

# VoIP u poslovnim sustavima

---

**Sakač, Predrag**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **The University of Applied Sciences Baltazar Zaprešić / Veleučilište s pravom javnosti Baltazar Zaprešić**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:129:845849>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-24**

*Repository / Repozitorij:*

[Digital Repository of the University of Applied Sciences Baltazar Zaprešić - The aim of Digital Repository is to collect and publish diploma works, dissertations, scientific and professional publications](#)



**VELEUČILIŠTE**

s pravom javnosti

**BALTAZAR ZAPREŠIĆ**

Zaprešić

Preddiplomski stručni studij

Informacijske tehnologije

**PREDRAG SAKAČ**

**VOIP U POSLOVNIM SUSTAVIMA**

**STRUČNI ZAVRŠNI RAD**

**Zaprešić, 2019. godine**

**VELEUČILIŠTE**

s pravom javnosti

**BALTAZAR ZAPREŠIĆ**

Zaprešić

Preddiplomski stručni studij

Informacijske tehnologije

**STRUČNI ZAVRŠNI RAD**

**VOIP U POSLOVNIM SUSTAVIMA**

**Mentor:**

prof. dr. sc. Mario Dumančić

**Student:**

Predrag Sakač

**Naziv kolegija:**

**KOMUNIKACIJSKI SUSTAVI I MREŽE**

**JMBAG studenta:**

**2405159969**

## **Predgovor**

Zahvaljujem se svim profesorima na Baltazaru pogotovo onima na Katedri za IT tehnologiju, jer su tijekom mojih 3 godina školovanja posvetili velik dio svog vremena pomažući meni i mojim kolegama. Posebno zahvaljujem profesoru dr. sc. Mariu Dumančiću što me vodio tijekom izrade ovog rada, davao preporuke i pokazivao na greške. Naposljetku, zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima na razumijevanju, podršci i motivaciji za rad na ovom području kada je bilo nužno.

## Sadržaj

SAŽETAK .....	1
ABSTRACT .....	1
1. Uvod.....	2
2. Definicija.....	3
3. Povijesni razvoj .....	4
4. Tehnologija .....	9
4.1. Osnovni pojmovi .....	9
4.1.1. LAN .....	9
4.1.2. WAN.....	9
4.1.3. WLAN .....	9
4.1.4. VLAN .....	9
4.1.5. Baza podataka .....	10
4.2. Protokoli.....	10
4.2.1. ARP .....	10
4.2.2. IP.....	10
4.2.3. ICMP .....	10
4.2.4. IPSec .....	11
4.2.5. TCP.....	11
4.2.6. UDP .....	11
4.2.7. RDP .....	11
4.2.8. SMTP.....	11
4.2.9. FTP .....	12
4.2.10. TFTP.....	12
4.2.11. DNS.....	12

4.2.12.	SNMP.....	12
4.2.13.	DHCP .....	12
4.2.14.	HTTP .....	13
4.2.15.	NTP .....	13
4.2.16.	TLS.....	13
4.2.17.	SRTP .....	13
4.2.18.	H.323.....	14
4.2.19.	SIP .....	14
4.2.20.	MGCP .....	14
4.2.21.	MEGACO.....	14
4.2.22.	SCCP .....	14
4.2.23.	T.38 .....	14
4.2.24.	PoE .....	15
4.2.25.	LLDP.....	15
4.3.	Sklopovlje .....	15
4.3.1.	HUB.....	15
4.3.2.	Preklopnik .....	16
4.3.3.	Usmjernik.....	16
4.3.4.	Pristupnik .....	17
4.3.5.	SBC.....	18
4.3.6.	PBX.....	18
4.3.7.	IP telefon.....	19
4.3.8.	Softphone .....	19
4.3.9.	ATA .....	19
4.4.	Medij.....	20

4.4.1.	Kodek .....	20
4.4.2.	VAD .....	20
4.4.3.	Comfort noise .....	21
4.4.4.	DSP.....	21
4.4.5.	Transcoding.....	21
4.5.	Ostalo.....	22
4.5.1.	Kašnjenje.....	22
4.5.2.	QoS .....	22
4.5.3.	Buffer .....	22
4.5.4.	Jitter.....	23
5.	Primjena .....	24
6.	Zaključak.....	26
7.	Izjava .....	28
8.	Popis slika .....	29
9.	Literatura.....	30
9.1.	Knjige i članci.....	30
9.2.	Internetski izvori.....	30
	Životopis.....	31

## SAŽETAK

Ideja rada je napraviti detaljan pregled VoIP tehnologije i prikazati što je sve od sklopovlja, mrežnih servisa i protokola potrebno kako bi se navedena tehnologija uspješno implementirala u poslovnom okruženju.

**Ključne riječi:** VoIP, H.323, SIP, kodek, protokol.

## ABSTRACT

The idea behind the this paper is to do a thorough overview of VoIP technology and to show what everything from the hardware, network services and protocols is needed to successfully implement the technology in a business environment.

