

# Arhitektura mreže za prijenos govora IP protokolom

---

Franičević, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:308584>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-11**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -  
Institutional Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Ivan Franičević**

**ARHITEKTURA MREŽE ZA PRIJENOS GOVORA IP PROTOKOLOM**

**ZAVRŠNI RAD**

**Zagreb, 2015.**

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

**ZAVRŠNI RAD**

**ARHITEKTURA MREŽE ZA PRIJENOS GOVORA IP PROTOKOLOM**

**ARCHITECTURE OF VOIP NETWORK**

Mentor: Ivan Forenbacher, dipl. ing.

Student: Ivan Franičević, 0135222227

Zagreb, rujan 2015.

# **ARHITEKTURA MREŽE ZA PRIJENOS GOVORA IP PROTOKOLOM**

## **SAŽETAK**

Cilj rada je opisati evoluciju digitalne telefonije i arhitekture VoIP mreže, navesti i objasniti rad osnovnih VoIP protokola, te detaljno analizirati signalizaciju i uspostavu poziva u mrežama za prijenos govora IP protokolom. VoIP predstavlja skupinu komunikacijskih protokola i prijenosnih tehnika s svrhom prijenosa glasa i multimedijskog sadržaja putem mreža baziranih na IP protokolu. Nakon uspostave veze glas se iz analognog pretvara u digitalni oblik. Uzorci se enkapsuliraju u pakete te se zadržavaju međuspremniku gdje se pripremaju za slanje IP mrežom. Na prijamoj strani proces je obrnut.

KLJUČNE RIJEČI: prijenos govora; IP protokol; Unificirane komunikacije

## **ARCHITECTURE OF VOIP NETWORK**

### **SUMMARY**

The purpose of this paper is to describe the evolution of digital telecommunications and VoIP network architecture, to list and explain how basic VoIP protocols work and to analyze signalization and call setup in networks based on IP protocols. VoIP represents a group of communication protocols and transmission techniques for voice and multimedia transfer over networks based on IP protocols. After establishing a connection the voice is converted from analog to digital data. Samples are encapsulated into packages and moved to a buffer where they are prepared to be sent through an IP network. On the receiving end the process is reversed.

KEY WORDS: voice transmission; IP protocol; Unified communications

# SADRŽAJ

|  |    |
|--|----|
| 1. UVOD .....  | 1  |
| 2. EVOLUCIJA DIGITALNE TELEFONIJE .....              | 3  |
| 2.1. PSTN.....                                       | 3  |
| 2.2. Digitalni PSTN.....                             | 4  |
| 2.3. Paketska revolucija u telefoniji .....          | 6  |
| 2.3.1. Kapacitet linka.....                          | 9  |
| 3. Digitalizacija govora .....                       | 11 |
| 3.1. Kompresija glasa.....                           | 14 |
| 4. PRIJENOS GOVORA IP PROTOKOLOM .....               | 15 |
| 4.1. Komponente VoIP-a .....                         | 16 |
| 4.2. Uspostava poziva .....                          | 18 |
| 4.3. Implementacija VoIP-a .....                     | 19 |
| 5. VOIP PROTOKOLI I SIGNALIZACIJA.....               | 20 |
| 5.1. Protokoli za prijenos audio signala .....       | 21 |
| 5.1.1. RTP .....                                     | 21 |
| 5.1.2. RTCP .....                                    | 22 |
| 5.1.3. RTSP .....                                    | 23 |
| 5.1.4. RSVP .....                                    | 23 |
| 5.2. Signalizacija i signalizacijski protokoli ..... | 24 |
| 5.2.1. H.323 .....                                   | 24 |
| 5.2.2. SIP .....                                     | 27 |
| 5.2.3. SDP .....                                     | 29 |
| 5.2.4. MGCP .....                                    | 29 |
| 6. KVALITETA USLUGE.....                             | 31 |
| 6.1. Propusnost .....                                | 32 |
| 6.2. Raspoloživost usluge .....                      | 32 |
| 6.3. Gubitak paketa .....                            | 32 |
| 6.4. Kašnjenje.....                                  | 33 |
| 6.4.1. Kašnjenje procesiranja .....                  | 34 |
| 6.4.2. Kašnjenje serijalizacije .....                | 34 |
| 6.4.3. Kašnjenje propagacije.....                    | 35 |

|   |    |
|---|----|
| 6.4.4. Kašnjenje prosljeđivanja paketa.....                       | 35 |
| 6.5. Kolebanje kašnjenja .....                                    | 37 |
| 7. UNIFICIRANE KOMUNIKACIJE .....                                 | 38 |
| 7.1. Video konferencija.....                                      | 39 |
| 7.2. Konferencijski poziv.....                                    | 40 |
| 7.3. Snimanje poziva .....  | 40 |
| 7.4. Mogućnosti telefona dodane Unificiranim komunikacijama ..... | 41 |
| 7.4.1. Prisutnost .....   | 42 |
| 7.4.2. Glasovna pošta i email.....                                | 42 |
| 7.4.3. Integracija SMS-a.....                                     | 43 |
| 7.4.4. Instant poruke .....                                       | 43 |
| 8. Zaključak .....  | 45 |
| LITERATURA .....  | 46 |
| POPIS KRATICA .....   | 48 |
| POPIS ILUSTRACIJA.....  | 49 |
| Popis slika .....   | 49 |
| Popis tablica.....  | 50 |

# 1. UVOD

Posljednjih nekoliko desetljeća donijela su velike promjene u informacijsko-komunikacijskom tržištu. Postojeće mrežne infrastrukture zamjenjuju se jednom jedinstvenom koja će obuhvaćati prijenos svih vrsta informacija. VoIP (*Voice over IP*) predstavlja paketsku tehnologiju za prijenos glasa pomoću Internet protokola. Za razliku od javne telefonske mreže (*Public Switched Telephone Network - PSTN*) kod VoIP-a se ne plaćaju telefonski impulsi.

Rad se sastoji od sljedećih cjelina:

1. Uvod
2. Evolucija digitalne telefonije
3. Digitalizacija govora
4. Prijenos govora IP protokolom
5. VoIP protokoli i signalizacija
6. Kvaliteta usluge
7. Unificirane komunikacije
8. Zaključak.

U drugom poglavlju je opisana evolucija digitalne telefonije. Opisan je razvoj javne telefonske mreže (PSTN) i paketnih mreža, te su opisane prednosti i nedostaci pojedinih tehnologija. Detaljno je opisano vremensko multipleksiranje (*Time-Division Multiplexing - TDM*) i prednosti koje donosi. Paketska revolucija je opisana pomoću ISO (*International Organization for Standardization*) referentnog modela. U ovom poglavlju se govori i o kapacitetu linka kod TDM i paketske telefonije.

U trećem poglavlju opisana je digitalizacija govora. Za digitalizaciju glasa koristi se PCM modulacija. Opisani su najvažniji parametri dizajna kod PCM-a. Opisana je razlika u kodiranju glasnog i tihog glasa i razlika između prijenosa glasa i videa. U ovom poglavlju govori se i o načinima za kodiranje glasa kako bi se sačuvala širina pojasa. Opisane su metode kao što su kompresija paketa koji prenose glas i suzbijanje paketa koji prenose samo informacije o pozadinskoj buci.

Četvrto poglavlje opisuje prijenos govora IP mrežom. Opisana je arhitektura VoIP-a, te su objašnjene pojedine komponente potrebne za uspostavu VoIP poziva. Govori se i o implementaciji VoIP-a koja mora biti dizajnirana tako da bi se pružila velika i stalna dostupnost. Detaljno je prikazana uspostava poziva na primjeru između dva računala s VoIP opremom.

U petom poglavlju opisan je način rada protokola i signalizacije kod VoIP-a. Protokoli su podjeljeni na protokole za prijenos audio signala i signalizacijske protokole. Protokoli za prijenos audio signala pružaju vremenske informacije te osiguravaju postojan audio signal na prijamoj strani i primjerenu kvalitetu. Od protokola za prijenos audio signala obrađeni su RTP, RTCP, RTSP i RSVP protokol. Signalizacija u telekomunikacijskog mreži omogućava razmjenu upravljačkih informacija između mrežnih elemenata. Najvažniji signalizacijski protokoli kod VoIP-a su H.323, SIP, SDP i MGCP.

Šesto poglavlje opisuje kvalitetu usluge kod VoIP-a. U ovom poglavlju govori se o zahtjevima koji su stavljeni pred mreže za prijenos govora IP protokolom. Opisani su parametri kao što su kašnjenje, raspoloživost, propusnost, gubitak paketa i kolebanje kašnjenja. Kod kašnjenja su opisane sve komponente koje utječu na ukupno kašnjenje.

U pretposljednem, sedmom poglavlju opisane su Unificirane komunikacije. Opisani su slučajevi korištenja kroz video konferencije, audio konferencije i snimanje poziva. Također su opisane mogućnosti mobilnih telefona dodane Unificiranim komunikacijama kao što: instant poruke, integracija SMS-a, govorna pošta i email i prisutnost.



## 2. EVOLUCIJA DIGITALNE TELEFONIJE

Najveće promjene događaju se 1960. godine kad se analogne metode zamjenjuju digitalnom transmisijom i komutacijama unutar infrastrukture. Razvojem digitalnih tehnologija 1980-ih, novi val digitalnih PBX-a (*Private Branch Exchange*) zamjenjuje zastarjele analogne PBX-ove i ostalu analognu tehnologiju. Danas, jedini dio analogne mreže u PSTN-u je POTS (*Plain Old Telephone Service*) odnosno analogna telefonska linija koja radi preko bakrene parice te omogućuje jedan govorni kanal, [1].

### 2.1. PSTN

Telefoni su jednostavni za korištenje jer svoju kompleksnost kriju u mreži koja omogućuje sve pogodnosti koje danas koristimo. Telefon u kući ili u uredu spojen je na telefonsku centralu preko bakrene parice. Struja koja napaja telefon dolazi od baterije iz telefonske centrale i telefon ne treba nikakav dodatni izvor energije za svoj rad. Električna energija putuje u petlji od kraja do kraja, kroz oba telefona. PSTN koristi komutaciju kanala. Poziv kod PSTN mreže zauzima čitav kapacitet kanala tokom cijelog poziva, te taj kanal nije dostupan drugim korisnicima, [1].

Prijenos podataka preuzima sve veću ulogu u prometu. Mreže poput PSTN-a koje su namjenjene za prijenos govora, bez širokopojsnog pristupa, ne pružaju mogućnost objedinjavanja podataka, govora i videa. Još jedan nedostatak PSTN-a je nekompatibilnost i nefleksibilnost. Arhitektura PSTN-a je izgrađena isključivo za prijenos govora i nije dovoljno fleksibilna prema podatkovnom prijenosu, [1].

## 2.2. Digitalni PSTN

Digitalna revolucija 1960-tih donosi multipleksiranje kojim se 24 analogna signala prenose preko dvije bakrene parice, svaka parica za jedan smjer, u digitalnom formatu poznatom kao T-1. Prednosti digitalnog PSTN-a je redukcija upotrebe spojnih vodova između telefonskih centrala. Digitalni PSTN donosi bolju kvalitetu zvuka zahvaljujući digitalnom prijenosu koji je otporniji na vanjske smetnje, [1].

U ovom ranom razdoblju razvoja digitalne telefonije, kapacitet T-1 linije se dijeli na 24 kanala vremenskim multipleksiranjem. Vremensko multipleksiranje je vrsta multipleksiranja kod kojeg se raspoloživo vrijeme dijeli na vremenske okvire trajanja T, te se pojedini okvir dijeli na vremenske odsječke koji jednako traju. Svakom se korisniku pridijeli po jedan vremenski odsječak u okviru te se okviri ponavljaju, a odsječci se ciklički izmjenjuju, [1].

Nyquistovim teoremom uzorkovanja je dokazano kako se analogni kontinuirani signal može pretvoriti u slijed vremenski diskretnih impulsa i obrnuto, tako da nema nikakvog gubitka. Uvjet teorema uzorkovanja govori da frekvencija kojom se uzimaju uzorci mora biti najmanje dva puta veća od najviše frekvencije  $f_m$  koja se može pojaviti u analognom signalu koji se uzorkuje. U telefoniji koristi se frekvencijski pojas od 300 Hz do 3300 Hz. Kako bi se osiguralo pravilno uzorkovanje, uzorci se uzimaju dvosturko puta više od najviše frekvencije, odnosno 8000 puta u sekundi. Prema tome svaki kanal ima kapacitet  $8 \times 8000 = 64$  kbit/s, što ujedno i predstavlja najnižu razinu u TDM hijerarhiji DS-0. T-1 linija ukupno generira 24 kanala i još jedan bit za okvir za svaki kanal. Kapacitet T-1 linije iznosi:  $8000 \times \{(24 \times 8) + 1\} = 1.544$  Mbit/s [1]



Slika 1. Formiranje TDM okvira. Preuzeto od [1].

T-1 transmisijaska tehnologija bazirana na bakrenoj parici zahtjeva upotrebu ponavljača (*repeater*). Digitalna pretplatnička linija (*Digital Subscriber Line - DSL*), odnosno njena oprema zamjenjuje T-1 u lokalnoj petlji, zbog većeg dohvata bez uporabe regeneratora pri istoj brzini. Danas su optička vlakna dominantno rješenje između telefonskih centrala. Faktori koji utječu na glasovne kanale TDM-a u smislu iskorištenja pojase širine su, prema [1]:

1. Malo zaglavljije: samo 1/48 bita po oktetu uzimanja uzoraka je dovoljna da se identificiraju kanali. Samo pola bitova od F kanala se koriste za ESF (*extended superframe*) stvaranje okvira, ostalih 12 F bitova čine podatkovni kanal.
2. Nisko kašnjenje: svaki kanal ima rezervirano mjesto u svakom okviru. Zadnji bajt od govornikova glasa ne treba čekati dulje od 1/8000 sekundi (125 mikrosekunda,  $\mu\text{S}$ ) za idući okvir da bi se poslao T-1 linijom.

