se priključuje sa Residential Gateway-om preko ugrađenog Fast Ethernet porta, dok je za konekciju sa TV aparatom uglavnom ponuđen širok dijapazon Interface-a (Composite, Stereo audio, RF output, S/P-DIF digitalni audio izlaz, HDMI). U poslednje vreme, sastavni deo STB-a jeste i USB port koji služi kao podrška za igračke konzole, čime se proširuje opseg servisa i usluga koji se mogu ponuditi korisniku.

16.1 Zahtevi krajnjeg korisnika

Uvođenje novih servisa uvek je rizičan proces kako komercijalno tako i tehnički. Uspeh je direktno povezan sa ispunjenjem zahteva krajnjeg korisnika. Televizijski servisi su prisutni već više od 60 godina tako da su korisnici već stekli odgovarajući subjektivni osećaj kvaliteta koji uključuje raspoloživost samog servisa, kašnjenje i kvalitet slike. Da bi se prenela TV slika IP mrežom, a da se pri tome ispune očekivanja korisnika, potrebno je garantovati kvalitet servisa čak pri najnepovoljnijim uslovima u mreži.

Zahtevi koje nameće krajnji korisnik i koji se direktno preslikavaju u zahteve koje prenos (IP mreža) mora da zadovolji su:

- Siguran kvalitet real-time servisa koji uključuje interaktivnost u radu kao i minimum vizuelnih i akustičkih smetnji
- Širok izbor video servisa (VoD, IPTV, PVR- Personal Video Recording, time-shift TV, izbor ekskluzivnog i zanimljivog sadržaja)
- Visoka raspoloživost što podrazumeva primenu redudanse u svim delovima mreže, brze mehanizme oporavka (**ispod jedne sekunde**)
- Jednostavno korišćenje

Dodatni zahtevi koje servis provajderi moraju da ispune:

- Optimizacija iskorišćenosti mrežnih resursa za unicast/multicast okruženje
- Minimizacija operacionih troškova pomoću naprednog management-a

- Brza implementacija i uvođenje novih servisa na tržište

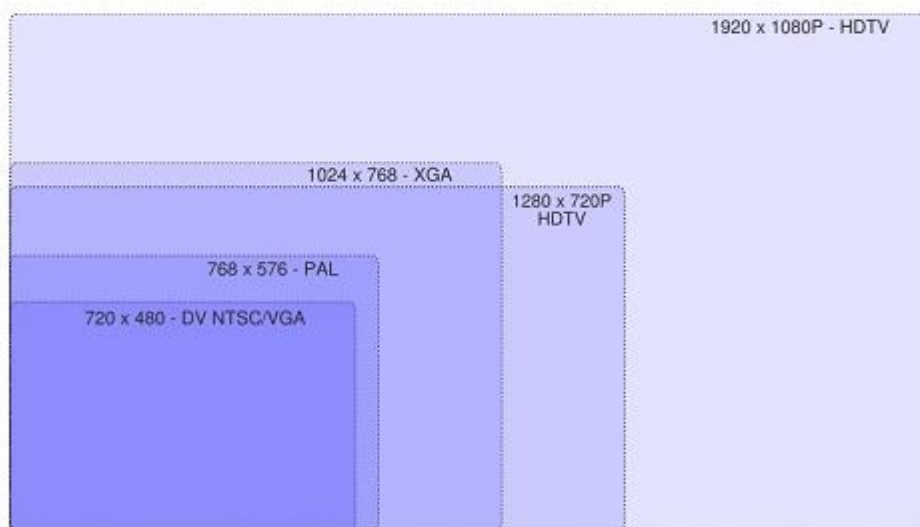
Osnovni kriterijum koji treba ispuniti je iskustveno dobijen: **dopušten je maksimalno 1 video „artifakt“ (greška, distorzija) u slici u periodu od 2h.**

Ovakvi zahtevi se mogu translirati na zahteve koje mreža mora da ispuni i to u vidu bandwidth zahteva, pouzdanosti prenosa, kvaliteta prenosa, itd.

16.2. Bandwidth – propusni opseg

IPTV i VoD servis zahteva visok raspoloživi bandwidth i predvidljive performanse. U zavisnosti od rezolucije i tehnologije koja se koristi za prenos video signala (kompresije i kodiranja), postoji nekoliko mogućnosti. Na slici 16.2. je prikazan pregled osnovnih video formata. U početnoj fazi implementacije, servis provajderi uglavnom nude Standard Definition TV (SD), dok kasniji razvoj servisa podrazumeva implementaciju High Definition formata.

Resolution	Type	Horizontal	Vertical	Frame/sec	Interlaced
480i	SDTV	720 pixels	480 pixels	25-30 fps	Yes
480p	EDTV ⁴⁴	640-852 pixels	480 pixels	50-60 fps	No
720i	HDTV	1024 pixels	720 pixels	25-30 fps	Yes
720p	HDTV	1024 pixels	720 pixels	50-60 fps	No
1080i	HDTV	1920 pixels	1080 pixels	25-30 fps	Yes
1080p	HDTV	1920 pixels	1080 pixels	50-60 fps	No



Slika 16.2. – Poređenje osnovnih video formata

U ovom trenutku, najrasprostranjeniji kodek je *MPEG 2*, ali kako se broj servisa koji se isporučuju korisniku povećava, novi *MPEG 4* kodek dobija na aktuelnosti, naročito *MPEG 4 Part 10 (H.264)* sa kojim se dobija duplo bolja kompresija (do 2Mb/s) nego sa *MPEG 2* kodekom (3 – 5 Mb/s) (Tabela 7).

Windows Media Video je generičko ime za skup video kodeka koju je razvila korporacija Microsoft. Aktuelna verzija *WMV9* obezbeđuje kompresiju sličnu onoj koja se dobija sa *MPEG4 (H.264)* kodekom.

	<i>Standard Definition (SD)</i>	<i>High Definition (HD)</i>
<i>MPEG 2</i>	3 – 5 Mb/s	18-20 Mb/s
<i>MPEG 4 Part 10 (H.264)</i>	2 Mb/s	8 – 12 Mb/s

Tabela 7 – Primena kodiranja na video formate

Od ukupnog broja IPTV kanal koji se prenose, direktno zavisi i potreban propusni opseg:

$$\text{Ukupan BW} = \text{Ukupan Broj IPTV Kanala} * \text{Protok Po Kanalu}$$

Svaki IPTV kanal (stream) se šalje samo jednom iz Video Headend-a, nezavisno od broja prijemnika koji gleda odgovarajući kanal. Ovakav način distribucije se postiže korišćenjem Multicast tehnologije prenosa u core i access mreži.

Na primer, za prenos 100 IPTV SD kanala uz pomoć MPEG-4 kodeka, potreban je propusni opseg od **200Mb/s** ($100 * 2\text{Mb/s}$). Ovaj saobraćaj će biti prenesen preko Core mreže do DSLAM uređaja, nezavisno od toga da li na samom DSLAM-u uopšte i postoji korisnik koji gleda neki kanal koji se nudi. Ova količina saobraćaja ne postavlja preterano velike zahteve pri implementaciji Core mreže.

Međutim, u pristupnoj (access) mreži, ovaj zahtevani protok već može predstavljati problem. Rešenje se pronalazi u redukovanju propusnog opsega korišćenjem IGMP (Internet Group Multicast Protocol) protokola koji se primenjuje na agregacionim switchovima i DSLAM uređajima. IGMP snooping može pasivno da prati IGMP Query, Report i Leave (IGMP version 2) pakete koji se razmenjuju između IP Multicast Ruter/Switcha i IP Multicast prijemnika (host) kako bi se saznala pripadnost hosta odgovarajućem kanalu. Bez IGMP multicasta, multicast saobraćaj bi se tretirao kao običan broadcast saobraćaj, odnosno puštao bi se na svim portovima. IGMP protokol će biti objašnjen u kasnijem tekstu.