**Key Words:** VoIP, H.323, SIP, codec, protocol.



## 1. Uvod

Danas smo svjedoci stalnih i brzih promjena na svim područjima, a posebno na IKT području koje ne da se samo mijenja, nego svojim promjenama i unapređenjima značajno utječe na sve druge poslovne sfere. VoIP je svakako dio IKT-a jer uključuje mnoge mrežne protokole koji su temelj za funkcioniranje istog, a na koje se nadovezuje cijela gama vlastitih protokola. Mrežna infrastruktura potrebna za realizaciju VoIP-a ima dodatne zahtjeve koji za podatkovni promet nisu neophodni, što diže cijenu implementacije, ali oni ne utječu na međusobnu kompatibilnost. Cijelu priču možemo zaokružiti korištenjem raznih operativnih sustava (Windows, Linux, specijalnih ugrađenih operativnih sustava na bazi Linuxa) koje možemo naći:

- na serverima na kojima rade aplikacije koje obavljaju funkciju telefonske centrale,
- na stolnim računalima na kojima se načešće koriste VoIP klijentske aplikacije,
- na usmjerivačima, preklopniciima, pristupnicima i samim IP telefonima.

U novije vrijeme nailazimo na pojam disruptivnih tehnologija i platformi koje svojim djelovanjem potpuno mijenjaju ustaljene paradigme i često dovode do situacije da stari lideri s pojedinih područja koji nisu na vrijeme reagirali na promjene gube svoje pozicije, pa čak i nestaju sa tržišta. U tom kontekstu VoIP se svakako nameće kao disruptivna tehnologija koja je donjela revoluciju u prijenosu glasa i potpuno presložila karte na polju telekomunikacija. Tehnološki skok omogućio je značajno jeftinije međunarodne razgovore, često i besplatne, te ukidanje monopola starih telekomunikacijskih tvrtki i operatera. Danas 90% novih komunikacijskih sustava na tržište dolazi s VoIP mogućnostima i takva tendencija je u stalnom porastu. Popularnost VoIP-a nije samo u poslovnom okruženju nego i kod privatnih korisnika koji razne VoIP servise koriste na računalima, tabletima i mobilnim telefonima ostvarujući pri tome značajne uštede telefoniranja i drugih vidova komuniciranja. Međutim, Ethernet mrežne tehnologije i TCP/IP skup komunikacijskih protokola svojom su fleksibilnošću značajno pridonjeli razvoju VoIP-a jer danas praktički nema medija po kojem ne možemo putem TCP/IP-a ostvariti mrežnu povezivost, a samim time i osigurati pretpostavke za korištenje VoIP-a. Osim privatnih i poslovnih korisnika i telekom operateri su našli svoju računicu primjenom VoIP tehnologije, iako zbog nje imaju značajno manje prihode u međunarodnom prometu. Naime, u usporedbi sa digitalnim javnim telefonskim centralama VoIP je omogućio značajno

smanjenje troškova održavanja novih sustava, jeftiniju povezivost sa drugim operaterima, jeftiniju uslugu i terminalnu opremu kod krajnjeg korisnika, nema potrebe za distribucijom jedinstvenog takta visoke preciznosti do krajnjih korisnika na digitalnim vezama i dr. Dakako da moramo spomenuti i nove izazove koji dolaze s novom tehnologijom, a to su prijenos telefaks signala, prijenos tonskih signala između operatera kojima se kontroliraju izbornici na govornim automatima, povezivanje korisnika u telekomunikacijski sustav koji još uvijek koriste stare ne-VoIP sustave, potreba za skupljom radnom snagom (djelatnici sa dobrim poznavanjem IKT tehnologija dodatno osposobljeni za rad u telekomunikacijskom okruženju), te izloženost napadima koji su ranije bili korišteni isključivo prema podatkovnim uslugama. Kada se na kraju podvuče crta, VoIP tehnologija je u velikoj prednosti pred klasičnim analognim i digitalnim telekomunikacijskim tehnologijama i uslugama, te je toliko propulzivna da na vidiku nema nove tehnologije koja bi nju mogla u dogledno vrijeme zamijeniti.

## 2. Definicija

VoIP je akronim od enleskih riječi Voice over Internet Protocol i u slobodnom prijevodu to bi značilo prijenos glasa pomoću internet protokola. Da ne bude zabune, u takvom načinu prijenosa glasa ne sudjeluje samo navedeni protokol, već praktično cijeli TCP/IP skup protokola strukturiran kroz OSI model. To u osnovi znači da se govor analizira, digitalizira i komprimira, te kao ostali podaci na komunikacijskoj mreži distribuiraju do odredišta, u ovom slučaju slušatelja kod kojeg se navedeni proces odvija obrnutim redoslijedom. Pri tome TCP/IP skup protokola služi kao servis dodatnim protokolima pomoću kojih se ostvaruje razmjena glasovnih paketa između sugovornika na sličan način kako to odrađuju klasične telefonske centrale. Sklopovlje u kojem se vrši paketizacija/depaketizacija, protokoli kojim se sporazumijevaju VoIP sustavi i ostali servisni protokoli detaljno su opisani u kasnijim poglavljima.