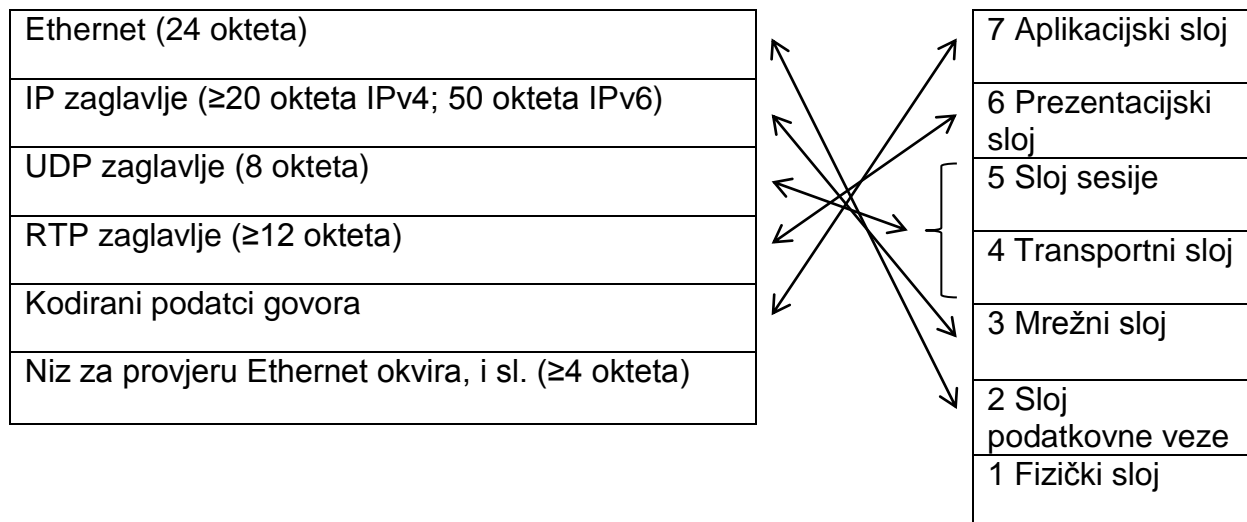
Unaprijed određen kapacitet po pozivu sprječava da dolazi do interferencije između korisnika. S digitalnom transmisijom kvaliteta ostaje konstantno visoka, [1].

**Tablica 1.** Usporedba analognih i digitalnih mreža. Podatci od [1].

| Svojstva telefonskih poziva  | Analogna mreža   | Digitalna mreža  |
|------------------------------|--|--|
| <b>Kvaliteta zvuka</b>       | Vrlo dobra za lokalne pozive; lošija za pozive na većim udaljenostima  | Skoro uvijek vrlo dobara   |
| <b>Osjetljivost na šum</b>   | Ograničena   | Vrlo ograničena  |
| <b>Distribucijski mediji</b> | Bakrena parica   | Optička parica   |
| <b>Napajanje telefona</b>    | Napajanje iz telefonske centrale                                       | Lokalno napajanje, iz PBX-a ili preko adaptera   |
| <b>Jeka</b>                  | Uvijek problem; potrebna precizna pojačala i upotreba poništavača jeka | Poništavači digitalne jeka (kod medijskih poveznika i telefona) čine jeku nevidljivu kod većine poziva |

## 2.3. Paketska revolucija u telefoniji

Kako je ljudski govor je analogan, glas na digitalnoj IP ili paketskoj mreži treba biti pretvoren u digitalni format. Za kodiranje paketskog glasa najčešće se koristi pulsno kodna modulacija (*Pulse-Code Modulation* - PCM). Bitovi podataka se ne šalju odmah i nisu konstantne veličine. U mrežama za prijenos govora IP protokolom digitalna informacija je sačuvana na mali period vremena (10 do 20 ms) zatim se paketizira i šalje u zajedno preko digitalne linije najčešće brzinama većim od 64 kbit/s npr. *Ethernetom* brzinama od 100 Mbit/s. Svaki paket mora imati adresu odredišta da bi se mogao dostaviti. Adresa ima nekoliko formata ovisno kakva je mreža. Adresa i dodatne kontrolne informacije čine zaglavlja paketa. Slika 2 pokazuje kako se formiraju zaglavlja paketa putujući kroz mrežu. Paketska revolucija donosi velike promjene kod mreža, no neki elementi ostaju slični, [1].



**Slika 2.** Dodavanje zaglavlja VoIP paketa. Preuzeto od [1].

ISO referentni model prikazuje mrežu kroz sedam slojeva. Na dnu se nalazi fizički sloj određen prijenosnim medijom (bakar, optična vlakna, radio prijenos...). Protokoli su zastupljeni od drugog do 7 sloja. Drugi sloj, sloj podatkovne veze sličan je Internet sloju TCP/IP standarda, te koristi iste protokole kao *Ethernet*, *Frame relay* i generički enkapsulacijski protokol. Treći sloj odnosno mrežni sloj dolazi sljedeći. Protokol ovog sloja je Internet Protokol (IP) čija je funkcija slanje paketa datagrama

kroz mrežu. U zaglavlju IP protokola može biti veliki broj skokova od uređaja do uređaja kako bi paket našao put kroz mrežu, [1].

Glavne dvije karakteristike ovog protokola su, prema [1]:

- IP radi na “*Best Effort*” osnovi, bez garancije o dostavi datagrama
- IP je bezkonekcijski protokol. Mreža uvijek prihvaća IP pakete, mreža ne treba nikakve pripreme za primiti paket.

Ova vrsta usluge je poznata i kao datagramska usluga. IP ne garantira dostavu paketa, već je to prepušteno slojevima iznad, točnije četvrtom sloju. Četvrti sloj, odnosno transportni sloj garantira dostavu paketa i očuvan redosljed slanja paketa. Najčešći protokol koji ostvaruje tu funkciju je *Transmission Control Protocol* (TCP). TCP dodjeljuje slijedni broj paketima te s tim otkriva pogrešan redosljed i pogrešni sadržaj. Odašiljačka strana zadržava paket sve dok ne dobije potvrdu od prijemne kako bi je ukoliko je došlo do pogreške može ponovno poslati, [1].

Za glasovne pakete koristi se *User Data Protocol* (UDP). Primatelj koji prima paket mora znati što sljedeće uraditi s paketom odnosno koji proces ili aplikacija ga treba obraditi. Protokoli petog sloja uspostavljaju sesiju između aplikacija. Brojevi portova u zaglavljima TCP-a i UDP-a označuju koji bi se proces trebao odraditi na kraju. Prezentacijski odnosno šesti sloj je usko povezan s samim aplikacijama. Ovaj sloj definira način formatiranja podataka prilikom njihove razmjene između računala na mreži. Za VoIP *Real-time Transmission Protocol* (RTP) se nalazi iznad drugog, trećeg i četvrtog sloja te omogućava funkcije prilagodbe glasovnih i video aplikacija. RTP nije isključivo aplikacijski protokol, ali nije ni potpuno aplikacijski, već omogućuje podršku za glasovnu i video transmisiju, [1].

**Tablica 2.** Usporedba TDM i paketskog načina prijenosa. Preuzeto od [1].

|                          | TDM digitalna telefonija  | VoIP  |
|--------------------------|---|---|
| Informacijski tok        | Konstantna brzina   | Brzina varira   |
| Komutacijska tehnologija | Bajtovi se prenose s ulaznog na izlazni kanal konstantnom brzinom                                 | Paketi se proslijeđuju s ulaza na izlaz kako je god moguće  |
| Telefonski broj (adresa) | Dodijeljen od strane pružatelja usluge, fiksna, stalan.   | Dodijeljena od strane pružatelja usluge ili je sam korisnik dodijeli; može biti URL sličan email adresi                         |
| Kašnjenje                | Fiksno, minimizirano, drugi pozivi ne utječu na to kašnjenje                                      | Varira, ovisno o putu i zagušenjima nastalih od drugih poziva   |
| Jeka                     | Poništena od strane davatelja usluge  | Sprječava mogućnost nastanka jeka   |
| Sigurnost                | Jaka  | Kao i kod podatkovnih mreža; izloženost Internetu   |
| Troškovi opreme          | Značajna; često vrlo visoka dodatne funkcije kao što su glasovna pošta i sl.                      | IP telefoni su skuplji od analognih, softveri za kontrolu poziva migriraju komercijalnim serverima i smanjuju troškove hardvera |
| Troškovi rada            | Pomicanje, dodavanje, promjena zahtijeva poziv servera; proširenja mogu biti skupa za nove module | Krajnji korisnici mogu mi micati telefon, telefon registrira novu lokaciju automatski ili na zahtjev                            |
| Održavanje               | Vrlo mali, ažuriranje softvera u dvije do pet godina  | Kao i kod podatkovnih mreža; softverske zakrpe za servere, aplikacije; skeniranje virusa, zamjena tvrdog diska                  |

### 2.3.1. Kapacitet linka

U IP mrežama kanali mogu ovisno o transmisijskoj liniji dodijeliti propusnost kada je to potrebno. T-1 mreža omogućuje brzinu prijenosa svakog paketa od 1.536 Mbit/s, kapacitet podataka nakon odbijanja 8000 bitova za stvaranje okvira po sekundi iznosi 1.544 Mbit/s. Spojni vodovi između telefonskih centrala i PBX-ova imaju kapacitet linka samo 64 kbit/s za svaki kanal, [1].

Kanalizirani glasovni promet sva 24 kanala ostvaruje propusnost 1.536 Mbit/s za glasovne i signalizacijske informacije od ukupnih 1.544 Mbit/s, što je 99.5%. Veoma bitnu ulogu u određivanju kapaciteta linka ima broj poziva koje mreža može odraditi u istom vremenu. Za TDM format to je 24 poziva, dok za VoIP broj poziva varira u velikom rasponu. Uspoređujući s TDM kanalom, broj bitova po sekundi za razgovor je veći ako je PCM glasovno kodiranje paketizirano. Paketizacija 64 kbit/s glasovnog signala zahtjeva dodavanje 44 do 64 bajtova za svaki 20 ms blok glasovne informacije. To je dodavanje 44 do 64 dodatnih bajtova za svaki blok glasovne informacije od 128 bajtova. Korištenjem PCM-a i IPv4 preko *Etherneta*, zaglavlje se povećava za 64 bajta za svakih 128 bajtova glasovne informacije, te time podiže potrebnu propusnost na 96 kbit/s u oba smjera, [1].

Dodatna propusnost je potrebna i za intervale između paketa na nekim *Ethernet* sučeljima, dodatna zaglavlja na IP paketima koji pripadaju virtualnim privatnim mrežama (*Virtual Private Network* - VPN), dodatnim sigurnosnim provjerama i drugim funkcijama. U praksi je najmanje 80 kbit/s propusnosti dodijeljeno za svaki glasovni kanal kodiran s standardnim PCM-om. Uključujući sva zaglavlja paketa, realističnije bi bilo pretpostaviti da je to 100 ili 180 kbit/s po razgovoru za planiranje kapaciteta veze. Metodama za sačuvanje propusnosti taj broj još varira. Kompresija glasovne informacije na 8 kbit/s (s G.729 algoritmom) ne smanjuje zaglavlja, tako da propusnost po kanalu za vezu je smanjena na 50 kbit/s. T-1 mreža omogućuje do 50 razgovora koristeći VoIP, dvostruko više od TDM kapaciteta. Kompresija zaglavlja smanjiva propusnost pojedinih razgovora. Koristeći dupla MPLS (*Multiprotocol Label Switching*) zaglavlja pojednostavila se njihova unutrašnja konfiguracija, te oni ne zahtijevaju propusnost na pristupnim linijama, [1].

MPLS omogućuje mreži da postavi statičke rute u tablice kako bi se osiguralo da glasovni paketi idu rutom s najmanjim kašnjenjem. U mrežama širokog pristupa (*Wide Area Network* - WAN) i brzim *Ethernet* vezama transmisijaska oprema može poredati pakete i slati ih po redu u malim razmacima vremena. U lokalnim mrežama (*Local Area Network* - LAN) baziranim na sporijem *Ethernetu* svako slanje paketa počinje s uvodnim paketom koji nosi informacije uzorka brzine slanja paketa kako bi određeno računalo znalo da paketi dolaze i kojom brzinom. Najveća prepreka brznoj transmisiji u paketskim mrežama je problem regulacije zagušenja. Preklopnici i usmjernici pohranjuju pakete kod zagušenja i smanjuju propusnost. Smanjivanje propusnosti nije prihvatljivo za glasovne pakete, glasovni paketi trebaju konstantnu brzinu od 64 kbit/s bez ikakvih varijacija brzine. VoIP koristi *User Datagram Protocol* (UDP), koji nema mehanizme smanjivanja transmisije. Algoritam za kompresiju varijabilne brzine postoji ali je on se više bazira na kompleksnost govornikovog glasa nego na zagušenja. Kako bi se izbjeglo gubljenje VoIP paketa najbolje je dodijeliti ne više od 40% do 60% brzine veze glasovnim uslugama. Ostatak mogu koristiti TCP konekcije, ako usmjernici i preklopnici daju prednost glasovne pakete, a odbacuju podatkovne paketa, [1].



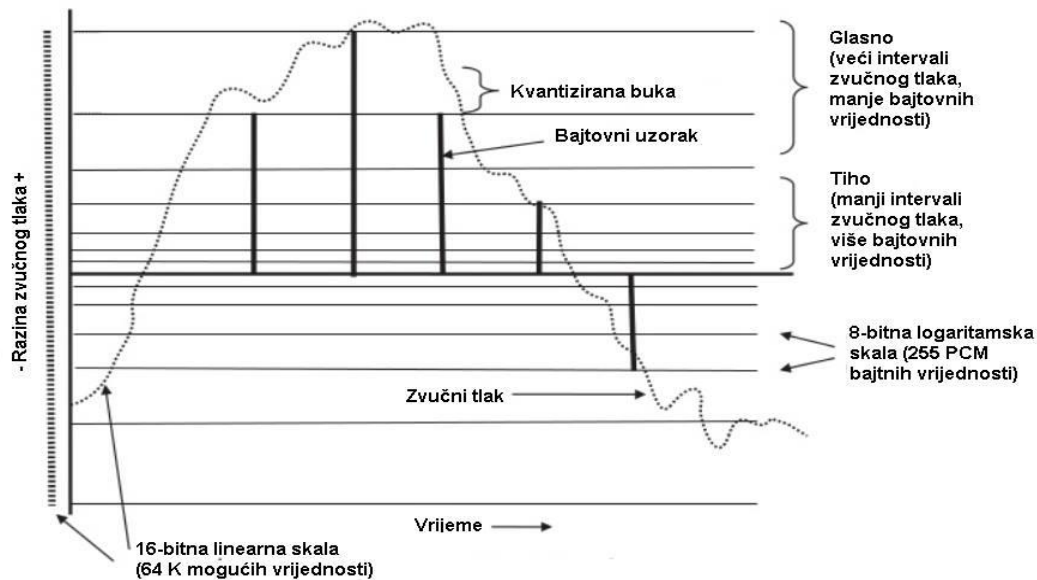
### 3. Digitalizacija govora

Dizajn PCM kodiranja je nastao 1960-tih godina. Glavni zahtjev stavljen pred PCM je bio da prepozna glas, posebno kod nižih razina glasa, kada ljudi šaptaju telefon treba reproducirati dovoljnu jačinu glasa. Rješenje je komandiranje odnosno kompresija/ekspanzija. Algoritam je definiran od strane ITU preporuke G.711.