VoD servis zahteva mnogo veći propusni opseg, obzirom na to da se u ovom slučaju prenos signala obavlja preko Unicast saobraćaja. Na primer, za planiranih 10 000 VoD korisnika (pri čemu se obično prognozira da će u prime-time, udarnom terminu **10 procenata** korisnika koristiti VoD servis istovremeno), i pri korišćenju MPEG-4 kodeka (2Mb/s), za zahtevani propusni opseg dobija se cifra od:

$$1000 * 2 \text{ Mb/s} = 2\text{Gb/s}$$

Stream nema konstantan protok u svakom trenutku vremena, već u zavisnosti od sadržaja zavisi protok (statična slika neće imati isti protok kao dinamična, s obzirom na količinu informacija koja mora da se koduje), tako da je ovo donja granica koju IP mreža mora da ispuni.

Pri uvođenju VoD servisa i osnovnoj proceni potrebnog propusnog opsega, mora se voditi računa o najgorem slučaju. Uzmimo primer da celokupan broj procenjenih VoD korisnika istovremeno zahtevaju streaming pri čemu mreža radi sa maksimalnim kapacitetom. Ukoliko još jedan korisnik zatraži stream, i video server odobri ovaj zahtev i pošalje ovaj stream u mrežu, može doći do zagušenja i gubitka paketa za sve korisnike, odnosno streamove. Zbog toga je neophodno primeniti inteligentnu kontrolu propusnog opsega, odnosno neku vrstu CAC-a (Call Admission Control), čime bi se tom korisniku koji je „višak“, zabranila isporuka servisa dok se ne oslobode odgovarajući resursi u mreži.

16.3. Odziv mreže

Očekuje se da će kašnjenje prilikom menjanja kanala u slučaju kada se *multicast* koristi za transport video saobraćaja, biti veće nego u slučaju analogne televizije.

Glavne komponente kašnjenja usled menjanja kanala su sledeće:

- *Multicast Leave* za stari kanal (50 msec)
- Kašnjenje zaustavljanja *multicast stream*-a (150 msec w/*Fast Leave*)
- Kašnjenja usled IGMP upita/*Timeout*-a na *access* linku
- *Multicast join* za novi kanal (50 msec - 200 msec)
- Punjenje *Jitter buffer*-a (200 msec)
- Kašnjenje I-rama (500 msec – 1 sec)
- (Opciono)Kašnjenje koje unosi Conditional Access (0msec – 2 sec)

Najveće kašnjenje unosi kašnjenje I-rama. Da bi se smanjio propusni opseg potreban za prenos digitalnog videa, metodama kompresije kao što je MPEG se video ramovi digitalnog video *stream*-a komprimuju u tri različita tipa ramova. Ovi ramovi se zovu: I ramovi, B-ramovi i P-ramovi. I-ram je komprimovana verzija kompletne informacije u jednom ramu video *stream*-a. Na osnovu I-rama se MPEG dekompresijom se može ponovo formirati polazni ram. Kraća rastojanja I ramova rezultuju kraćim vremenima promene kanala, dok duža rastojanja I-ramova za posledicu imaju duža vremena promene kanala. Da bi se poboljšalo vreme promene kanala, STB bi morao automatski da prikazuje dialog box sa imenom programa čim dobije zahtev za promenom kanala. Ovo nam garantuje da korisnik što manje vidi crni ekran što drastično poboljšava user-experience

IP packet transfer delay (PTD) se definiše kao vreme koje je potrebno paketu da prođe od Headend-a do STB-a. Packet delay variation (PDV) odnosno Jitter se definiše kao razlika u PTD vrednostima između dva paketa u **istom** streamu i meri se kao razlika između najmanje i najveće vrednosti PTD-a

$$PDV = PTD_{max} - PTD_{min}$$

Ukupno kašnjenje paketa kroz mrežu se može podeliti na kašnjenje paketa usled čekanja u redu da bude poslat (*queuing delay*), kašnjenje pri prenosu (*transmission delay*) i propagaciono kašnjenje (*propagation delay*). Od tri navedena, odgovarajućim mehanizmima možemo uticati samo na prvi.

Queuing delay - predstavlja vreme čekanja paketa u redu pre nego što bude poslat kroz odgovarajući interface. U slučaju opterećenja mreže ovo kašnjenje se uvećava i obično predstavlja najduže kašnjenje od svih navedenih. Implementacija QoS-a (*Quality of Service*) direktno utiče na ovu vrstu kašnjenja

Transmission delay - predstavlja vreme potrebno za serilizaciju paketa preko odgovarajućeg linka i obrnuto je proporcionalno brzini linka. Za datu dužinu paketa i određeni tip Interface-a ovo kašnjenje ima konstantnu vrednost, dok su varijacije u zavisnosti od vrste primenjenog Interface-a prilično velike. Na primer, paket veličine 532 bajta je transmitovan preko DS-1 linka za 3ms, dok kod STM-4 linka to vreme iznosi ispod 7μs

Propagation delay - predstavlja vreme potrebno paketu da pređe određeno rastojanje preko specifičnog medijuma. Brzina prostiranja svetlosti kroz optičko vlakno iznosi približno $0.6c$, gde je c brzina svetlosti. To znači da će za rastojanje od 600 milja u oba smera paketu biti potrebno $(600\text{mi} \times 2)/(0.6 \times c) = 10.75\text{ms}$

16.4. Pouzdanost mreže

Pouzdanost i raspoloživost video servisa je jedan od ključnih kriterijuma pri dizajnu mreže. Ovo podrazumeva implementaciju redundanse u svim delovima mreže - od IP Core/Edge/Access pa do Video Headend opreme. Redundansa se može posmatrati na nivou samog uređaja i na nivou linkova i samih čvorova. U okviru uređaja način realizacije zavisi od samog proizvođača opreme. Od hardverskog dela najčešće se pravi redundansa na nivou napajanja, kontrolnih ploča. Udvojeni linkovi se najčešće završavaju na različitim Interface-nim pločama na istom uređaju.

Da bi IP mreža brže odreagovala na ispad nekog linka koristi se MPLS i FRR sa mogućnošću prelaska na alternativni put u roku od 50ms (zavisi od tipa Interface-a koji se koristi).

16.5. Kvalitet servisa

Implementacija IPTV/VoD servisa postavlja nove standarde u pogledu očekivanog kvaliteta i zahteva samog korisnika. I kod IPTV kao i kod VoIP je veoma važno da u mreži kroz koju se servis distribuira bude omogućena kontrola kvaliteta. Da bi se uspešno realizovao IPTV sistem, očekivanja korisnika moraju biti ne samo ispunjena već i premašena. Međutim, čim se pređe na ocenu kvaliteta video signala, izlazimo iz okvira tehničkih karakteristika i u kalkulaciju ulazi subjektivan osećaj korisnika i njegovo iskustvo pri korišćenju servisa. Osnovni kriterijum koji smo već pominjali i koji treba ispuniti je iskustveno dobijen i glasi: **dopušten je maksimalno 1 video „artefakt“ (greška, distorzija) u slici u periodu od 2h.**

IP packet loss ratio (PLR) se definiše kao odnos između broja izgubljenih paketa u odnosu na broj prenetih paketa.

$$\text{PLR} = \text{Broj Izgubljenih Paketa} / \text{Broj prenetih paketa}$$

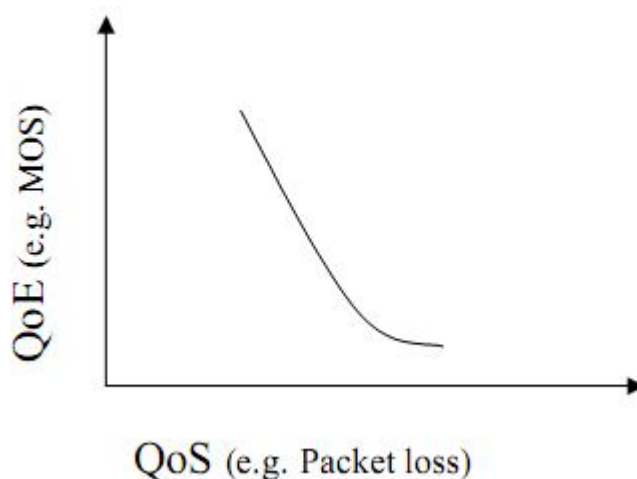
Kada se prethodno postavljeni zahtev mapira sa aplikacionog nivoa na mrežni nivo, dobijamo zahtev da gubici paketa iznose maksimalno 10^{-6} .