### 3. Povijesni razvoj

VoIP je tehnologija prisutna na tržištu 20-ak godina, tako da se mnogima čini da je tu oduvijek, a što bi se gotovo i moglo reći s obzirom na to kada su se pojavili prvi pronalasci koji i danas čine principe rada u modernim sustavima. Ne kaže se bez razloga da je povijest učiteljica života, tako da bih u slijedećim odlomcima dao kratak pregled razvoja paketne distribucije glasa kroz gotovo 100-ljetnu povijest.

- 1928. godina

U Bell Laboratories prvi puta je elektronski sintetiziran ljudski glas. AT&T je osnovao navedeni laboratorij s ciljem pronalaska novih tehnologija kojima bi proširio opseg svojih usluga. Navedene godine osmišljen je uređaj koji je nazvan Vocoder koji je mogao analizirati zvuk, elektronički ga obraditi i zatim reproducirati (Robert Pepper, 2014). Za navedeno je teško na prvu naći poveznicu koja bi opravdala uvrštavanje ovog pronalaska u VoIP temelje. Međutim, kasnije ćemo vidjeti da je osnovni element u VoIP komunikaciji codec kojemu je glavna zadaća kodiranje zvuka u digitalni zapis, te dekodiranje digitalnog signala u zvučni signal što je Vocoder upravo i radio.

- 1969. godina

ARPA (Advanced Research Project Agency) razvojna agencija američkog ureda za obranu imala je zadatak osmisliti tehnologiju kojom bi se podaci mogli slati neovisno različitim putevima, umjesto jednim putem kojim je ostvarena veza i kojim je komunikacija prolazila od početka do kraja iste. To je dovelo do pronalaska paketiziranja podataka čime je stvorena pretpostavka za slanje podataka neovisnim putevima, a što su temelji kasnijeg TCP/IP skupa protokola na kojima počiva cijeli internet, te samim time i VoIP. Prva mreža koja je mogla prenjeti podatke paketno nazvana je ARPANET i činili su je računala povezana modemima (Robert Pepper, 2014).

- 1973. godina

U Lincoln Lab-u pri MIT-u prvi puta je uspješno izvršen prijenos zvuka paketnom distribucijom putem ranije spomenute ARPANET mreže. Godinu dana kasnije uspješno je obavljen razgovor između istočne i zapadne obale SAD-a putem iste mreže između Lincoln Lab-a i Culler Harrison,

Inc (Robert Pepper, 2014). Nakon toga trebalo je čekati tehnologiju koja će omogućiti paketni prijenos glasa pouzdano i ekonomski opravdano.

- 1982. godina

Iako su prve specifikacije TCP protokola izašle na svjetlo dana još 1974. godine, protokol je službeno ušao u upotrebu tek 1982. godine kada je američki ured za obranu obznanio da je TCP/IP postao standard za njihovu vojnu računalnu mrežu (Ronda Hauben, 1998). TCP je prvotno zamišljen da obavlja i funkciju usmjeravanja paketa, ali su razvojni inženjeri shvatili da je bolje izdvojiti usmjeravanje u zaseban protokol i tako je nastao TCP/IP. Nakon toga američka vojska predstavila je TCP/IP američkim kompanijama nakon čega je tehnologija komercijalizirana i danas je osnova većine komunikacija.

- 1991. godina

Potrebom za jeftinom komunikacijom nastala je prva softverska VoIP aplikacija. Naime preseljenjem poslovnih operacija iz Amerike u Europu osnivač tvrtke Autodesk John Walker napravio je aplikaciju koju je nazvao Netfone kako bi mogao biti u stalnoj komunikaciji za programerima. Nedugo nakon toga, 1995. godine, na tržištu se pojavila prva komercijalna aplikacija naziva VocalTec Internet Phone kojom je tvrtka VocalTec Communications prodavala usluge poziva po znatno nižim cijenama od klasičnih telekom operatera, naročito međugradske i međunarodne pozive (Robert Pepper, 2014).

- 1996. godina

Prva VoIP telefonska centrala

Razvijen SIP protokol, njegovu važnost objasniti će kasnije (Robert Pepper, 2014).

- 1999. godina

Razvijena prva besplatna verzija VoIP telefonske centrale na temelju koje su danas nastale svi ostali telefonski sustavi otvorenog koda (Robert Pepper, 2014).

- 2003. godina

Pojava Skype-a koji je svojim nastankom označio revoluciju u korištenju besplatnih glasovnih poziva između svojih korisnika koristeći sve brže rastuću peer-to-peer zajednicu (Robert Pepper, 2014). Tehnologija koju je koristio Skype poput računalnih virusa je tražila izlaze iz računalne mreže kako bi se ostvarila veza sa korisnicima u vanjskim mrežama. Zbog takvog

načina rada administratori u početku nisu znali zablokirati izlaz Skype-a izvan vlastite mreže, pa su korisnici jednostavno instalirali aplikaciju na računalo i odmah ostvarili pozive bez ikakve kontrole, što je populariziralo Skype do neslućenih razmjera.