Parametre dizajna možemo podijeliti u nekoliko skupina, prema [1]:

- Prenijeti u digitalni dizajn osnovni 4 kHz glasovni kanal.
- Primijeniti Nyquistov teorem, odnosno kako bi se osigurala precizna digitalna reprodukcija, uzorkovanje ne smije biti manje od dvostruke najveće analogne glasovne frekvencije;  $4000 \times 2 = 8000$  uzoraka u sekundi.
- Mjerenje razine signala glasa svakog uzorka treba biti dovoljno precizno da bi osiguralo prepoznavanje glasa na nižim razinama zvuka. Za naći nijansu glasa potreban je 16-bitni analogno digitalni pretvarač koji može poprimiti 64 000 mogućih vrijednosti kao rezultat svakog mjerenja.
- Uporabom logaritamske skale i dopuštanjem uporabe manje mogućih vrijednosti kod glasnijih razgovora, sažimaju se 64 000 moguće vrijednosti 16-bitnog pretvarača u 8 bitova, odnosno 256 mogućih vrijednosti u bajtovima.
- Uspostava DS-0 kanala:  $(8000/s) \times 8 \text{ bits} = 64,000 \text{ bits/s}$ .
- Sastavljanje 24 DS-0 kanala u DS-1 kanal koji ima 8000 više bitova za stvaranje okvira po sekundi.

Selektivno se mapiraju detaljna mjerenja 255 vrijednosti (sve nule nisu dopuštene). Puni raspon razina zvuka, pozitivne i negativne, pristaju u jedan bajt. Od svih 16-bitnih mogućnosti gledaju se samo kombinacije s 8-bitnim rezultatom.



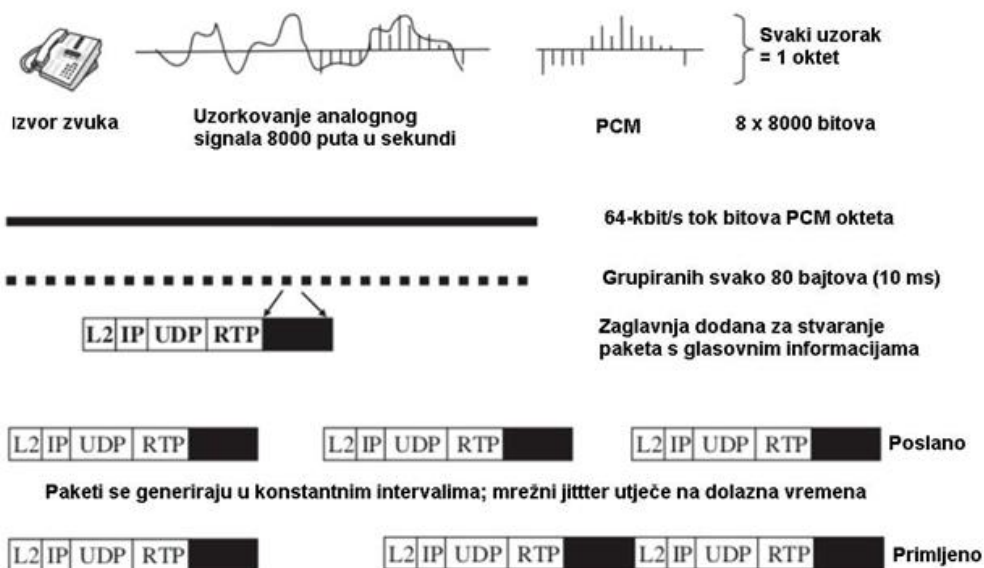
**Slika 3.** Kodiranje glasa. Preuzeto od [1].

Na slici 3 je prikazana razlika između kodiranja glasnog i tihog glasa, te je vidljivo da je:

- Više mogućih vrijednosti na nižim razinama zvuka smanjuju mogućnost prepoznavanja glasa kod normalnog i tihog razgovora.
- Mapiranje uklanja jako visoke razine zvuka, prekrivanjem tih visokih razina zvuka da se ne bi oštetila mrežu ili oštetila sluh slušaocu.
- Distorzija nastala kod analognih komponenata telefona (mikrofon, zvučnik) se povećava u odnosu s povećanjem razine zvuka.

Postoje dvije vrste PCM-a. U Sjedinjenim Američkim Državama i Kanadi gdje su transmisijski linkovi bazirani na T-1 standardu od 1.544 Mbit/s, komandiranje se naziva  $\mu$ -Law. U područjima gdje se transmisija bazira na E-1 hijerarhiji od 2.048 Mbit/s komandiranje se naziva A-Law. Mnogi glasovni paketski sustavi koriste PCM kodiranje. Ono omogućava dobru kvalitetu zvuka te nije skupo. Kompresijom PCM-a ne gubi se puno na kvaliteti zvuka. 64 kbit/s TDM kanal ili paketska mreža s tim kapacitetom, može prenositi glasovni signal kompresiran s širom propusnosti, [1].

Osim kompresije PCM-a da bi se sačuvala propusnost, VoIP može koristiti kvalitetnije kodiranje kako bi se dobila bolja kvaliteta zvuka. Glavna razlika između glasa i videa je u brzini prijenosa je u tome što glas zahtijeva konstantnu brzinu od 40 do 156 kbit/s dok kvalitetniji videi mogu koristiti i do 2 Mbit/s. Kod VoIP-a na lokalnoj mreži (LAN) za kodiranje također se koristi PCM, dok na mrežama širokog područja se pokušava kompresirati signal kako bi se sačuvala propusnost. Zvuk se digitalizira i dijeli u blokove kako bi se prenosio paketima. Na prijamnoj strani proces je obrnut, te se ponovno spajaju kreirajući 64 kbit/s tok podataka. Na taj način VoIP i Unificirane komunikacije omogućuju transmisiju videa u stvarnom vremenu. Paketi koji prenose glas poslani kroz mrežu dolaze do prijamne strane u manje preciznim intervalima zbog kašnjenja i *jittera*<sup>1</sup>. Kod opterećenih veza neki paketi se trebaju pohraniti u međuspremnik kako ne bi došlo do gubitka paketa. Paketi koji prenose glas imaju veći prioritet od paketa koji prenose podatke. Kako bi se ispravio *jitter*, na prijamnoj strani se pohranjuju paketi na kratko vrijeme, u *jitter* međuspremnik, kako bi se osiguralo da je idući blok podataka dostupan u pravo vrijeme, [1].



**Slika 4.** Digitalizacija glasa i podijela audio toka u blokove. Preuzeto od [1].

<sup>1</sup> Više u poglavlju 6.5.

### 3.1. Kompresija glasa

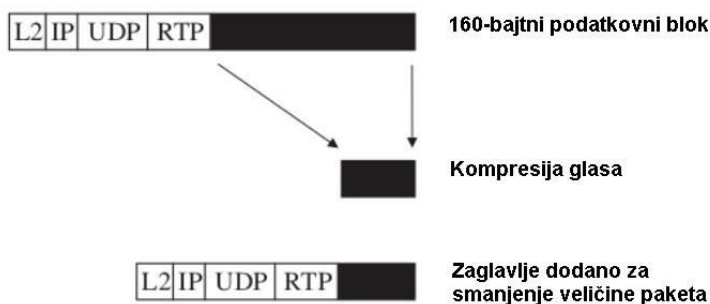
Većina VoIP tržišta se oslanja na pulsno-kodnu modulaciju (PCM). PCM je jednostavan postupak i njegovo izvođenje nije skupo. Dodavanje zaglavlja pri prijenosu PCM-a paketima stvara se opterećenje, koristeći čak do 156 kbit/s što je ukupna propusnost i ulaznih i izlaznih portova. Preporučena minimalna širina pojasa za *full-duplex* pristup spojnim vodovima je 80 kbit/s za PCM, 100 kbit/s ako se koristi *Ethernet* u lokalnoj petlji. Koriste se dva načina za kodiranje glasa kako bi se sačuvala širina pojasa, prema [1]:

- Kompresija paketa koji prenose glas (Slika 5.).
- Suzbijanje paketa koji prenose samo informacije o pozadinskoj buci.

Pojedini dekoderi imaju mogućnost skrivanja efekta gubitka paketa. Dekoder razvlači dostupne informacije kako bi prekrivio mjesta gdje su paketi izgubljeni. Bilo koji zvuk smanjuje utjecaj gubitka paketa, prijatelj prekriva prazninu s nekom od metoda:

- Ponavljanje zadnjeg paketa. Jedan izgubljeni paket reprezentira samo 20 ms koje slušaoc ni ne primjećuje.
- Sintetiziranjem zvuka kombinirajući sadržaj posljednjeg paketa prije i prvog nakon gubljenja paketa.
- Stvaranje sintetiziranog pozadinskog zvuka kako bi se izbjegla potpuna praznina.

Kod VoIP-a paketi teže da se gube u grupama više nego pojedinačno. [1]



**Slika 5.** Kompresija paketa koji prenose glas. Preuzeto od [1].

## 4. PRIJENOS GOVORA IP PROTOKOLOM

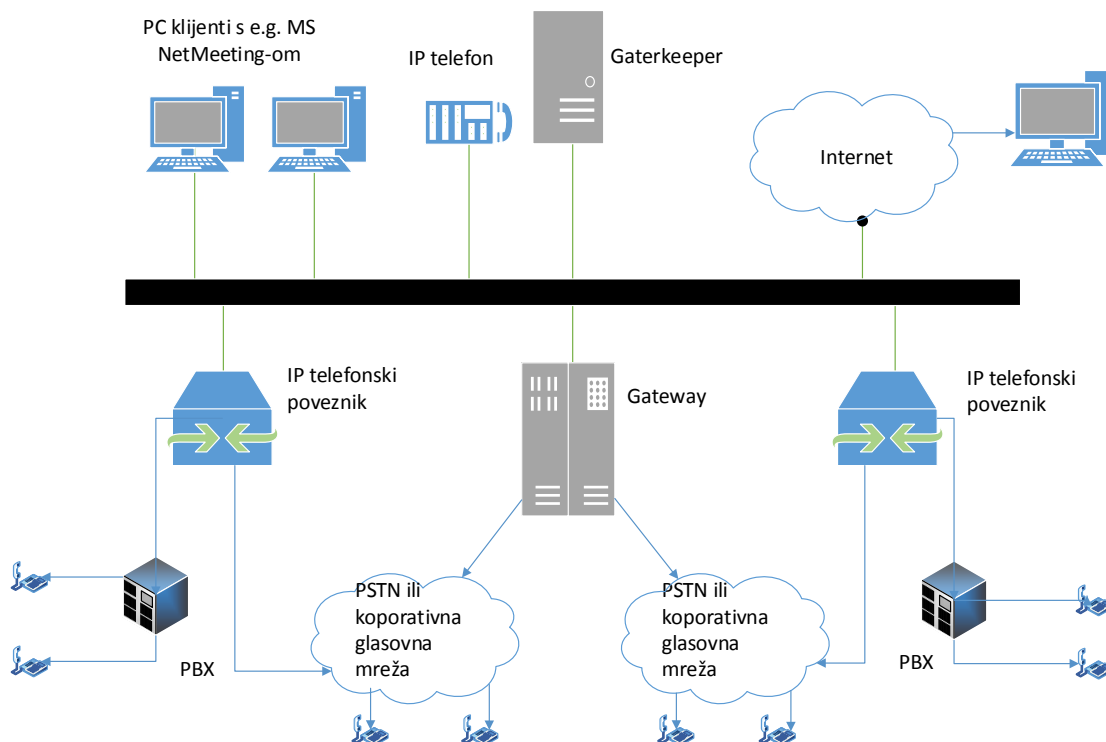
VoIP predstavlja paketnu tehnologiju za prijenos glasa pomoću Internet protokola. VoIP je moguć na bilo kojoj paketskoj mreži baziranoj na IP protokolu (Internet, LAN, itd....). Kod tradicionalnih mreža s komutacijom kanala telefonski poziv zauzima čitav kapacitet kanala tokom cijeloga trajanja telefonskog poziva, dok se kod VoIP-a glas digitalizira, komprimira i pakira u IP pakete koji se onda prenose preko IP mreže skupa s sveukupnim IP prometom. Glavna prednost VoIP-a nad PSTN mrežom je neplaćanje telefonskih impulsa. Korištenje iste mreže za prijenos glasa, videa i podataka omogućuje dodatne prednosti. VoIP donosi mnogo jedinstvenih mogućnosti, [1].

Kod PSTN-a postotak odbijenih poziva je tako mali da većina korisnika nije ni svjesna ovog problema. Kapacitet spojnih vodova između telefonskih centrala je skoro uvijek u mogućnosti prihvatiti sve pozive. PSTN s komutacijom kanala ima stroga ograničenja u vezi broja poziva na svakoj liniji. Uvođenjem VoIP-a za spojene vodove na velikim udaljenostima povećava se kapacitet i fleksibilnost kod rutiranja poziva, tako da je tokom cijelog vremena omogućen dovoljan kapacitet. Na privatnim mrežama ili VoIP-u postoji veća mogućnost za ograničenja resursa. Točke koje se trebaju razmatrati kod dizajniranja IP mreža za VoIP su sljedeće, prema [1]:

- Kapacitet procesora za pozive: neki serverski softer ima ograničenja broja simultanih poziva. Ograničenja hardvera trebaju biti planirana (memorija potrebna za održavanje svih poziva)
- Media pristupnici (*gateways*): slično planiranju kod PBX-a, broj TDM spojnih vodova iza pristupnika je striktno ograničen.
- IP spojni vodovi: osim ako nisu ograničeni od strane H.323 standarda, IP mreža može prihvatiti više poziva nego što ih može ostvariti, ali se kvaliteta svih konekcija na toj vezi smanjuje.
- SIP kanali: zbog održavanja usluge može se nametnuti ograničenje broja poziva u tom trenutku bez obzira na propusnost veze ili kapacitet servera.