Različiti su problemi koji mogu da utiču na kvalitet video signala koji se isporučuje krajnjem korisniku. U svim delovima IP mreže, od Core ruteru, preko Edge i Access mreže može doći do zagušenja, gubitaka paketa, pada linkova i sistema, što dovodi do neželjenih pojava koje su itekako vidljive za korisnika. IP mreža servis provajdera može u potpunosti zadovoljiti sve principe po pitanju redundantnosti i pouzdanosti, ali nikako se ne mogu u potpunosti eliminisati neželjene pojave. Međutim, te pojave se moraju smanjiti na najmanju moguću meru, smanjiti njihov uticaj na pojave u slici i učiniti ih predvidljivim i konzistentnim. Failover linkova i procesa u samom ruteru mora zadovoljiti kriterijum da traje ispod 1 sekunde. U suprotnom, korisnik će ne samo primetiti greške u slici već može da se desi najgori slučaj, a to je *zamrzavanje slike* koji nikako ne bi smeo da se desi.

Greške na pretplatničkoj DSL liniji mogu da imaju mnogo veći uticaj nego greške koje se dešavaju u mreži. Kako je DSL servis u samom početku dizajniran za prenos podataka (High Speed Internet - HSI) i s obzirom da je u pitanju uglavnom TCP prenos gde se koristi retransmisija podataka, tolerancija na gubitak paketa je mnogo veća (obično 10^{-4}). Ovo je potpuno neprihvatljivo za isporuku IPTV/VoD servisa. Na primer BER (Bit Error Rate) na DSL liniji od 10^{-6} pri prenosu slike može se manifestovati kao jedna greška po minutu!

QoE (Quality of Experience) se definiše kao subjektivni osećaj krajnjeg korisnika o kvalitetu servisa/aplikacije. QoS se obično definiše kao ocena performansi same mreže, što predstavlja objektivno merenje.

Uprkos razlici, postoji povezanost između QoS/QoE. Primer je prikazan na slici 16.3. *Mean Opinion Score* (MOS) je parametar koji se meri na veoma kontrolisan način, pri čemu se meri srednja vrednost ocena specifične grupe korisnika o odgovarajućem servisu (slici, video klipu, itd.)



Slika 16.3. – Povezanost QoS i QoE

Kako je MOS krajnje neodgovarajući parametar pri pružanju usluga Live servisa kao što su VoD i IPTV, težilo se ka drugim objektivnijim i lakše merljivim parametrima koji će na pravi način da pokažu ocenu kvaliteta korisnika. Jedan od načina je kreiranje HSVM modeli (*Human Vision System Model*), koji modelira korisničko ponašanje i navike i koji kao rezultat daje odgovarajuću ocenu, koja je približno jednaka onoj kojoj bi dao i živ korisnik. Tačnost koja se u poslednje vreme postiže iznosi 95 procenata.

Rešenje koje je moguće primeniti jeste upotreba RTP/RTCP protokola koji omogućava ograničene mehanizme kontrole grešaka i retransmisije. Ugrađeni mehanizmi u SetTopBox omogućavaju da se korišćenjem RTCP protokola prati pojava gubitaka paketa na liniji i traži retransmisija istog pre nego što se sam izgubljeni ili oštećen paket dekodira i izazove vidljivu grešku u slici. STB uz pomoć ugrađenog bafera može kompenzovati i druge negativne pojave, kao što je jitter. Jitter se definiše kao varijacija kašnjenja u mreži. Najpovoljniji slučaj je da kašnjenje (delay) u mreži bude konstantno za vreme trajanja prenosa video signala, što sam korisnik neće primetiti. Međutim, varijaciju kašnjenja mora da kompenzuje STB korišćenjem sopstvenih bafera čime je moguće kompenzovati jitter od

150 - 200ms. Vrednost jittera koja je veća od te vrednosti se smatra neprihvatljivim pri prenosu realtime saobraćaja.

16.6. Bezbednost

U ovom poglavlju će biti opisani mogući bezbedonosti problemi koji mogu nastati u primeni IPTV Servisa. Oni se mogu podeliti na:

- Napadi na IP mrežu
- Napadi na Video Headend servere
- Krađa sadržaja i neautorizovani pristup servisima

Ovom prilikom ćemo objasniti zaštitu od krađe sadržaja i neautorizovanog pristupa servisima.

Jedno od velikih pitanja koja se nameće pri implementaciji IPTV/VoD servisa jeste i pitanje zaštite sadržaja koji se emituje. Osim toga, tu je i pitanje autorizacije i kontrole prava samog korisnika, koji može iskoristiti slabo zaštićen sistem da priključi svoj STB uređaj i da pristupi svim servisima koji se nude i regularnim korisnicima.

Ovaj problem se može rešiti na nekoliko načina i uglavnom se potpuno ili delimično primenjuju svi zajedno. Korak zaštite koristi činjenicu da STB mora prvo da se prijavi na Middleware sistem da bi dobio odgovarajuće informacije. Na taj način je moguće u menadžment sistemu Middleware-a zapisati **MAC adresu SetTopBox-a** samog korisnika tako da se samo poznate MAC adrese mogu registrovati na Middleware. Ovaj sistem se koristi i u kablovskim sistemima (MAC adresa kablovskog modema se zapisuje u CMTS).

17. QoS

Tipične IP mreže vrše prenos paketa nezavisno od bilo kakve kontrole protoka ili kašnjenja pri prenosu. Za takve mreže kažemo da pružaju uslugu *best-effort* servisa, što znači da kvalitet ponuđenog servisa odgovara kvalitetu mrežne opreme i kapacitetu linkova. Za standardne IP aplikacije ovo predstavlja zadovoljavajući način prenosa kroz mrežu. Ipak, IP aplikacije kao što su video prenos u relnom vremenu ili prenos glasa preko IP mreže (VoIP), zahtevaju manje vrednosti kašnjenja, varijacije kašnjenja (*jitter*), kao i gubitka paketa pri prenosu, što *best-effort* mreža ne može pouzdano da garantuje. Za mreže koje podržavaju navedene aplikacije neophodna je primena QoS-a. Na raspolaganju su nam tri servisna modela:

Best effort - BE je *single-service model* u kome aplikacija šalje podatke, kada god mora i bez ograničenja u količini i bez najave ka mreži. Za takve aplikacije, mreža isporučuje pakete ako može, bez ikakvih garancija kvaliteta, garancije protoka niti dozvoljenog kašnjenja. Cisco IOS QoS *feature* koji implementira BE servis je *first-in, first-out (FIFO) queuing*. Ovakav način je pogodan za širok spektar mrežnih aplikacija kao što su *file transfer*-i ili e-mail.