- 2004. godina

Američka federalna komunikacijska komisija (FCC) donjela je odluku da je VoIP informacijski a ne telefonski servis čime su se smanjila ili čak ukinula porezna davanja korisnika VoIP-a, te je izvršena deregulacija VoIP usluga osim uvjeta da se sa VoIP linija koje su spojene u fiksnu mrežu mora moći nazvati žurne službe prema vlastitoj geografskoj lokaciji (Robert Pepper, 2014). To je bio konačni zamašnjak daljnjem ubrzanom razvoju VoIP-a u Americi, a odmah zatim i u cijelom svijetu.

- 2006. godina

Izrađena je prva VoIP mobilna aplikacija za Nokia pametne telefone koji su radili na Symbian operativnom sustavu (Robert Pepper, 2014). Nedugo zatim aplikacije su se proširile i na ostale proizvođače mobilnih uređaja, međutim danas smo svjedoci da su trenutačno važne jedino IOS i Android platforme.

- 2012. godina

Ubrzani razvoj mrežnih tehnologija (sklopovlja i programskih rješenja), dostupnost interneta velikih brzina širokim masama, fleksibilnost i pad cijena mrežne tehnologije, usluge u oblaku, te naročito enorman rast prodaje pametnih telefona doprinjeli su popularizaciji VoIP-a kako za osobnu opotrebu tako i u poslovno okruženju (Robert Pepper, 2014). Danas su komunikacije između ogranaka velikih tvrtki ili npr. diplomatskih predstavništava svake države nezamislive bez korištenja VoIP-a, kako zbog cijena međunarodnih razgovora tako i zbog fleksibilnosti umreženja, jednostavnosti nadzora takvih sustava i sl. Početkom stoljeća VoIP se uglavnom koristio na način da su se lokacije sa klasičnim telefonskim sustavima povezivale VoIP-om, dok su sustavi lokalno bile analogne ili digitalne telefonske centrale. Povezivanje se rješavalo na način da se preko analognih ili ISDN linija centrala poveže sa pristupnikom. Isti je zatim komunikaciju paketizirao, usmjeravao do slijedećeg pristupnika koji je na isti način bio spojen sa drugom telefonskom centralom. Zbog visokih cijena simetričnih stalnih internet priključaka u to vrijeme se često koristila Frame Relay transportna tehnologija. Ona je bila slabije propusnosti, zbog čega je jača kompresija glasa bila neophodna kako bi se smanjila

količina podataka koju generira razgovor, što je onda rezultiralo lošijom kvalitetom i optužbama na račun VoIP-a da nije dovoljno kvalitetna zamjena za klasičnu telefoniju. Naravno da je to bilo daleko od istine, jer sa dovoljno resursa kvaliteta glasa može biti bolja od one prenešene na klasičan način. Ukoliko nedostaje resursa tada korisnik može povećanjem kompresije dobiti lošiju kvalitetu, ali još uvijek biti u mogućnosti prenjeti glas koji i dalje nije ispod granica razumljivosti. To je dobar kompromis jer korisnik za istu propusnost može ocijeniti želi li ostvariti veći broj govornih kanala na uštrb kvalitete ili povećati kvalitetu uz manju količinu istovremenih poziva.

Širenjem konkurencije u proizvodnji mrežne opreme dovodi do nižih cijena po priključku, što uz povećanje broja funkcija mrežne opreme, posebice VoIP telefonskih centrala, te u posljednje vrijeme povećanjem ponude VoIP usluga u oblaku, dolazi do značajnog povećanja broja VoIP korisnika. Sustavi se počinju instalirati tako da se i za kućne priključke koriste VoIP telefoni i povećanjem kritične mase odjednom si takve sustave mogu priuštiti i male tvrtke, a ne samo bogati korisnici poput banaka, multinacionalnih kompanija i sl. Tome je značajno pridonjelo i širenje baze mrežnih stručnjaka kojih prije 20-ak godina nije bilo dovoljno da podrže brži razvoj. Za 2012. godinu možemo reći da je otprilike godina kada je VoIP postao glavni tok (engl. Main stream) kada se promet u svijetu počeo mjeriti u milijardama dolara. Danas je to tržište „teško“ oko 60 milijardi USD, a procjene su da će se u slijedećih pet godina gotovo udvostručiti.

Na slikama u nastavku možemo vidjeti kretanje globalne podjele tržišta na glavne dobavljače VoIP opreme i usluga. Vidljivo je da se u kvadrantu Leaders kroz razdoblje od 2 godine ništa značajno nije promijenilo, odnosno da se tržište formiralo i da VoIP brod plovi mirnim vodama. U ostalim kvadrantima dolazi do manjih promjena kako se pojave nove ideje ili čak kompanije koje imaju predispozicije za promjene stanja tržišta, ali ih većina tu zastane jer nemaju dovoljno financijske snage za realizaciju. Izvor je Gartner, vodeći svjetski autoritet na polju analize IKT tržišta.