## 4.1. Komponente VoIP-a

Arhitektura VoIP mreža prikazana je na slici 6. Mrežna arhitektura se sastoji od četiri vrste elemenata: terminala, *gatekeepers*, poveznika i *Multipoint Control Unit* (MCU). Terminali predstavljaju klijente koji su u mogućnosti primiti i započeti poziv. Oni generiraju i primaju stvarno vremenske informacijske tokove. Terminal može predstavljati softver na računalu ili odgovarajuća oprema. Svi terminali moraju imati podršku za prijenos glasa dok za prijenos videa i podataka te mogućnosti su neobavezne. Gatekeeperi su serveri koji upravljaju pozivima kroz mrežu. *Gatekeeperi* upravljaju tzv. zonama u kojima se nalaze terminali, pristupnici i višespojne upravljačke jedinice. Pozivi unutar zone upravlja *gatekeeper*, ali s pozivom između zona može upravljati i više *gatekeepera*. Dakle *gatekeeper* je odgovoran za adresiranje i usmjeravanje poziva, ali i za dodatne funkcije kao što su kontrolna signalizacija, autorizacija poziva, upravljanje propusnosti, upravljanje pozivima. Dodatna funkcija *Gatekeepera* je usmjeravanje poziva čime poboljšava efektivnost kontrole poziva i omogućava davateljima usluga mogućnost naplate za pozive unutar njihove mreže. Usmjeravanje se koristi i za preusmjeravanje poziva kada je terminalni uređaj nedostupan, [10].

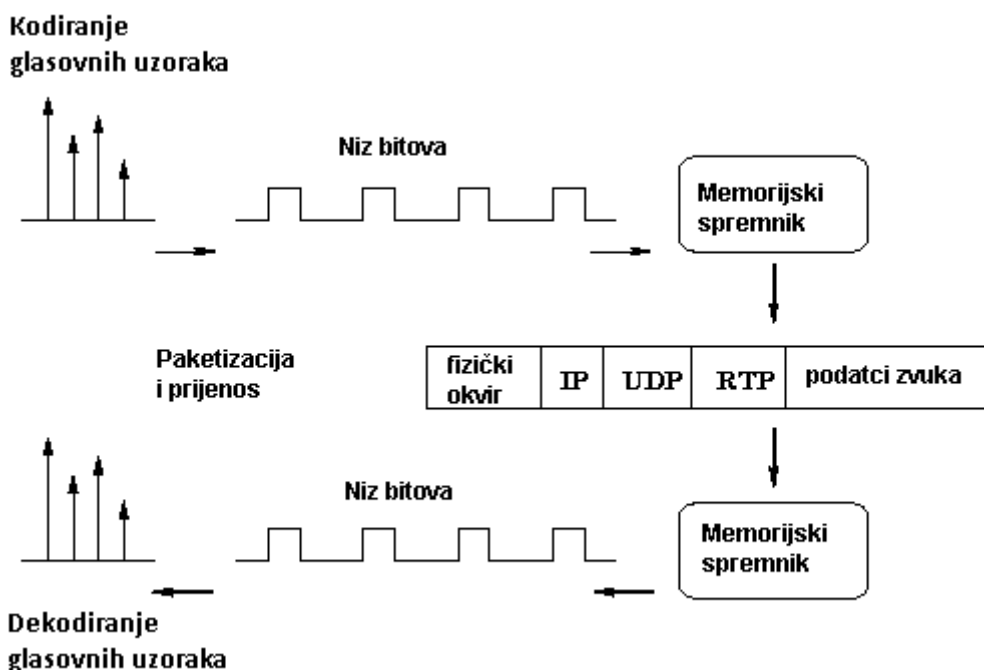


**Slika 6.** Arhitektura VoIP mreže. Preuzeto od [10].

Poveznik je odgovoran za povezivanje mreže IP telefona s drugom vrstom mreže. Poveznik može povezati H.323 mrežu sa mrežama kao što su SIP mreža, PSTN ili ISDN. Poveznik izvodi pretvorbu između različitih transmisijskih formata i komunikacijskih procedura. On je također odgovoran i za uspostavu i raskid poziva na obje strane. Terminali komuniciraju pomoću poveznika koristeći H.245 i Q.931 protokole. *Multipoint Control Unit* je potreban samo ako se koriste centralizirane ili hibridne više odredišne konferencije za distribuciju medijskih tokova. MCU se sastoji od *Multipoint Controller* (MC) i nekoliko *Multipoint Processor-a* (MP). MC upravlja kontrolnim informacijama, a MP tokovima. Terminali šalju svoje tokove prema MCU koji ih miješa i ponovno šalje terminalima, [10].

## 4.2. Uspostava poziva

Uspostava poziva objašnjena je na primjeru između dva računala s VoIP opremom. Nakon uspostave veze uporabom odgovarajućih signalizacijskih protokola, kada jedan korisnik započne razgovor govor iz mikrofona se iz analognog pretvara u digitalni oblik. Uzorci se enkapsuliraju u pakete te se zadržavaju međuspremniku gdje se pripremaju za slanje IP mrežom uz pomoć protokola nižih slojeva (UDP, IP...). VoIP telefoni koriste kodeke za pretvorbu zvuka iz analognog u pakete digitalnog oblika. Pretvorba iz analognog u digitalnog treba se odvijati u realnom vremenu kako bi se komunikacija normalno odvijala. Algoritam kodiranja mora imati sposobnost rekonstruiranja izgubljenih paketa (nema retransmisije). VoIP sustavi koriste servere za obradu poziva koji uspostavljaju i obrađuju pozive. Pridruženi server može služiti i kao poveznik prema PSTN mreži. Poslužitelj je uključen u proces poziva samo kod uspostave i prekida poziva. Nakon što drugo računalo primi pakete, oni se dekapuliraju i reproduciraju na zvučnike odašiljačkog računala, [10].



Slika 7. Uspostava poziva. Preuzeto od [10].



### 4.3. Implementacija VoIP-a

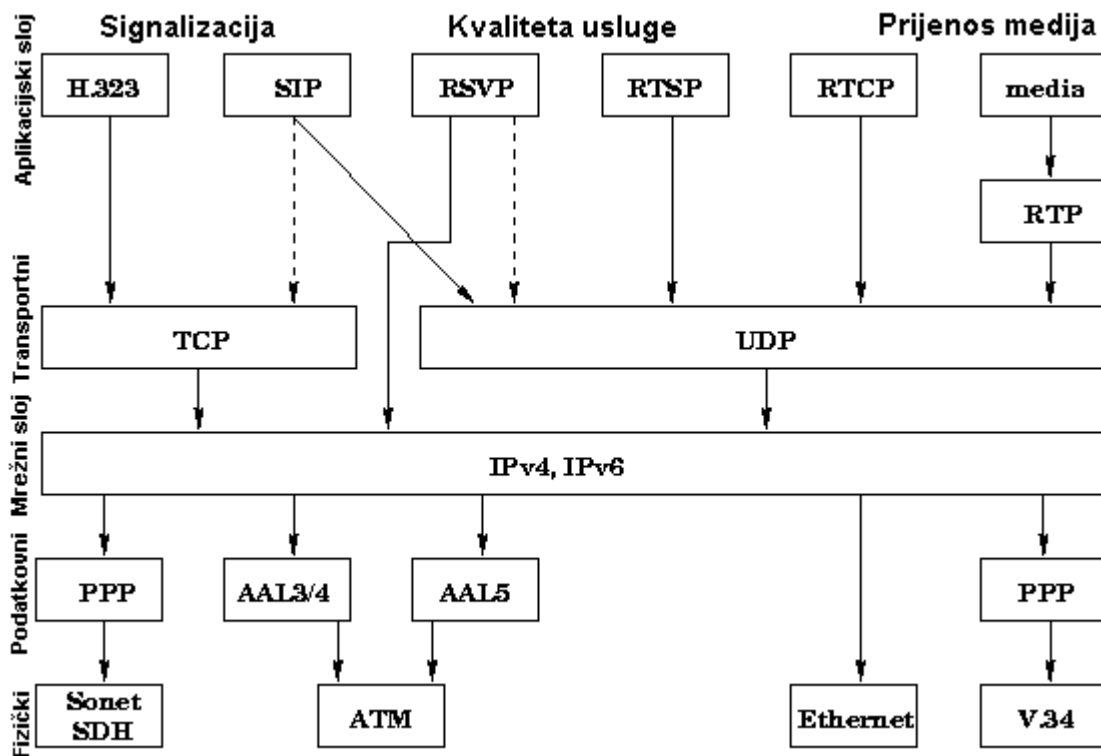
Implementacija VoIP-a mora biti dizajnirana kako bi pružila veliku dostupnost. Održavajući telefonsku uslugu visoko dostupnu nakon pretvorbe u IP mrežu zahtjeva neke izmjene u stavu i očekivanjima kod tradicionalnih podatkovnih operacija ljudi koje vode IP mreže. Povećanje poslova i financijskih transakcija putem IP mreža zahtjeva i visoku dostupnost, tako da mrežna infrastruktura i ljudi koji je održavaju odmiču od postupaka kao što su, prema[1]:

- Gašenje usluga na nekoliko sati kako bi se nadogradio hardver ili softver
- Ponovno podizanje servera ili usmjerivača kako bi se uklonio problem
- Dopuštanje gubitka struje kako bi se prekinula određena usluga

Tehnološke prednosti povezane s konceptom "*cloud computing*" su od velike pomoći. Grupe servera koje omogućuju redundanciju i dijeljena opterećenja sprječavaju da kvarovi na hardveru i softveru dovode do zastoja. Virtualizacija ide i korak dalje, omogućujući novim serverima da se uključe u rad automatski kada je to potrebno. Ova mogućnost dopušta zamjenu, nadogradnju i proširenje servera, instaliranje zakrpa ili nadogradnju softvera bez isključivanja sustava iz rada. [1]

## 5. VOIP PROTOKOLI I SIGNALIZACIJA

VoIP koristi Internet protokol (IP) za prijenos glasa putem paketa preko IP mreža. VoIP je moguć na bilo kojoj mreži koja koristi IP (Internet, LAN...). Audio signal se digitalizira i kompresira, te putem IP paketa šalje kroz mrežu. VoIP protokole možemo podijeliti na protokole za prijenos audio signala i signalizacijske protokole. Protokoli za prijenos audio signala pružaju vremenske informacije te osiguravaju postojan audio signal na prijamoj strani i primjerenu kvalitetu. Zadatak signalizacijskih protokola je adresiranje i usmjeravanje, uspostava i prekid poziva te informativne i dopunske usluge, [10].



Slika 8. VoIP protokoli kroz OSI referentni model. Preuzeto od [10].

## 5.1. Protokoli za prijenos audio signala

Cijela protokolna arhitektura u području IP telefonije je prikazana na slici 8, a sadrži cijeli niz protokola. Na slici nisu prikazani svi protokoli koji se danas koriste već samo oni najzastupljeniji. Najvažniji protokoli za prijenos multimedijjskih sadržaja su RTP, RTCP, RTSP i RSVP.

### 5.1.1. RTP

RTP (*Real-time Transport protocol*) je transportni protokol namijenjen za prijenos stvarnovremenskih podataka kao što je govor. Transportni protokol treba omogućiti prijammniku detekciju izgubljenih paketa te vremensku rekonstrukciju kako bi se kašnjenje i *jitter* moglo kompenzirati. Zaglavalje ovog protokola sadrži informacije koje pomažu prijammniku u rekonstrukciji multimedijjskih sadržaja te sadrže informacije o kdecima. Svaka informacija koja se šalje ovim protokolom sastoji se od podatkovnog i kontrolnog dijela. Kontrolni dio se sastoji od podataka koji služe za vremensku sinkronizaciju, sigurnost, identifikaciju korisnika i detekciju gubitaka u prijenosu, [5].

RTP ne sadrži mehanizme koji bi osigurali pravovremenu isporuke, već je to prepušteno nižim slojevima. RTP ne jamči pouzdanost isporuke paketa i kontrolu toka mreže. Neke od funkcija RTP-a su numeracija paketa, identifikacija korisnog sadržaja, indikacija početka i kraja okvira i identifikacija izvora informacije. RTP protokol je lako prilagodljiv za nove vrste sadržaja i novu programsku podršku, [5].

## 5.1.2. RTCP

RTCP (*Real time Control Protocol*) je protokol upravljanja prijenosom u stvarnom vremenu. Ovaj protokol radi zajedno s RTP-om i omogućuje kontrolu nad RTP konekcijama. Glavna zadaća ovog protokola je prikupljanje povratne informacije o kvaliteti usluge. RTP se bazira na periodičkoj transmisiji kontrolnih paketa svih sudionika sesije, koristeći iste mehanizme distribucije koji se koriste i za prijenos podataka. Protokoli nižeg sloja moraju omogućiti multipleksiranje kontrolnih i podatkovnih paketa. RTCP obavlja sljedeće funkcije, prema [8]:

- Primarna funkcija ovog protokola je omogućiti povratnu informaciju o kvaliteti dostavljanja paketa. Ovo je sastavni dio RTP-a kao transportnog protokola te je vezano za funkcije kontrole toka i zagušenja drugih transportnih protokola. Povratne informacije mogu biti korisne direktno za kontrolu kodiranja i za otkrivanje pogrešaka u distribuciji. Primatelj može odrediti je li zagušenje nastalo na lokalnoj ili globalnoj razini. Također je moguće da netko kao što je davatelj usluge koji nije uključeni u sesiju dobije povratne informacije i dijeljuje da dijagnostičira problem.
- Izvori u RTP paketu su identificirani pomoću identifikatora nazvanih CNAME. Kako se SSRC identifikator može promijeniti ako dođe do greške, primatelj zahtjeva CNAME kako bi pratio svakog sudionika.
- RTCP poruke se periodički šalju između sudionika sesije. Povećanjem broja sudionika potrebno je uravnotežiti dobivanje dosadašnjih kontrolnih informacija. RTCP treba spriječiti zagušenja na mreži pomoću kontrolnih informacija kako bi mogao raditi s višeodredištnim grupama.
- Kontrola sesije: Uporabom paketa BYE, RTCP dopušta sudionicima da naznače da će napustiti sesiju.
- Identifikacija: Informacije kao što su e-mail adrese, imena, telefonski brojevi su uključeni u RTCP pakete kako bi svi sudionici mogli znati identitete drugih sudionika.