Integrated service – je multiservisni model. Aplikacija u ovom slučaju, zahteva specifičan servis od mreže pre slanja podataka. Zatev se šalje eksplicitno, tako što aplikacija obaveštava mrežu o tipu podataka, odnosno o profilu saobraćaja, i zahteva određen *bandwith* i kašnjenje kroz mrežu. Aplikacija šalje saobraćaj definisanog tipa u

zahtevu, samo posle dobijanja potvrde od mreže. Ovaj model može biti posebno interesantan pri implementaciji Video on Demand (VoD) servisa, pri čemu se potreban propusni opseg za prenos stream-a *promenljiv* u zavisnosti od složenosti slike koja se koduje i prenosi.

Differentiated service – je multiservisni model, gde se kroz mrežu isporučuje određena vrsta servisa bazirana na QoS i označavanjem svakog paketa. Označavanje se može sprovesti na primer pomoću IP Precedence bita u IP paketu ili pomoću *source* i *destination* adresa. Onda se u mreži pomoću označavanja, paketi klasificiraju, vrši se inspekcija saobraćaja, ili se radi inteligentno raspoređivanje po redovima čekanja.

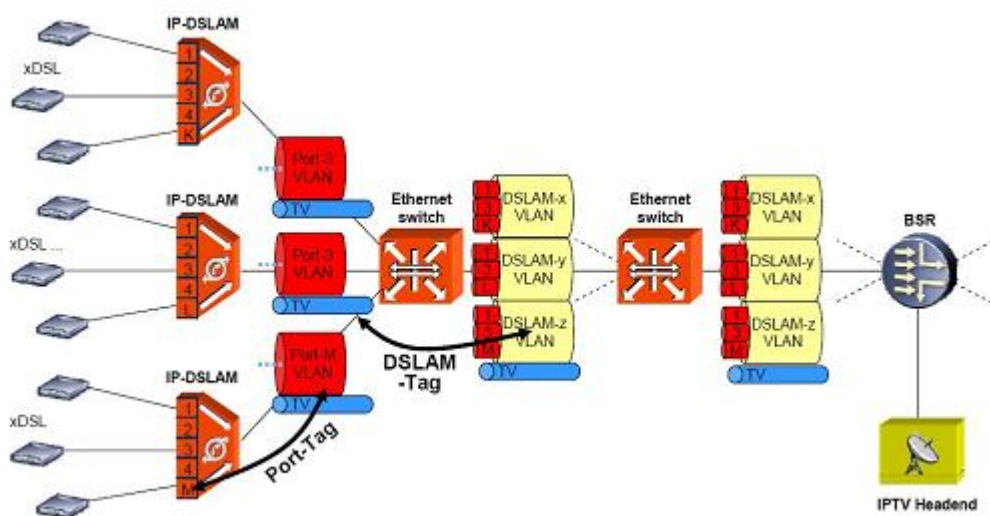
Većina mrežnih tehnologija predvidela je unutar svojih zaglavlja polja koja bi podržala QoS funkcionalnost. To su IP *Type-of-Service* (ToS) biti, biti unutar IEEE 802.1P VLAN zaglavlja i MPLS eksperimentalni biti (EXP). Korišćenjem najviših 6 bita ToS polja i ostalih specijalnih bita koji su na raspolaganju omogućava se razdvajanje 64 različite klase servisa.

18. Izbor arhitekture VLAN-ova u Access mreži

Postoje dva načina za realizaciju isporuke multicast saobraćaja ka DSL korisniku access mreže:

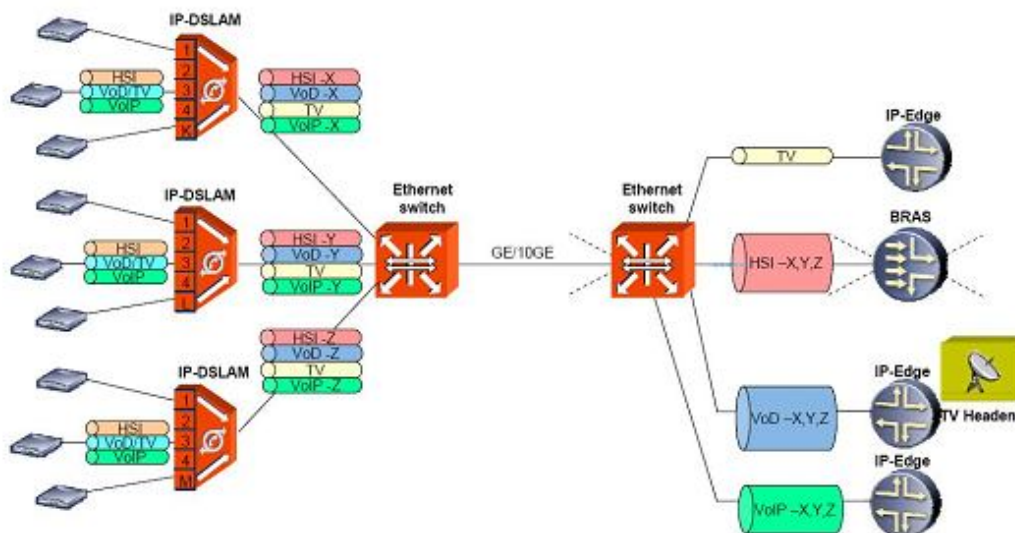
- 1:1 (VLAN per subscriber)
- N:1 (VLAN per service)

Prvi način realizacije (1:1), prikazan na slici 18. koristi opciju stekovanja VLANova. Unutrašnji (Inner) VLAN tag identifikuje korisnički port na DSLAM-u, dok spoljni (Outer) VLAN tag identifikuje DSLAM: Ovakav način se obično primenjuje u mrežama gde se isporuka video saobraćaja obavlja preko jednog IP Edge rutera, takozvanog Broadband Service Router (BSR).



Slika 18. - VLAN per subscriber model

Mnogo fleksibilniji model implementacije jeste N:1 odnosno VLAN per service, prikazan na slici 18.1. Osnovni cilj je optimizacija isporuke različitih servisa kroz access i edge mrežu. Ovo podrazumeva korišćenje ne samo Multicast-VLANa već i posebnih servisnih VLAN-ova za Data i Voice servise.



Slika 18.1. - VLAN per service model

Ovaj način realizacije zahteva da se na samim DSL modemima koriste specifični PVCovi za specifične servise, odnosno mogućnost mapiranja PVC – VLAN.

18.1 Potrebne DSLAM funkcionalnosti

Osnovna pitanja na koja treba odgovoriti pri razmatranju varijanti implementacije IPTV-a u mreži:

- Da li DSLAM mora da replicira IPTV (multicast) saobraćaj?
- Da li se samo oni kanali koji se trenutno gledaju šalju ka DSLAM-u ili se šalju svi raspoloživi kanali?

Ukoliko se replikacija multicast saobraćaja obavlja tek na Edge ruteru, isti multicast kanal se prosleđuje ka DSLAM-u nekoliko puta (onoliko puta koliko korisnika zahteva taj kanal). Na taj način se povećava opterećenje Edge rutera i nepotrebno opterećuje propusni opseg ka DSLAM-u. Osim toga, vreme promene kanala, takozvani “channel zapping time” je mnogo manji ukoliko je DSLAM sposoban da replicira multicast kanal. DSLAM ne sme da radi *broadcast* saobraćaja koji je *multicast* ka svim korisnicima.

Ukoliko se odlučimo za replikaciju multicasta na DSLAM-u, imamo dve mogućnosti, dva modela isporuke multicasta ka DSLAM-u:

- Multicast push
- Multicast pull model

Multicast push model podrazumeva da se svi kanali u svakom trenutku isporučuju DSLAM-u od strane Edge rutera. Ovo se obavlja sa *static* IGMP komandom na Edge ruteru.