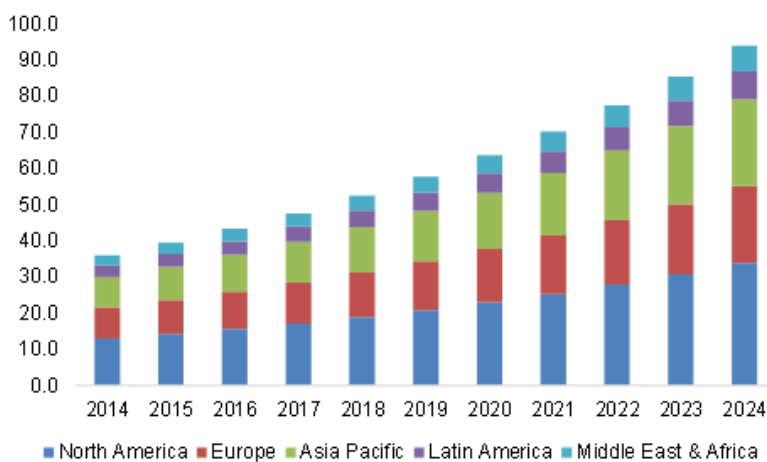


Slika 1 Stanje na VoIP tržištu 2016. godine prema Gartneru <https://www.theucbuyer.com/blog/gartners-magic-quadrant-for-enterprise-unified-communications-uc-emphasizes-keys-to-competitiveness>



Slika 2 Stanje na VoIP tržištu 2018. godine prema Gartneru <https://www.uctoday.com/unified-communications/uc-magic-quadrant-2018/>

**Global Voice over Internet Protocol Market, by Region, 2014-2024 (in BN USD)**



Attribute	Details
Base Year	2016
Historic Analysis	2014 & 2015
Forecast	2017 to 2024
Complete Free Customization*	Equivalent to 50 analyst hours

Slika 3 Rast VoIP tržišta <https://www.ameriresearch.com/product/voice-over-internet-protocol-voip-market/>

## 4. Tehnologija

### 4.1. Osnovni pojmovi

#### 4.1.1. LAN

Skraćeno od Local Area Network. U prijevodu bi to značilo mreža ograničenog područja, a u praksi LAN predstavlja mrežu unutar tvrtke ili doma. To ne znači da je kompletna mreža unutar neke tvrtke LAN. Dapače, mreža tvrtke može biti segmentirana prema organizacijskim, tehnološkim, prostornim ili drugim načelima. Tako se npr. unutar tvrtke često odvaja podatkovni promet od glasovnog i/ili video prometa, zatim infrastruktura za goste i zaposlenike se danas u pravilu segmentira, a u većim tvrtkama pojedini objekti mogu biti u odvojenim LAN-ovima. U tom smislu LAN nije određen količinom uređaja na takvoj mreži, već mogućnošću međusobnog komuniciranja svih mrežnih uređaja bez potrebe za usmjernikom.

#### 4.1.2. WAN

Skraćeno od Wide Area Network. U doslovnom prijevodu to bi značilo mreža širokog područja. U praksi WAN predstavlja mrežu LAN-ova povezanih usmjernicima preko interneta koji omogućavaju komunikaciju između LAN-ova. Iz obrnute perspektive možemo reći da sve što nije LAN i povezano je internetom nazivamo WAN. Ranije se koristila dodatna segmentacija shodno geografskom području koje mreža pokriva (MAN – gradsko područje, CAN – područje kampusa i sl.), ali je to danas izgubilo smisao i praktično se za sve ostale mreže koje nadilaze LAN nazivaju WAN.

#### 4.1.3. WLAN

Skraćeno od Wireless Local Area Network ili Wireless LAN. Pojam predstavlja računalnu mrežu koja koristi bežičnu tehnologiju za umrežavanje. Najčešće to ne znači da se mreža sastoji samo od bežičnih elemenata (makar ima takvih modela u praksi), već da dio LAN infrastrukture uz žičane elemente čine i bežični elementi. Takvi elementi nazivaju se Access Point-ovi (AP) u mreži se mogu naći pojedinačno kada bežičnim signalom pokrivaju ograničeno područje ili mogu biti povezani kontrolerom koji upravlja prometom između AP-a, kontrolira prijavu klijenata i dr.

#### 4.1.4. VLAN

Skraćeno od Virtual LAN. Pojam predstavlja virtualnu mrežnu segmentaciju kroz fizičku infrastrukturu. Najbolji primjer za to je spoj IP telefona i računala u mrežu tako da je računalo



spojeno u telefon, a telefon na preklopnik. Na taj način se štedi na žičanoj infrastrukturi, a upotrebom VLAN-ova podatkovni i glasovni promet se dijele na logičkoj razini u odvojene LAN-ove po zajedničkoj infrastrukturi kako ne bi došlo do međusobnog utjecaja. Na logičkoj razini VLAN se ponaša poput LAN-a, a za usmjeravanje prometa između VLAN-ova kao i između LAN-ova koristi se usmjernik.

#### 4.1.5. Baza podataka

Baza podataka predstavlja organizirani i strukturirani skup podataka. U gotovo svim računalnim sustavima nalazimo neki oblik baze podataka, pa tako i u VoIP sustavima. VoIP telefonski sustavi su u većini slučajeva linux poslužitelji tako da se implementacija baze podataka ne razlikuje od računala drugih namjena, a baza u tom slučaju služi za spremanje podataka o korisničkim računima, za imenik, za privatnu i javnu numeraciju, za translacijske tablice, za spremanje informacija o pozivima i sl.