### 5.1.3. RTSP

RTSP (*Real time Streaming Protocol*) je protokol prijenosa podataka u stvarnom vremenu. To je protokol aplikacijske razine čiji je glavni zadatak kontrola isporuke stvarnovremenskih podataka kao što su audio i video podatci. RTSP je bezkonekcijski protokol. RTSP uspostavlja i kontrolira tokove podataka između klijenta i servera. RTSP omogućuje funkciju kao je preuzimanje audio i video podataka s servera. RTSP je aplikacijski protokol dosta sličan HTTP (*HyperText Transfer Protocol*) protokolu s tim da RTSP čuva stanje za svaki prikaz u tijeku. Kod RTSP-a poslužitelj i klijent imaju mogućnost slanja zahtjeva. RTSP je implementiran mnogo operativne sustave te omogućuje kompatibilnost između klijenta i servera različitih proizvođača, [2].

### 5.1.4. RSVP

RSVP (*Resource Reservation Protocol*) je protokol za rezervaciju mrežnih resursa. Zadatak RSVP je zauzimanje mrežnih resursa i s time zadržavanje određene kvalitete prijenosa. RSVP može dati prednost i garantirati koliko će biti kašnjenje na određenim IP prometnim tokovima. RSVP omogućuje mrežama s komutacijom paketa da postanu još pogodnije da slanje multimedijских sadržaja koji zahtijevaju veliku širinu frekvencijskoga pojasa iz jednoga izvora prema većem broju korisnika (*multicast*). S RSVP omogućen je VoIP s podnošljivim količinom kašnjenja. Zahtjevi RSVP-a rezultiraju rezervacijom resursa u svakom čvoru duž cijelog puta. Zahtjevi se šalju za samo jedan smjer, dakle tretira pošiljatelja različito od primatelja. RSVP sam po sebi nije usmjerivački protokol, već je dizajniran da radi s dosadašnjim jednodredišnim i višeodredišnim usmjerivačkim protokolima. Odlike ovog protokola su, prema [8]:

- Orijentiran prema primatelju te radi u simplex modu.
- Podržava jednodredišni (*unicast*) i višeodredišni prijenos (*multicast*).
- Prilagođen primatelju i obrađuje heterogene primatelje.
- Kompatibilan s drugim protokolima.

## 5.2. Signalizacija i signalizacijski protokoli

Signalizacija u telekomunikacijskog mreži omogućava razmjenu upravljačkih informacija između mrežnih elemenata. Glavna pretpostavka standarda i preporuka za signalizaciju u IP mrežama je da je svaki uređaj direktno spojen s Internetom te ima svoju adresu. Obavljanje uspostave, modifikacije i kraja sesije generalno ne uključuje vatrozide, kontrolu pristupa ili druge sigurnosne mjere koje možda postaje između Interneta i lokalnih računalnih mreža. Mnoge od ovih sigurnosnih mjera sprječavaju VoIP signalizaciju i njegove prometne tokove. U praksi VoIP mora koristiti zaobilaznice kako bi mogao raditi. Glavni signalizacijski protokoli koji se koriste u VoIP-u su H.323, SIP, SGCP, MGCP i SDP.

### 5.2.1. H.323

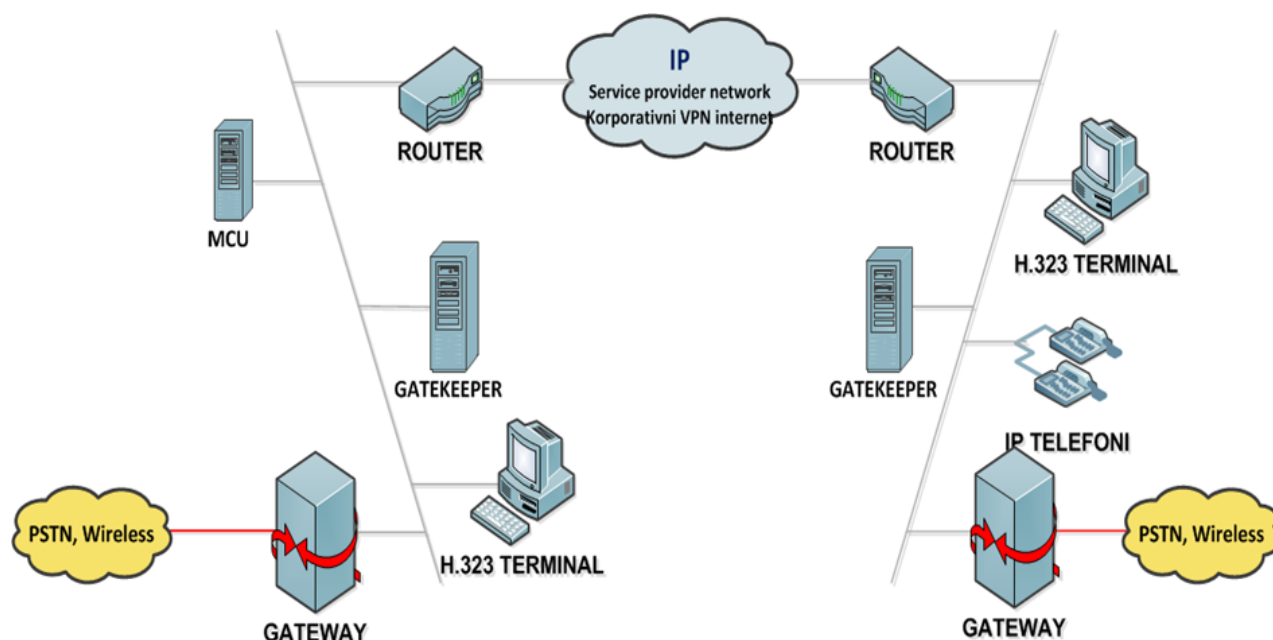
H.323 je najstariji od signalizacijskih protokola, odnosno preporuka objavljen od strane ITU-a s ciljem omogućivanja funkcija potrebnih za video distribuciju u jednom i u oba smjera. Prva verzija H.323 izdana je 1996. godine za video terminale koji komuniciraju lokalnim računalnim mrežama bez garancije kvalitete usluge (QoS). Glas i ostale komponente multimedije dolaze poslije. Sedma verzija ovog protokola objavljena je 2009. godine i sadrži 58 ITU preporuka koje definiraju povezane protokole i njihova proširenja. Ova verzija H.323 uključuje audio i video kodeke, tri tipa kontrole konekcija i funkcije multipleksiranja za mediju i kontrolne sesije, [1].

H.323 se sastoji od nekoliko protokola koji rade zajedno, a svaki obavlja svoj dio posla (H.245 za kontrolu, H.225.0 za uspostavljanje veze, H.332 za velike konferencije, H.235 za sigurnost, H.246 za kompatibilnost sa drugim protokolima, H.450.1, H-450.2 i H.450.3 za ostale potrebe). H.323 upravlja dodjelom pojasne širine po svakom H.323 pozivu kako ne bi došlo zagušenja mreže. H.323 nije ovisan o aplikaciji i operacijskom sustavu, te nije vezan za određen hardver, [8].

H.323 za prijenos audio i video informacija koristi UDP koji je bezkonekcijski i nepouzdan. Za signalizacijske i podatkovne informacije koristi konekcijski pouzdani TCP. H.323 je jako fleksibilan zahvaljujući mnogim podešivim parametrima. Dva terminala koja imaju različite komunikacijske mogućnosti mogu sudjelovati u istoj konferenciji. H.323 funkcije su podijeljene na četiri kanala, prema [8]:

- Kanal za signalizaciju poziva: omogućuje uspostavu i raskid poziva između terminalnih uređaja, te kontrolu dodatnih usluga.
- H.245 Kontrolni kanal: služi za prijenos poruka H.245 protokola kontrolnih informacija tijekom poziva. Ovim kanalom dva terminalna uređaja dogovaraju parametre s kojima će se prenositi različiti mediji tijekom njihove komunikacije.
- RAS (*Registration, Admission and Status*) kanal: služi za komunikaciju između krajnje točke i njoj pripadajućega *Gatekeepera*.
- Logički prijenosni kanali: služi za prijenos audio i video informacija s tim da se svaka vrsta medija prenosi odvojeno svojim kanalom koristeći RTP i RTCP.

H.323 uključuje mrežne komponente kao što su terminalni uređaj, *gateway*, *gatekeeper* i *Multi-point Control Unit* (MCU). U H.323 gradi svaka krajnja točka pripada nekoj zoni, a u svakoj zoni postoji *Gatekeeper*. Krajnjim točkama svake zone pridružen je određen *Gatekeeper*. Krajnje točke predstavljaju IP telefoni ili rješenja za osobna računala, te govorni pristupnici s H.323 podrškom koji predstavljaju mostove prema PSTN mrežama. *Gatekeeperi*, terminalni uređaji i višeodredišne kontrole jedinice se povezuju isključivo na IP mrežu. Pristupnici se povezuju na H.323 mrežu i na neku drugu mrežu, najčešće je to PSTN. Mnogi pristupnici spajaju i dvije IP mreže gdje je potrebna funkcija prekodiranja glasa ili signalizacija, [8].



Slika 9. H.323 arhitektura. Preuzeto od [11].



## 5.2.2. SIP

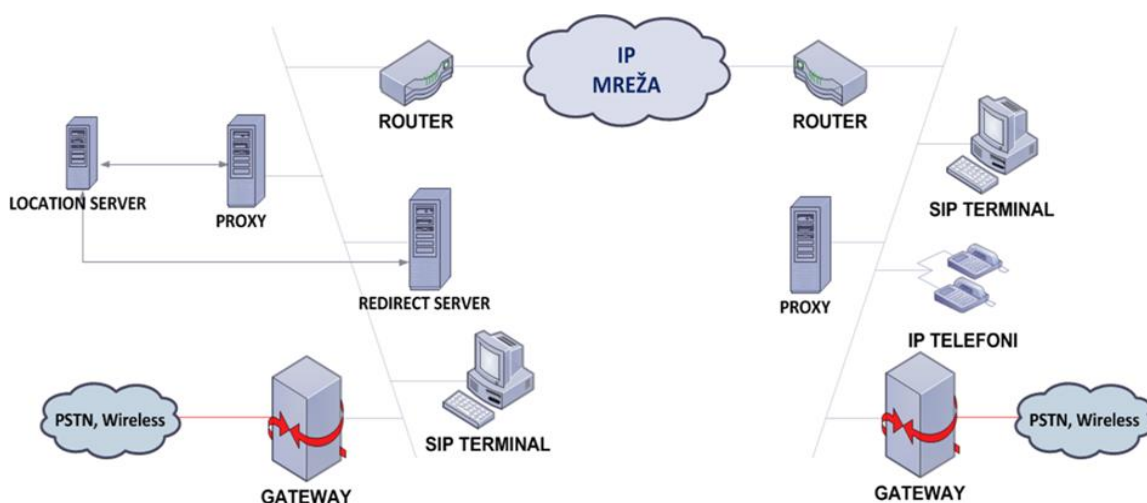
SIP (*Session Initiation Protocol*) je protokol za pokretanje sesije. SIP je IETF-ov (*Internet Engineering Task Force*) signalizacijski protokol koji se koristi za uspostavu, modifikaciju i raskidanje višemedijskih sesija u IP mrežama. SIP ima mogućnost da pozove nove članove u postojeću sesiju ili da napravi potpuno novu sesiju. SIP je nezavisan od vrste multimedijskih sesija, te je jednako koristan za video konferencije i pozive. Primjenjuje se zajedno sa drugim protokolima s ciljem realizacije usluge, primjerice RTP i SDP (*Session Description Protocol*), [4].

SIP se temelji na jednom od najuspješnijem i najviše korištenom internetskom protokolu, HTTP-u. SIP je tekstualno orijentiran na relaciji klijent-poslužitelj. Temelji se na nizu poruka koje međusobno izmjenjuju klijent i poslužitelj. Najvažnije SIP metode odnosno vrste poruka su, prema [4]:

- INVITE (INV): Korisnički agent započinje dijalog i sesiju. Pomoću ove metode se dogovaraju parametri komunikacije (pristupna točka, algoritam kodiranja, medijski tok).
- Cancel (CAN): Kada poslužitelj pokušava doseći korisnika može to pokušati na nekoliko lokacija, kad ga pronađe, ovom metodom uklanja ostala traženja.
- Acknowledgment (ACK): Služi za potvrdu nove veze.
- Register (REG): Ovom metodom korisnički agent predaje informacije o lokaciji poslužitelju.
- Goodbye (BYE): Metoda za zatvaranje konekcije, sesije i dijaloga.
- Options (OPT): Ovom metodom se dobivaju ili traže informacije o mogućnostima poslužitelja.
- Update (UP): Ažurira informacije o sesiji bez utjecaja na dijalog.
- Message (MSG): Metoda za slanje poruka.
- Info (INFO): Šalje informacije o aplikaciji bez mijenjanja stanja sesije.
- Subscribe (SUB): Omogućuje korisničkom agentu da šalje upit za obavijesti u vezi nastalih promjena.
- Notify (NOTIFY): Šalje informacije preplaćenim korisničkim agentima o nastalim promjenama.

SIP se sastoji od elemenata koji međusobno komuniciraju koristeći podatkovne veze i transportne protokole kako bi omogućio procese kao što su uspostava, modifikacija i raskidanje sesija. SIP elemente čine hardver i softver VoIP sustava. Elementi SIP mreže su, prema [4]:

- Korisnički agent (*User Agent*): IP telefon, kamera, video zaslon...Svaka krajnja točka uključuje UAC klijenta (*User Agent Client*) i UAS poslužitelja (*User Agent Server*). UAC klijent šalje zahtjeve, a UAS poslužitelj odgovara na zahtjeve. Jedna korisničko agentska softverska aplikacija može obavljati obje funkcije.
- *Proxy server*: softverski server koji radi kao klijent i poslužitelj prima i šalje poruke drugim *proxy* i drugim krajnjim točkama korisničkog agenta. *Proxy* omogućuje pronalaženje lokacije sudionika sesije. SIP *proxy* ima dva načina rada *stateful* i *stateless* ovisno o informaciji o stanju prijenosa.
- Lokacijski server: baza podataka za područje gdje *proxy* može naći lokaciju računala ili korisničkog agenta. Informacija se dobiva od strane registracijskog servera u kojem se pohranjuju lokacijske informacije krajnjim uređajima.
- Registrar: server ili proces gdje krajnja točka sadrži informacije o svojoj lokaciji ili adresi. Registrar svoju funkciju obavlja uz pomoć lokacijskih servisa. Više korisnika se može registrirati preko jednog krajnjeg uređaja.
- Server za preusmjeravanje: *proxy* s pristupom informacija o lokaciji koji može odrediti gdje poslati poruku preko UAC-a ili *proxy* servera.
- SIP terminal: podržava stvarnovremensku dvosmjernu komunikaciju s drugim SIP terminalom.