U multicast pull modelu, DSLAM-u se isporučuje samo kanal koji korisnik želi da gleda. IGMP snooping se konfiguriše na DSLAM-u, koji na taj način prati zahteve od korisnika za odgovarajuće kanale, i prosleđuje te zahteve ka Edge ruteru.

Međuvarijanta je da najtraženiji kanali budu u svakom trenutku prosleđivani od Edge rutera ka DSLAM-u (*multicast push*), dok bi se za manje popularne kanale koristio *multicast pull* model.

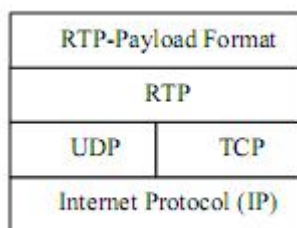
18.2. VoD servis unicast

Kod Video-on-Demand servisa, za razliku od IPTV-a, prenos video signala se obavlja kao **Unicast saobraćaj**. To znači da se kroz mrežu šalje onoliko stream-ova koliko ima zahteva od korisnika za željenim sadržajem, direktni unicast od video servera do korisnika. Osim toga, VoD podrazumeva i odgovarajuću dozu interaktivnosti od strane korisnika (pauziranje filma, premotavanje napred/nazad), što postavlja dodatne zahteve u smislu pouzdanosti, smanjenja kašnjenja i povećanja upstream brzine od korisnika ka mreži.

19. Video over UDP/RTP

Video se emituje kao niz frejmova (slika) tipičnom brzinom od 25-60 frejmova u sekundi. Svaki frejm se komprimuje, što može biti urađeno sa različitim algoritmima i efikasnošću. U MPEG algoritmu, frejmovi mogu biti komprimovani nezavisno od drugih frejmova ("I" – intra frejm) ili na osnovu razlike u odnosu na druge frejmove ("B" i "P" – inter frejm). Tako komprimovani frejmovi se kombinuju u veće grupe (Transport Unit).

Kao transportni protokol (Layer 4) protokol za prenos video saobraćaja preko IP mreže, na raspolaganju nam je UDP, TCP, RTP i RTCP protokol. UDP i TCP obezbeđuju osnovnu funkcionalnost dok "iznad" njih funkcionišu RTP i RTCP protokoli - slika 19.



Slika19. – Mesto RTP u odnosu na UDP/TCP IP protokole

TCP ima prednost u odnosu na UDP protokol jer koristi retransmisiju ukoliko se desi gubitak paketa u prenosu, čime se obezbeđuje pouzdan mehanizam za razliku od UDP protokola. Osim toga, TCP omogućava *flow control* i *congestion control* u prenosu saobraćaja. Međutim, TCP retransmisija unosi kašnjenje koje je neprihvatljivo za prenos real-time saobraćaja kao što je video, tako da je UDP najčešći protokol za streaming video sadržaja preko IP mreže. Nedostatak mehanizama za garantovanje isporuke paketa se nadoknađuje upotrebom RTP/RTCP protokola.

20. Pregled multicast protokola protokola koji se koriste (IGMP, PIM)

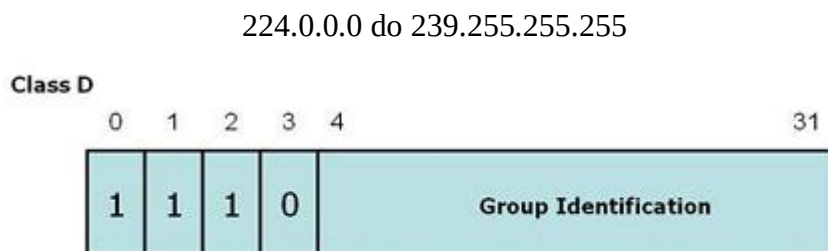
Multicast može biti iskorišćen za slanje podataka ka više klijenata (hostova) istovremeno, što znači da se paketi ne dupliraju za svaki host, već se šalju kao jedan stream pri čemu downstream ruter obavlja replikaciju paketa ka hostovima.

Na ovaj način postižemo:

- Kontrolu mrežnog saobraćaja
- Smanjenje potrebnog propusnog opsega za prenos stream-ova
- Redukovanje CPU opterećenja servera
- Izvor Multicasta ne mora da poznaje unicast IP adresu klijenata

Osnovni nedostatak Multicast protokola jeste činjenica da se kao Layer 4 protokol koristi UDP (User Datagram Protocol) koji nema mehanizme kontrole koje ima TCP protokol (retransmisiju, kontrolu zagušenja). Zbog toga su multicast paketi podložniji gubicima, ukoliko se ne primene odgovarajući QoS mehanizmi u IP mreži.

Multicast IP adrese koriste Class D adresni opseg, u formatu prikazanom na slici 20.



Slika 20. - Multicast adresa

20.1. IGMP

IGMP (*Internet Group Multicast Protocol*) se koristi za dinamičku registraciju pojedinih korisnika unutar multicast grupe na datom LAN segmentu. Korisnik se pridružuje multicast grupi slanjem IGMP poruka lokalnom multicast ruteru. Ruter osluškuje IGMP poruke (IGMP Snooping) i periodično šalje upite kako bi otkrio koje grupe su aktivne ili neaktivne na datom subnetu. IGMPv2 (RFC 2236) protokol je u osnovi sličan IGMPv1 protokolu i interoperabilan je sa njim. Dodatna funkcionalnost IGMPv2 protokola podrazumeva podršku za *Leave Group* poruku kojom krajnji korisnik specificira da želi napustiti datu multicast grupu. Ova funkcionalnost značajno redukuje kašnjenje u poređenju sa IGMPv1 protokolom. Oba IGMP protokola podržana su na Microsoft Windows operativnim sistemima, dok većina SetTopBox-ova podržava IGMPv2.

IGMP poruke:

- Join: IGMP klijent šalje IGMP Join poruku u kojoj specificira da „želi da postane“ član odgovarajuće multicast grupe. Multicast ruter će primiti ovu poruku, ubaciće IP adresu klijenta u listu klijenata koji žele da primaju odgovarajući kanal i proslediće stream ka tom klijentu
- Leave: IGMP klijent šalje poruke da više ne želi da prima saobraćaj iz odgovarajuće multicast grupe (na primer, pritisli smo dugme za promenu kanala na daljinskom upravljaču). U ovom slučaju, ruter prima poruku na multicast adresi 224.0.0.2 i šalje Group Specific Query poruku kojom proverava da li postoji još neki host koji želi da prima ovu multicast grupu, čime se smanjuje kašnjenje u IGMP procesu. Ukoliko se desi da ima još hostova za tu grupu, taj host šalje Report poruku ruteru. Host koji ne odgovori na Group Specific Query se briše iz liste klijenata za tu grupu.
- Query: IGMP ruter „pita“ klijente kojoj grupi pripadaju. Ovo se obavlja da bi se verifikovali JOIN/LEAVE zahtevi ili da bi se izbegle eventualne greške. Na primer, STB može biti isključen pa samim tim neće poslati LEAVE poruku zbog čega može da se desi da IGMP ruter (DSLAM) i dalje šalje stream ka tom klijentu i samim tim nepotrebno iskoriscava ionako mali propusni opseg.

20.2. PIM

PIM (*Protocol Independent Multicast*) protokol se koristi za rutiranje multicast grupa. Na raspolaganju su nam PIM DM (Dense Mode), PIM SM (Sparse Mode) i PIM SSM (Source Specific Multicast).

PIM može koristiti bilo koji IP unicast protokol rutiranja, npr. ISIS, OSPF, BGP ili statičke rute, da bi obezbedio prosleđivanje multicast paketa. PIM koristi unicast tabelu rutiranja za RPF (Reverse Path Forwarding) proveru umesto formiranja nezavisne multicast tabele rutiranja.