## 4.2. Protokoli

### 4.2.1. ARP

Skraćeno od Address Resolution Protocol. Mrežne kartice kojima su uređaji spojeni u lokalnu mrežu identificiraju se unutar te mreže sa svojom fizičkom adresom. Kada dva uređaja unutar mreže žele komunicirati, oni to pokušavaju ostvariti pomoću IP adresa. Da bi podatak stigao sa polazišta na odredište potrebno je prevesti IP adresu u fizičku adresu s kojom mrežna kartica isključivo zna raditi i to je zadatak ARP protokola. IP telefon je poput računala primjer mrežnog uređaja koji koristi ARP protokol.

### 4.2.2. IP

Skraćeno od Internet Protocol. Ovaj protokol uključuje kreiranje paketa, kojima zatim dodaje IP zaglavlje kako bi se specificirao sadržaj i dodijelile adrese, te dostava paketa mreži koja ih je dalje distribuira. Protokol nije orjentiran fiksnoj konekciji, te je nepouzdan u smislu da se paket šalje u namjeri da će stići na odredište, ali na putu može biti izgubljen ili čak dupliciran.

### 4.2.3. ICMP

Skraćeno od Internet Control Message Protocol. Ovaj protokol omogućuje prijavu problema na mreži, a najpoznatiji alat koji ga koristi je ping naredba kojom možemo provjeriti IP dostupnost uređaja na mreži.

#### 4.2.4. IPSec

Skraćeno od IP Security. Ima dvojaku namjenu. Sigurno povezivanje udaljenih lokacija, te kreiranje kriptiranog tunela kroz koji se zatim podaci šalju u originalnom obliku. To je danas najčešći način uspostave podatkovnih veza između lokacija koje želimo povezati u jednu cjelinu bilo za podatkovni ili glasovni promet.

#### 4.2.5. TCP

Skraćeno od Transmission Control Protocol. Za razliku od IP protokola TCP je orijentiran uspostavi veza, te rješava probleme pouzdanosti, kontrole toka podataka i oporavka grešaka. VoIP koristi TCP najčešće za signalizaciju prilikom uspostave i raskidanja veza, što mora biti pouzdano jer može npr. izazvati troškove ako se poziv ne raskine kada to korisnik napravi.

#### 4.2.6. UDP

Skraćeno od User Datagram Protocol. On je direktno povezan sa IP protokolom i ima sve njegove ranije navedene karakteristike i zadaća mu je kreiranje portova preko kojih će aplikacije komunicirati. U VoIP-u mu je glavna zadaća kanaliziranje glasovnih paketa. Za glasovne pakete je bitno da se šalju „nesigurno“ jer razgovor ne bi bio moguć ako bi se paketi slali sigurnim načinom pa bi se npr. izgubljeni glas ponovno slao što bi rezultiralo nerazgovjetnom komunikacijom.

#### 4.2.7. RDP

Skraćeno od Real-Time Transport Protocol. Ovaj protokol omogućuje prijenos i sinkronizaciju tokova podataka čije slanje je neophodno u realnom vremenu, poput glasa i videa. Baza ovom protokolu je prethodno opisani UDP protokol.

#### 4.2.8. SMTP

Skraćeno od Simple Mail Transfer Protocol. Zadaća mu je slanje elektroničke pošte i poruka između TCP/IP klijenata. Iako nema direktne veze između ovog protokola i VoIP-a on se često u VoIP sustavima koristi za slanje elektroničke pošte administratoru o nastalim alarmima ili pak za slanje govorne pošte korisniku koji je nakon radnog vremena pozive preusmjerio u svoj govorni sandučić.

#### 4.2.9. FTP

Skraćeno od File Transfer Protocol. Služi prijenosu podataka između uređaja na mreži, a koristi TCP kao transportni protokol radi pouzdanosti. U VoIP sustavima koristi se postavljanje datoteka na sustav (npr. novije inačice programa radi nadogradnje) ili za preuzimanje konfiguracijskih datoteka kojima se podešavaju telefoni.

#### 4.2.10. TFTP

Skraćeno od Trivial File Transfer Protocol. U osnovi ima istu funkciju kao prethodni protokol uz nekoliko razlika koje slijede: koristi UDP kao transportni protokol, aplikacija je mala i jednostavna pa često služi za oporavak mrežnih uređaja (usmjernici, preklopnici, IP telefoni) sa TFTP servera, te za razliku od FTP-a dozvoljava se postavljanje datoteka na sam server.

#### 4.2.11. DNS

Skraćeno od Domain Name System. Protokol služi prevođenju IP adresa u nazive i obrnuto. Naime, ljudima su lakše pamtiljivi nazivi nego IP adrese, tako da prilikom posjeta nekoj stranici utipkamo njen naziv, a pomoću DNS-a zahtjev prema stranici je poslan u obliku IP adrese. Neki VoIP protokoli omogućuju pozivanje između korisnika imenima umjesto telefonskim brojevima. SIP VoIP protokol može koristiti DNS za autokonfiguraciju, tako da se smanjuje potreba ručne administracije sustava.