Slika 10. SIP arhitektura. Preuzeto od [11].

### 5.2.3. SDP

SDP (Session Description Protocol) je protokol za opis sesije. Zadaća SDP-a pružiti dovoljno informacija o sesijama, kako bi:

- Primalac mogao odlučiti dali da sudjeluje u sesiji ovisno o potrebnoj propusnosti, formatu medija i sl.
- Ako se uključuje primalac znao kako i gdje da se uključi.

SDP pruža informacije o imenu i namjeni sesije, adresi i broju porta, vremenima početka i kraja sesije, potrebnoj pojasnoj širini i kontaktne informacije osobe odgovorne za sesiju. Navedene informacije se prenose u jednostavni tekstualni format. Kad se kod sesije koristi SIP, INVITE metoda sadrži SDP koji opisuje parametre sesije prihvatljive drugim sudionicima. U odgovoru primatelja poziva SDP opisuje njegove parametre kojim raspolaže. Medijske informacije koje SDP šalje su: vrsta medija (audio ili video), transportni protokol (UDP ili TCP) i medijski format, [8].

### 5.2.4. MGCP

MGCP (*Media Gateway Control Protocol*) je protokol koji definira komunikaciju između kontrolnih pristupnika (*Media Gateway Controllers - MGC*) i telefonskih pristupnika. To je kontrolni protokol koji omogućuje centralnom koordinatorskom praćenje događaja kod IP telefona i pristupnika. MGCP nalaže IP telefonu i pristupniku slanje medija na određene adrese. Kod MGC-a konekcije se uspostavljaju na svakoj krajnjoj točki koja će biti uključena u poziv. Kada se dvije krajnje točke lociraju na pristupnicima, te su upravljane od strane istog MGC-a konekcija se obavlja kroz tri koraka, prema [8]:

- MGC šalje upit na prvi pristupnik za kreaciju konekcije na prvoj krajnjoj točki. U odgovoru pristupnika nalazi se i opis sesije koji sadrži važne informacije za slanje paketa novoj konekciji.
- MGC šalje opis sesije s prvog pristupnika na drugi pristupnik, te šalje upit za stvaranje konekcije na drugoj krajnjoj točki. Drugi pristupnik odgovara i šalje opis svoje sesije.

- MGC koristi modificirane komunikacijske naredbe kako bi opis druge sesije poslao prvoj krajnjoj točki. Nakon toga komunikacija u oba smjera može započeti.

## 6. KVALITETA USLUGE

Kvaliteta usluge (*Quality of Service* - QoS) predstavlja učinak djelovanja usluga koje određuju razinu zadovoljstva korisnika usluga. Kvaliteta usluge ovisi o očekivanjima samog korisnika. U području telekomunikacijskih tehnologija kvaliteta usluge se odnosi na mehanizam za kontrolu rezervacije mrežnih resursa.

Internet radi na modelu „*best-effort*“ odnosno bez jamstva da će zadovoljavajuća razina usluge biti omogućena. Kod Interneta se pristupa elastičnim pristupom koji je dobar za e-mail, prijenos datoteka i web promet. Kod VoIP-a i drugih stvarno vremenskih aplikacija potreban je drugačiji pristup. Kao i druge stvarno vremenske aplikacija, VoIP je osjetljiv na propusnost i kašnjenje. VoIP kao zamjena za standardnu javnu telefonsku mrežu trebao bi pružiti i jednaku kvalitetu usluge. Dakle kvaliteta bi trebala biti konstantno vrlo visoka. Da bi govor bio razumljiv paketi ne bi smjeli kasniti ili biti izgubljeni. Zahtjevi koje kvaliteta usluge kod VoIP-a moraju biti ispunjeni su, prema [7]:

- Kodek G.729 zahtjeva da gubitak paketa bude manji od 1% kako bi se izbjegli problemi u prepoznavanju govora. Bilo bi idealno kad ne bi bilo nikakvog gubitka paketa kod VoIP-a.
- ITU G.144 specifikacija preporučuje kašnjenje manje od 150 ms u jednom smjeru od kraja do kraja za visoko kvalitetni prijenos glasa.
- Upotreba *Jitter* međuspremnik se za sprječavanje *jittera*. *Jitter* međuspremnik i su korisni na varijacijama kašnjenja manjim od 100 ms.

Kvaliteta usluge kod VoIP-a ovisi o parametrima kao što su:

- Propusnost
- Raspoloživost usluge
- Gubitak paketa
- Kašnjenje
- Kolebanje kašnjenja

## 6.1. Propusnost

Propusnost (*throughput*) je količina prometa koja prolazi kroz mrežu od jednog mrežnog uređaja do drugog u jedinici vremena. Mjerna jedinica za propusnost je broj bitova u jedinici vremena. Za razliku od širine pojasa (*bandwidth*) koja predstavlja teoretsku gornju granicu za propusnost određene od strane fizičkog medija, propusnost predstavlja stvarnu količinu podataka koji se mogu slati u jedinici vremena. Standardne vrijednosti propusnosti se kreću od nekoliko Mbit/s kod ADSL-a (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) i WAN mrežama, nekoliko Gbit/s kod LAN mreža. Propusnost kod VoIP-a najviše ovisi od kodeku koji se koristi. Normalni razgovori uključuju i mnogo tišine, odnosno za to vrijeme se paketi ne šalju. Kako bi se bolje iskoristio prijenosni pojas koriste se mehanizmi koji potiskuju tišinu. Tako da ako poziv koristi 64 k/bit RTP preko UDP i IP preko *Etherneta* potpuna širina pojasa neće biti iskorištena, [7].

## 6.2. Raspoloživost usluge

Raspoloživost (*availability*) je vjerojatnost da je sustav ispravan (u stanju spremnosti) u bilo kojem trenutku, ako je bio ispravan na početku promatranja. Predstavlja vrijeme određeni udio vremena kada je mreža ispravna. U govornim mrežama raspoloživost bi trebala iznositi 99,99 %. Drugim riječima mreža može biti neispravna 5.25 minuta godišnje, [7].

## 6.3. Gubitak paketa

Gubitak paketa (*packet loss*) i pogrešni bitovi puno više utječu na govorne aplikacije, nego na podatkovne usluge. Kod podatkovnog prometa gubitak paketa ne predstavlja problem jer je moguće koristiti retransmisiju. Kod stvarnovremenskih aplikacija retransmisija nema smisla. Bitno je i napomenuti da kod VoIP-a zakašnjeli paketi se smatraju izgubljenim. Najveći razlog nastanka gubitka paketa u IP mrežama je „preljevanje“ međuspremnikâ u čvorovima. Gubitak više paketa tijekom prijenosa dovodi do izobličenja govora u komunikaciji, a može dovesti i do prekida poziva. Gubitak paketa kod VoIP-a za ostvarivanje najmanje kvalitete ne bi smio biti veći od 5%, a za visoku kvalitetu 1%, [9].

## 6.4. Kašnjenje

Kašnjenje (*delay*) predstavlja vrijeme potrebno da paket prođe mrežom s jednog kraja na drugi. VoIP i druge stvarnovremenske aplikacije ne toleriraju kašnjenja. Kod primjene kompresije na glasovnim konekcijama proračun kašnjenja je vrlo bitan. Za najbolju kvalitetu glasa izbor kompresije ima veliku ulogu. Kašnjenje je važno kod prijenosa glasa i videa u stvarnom vremenu. Što je veće kašnjenje bitnije je spriječiti jeku na drugom kraju. Ne proizvode možda svi digitalni sustavi jeku, ali pozivi s digitalnog na analogni telefon je proizvodi sigurno. Jeka nastala s kašnjenjem od 50 ms ili više mora biti spriječena kako bi se izbjegla interferencija s sugovornikom. Jeka veća od 200 ms može dovesti da glasovni kanal bude neupotrebljiv. Pravila izdana za kašnjenje od strane ITU-a kažu:

- $\leq 150$  ms, najveće prihvatljivo kašnjenje na PSTN-u: poviše ove razine, kašnjenje počinje interferirati s razgovorom.
- $\leq 200$  ms, prihvatljivo za privatne mreže širokog područja: kada sudionici započnu razgovor u istom vremenu mogu nastati problemi.
- $\geq 250$  ms: nastalih kod satelitske konekcije. Jeka čini kanal jako teškim za upotrebu. Čak i ako jeka poništena, veliko kašnjenje dovodi do interferencije.
- $\geq 500$  ms: moguće na kanalima koji koriste dva satelita. Govornik treba koristiti određene korake da bi se izbjegla interferencija.

Oprema kod video konferencija bi se trebala kompenzirati razlike u kašnjenju. Problem razlika u kašnjenju se može riješiti i korištenjem drugih kodeka koji su bolje prilagođeni kašnjenju. Neki pružatelji usluge dopuštaju korisniku da sam bira tip kodiranja. Drugi inzistiraju da se koristi kompresija kako bi se sačuvala širina pojasa. Neki korisnici isključuju kompresiju kako bi ostvarili bolju kvalitetu zvuka. Svaka kompresija glasa ima nekoliko utjecaja na kvalitetu zvuka, [1].

Kašnjenje paketa se može podijeliti na četiri komponente, prema [3]:

- Kašnjenje procesiranja
- Kašnjenje serijalizacije
- Kašnjenje propagacije
- Kašnjenje prosljeđivanja paketa

### 6.4.1. Kašnjenje procesiranja

Kašnjenje procesiranja je vrijeme potrebno da mrežni elementi npr. ruteri ili terminali procesiraju paket. Ovo kašnjenje ovisi o kompleksnosti funkcije procesiranja, te o brzini procesiranja mrežnog elementa. Ove funkcije variraju od jednostavnog klasificiranja paketa radi prosljeđivanja do kompleksnih obrada sadržaja za enkripciju. Kašnjenje procesiranja na ruterima obično se smatra zanemarivim: za rutere kičmene mreže (*backbone*), kašnjenje je reda 10-20  $\mu$ s po paketu, [9].

### 6.4.2. Kašnjenje serijalizacije

Kašnjenje serijalizacije (transmisije) je direktno proporcionalno veličini paketa i obrnuto proporcionalno brzini linka:

$$Kasnjenje\_serijalizacije = \frac{velicina\_paketa}{brzina\_linka} \quad (1)$$

Kašnjenje serijalizacije se može smatrati zanemarivim na linkovima brzina iznad 155 Mbps. Kašnjenje serijalizacije je fizičko ograničenje linka i nema načina da se izbjegne osim da se poveća brzina (kapacitet) linka, [9].



### 6.4.3. Kašnjenje propagacije

Kašnjenje propagacije opisuje vrijeme potrebno da se signal prenese kroz medij. Može se odrediti kao:

$$kasnjenje\_propagacije = \frac{fizicka\_udaljenost}{brzina\_propagacije} \quad (2)$$

Kašnjenje propagacije ovisi o vrsti medija. Kašnjenje propagacije iznosi oko 4 ms po 1000 km kroz koaksijalni kabal, odnosno 5 ms po 1000 km za optičko vlakno. Važno je napomenuti da u praksi mrežni linkovi nikada ne prate najkraći geografski put između dvije točke koje povezuje, [9].

### 6.4.4. Kašnjenje prosljeđivanja paketa

Mrežne komponente imaju ulazne i izlazne redove čekanja. Vrijeme koje paket provede u ovim redovima čekanja je kašnjenje u redovima čekanja. Redovi čekanja rastu u slučajevima zagušenja, što rezultira i većim kašnjenjem u redovima čekanja. Kašnjenje raspoređivanja i servisiranja redova predstavlja vrijeme koje paket provede u međuspremniku čekajući na prenos. Različito prometno opterećenje mreže rezultira u promjenjivom kašnjenju zbog čekanja na prijenos. Veličina međuspremnika je obično parametar koji se može konfigurirati i što je čekanje manje to je doprinos ove komponente ukupnom kašnjenju manji. Čekanje ne smije biti ni suviše malo jer će se svi paketi koji ne stignu za vrijeme popunjavanja paketa proglašiti izgubljenim, što će narušiti kvalitetu prijenosa. Ipak, ovo kašnjenje se također zasniva i na veličini prometa koji treba da prođe preko određenog linka, pa se stoga povećava s opterećenjem mreže, [9].

**Tablica 3.** Komponente kašnjenja. Preuzeto od [1].

| Komponenta                      | Lokacija  | Potrebno vrijeme (ms) | Napomena  |
|---------------------------------|---|-----------------------|---|
| PCM kodiranje                   | Telefon   | 1                     | 8-bitni uzorci  |
| Akumulacija paketa              |   | 10 ili 2030           | G.711/PCM, G.729<br>CELP, G723.1<br>ACELP                                   |
| Kompresija                      |   | ≤17                   | Ovisno o hardveru i algoritmu   |
| Čekanje u redu                  |   | ≤100<br>≤10<br>≤1     | 10BaseT LAN<br>100BaseT LAN<br>GigEnet                                      |
| Serijalizacija                  | Telefon,<br>usmjerivač,<br>preklopnik (na<br>odašiljačkoj strani) | 1<br>0.1<br>0.01      | 10BaseT LAN<br>100BaseT LAN<br>GigEnet                                      |
| Propagacija                     | Transmisijski<br>linkovi  | 10<br>250             | Za 1000 milja<br>Za satelitski skok   |
| Deserijalizacija                | Telefon,<br>usmjerivač,<br>preklopnik (na<br>prijamnoj strani)    | 1<br>0.1<br>0.01      | 10BaseT LAN<br>100BaseT LAN<br>GigEnet                                      |
| Dekompresija i<br>sekvenciranje | Telefon na<br>prijamnoj strani                                    | 8-19                  | Dekompresija je<br>obično<br>jednostavnija od<br>kompresije                 |
| Jitter<br>međuspremnik          |   | 20-60                 | Dinamično varira  |
| Reprodukcija                    |   | 10-30                 | Kao i<br>akumulacijsko<br>vrijeme originalnih<br>paketa                     |
| Ukupno kašnjenje                | Lokalni pozivi<br>Pozivi na veće<br>udaljenosti                   | 54<br>100-150         | Nema kompresije<br>2000 milja s<br>kompresijom i<br>vrijeme<br>usmjerivanja |

## 6.5. Kolebanje kašnjenja

Kolebanje kašnjenja (*jitter*) predstavlja razliku kašnjenja različitih paketa iste sesije. VoIP je vrlo osjetljiv na kolebanje kašnjenja predstavlja jedan o najznačajnijih problema za kvalitetu usluge. Kolebanje kašnjenja kod VoIP-a prouzročuje kratke prekide u razgovoru, odnosno raspadanje primljene govorne informacije. Kako bi se riješio problem kolebanja kašnjenja koriste se memorijski međuspremnici koji izgladuje varijacije kašnjenja. Memorijski međuspremnici mogu izvršiti ponovno sekvenciranje paketa za one pakete koji su stigli drugačijim redoslijedom od onog kojim su poslani. Važno je napomenuti da se korištenjem memorijskih međuspremnika povećava ukupno kašnjenje, [3].