Za implementaciju IPTV-a, najinteresantniji su PIM SM i PIM SSM.

PIM *Sparse Mode* (PIM-SM) koristi model distribucije multicast saobraćaja opisan u RFC-u 2362. Saobraćaj se prosleđuje samo onim segmentima mreže sa aktivnim korisnicima koji žele primiti multicast saobraćaj date grupe posle slanja eksplicitnog zahteva za dostavom podataka. PIM *Sparse Mode* koristi eksplicitni model pridruživanja, koji podrazumeva slanje *PIM Join* poruke za pridruživanje željenoj multicast grupi ka RP (*Rendezvous Point*) ruteru. RP ruter predstavlja centar distributivnog stabla kojim prolazi sav multicast saobraćaj. Serveri se registruju na RP ruter slanjem *Register* poruke. RP ruter prosleđuje *Join* poruku ka izvoru multicast saobraćaja, posle čega se uspostavlja tok saobraćaja od izvora do krajnjeg korisnika.

U PIM SSM modu, prijemnik mora eksplicitno da navede IP adresu multicast izvora (S) za odgovarajući multicast kanal (G).

Ovo zahteva da prijemnik eksplicitno navede IP adresu multicast izvora od kojeg će da prima odgovarajuću multicast saobraćaj. To se može realizovati uz pomoć IGMP verzije 3, u kojoj postoji mogućnost specificiranja adrese izvora (IGMP INCLUDE). Kako IGMPv3 još uvek nije u potpunosti implementirana u svim uređajima, za sada se koristi IGMPv2.

21. Klasifikacija IPTV usluga

U diskusijama vezanim za IPTV, kako u okviru ITU-a tako i u stručnoj javnosti uopšte pominju se mnoge usluge IPTV sistema ali bez reda i uz izvesna dupliranja. Zato je ITU izvršila klasifikaciju IPTV usluga. Usluge su podeljenje u pet osnovnih grupa usluga:

- IPTV komunikacione usluge
- IPTV interaktivne usluge
- IPTV komercijalne usluge
- IPTV VoD usluge
- IPTV kanal usluge

21.1. IPTV komunikacione usluge (IPTV-Communication)

IPTV komunikacione usluge obezbeđuju metode za razmenu video, audio i tekst podataka. Ove usluge uključuju SMS, T-mail (slanje e-mail poruka preko TV terminala), VoIP, video konferencija, TV poruke (poruke i prepiska preko TV terminala) i slično.

21.2. IPTV interaktivne usluge (IPTV-Interactive)

IPTV interaktivne usluge koje obezbeđuju interaktivnu komunikaciju između provajdera i korisnika za usluge sadržaja i informacija. Ove usluge uključuju mrežne igre, informativne usluge (vesti, vremenska prognoza, informacije o saobraćaju, pozorišta/bioskopi itd.), elektronske učionice, TV glasanje, TV karaoke i slično.

21.3. IPTV komercijalne usluge (IPTV-Commerce)

IPTV komercijalne usluge omogućavaju korisniku da kupuje robu i koristi finansijske usluge pružajući mogućnosti za plaćanje i sigurne finansijske transakcije preko TV terminala. Ove usluge uključuju, kupovinu, interaktivne reklame, T-Banking, usluge trgovine vrednosnim papirima (akcije i sl.) itd.

21.4. IPTV-VoD

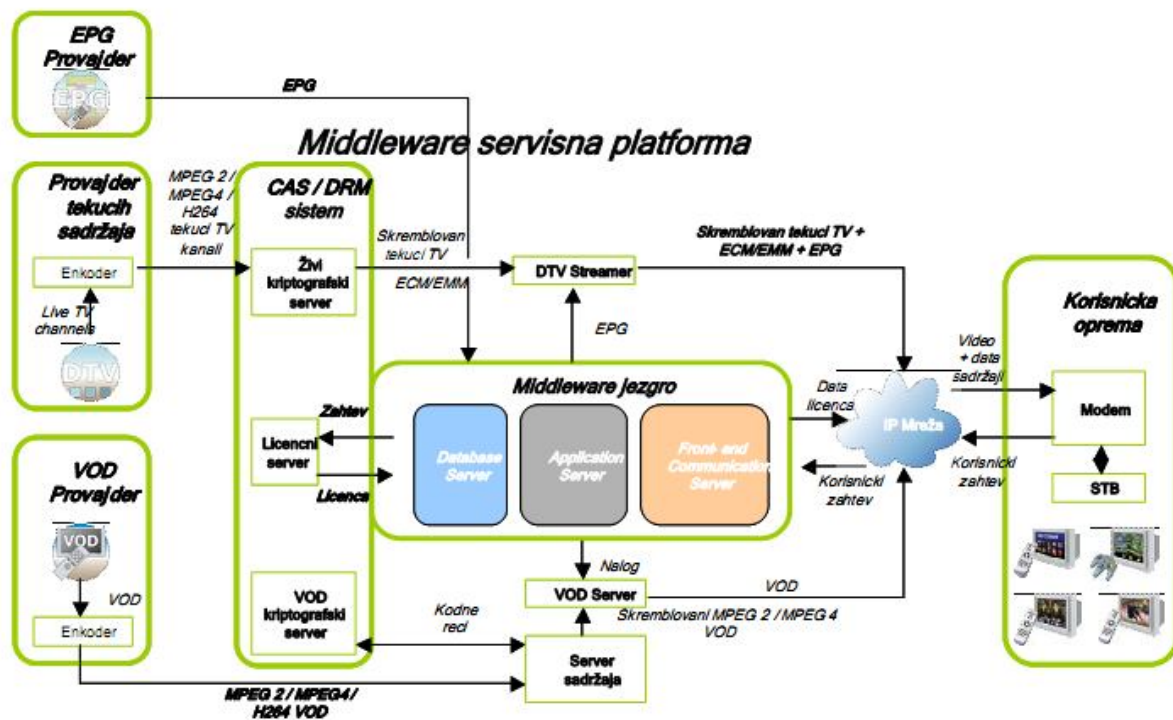
IPTV-VoD je usluga videa-po-zahtevu (Video-on-demand) kojom se obezbeđuje video, audio i data usluga po korisnikovom zahtevu. Ova usluga uključuje SvoD (subscriptionVoD, VoD pretplata), FvoD (besplatna VoD), Push VoD, NVoD (Near Vod), Time-shift TV itd.

21.5. IPTV kanal usluge (IPTV-Channel)

IPTV kanal usluge obezbeđuju linearnu (kontinualnu, živu) distribuciju video, audio signala i podataka.

22. Generalna arhitektura IPTV sistema

Generalna arhitektura IPTV sistema na koju se oslanje njegova praktična realizacija prikazana je na slici 22.



Slika 22. – Generalna arhitektura IPTV sistema sa Middleware-om u sredini

Kao što je više puta navedeno jezgro IPTV sistema predstavlja Middleware. Provajderi sadržaja, kako tekućeg, živog, tako i snimljenog (VoD) dostavljaju svoje sadržaje Middleware-u. U tom procesu sadržaji se komprimuju entropijskim koderima i po potrebi skladište (VoD) ili direktno emituju (živi TV sadržaj). Uz živi sadržaj provajder obezbeđuje i elektronski programski vodič (EPG) koji se takođe prima, smešta i održava od strane Middleware-a.

Emitovanjem sadržaja upravlja se preko sistema za ograničenje pristupa (CAS/DRM). Ovaj sistem proverava svaki zahtev od korisnika i upoređuje ga se korisničkim profilom na osnovu kojeg utvrđuje da li korisnik ima prava na isporuku tog sadržaja. Ukoliko je odgovor pozitivan generiše se adekvatna licenca (dozvola) i kriptografski ključ. Na osnovu ovih parametara kriptografski serveri skremljuju sadržaj koji je tada spreman za isporuku korisniku.