#### 4.2.12. SNMP

Skraćeno od Simple Network Management Protocol. Poput SMTP-a nije direktno povezan sa VoIP funkcionalnošću, nego služi monitoriranju rada samog sustava i pojavom poruke o radu sustava ona se šalje nadzornom sustavu. Svaki nadzirani sustav ima predefimirani set poruka u skladu sa SNMP strukturom koji se učita u nadzorni sustav, tako da on može poruke interpretirati, sortirati, statistički obraditi i sl. Primjer primjene u VoIP sustavu bi bio alarm da su sve linije prema telekom operateru bile zauzete.

#### 4.2.13. DHCP

Skraćeno od Dynamic Host Configuration Protocol. Glavna primjena mu je dodjeljivanje IP adresa mrežnim uređajima. Male mreže mogu se administrirati i bez takvog dinamičkog dodjeljivanja adresa, ali čim je mreža veća ručno administriranje otežava i usporava proces, te znatno otežava promjene. Osim što IP telefoni poput računala mogu dobiti IP adresu od DHCP

servera, njime se mogu dostaviti i drugi podaci kao npr. adresa centrale s koje će telefon zatim preuzeti konfiguracijsku datoteku.

#### 4.2.14. HTTP

Skraćeno od Hypertext Transfer Protocol. Služi za prijenos HTML dokumenata, odnosno pregledavanju web stranica. U početku su VoIP sustavi poput klasičnih telefonskih centrala bili administrirani specijalnim aplikacijama za tu svrhu. Kako su danas VoIP sustavi uglavnom upogonjeni na nekoj verziji Linuxa, web server je sastavni dio takvog sustava i administracija je omogućena putem web preglednika.

#### 4.2.15. NTP

Skraćeno od Network Time Protocol. Protokol ima funkciju sinkronizacije vremena klijenta sa vremenom na poslužitelju. Najčešće se koriste poslužitelji sa interneta i besplatni su za korištenje. Ukoliko uređaj iz lokalne mreže ne može izaći na internet, postoje poslužitelji koji s jedne strane primaju vrijeme s interneta i prosljeđuju uređajima u lokalnoj mreži. Takvi poslužitelji mogu i sami generirati vrijeme bez vanjske sinkronizacije. Precizno vrijeme se koristi u VoIP sustavima za vremenski pečat VoIP paketa, te neposredno u bazama podataka kako ne bi došlo do nekonzistentnosti podataka.

#### 4.2.16. TLS

Skraćeno od Transport Layer Security. Ovaj protokol služi za kriptiranje podaka u mrežnom okruženju. U VoIP sustavima primjenu je našao u kriptiranju signalnih poruka samih VoIP protokola, za kriptiranje web komunikacije, za kriptiranje transakcija baze podataka ili pak u zaštiti podataka koji se prenose ranije spomenutim FTP protokolom.

#### 4.2.17. SRTP

Skraćeno od Secure Real Time Transport Protocol. Već iz imena se da zaključiti da ovaj protokol služi za zaštitu podataka, a njegova primjena je u zaštiti odnosno kriptiranju glasovnih paketa, pa u kombinaciji s prethodnim TLS protokolom imamo potpunu zaštitu glasovne komunikacije (signalizacije i medija). Ovaj protokol osim zaštite navedenog mora biti brz i efikasan kako ne bi unosio preveliko kašnjenje prilikom kriptiranja glasovnih paketa i time narušio kvalitetu i pouzdanost komunikacije.

#### 4.2.18. H.323

Prvi komercijalni VoIP protokol definiran od strane međunarodne unije za telekomunikacije (ITU-T). Razvijen je za paketni prijenos multimedije, ponajprije videa a zatim i glasa. Za signalizaciju koristi protokole razvijene za digitalni servis (ISDN) u klasičnoj nepaketnoj telefonskoj komunikaciji.

#### 4.2.19. SIP

Skraćeno od Session Initiation Protocol. VoIP protokol razvijen od strane konkurentske organizacije IETF nedugo nakon H.323 protokola. Za signalizaciju koristi običan tekst preko definiranih poruka na bazi HTTP protokola. Trenutačno najdominantniji VoIP protokol na tržištu.

#### 4.2.20. MGCP

Skraćeno od Media Gateway Control Protocol. Ovaj protokol služi za upravljanje pristupnicima, resursima za manipulaciju pozivima kroz pristupnik između IP i klasične telefonije, te konferencijskim vezama.

#### 4.2.21. MEGACO

Skraćeno od Media Gateway Controller. Protokol koji ima istu funkciju kao i prethodno opisani MGCP protokol, s time da zbog dodatnih zahtjeva za funkcionalnošću i kompatibilnosti sa dodatnim uslugama koje mogu prenjeti glas (poput ATM-a) objedinjuje više standarda od prethodnika.

#### 4.2.22. SCCP

Skraćeno od Skinny Client Control Protocol. Radi se o Cisco specifičnom protokolu kojim VoIP telefoni komuniciraju za VoIP centralom. Karakterizira ga jednostavnost, a napravljen je prema načinu rada digitalnih telefona kojima je sva „pamet“ praktički u samoj centrali. Iako Cisco patent, danas se sve manje koristi i na samim Cisco sustavima. Protokol je otvoren za korištenje Asterisk sustavima sa željom povećanja baze Cisco telefona.