Tipični međuspremnik zadržava dva do četiri paketa što dovodi do dodatnog kašnjenja od 20 do 40 ms za paketa veličine 10 ms, a za pakete veličine 20 ms dodatno kašnjenje je 80 ms. *Jitter* ne bi trebao biti veći od 60 ms za prosječnu kvalitetu i 20 ms za komercijalnu kvalitetu, [3].

## 7. UNIFICIRANE KOMUNIKACIJE

Cilj unificiranih komunikacija je unaprjeđenje komunikacije s ciljem optimizacije poslovnih procesa i povećanja produktivnosti korisnika. Unificiranje glasa, teksta, videa i podataka na istoj mreži omogućuje bržu integraciju više usluga.

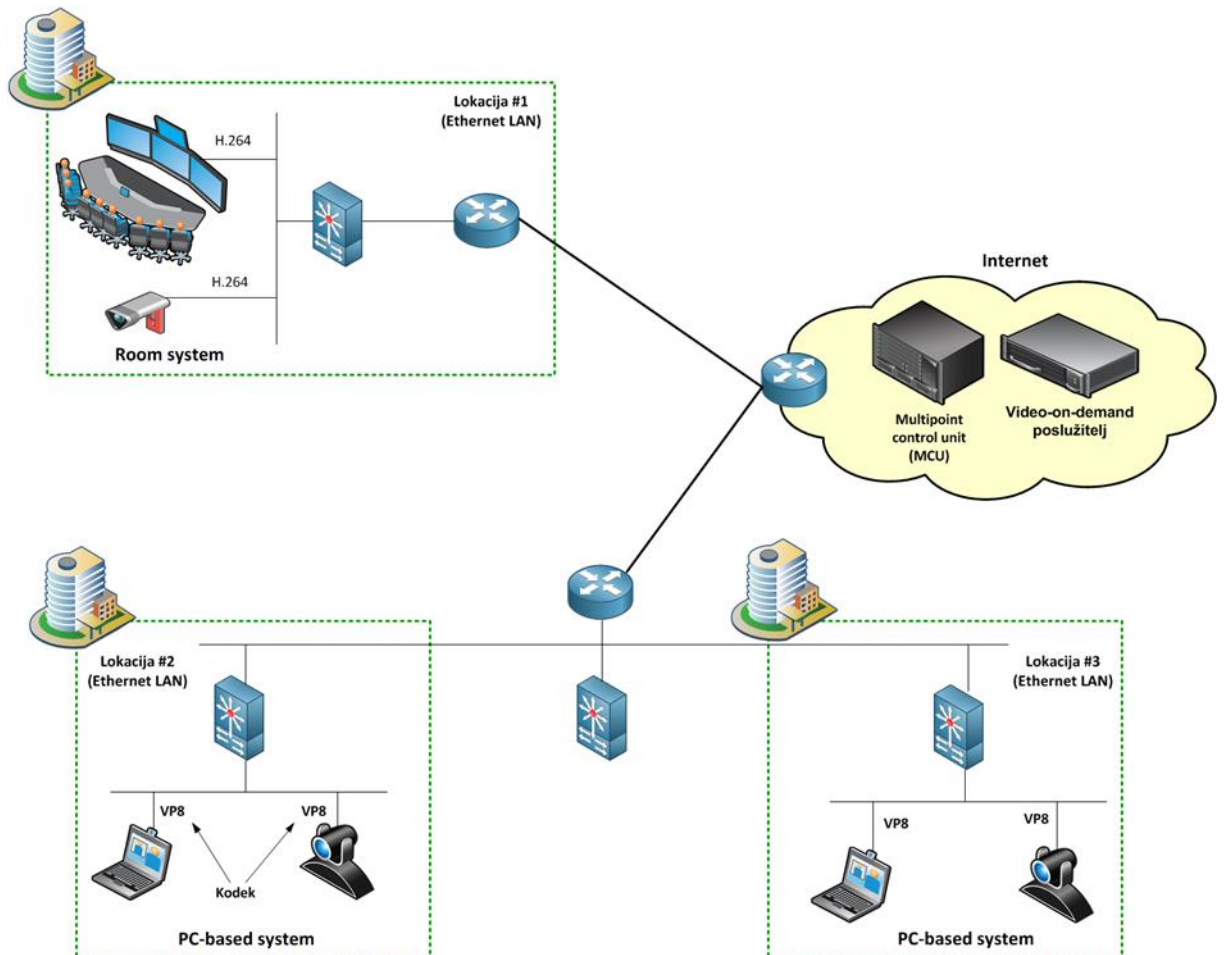
Elektronične komunikacije je poslovanje koje danas nezamislivo bez tri osnovne elektroničke tehnologije: fiksna i/ili mobilna telefonija, faks i e-mail. Veće tvrtke koriste i dopunske oblike komunikacije kao elektronička kolaboracija, instant tekstualno komuniciranje, sustavi koji prikazuju dostupnost osoba, glasovne konferencije, web konferencije, video konferencije, itd.... Korištenjem više takvih tehnologija tvrtkama donose financijske uštede, veću produktivnost i efikasnost u razmijeni informacija, [1].

Kad su elektronične komunikacije postale dostupne u IP obliku došlo je do snažnog zanimanja za ujedinjenjem svih različitih komunikacijskih tehnologija u integrirani IP sustav. Prednosti unificiranih komunikacija su, prema [1]:

- velike financijske uštede; zamjenom analogno-digitalnih sustava smanjuju se mjesečni troškovi na fiksnim mobilnim operaterima.
- povećanje osobne produktivnosti; Unificirane komunikacije omogućuju bolje telekomunikacijske tehnologije s čim samo obavljanje svakodnevnih poslova djelatnicima je mnogo brže i jednostavnije. Na ovaj način se poboljšava produktivnost i efikasnost djelatnika.
- smanjenje troškova integracijom tehnologija; korištenjem integracijski tehnologija kao što je video konferencija ne štedi se samo vrijeme nego i putni troškovi.
- državanje i upravljanje; integracijom dviju mreža u jednu nema potrebe za odvojenim održavanjem i upravljanjem

## 7.1. Video konferencija

Video konferencija je jedna od najpopularnijih unificirano komunikacijskih tehnologija kod krajnjih korisnika. Video konferencija omogućava komunikaciju u stvarnom vremenu između dvoje ili više ljudi na različitim lokacijama (slika 11), [1].



**Slika 11.** Prikaz arhitekture za potrebe video konferencije u LAN okruženju. Preuzeto od [11].

Komponente potrebne za ostvarivanje video konferencije uključuju, prema [1]:

- Video ulazi (video kamera ili web kamera)
- Video izlazi (monitor, televizija ili projektor)
- Audio ulazi (mikrofoni)
- Audio izlazi (zvučnici)
- Prijenos podataka (analogna ili digitalna telefonska mreža, LAN ili Internet)

## 7.2. Konferencijski poziv

Konferencijska usluga omogućava istodobni razgovor s više sudionika koji se mogu nalaziti na različitim lokacijama. Mogućnost istodobnog komuniciranja s više od jedne osobe omogućuje bolje raspolaganje vremenom, a ujedno smanjuje troškove. U početku audio prenosnik je bio velik i skup, te nije bio primamljiv većini poduzeća. Razvojem boljih kompjuterskih čipova i jeftinijih memorija smanjuje se cijena audio prenosnika. Čak i rani digitalni PBX-ovi su pružali mogućnosti povezivanja nekolicine sudionika u audio konferenciju. *Digital signal processing* (DSP) smanjuje cijenu još više, te omogućuju povezivanje tisuće vodova u konferencijske pozive. Ovi veliki uređaji omogućuju ruralnim lokalnim telekomunikacijskim operatorima (*Local Exchange Carrier* - LEC) da pružaju besplatnu konferencijsku uslugu. LEC prikuplja pristojbe za rutiranje poziva koje obavljaju mrežni operatori. Sudionici konferencije plaćaju poziv prema audio prenosniku. Danas, audio konferencija je postala standard bez dodatnih troškova kod hardverskih i softverskih komponenti, [1].

## 7.3. Snimanje poziva

Snimanje poziva služi za snimanje poziva preko PSTN-a ili VoIP-a, te pohranjivanje u digitalnom audio formatu. Razlozi snimanja razgovora su kontrola kvalitete, dokumentacija raznih transakcija i sl. s korisničkom opremom za snimanje poziva moguće je pozive označiti s drugim informacijama kao što su datum, vrijeme uspostave poziva, telefonskim brojevima i drugim podacima. Davatelji VoIP usluga koji upravljaju kontrolom poziva nude uslugu snimanja poziva. Mnogi usmjerivači, medijski pristupnici i kontroleri sesija imaju mogućnost dupliciranja medijskih tokova i slanja kopija uređaju za snimanje. Primjer softvera za snimanje poziva je *Alcatel-Lucent RECORD*, koji radi s telefonima pomoću medijskog pristupnika i s IP telefonima, [1].

## 7.4. Mogućnosti telefona dodane Unificiranim komunikacijama

Više od 50 projekata IETF-u i SIP Forum-u konstantno dodaju dodatne funkcije dostupne na novom telefonskom sustavu. Unificirane komunikacije integriraju mnoge dodatne elemente kao što su video, prisutnost i instant poruke.

Neke od najdostupnijih mogućnosti su sljedeće, prema [1]:

- Povezivanje računala i telefona: upravljati telefonom i pozivima preko računala. Pregled poziva, snimanje poziva, upravljanje konferencijama putem web pretraživača ili aplikacijama.
- Pregled liste poziva: odgovaranje poziva klikom miša ne samo izvršenih poziva, već i propuštenih ili prekinutih dolazećih poziva.
- Privatni i poslovni adresari: više informacija o zaposlenicima, dobivenih iz baza podataka o ljudskim resursima.
- Izbor kodeka: za glas i video, omogućuje balansiranje između kvalitete glasa i brzine.
- Privatnost postignuta integriranom enkripcijom: IP telefon koristi virtualnu privatnu mrežu (VPN), *IPsec* ili *Secure RTP* metode koje se mogu lako konfigurirati i inicirati putem telefona ili preglednika.
- Faks: s javnim telefonskim brojem moguće je primiti faksove u privatne email pretince, te ih je moguće proslijediti pomoću preglednika ili aplikacije na mobilnom uređaju.

### **7.4.1. Prisutnost**

Istraživanja otkrivaju da krajnji korisnici smatraju prisutnost jako bitnom u poslovnom okruženju. Prisutnost tehnologija je vrsta aplikacije koja omogućuje lociranje i identifikaciju uređaja gdje god on bio kada je korisnik spojen preko njega na mrežu. Ova tehnologija je sastavni dio treće generacije mobilnih mreža (3G), te se upotrebljava kod mnogo komunikacijskih uređaja kao što su mobilni telefoni, prijenosna računala i dlanovnici. Prisutnost također omogućuje korisnicima praćenje dostupnosti drugog korisnika. Kod VoIP-a status prisutnosti dolazi preko servera gdje se korisnički agent registrira. Prisutnost je usko povezana s slanjem poruka u realnom vremenu (*Instant Messaging*). Mnoge kompanije koriste vlastite servere za slanje poruka u realnom vremenu zbog povjerljivosti, arhiviranja poruka ili drugih razloga. Ovakvi serveri također mogu pratiti status prisutnosti, [1].

### **7.4.2. Glasovna pošta i email**

Neke organizacije koriste glasovnu poštu, a neke email. Unificirane Komunikacije nastoje spojiti obje tehnologije. Prepoznavanja govora je tehnologija koja pretvara glasovnu poštu u tekst, te je razvijena za preko 40 jezika. Kada pozivatelj ostavi govornu poštu, sistem unificiranih komunikacija može je pretvoriti u tekstualni oblik i dostaviti je preko email-a. Kako su sada zasloni na mobilnim uređajima dovoljno veliki za čitati tekst, ovo može biti dobar način primanja poruka kada se nalazimo u bučnim prostorima. Emailovi i tekstualne poruke mogu se pretvoriti u glasovnu poštu. Originalna poruka ostaje dostupna u prvobitnom stanju kako bi primalac mogao provjeriti riječi koje se nisu uredno prevele ili su izvučene iz konteksta, [1].



### 7.4.3. Integracija SMS-a

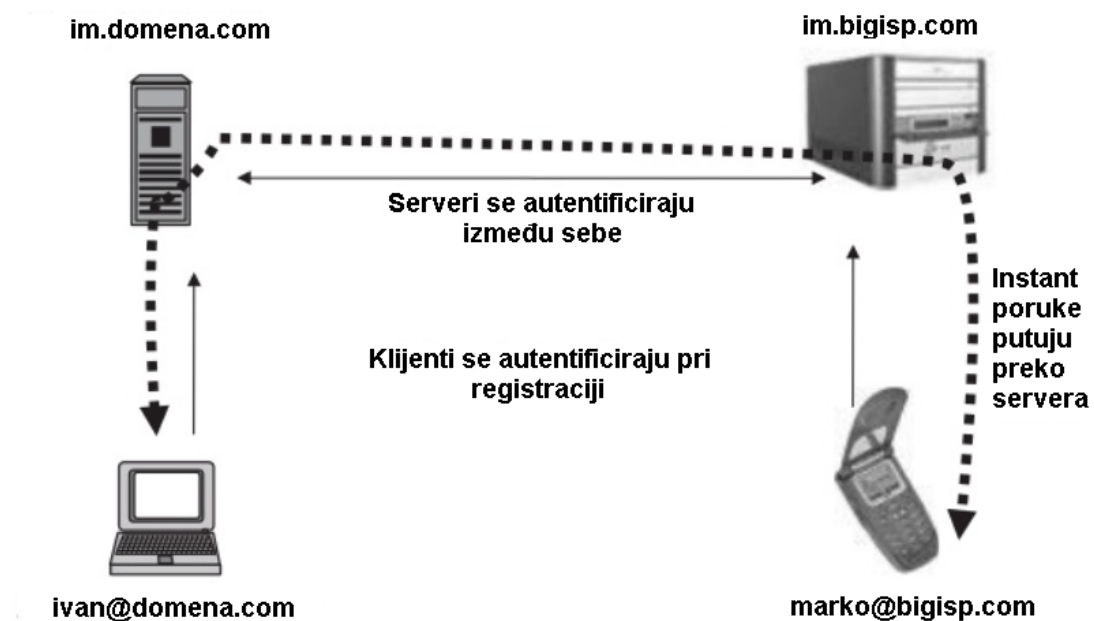
SMS (*Short Message Service*) je usluga koja omogućuje slanje i primanje kratkih tekstualnih poruka. Destinacija SMS je najčešće drugi mobilni telefon, ali je moguće i slanje SMS prema aplikacijama za slanje poruka u stvarnom vremenu, VoIP aplikacijama (*Skype*), aplikacijama Unificiranih komunikacija i aplikacijama baziranim na Web-u pomoću Web pretraživača, [1].