Sadržaj koji je pripremljen za isporuku korisniku prevodi se u digitalni IP tok, stream koji se uvodi u IP mrežu preko koje dolazi do krajnjeg korisnika. Krajnji korisnik preko svog IPTV uređaja, STB-a, upravlja uslugama IPTV sistema. Preko STB-a korisnik pregleda raspoložive sadržaje (živi preko EPG ili mozaika a VoD preko lista za prikaz) i

izdaje komande za njihovu isporuku na korisnički displej (preko STB-a). Korišćenjem STB-a korisnik može da ostvaruje i druge usluge koje se nude u IPTV (TriplePlay i sl.). Svim pomenutim procesima u IPTV sistemu upravlja Middleware koji predstavlja skup softverskih aplikacija kojima se realizuju usluge IPTV sistema i ostvaruje upravljanje i nadzor njegovog rada.

U jezgru Middleware-a nalaze se tri osnovne vrste aplikacija:

- **Baze podataka** u kojima se smeštaju podaci o raspoloživim sadržajima, podaci o resursima IPTV sistema i njihovom trenutnom stanju, korisnicima i njihovim tehničkim i komercijalnim karakteristikama i drugi podaci od važnosti za ispravan rad IPTV sistema.
- **Aplikacije** kojima se realizuju usluge IPTV sistema i nadzor i upravljanje njegovim radom.
- **Komunikacione aplikacije** reko kojih se ostvaruje i održava veza između IPTV sistema i njegovih korisnika.

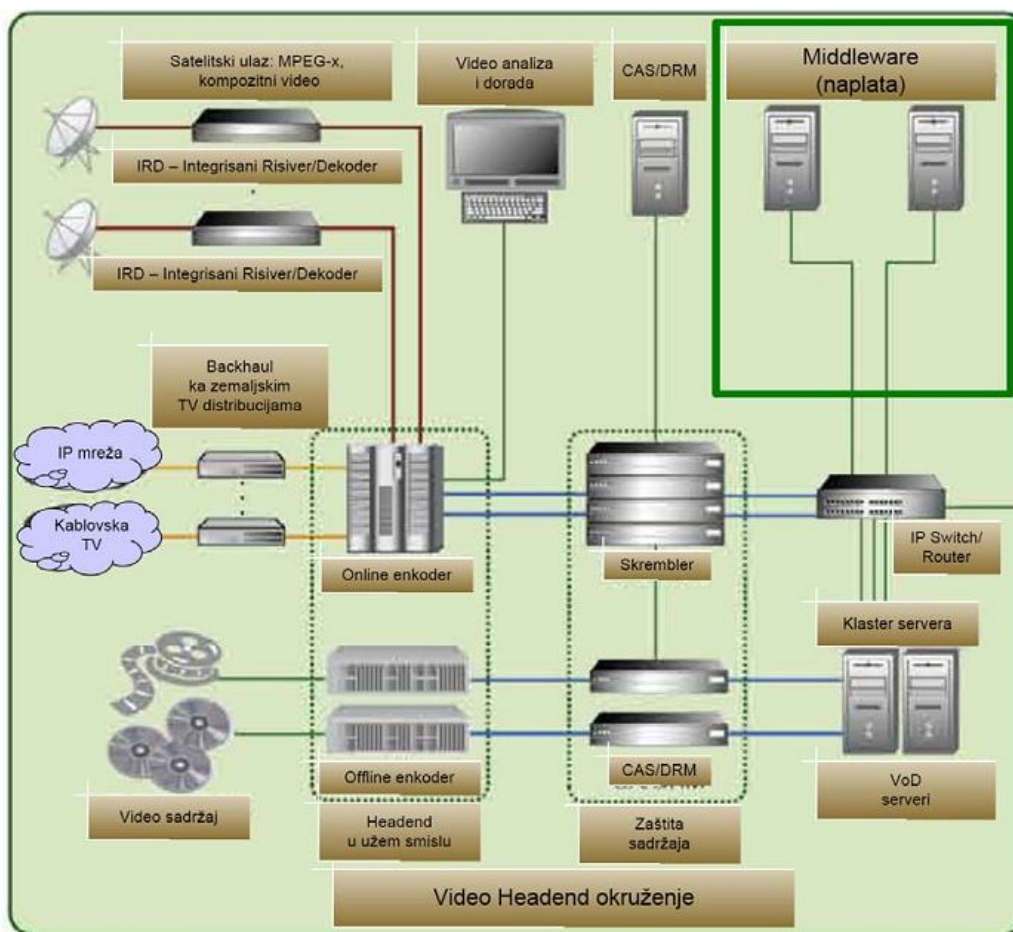
22.1. Primer realizacije "Headend"-a

U dosadašnjem tekstu nismo posvećivali posebnu pažnju delu IPTV sistema koji se naziva "Headend". Iako je za realizaciju IPTV ovaj deo veoma važan on u svojoj suštini ne tehnološki ne predstavlja neku novinu. Praktično Headend je skup uređaja za pripremu i skladištenje TV programa.

Uređaji od kojih se Headend sastoji, iako se vremenom neprekidno unapređuju, nisu proizašli iz razvoja IPTV kao neki novi koncept. Pod ovim pre svega imamo u vidu razliku između Headend s jedne i Middleware-a i STB-a s druge strane. Middleware i STB su potpuno novi koncepti koji nisu postojali pre uvođenja IPTV sistema dok je Headend skup već postojećih uređaja pogodno organizovanih za primenu u IPTV sistemima. Shodno tome sami delovi Headend sistema neće biti posebno opisivani već samo njihova organizacija u okviru samog Headend-a.

Načelno se može reći da kako je Middleware u suštini software tako je Headend u suštini hardware.

Primer moguće realizacije Headend-a prikazan je na slici 22.1.



Slika 22.1. – Primer mogće realizacije Headend-a

23. IPTV portal

IPTV portal predstavlja uslugu kojom korisnik komunicira sa IPTV sistemom. Ovom uslugom korisniku se omogućava pregled svih usluga IPTV sistema kao sve vrste podešavanja, pretplate i slično. Usluga IPTV portala se prikazuje zajedno sa tekućim TV slikom tako št se u sliku uključuju i raznovrsni meniji. Meniji se prikazuju preko tekuće slike tako da ne smetaju ali da budu informativni.

Meniji IPTV portala treba da budu prilagodljivi tako da ih korisnik može organizovati na način kako mu najviše odgovara. Treba da postoji mogućnost da se delovi menija koje korisnik smatra nepotrebnim, mogu ukloniti. Mesto menija može se birati po želji pri čemu se boje i ikone takođe mogu birati po želji.

edna od specifičnih usluga IPTV sistema je simultani prikaz programa i informacija o tekućem programu. U ove informacije spada naziv, tip, vreme početka i kraja programa, opis vezan za kanal koji se gleda, mogućnost izbora jezika i "titlova" za strane programe, lista planiranih repriza i mnoge druge slične informacije.



Slika 23. – Izgled glavnog i korisničkog menija kod Open IPTV Telekom Srbija



Slika 23.1. – Izgled EPG i menija za VoD kod Open IPTV Telekom Srbija

Pri prikazu elektronskog programskog vodiča stranice EPG vodiča omogućavaju gledanje tekućeg programa u smanjenom prozoru. Moguće je prelistavati sve raspoložive programe. Snimanja željenog kanala vrši se jednostavnim "klikom". Postoji mogućnost prikaza detaljnog opisa o željenom programu.