SMS je dizajniran da bude kompaktan, količina podataka je ograničena na 140 okteta kod GSM. Ako se koristi 7-bitni ASCII kod najveći mogući broj znakova u jednoj poruci je 180. 2010. godine broj poslanih poruka premašuje broj ostvarenih poziva na mobilnim sustavima. *Twitter* je baziran na SMS tehnologiji, te je moguće slanje email-a putem SMS-a. Prvih 1600 okteta email poruke se raspoređuje u više SMS poruka. Moguća je isporuka SMS poruka putem PSTN upotrebom automatske pretvorbe teksta u glas. Kontrolori Unificiranih Komunikacija mogu tretirati SMS kao još jedno sredstvo komunikacijem, te sučelje za slanje i primanje SMS poruka može biti email. Ovakva komunikacija zahtjeva pristupni server koji je povezan s IP mrežom. Samo nekolicina sofisticiranijih softverskih platformi kontrole poziva imaju mogućnost integracije SMS-a. Aplikacije kao *Twilio* ili *Voxeo Prophecy* imaju mogućnost slanja i primanja SMS poruka. Aplikacija *FreeSwitch* ima mogućnost primanja, ali ne i slanja SMS poruka. *Asterisk*, jedan od VoIP-ovih softverskih paketa nije još u mogućnosti upravljanja s SMS porukama, [1].

### 7.4.4. Instant poruke

Instantne poruke (IM) se usko povezane s konceptom prisutnosti. IM aplikacije na računalima prikazuju kontakte koji su na trenutno na mreži. Razlika između IM i SMS-a je u transmisijskim metodama i vrsti servera koji se koriste. Poduzeće može koristiti vlastiti IM server ako želi nadzirati komunikacije unutar samog poduzeća. IM se oslanja na server gdje se korisnici registriraju za stvaranje računa, te se zatim prijavljuju kako bi uspostavili prisutnost. IM mogu priložiti datoteke i poruke mogu biti veće nego kod SMS-a. SMS ne izvješćuje nužno o prisutnosti kontakata, [1].

Protokol IM-a, XMPP (*Extensible Messaging and Presence Protocol*) koristi tokove XML (*eXtensible Markup Language*) za isporuku informacije, zatraženje odgovora i održavanje prisutnosti. IM serveri se identificiraju međusobno, ali svaki server ima obavezu i identificirati svoje registrirane korisnike. IM serveri dakle ne mogu jamčiti za ime ili adresu korisnika registriranog negdje drugdje. IM se oslanja na XML preko TCP-a. Prijavljivanje na IM server započinje po mogućnosti s TCP konekcijom zajedno s *Transport Layer Security* (TLS) za kodiranje kanala kako bi transmisija bila moguća. Na toj konekciji klijent i server započinju XML tokove. Dodavanje XML sesije odgovara TCP-u jer su isto orijentirani. Svaka krajnja točka XML konekcije veže resurs, kao što je aplikacija, s tokom. TCP i XML konekcije ostaju otvorene, omogućujući slanje informacije u bilo kojem trenutku. IM serveri se identificiraju se na lokalnoj razini i između servera kod primanja i slanja poruka, [1].



**Slika 12.** Autentifikacija IM servera. Preuzeto od [1].

## 8. Zaključak

Isprepletenost različitih tehnologija koje se razvijaju od kraja 19. stoljeća donijeli su mnogo značajnih promjena na javnoj telefonskoj mreži. Promjene na komunikacijskom planu posljednjih nekoliko desetljeća razvijaju novi sustav s komutacijom paketa koji obuhvaća prijenos svih vrsta informacija (govor, video, podatci). Na taj način telekomunikacijska infrastruktura objedinjava se u jedinstven komunikacijski sustav. Uz smanjivanje velikih troškova povećava se i fleksibilnost poslovnog procesa, tvrtke uvode integraciju telekomunikacijskih usluga iste razine mrežnog povezivanja, kvalitete usluge i sigurnosti. Korištenjem Unificiranih komunikacija poboljšava se produktivnost i usredotočenost na osobnoj i grupnoj razini tvrtke. Stvaraju se nove tehničke mogućnosti, smanjuju troškovi i olakšava upravljanje i održavanje.

VoIP predstavlja tehnologiju za prijenos glasa putem bile koje mreže bazirane na IP protokolu. Za razliku od tradicionalnih mreža s komutacijom kanala gdje se kod telefonskog poziva zauzima kanal tokom cijeloga trajanja telefonskog poziva uz fiksnu širinu pojasa od 64 kbit/s, kod VoIP-a se glas digitalizira, komprimira i pakira u IP pakete koji se onda prenose preko IP mreže zajedno s sveukupnim IP prometom. Komponente VoIP-a i Unificiranih komunikacija (UC) rade bez obzira gdje se fizički nalaze. Telefon može biti na radnoj površini, pristup mreži, routeri i switchevi gdje su potrebni da bi spojili sve. Serveri, baze podataka sustavi za sigurnost mogu biti bilo gdje na Internetu ili privatnoj mreži. Sve to čini implementaciju VoIP-a jednostavnijom.

Što se tiče kvalitete usluge VoIP mreže moraju omogućiti istu kvalitetu kao što to omogućuje i javna telefonska mreža. Dozvoljeno kašnjenje najviše ovisi o kodeku koji se koristi. Potrebna širina pojasa za jedan poziv u jednom smjeru je 64kbps, a dozvoljeni gubitak paketa 1% za visoku kvalitetu i 5% za najlošiju kvalitetu. Kolebanje kašnjenja ne bi trebao biti veći od 60 ms za prosječnu kvalitetu i 20 ms za komercijalnu kvalitetu.

## LITERATURA

- [1] Flanagan, A.: *VoIP and Unified Communication*, Wiley, New Jersey, 2012.
- [2] Schulzrinne, H., Rao, A., Lanphier, R.: *Real Time Streaming Protocol (RTSP)*, RFC 2326, 1998.
- [3] Davidson, J., Peters, J.: *Voice over IP Fundamentals*, Cisco Press, Indianapolis 2000.
- [4] Camarillo, G.: *SIP Demystified*, McGraw-Hill, 2002.
- [5] Schulzrinne, H., Casner, S., Frederick, R., Jacobson, V.: *RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications*, The Internet Society, 2003.
- [6] Cisco Systems, Inc: *Extending Enterprise Productivity with Converged IP-Based Cisco Solutions*, Cisco Systems, 2001.

Internet stranica:

[http://www.cisco.com/web/Fl/assets/docs/convergence\\_sg.pdf](http://www.cisco.com/web/Fl/assets/docs/convergence_sg.pdf) (kolovoz, 2015)

- [7] Cisco Systems, Inc: *Quality of service for Voice over IP*, Cisco Systems, 2001.

Internet stranica:

[http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios/solutions\\_docs/qos\\_solutions/QoSVoIP/QoSVoIP.html](http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios/solutions_docs/qos_solutions/QoSVoIP/QoSVoIP.html) (kolovoz, 2015)

- [8] Arora, R.: *Voice over IP: Protocols and Standards*.

Internet stranica:

[http://www.cse.wustl.edu/~jain/cis788-99/ftp/voip\\_protocols.pdf](http://www.cse.wustl.edu/~jain/cis788-99/ftp/voip_protocols.pdf) (kolovoz, 2015)

- [9] Mrvelj, Š.: *Autorizirana predavanja iz kolegija Tehnologija telekomunikacijskog prometa*: 10. predavanje, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2015.

Internet stranica:

[http://estudent.fpz.hr/Predmeti/T/Tehnologija\\_telekomunikacijskog\\_prometa\\_I/Materijali/10\\_predavanje.pdf](http://estudent.fpz.hr/Predmeti/T/Tehnologija_telekomunikacijskog_prometa_I/Materijali/10_predavanje.pdf) (kolovoz, 2015.)

- [10] Huovinen, L., Niu, S.: *IP Telephony*.

Internet stranica:

<http://www.tml.tkk.fi/Opinnot/Tik-110.551/1999/papers/04IPTelephony/voip.html>(kolovoz, 2015)

- [11] Šarić S., Forenbacher, I.: *Autorizirana predavanja iz kolegija Arhitektura telekomunikacijske mreže: VoIP sustavi*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014.

Internet stranica:

[http://e-student.fpz.hr/Predmeti/A/Arhitektura\\_telekomunikacijske\\_mreze/Materijali/11\\_VoIP\\_sustavi\\_-\\_11122014.pdf](http://e-student.fpz.hr/Predmeti/A/Arhitektura_telekomunikacijske_mreze/Materijali/11_VoIP_sustavi_-_11122014.pdf) (kolovoz, 2015.)

## POPIS KRATICA

|      |   |
|------|---|
| ADSL | <i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>             |
| DS-0 | <i>Digital Signal 0</i>                               |
| DSL  | <i>Digital Subscriber Line</i>                        |
| DSP  | <i>Digital signal processing</i>                      |
| ESF  | <i>Extended Superframe</i>                            |
| HTTP | <i>HyperText Transfer Protocol</i>                    |
| IETF | <i>Internet Engineering Task Force</i>                |
| IM   | <i>Instant Messaging</i>                              |
| IP   | <i>Internet Protocol</i>                              |
| ISO  | <i>International Organization for Standardization</i> |
| LAN  | <i>Local Area Network</i>                             |
| LEC  | <i>Local Exchange Carrier</i>                         |
| MC   | <i>Multipoint Controller</i>                          |
| MCU  | <i>Multipoint Control Unit</i>                        |
| MGCP | <i>Media Gateway Control Protocol</i>                 |
| MGCP | <i>Media Gateway Controllers</i>                      |
| MP   | <i>Multipoint Processor</i>                           |
| MPLS | <i>Multiprotocol Label Switching</i>                  |
| PBX  | <i>Private Branch Exchange</i>                        |
| PCM  | <i>Pulse-Code Modulation</i>                          |
| POTS | <i>Plain Old Telephone Service</i>                    |
| PSTN | <i>Public Switched Telephone Network</i>              |
| QoS  | <i>Quality of Service</i>                             |
| RAS  | <i>Registration, Admission and Status</i>             |
| RSVP | <i>Resource Reservation Protocol</i>                  |
| RTCP | <i>RTP Control Protocol</i>                           |
| RTP  | <i>Real-time Transport Protocol</i>                   |
| RTSP | <i>Real Time Streaming Protocol</i>                   |
| SDP  | <i>Session Description Protocol</i>                   |
| SIP  | <i>Session Initiation Protocol</i>                    |
| SMS  | <i>Short Message Service</i>                          |
| TCP  | <i>Transmission Control Protocol</i>                  |
| TDM  | <i>Time-Division Multiplexing</i>                     |
| TLS  | <i>Transport Layer Security</i>                       |
| UA   | <i>User Agent</i>                                     |
| UAC  | <i>User Agent Client</i>                              |
| UAS  | <i>User Agent Server</i>                              |
| UDP  | <i>User Data Protocol</i>                             |
| VoIP | <i>Voice over Internet Protocol</i>                   |
| VPN  | <i>Virtual Private Network</i>                        |
| WAN  | <i>Wide Area Network</i>                              |
| XML  | <i>eXtensible Markup Language</i>                     |

# POPIS ILUSTRACIJA

## Popis slika

|  |    |
|--|----|
| <b>Slika 1.</b> Formiranje TDM okvira.....   | 4  |
| <b>Slika 2.</b> Dodavanje zaglavlje VoIP paketa.....                                   | 6  |
| <b>Slika 3.</b> Kodiranje glasa.....   | 12 |
| <b>Slika 4.</b> Digitalizacija glasa i podijela audio toka u blokove.....              | 13 |
| <b>Slika 5.</b> Kompresija paketa koji prenose glas.....                               | 14 |
| <b>Slika 6.</b> Arhitektura VoIP mreže.....  | 16 |
| <b>Slika 7.</b> Uspostava poziva.....  | 18 |
| <b>Slika 8.</b> VoIP protokoli kroz OSI referentni model.....                          | 20 |
| <b>Slika 9.</b> H.323 arhitektura.....   | 26 |
| <b>Slika 10.</b> SIP arhitektura.....  | 28 |
| <b>Slika 11.</b> Prikaz arhitekture za potrebe video konferencije u LAN okruženju..... | 39 |
| <b>Slika 12.</b> Autentifikacija IM servera.....                                       | 44 |

## **Popis tablica**

|  |    |
|--|----|
| <b>Tablica 1.</b> Usporedba analognih i digitalnih mreža .....   | 5  |
| <b>Tablica 2.</b> Razlike između TDM i paketske telefonije ..... | 8  |
| <b>Tablica 3.</b> Komponente kašnjenja .....                     | 36 |





Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## METAPODACI

**Naslov rada:** Arhitektura mreže za prijenos govora IP protokolom

**Autor:** Ivan Franičević

**Mentor:** Ivan Forenbacher, dipl. ing.

**Naslov na drugom jeziku (engleski):**

Architecture of VoIP network

**Povjerenstvo za obranu:**

- prof. dr. sc. Slavko Šarić, predsjednik
- Ivan Forenbacher, dipl. ing., mentor
- Siniša Husnjak, mag. ing. traff., član
- prof. dr. sc. Zvonko Kavran, zamjena

**Ustanova koja je dodjela akademski stupanj:** Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

**Zavod:** Zavod za informacijsko komunikacijski promet

**Vrsta studija:** Sveučilišni

**Naziv studijskog programa:** Promet

**Stupanj:** preddiplomski

**Akademski naziv:** univ. bacc. ing. traff.

**Datum obrane završnog rada:** 15. rujna, 2015.



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ završni rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu \_\_\_\_\_ završnog rada

pod naslovom **Arhitektura mreže za prijenos govora IP protokolom**

---

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, 7.9.2015

\_\_\_\_\_  
(potpis)