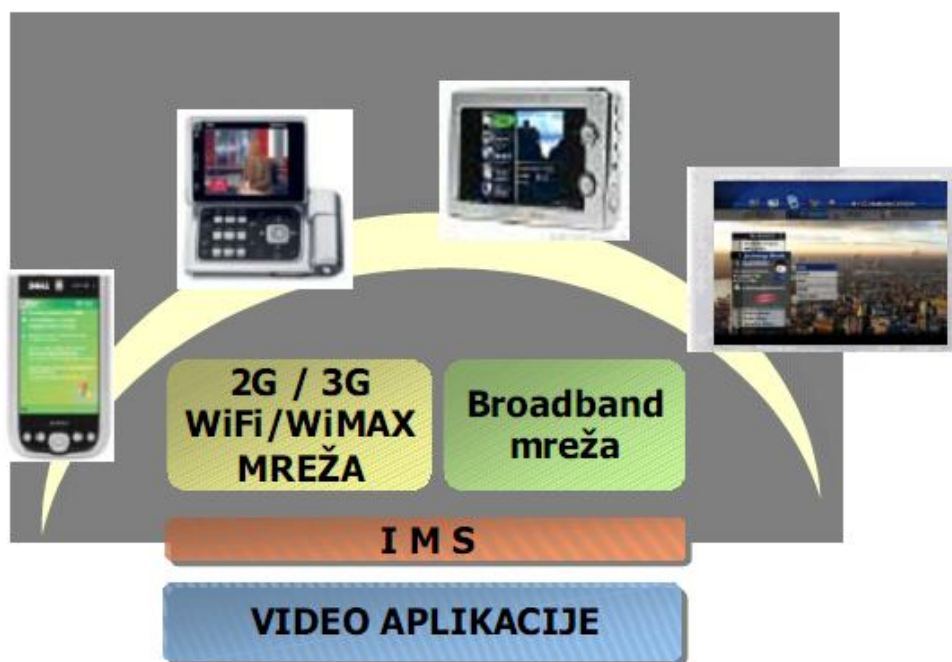


Slika 23.2. – Izgled menija dodatnih funkcija vremenske prognoze i info stranice kod Open IPTV Telekom Srbija

24. Budućnost IPTV sistema - Konvergencija servisa

O konvergenciji komunikacionih sistema se danas mnogo govori. IPTV treba da prati ovaj trend. U tom smislu treba adaptirati video arhitekturu i servisne platforme da zadovolje zahteve i usluge IPTV i mobilne TV na jedinstven način – slika 24.

To će omogućiti nove vidove tradicionalnih karakteristika : Pay per view, Pretplata, CRM interface, naplata, udaljeno održavanje itd.



Slika 24. – Primer moguće konvergencije IPTV servisa

Budućnost IPTV sistema vidi se u sveopštoj konvergenciji sada odvojenih sistema. Ta konvergencija vodiće i ka konvergenciji usluga. Iako terminalni uređaji mogu biti raznovrsni (fiksni i mobilni) svi oni pružaće korisniku sve usluge IPTV sistema. S druge strane IPTV sistemi pružaće širok spektar usluga koji pokriva sve danas poznate vidove komunikacija. Na taj način formiraće se jedinstven komunikacioni sistem koji će korisniku omogućiti sve njegove potrebe za komuniciranjem.

25. IPTV - zaključak

Na kraju sasvim kratko rezimirajmo glavne karakteristike IPTV sistema. IPTV je interaktivan sistem TV sistem zasnovan na IP komunikacionoj infrastrukturi. Sistem ima mogućnost prikaza živog TV program na sasvim nov način (pauza, odgođena reprodukcija, snimanje itd.). Pored toga on omogućava i gledanje programa po zahtevu, Triple Play i drugih naprednih sadržaja.

Realizacija IPTV sistema je omogućena razvojem tehnologije brzina logičkih kola koji su usloveli veliku brzinu prenosa podataka po IP mrežama i veliku brzinu obrade signala. Pored toga razvijeni su snažni algoritmi kompresije signala.

Centralni deo IPTV sistema je Middleware koji predstavlja skup softverskih aplikacija kojima se realizuju IPTV usluge i upravlja i nadzire rad kompletnog IPTV sistema.

Dalji razvoj IPTV ide ka kompletnoj konvergenciji postojećih komunikacionih sistema koji će konvergirati u jedan IPTV sistem. Takav sistem omogućiće isporuku interaktivnog TV sadržaj svuda i na svakom mestu pri čemu će prelaz sa mobilnog na fiksni prijem, i obratno, biti bez приметnog prekida

26. Zaključak

U ovom radu razmatrana je Triple Play usluga koja je od nedavno i u ponudi domaćih telekomunikacionih operatera. Pokušano je da se pored opšte priče o samim uslugama onako kako ih krajnji korisnici vide, uporedo objasni i sama hardverska realizacija u mreži operatera, kao i da se da neka osnovna teorijska podloga koja se odnosi na samu tehnologiju i protokole koji se u primeni Triple Play usluge koriste. Svaka od oblasti, Internet, VoIP, IPTV, je dovoljno obimna da o njoj može da se napiše poseban rad, stoga treba imati na umu da je još mnogo toga ostalo nedorečeno, pogotovo ako se uzme u obzir da je sama Triple Play tehnologija u svetu relativno mlada, a da je njena primena kod nas tek odnedavno zaživela.

27. Literatura

- [1] IPTV - History, Wikipedia , dostupno na <http://en.wikipedia.org/wiki/IPTV>
- [2] *IPTV Architecture*, INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION, Focus Group On IPTV, Dokument br. FG IPTV-DOC-0084, FG IPTV Bled meeting, 7-11 May 2007
- [3] David J.C. MacKay, *Information Theory, Inference, and Learning Algorithms*, Cambridge University Press, 2003
- [4] *H.264 / MPEG-4 Part 10 White Paper*, dostupno na <http://www.vcodex.com/h264.html>
- [5] *Funkcional requirements and architecture of the NGN*, INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION, Recommendation Y.2012
- [6] *IPTV System Middleware Architecture Proposal*, INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION, Focus Group On IPTV, Dokument br. FG IPTV-C0647, FG IPTV meeting:Geneva, 23-31 July 2007
- [7] *Information technology - Multimedia Middleware - Part 1: Architecture*, ISO/IEC FCD 23004-1, 21-07-2006
- [8] *Aspects of IPTV End System - Terminal Device*, INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION, Focus Group On IPTV, Dokument br. FG IPTVDOC-0093, FG IPTV meeting:Bled, Slovenia, 7-11 May 2007
- [9] *Classification of IPTV services*, INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION, Focus Group On IPTV, Dokument br. FG IPTV-C-0184, FG IPTV meeting:Busan, 16 - 20 October 2006
- [10] *Thomson SmartVision Detailed technical Description.pdf*
- [11] *Thomson IP TV Presentation.ppt*
- [12] *IPTV Middleware*, INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION, Focus Group On IPTV, Dokument br. FG IPTV-DOC-0097, FG IPTV Bled meeting, 7-11 May 2007
- [13] Paul J. Fong et al, *Configuring Voice Over IP*, Second Edition, Synress, 2002
- [14] Daniel Collins, *Carrier Grade Voice Over IP*, McGraw-Hill, 2003
- [15] Grupa autora, *Svet IP komunikacija*, Fakultet tehničkih nauka, Katedra za telekomunikacije i obradu signala, Novi Sad, 2004
- [16] Grupa autora, *Tehnologija VoIP sistema*, Napredne komunikacione tehnologije, Fakultet tehničkih nauka, Katedra za telekomunikacije i obradu signala, Novi Sad, 2007

- [17] <http://www.cisco.com>
- [18] <http://www.ietf.org>
- [19] <http://www.voip-info.org>
- [20] <http://www.iptelephony.org>