#### 4.2.23. T.38

Iako se pojavila 70-tih godina prošlog stoljeća, telefaks tehnologija se pokazala iznimno otpornom na tehnološke promjene u komunikacijama i praktički se i danas koristi u osnovi u nepromijenjenom obliku (bilo je poboljšanja u brzinama prijenosa). Telefaks je osmišljen za

rad preko analognih linija, te se širenjem VoIP-a pojavila potreba za prijenosom telefaksa signala paketnom distribucijom. Kako se radi o korištenju u realnom vremenu i o komunikaciji koja ne podnosi gubitke, trebalo je pronaći rješenje za navedene izazove, što je u konačnici i realizirano novim protokolom koji je nazvan T.38. Često se naziva i FoIP (skraćeno od Fax over IP), odnosno faks preko IP-a.

#### 4.2.24. PoE

Skraćeno od Power over Ethernet. Ovim protokolom opisan je način napajanja uređaja koji su spojeni na komunikacijsku mrežu. Uređaji u kojima je integrirano napajanje za mrežne terminale su posebni preklopnici sa PoE funkcijom. Najčešći terminali koji se napajaju na ovaj način su IP telefoni, IP kamere, IP portafoni i raspberry pi, ali je tendencija širenja takvih uređaja u stalnom porastu.

#### 4.2.25. LLDP

Skraćeno od link Layer Discovery Protocol. Ovaj protokol prepoznaje uređaje na mreži, pomoću njega mogu se pronađenom uređaju zadati određene postavke i slati promjene topologije pojavom novih ili nestankom postojećih uređaja. Radi se o standardu koji prepoznaje uređaje neovisno o proizvođaču i koji je svima dostupan. Cisco je ranije uočio potrebu za takvim protokolom, te je osmislio protokol zatvorenog tipa koji je podržan na Cisco uređajima nazvavši ga CDP (skraćeno od Cisco Discovery Protocol). Njegov primjer su slijedili i drugi proizvođači poput Nortela, Extreme-a i drugih osmisivši vlastite protokole. Na kraju se LLDP kao neovisni standard, ponudivši dodatne funkcije, nametnuo svim proizvođačima. U VoIP-u mu je najčešća primjena postavljanje telefona u zasebni (VoIP) VLAN.

### 4.3. Sklopovlje

#### 4.3.1. HUB

Hub je mrežni uređaj koji će se danas jako rijetko naći u podatkovnoj mreži, a nikako u VoIP infrastrukturi zbog određenih nedostataka. Naime, svi ethernet portovi na hubu „bore“ se za mogućnost slanja paketa da bi samo jedan u tome uspio u jednom trenutku, dok svi ostali portovi taj promet primaju. Jasno je da takav način komunikacije nije prihvatljiv za komunikaciju u realnom vremenu. Međutim još uvijek možemo pronaći primjenu u VoIP mrežama isključivo kao pomoć pri traženju grešaka tako da računalo na kojem „hvatamo“ greške spojimo na isti hub s uređajem na kojem tražimo greške, te hub dalje povežemo sa

ostatkom mreže i zbog opisanog načina rada na računalu jednostavno pratimo sav promet koji prolazi hub-om. Hub nije upravljiv već ga se koristi takvog kakav je, odnosno na njemu se ne mogu programirati dodatne funkcije



Slika 4 HUB

<https://www.blackmoreit.com/3c16406:no-rack-mount-brackets-3com-3c16406-superstack-ii-24-port-ps-hub-40.html>

#### 4.3.2. Preklopnik

Preklopnik (engleski switch) je temelj današnjih komunikacijskih mreža. Glavna zadaća mu je kao i hub-u povezati računala. Međutim tu prestaje svaka sličnost. Preklopnik ponajprije prevladava probleme opisane u prethodnom poglavlju, tako da uređaji ne trebaju čekati na svoj red za slanje podataka, već je svim portovima omogućeno slanje podataka istovremeno. Isto tako promet nije vidljiv uređajima na svim portovima, već samo onima za koji je taj promet namijenjen. Stoga, da bi se dijagnostika mogla napraviti na preklopniku potreban je preklopnik koji ima funkciju zrcaljenja prometa na određeni port (engleski Port Mirroring). Na takvom portu se nalazi računalo na kojem onda pratimo promet sa portova koje smo uključili u zrcaljenje. Osim navedenog preklopnik može podržavati PoE, VLAN-ove, LLDP i još mnoge druge dodatne funkcije i protokole.



Slika 5 PoE Preklopnik

<https://www.paykobo.com/cisco-ws-c3560-48ps-e-v08-catalyst-3560-48-port-poe-switch.html>

#### 4.3.3. Usmjernik

Slijedeća bitna kockica u mrežnom mozaiku je usmjernik (engleski router). Njegova glavna zadaća je usmjeravanje prometa iz jednog mrežnog segmenta u drugi ili više njih (uključujući i VLAN-ove). Usmjeravanje paketa se definira statički ručnim unošenjem tablica usmjeravanja ili dinamički pomoću protokola za usmjeravanje. Danas se često koristi termin preklopnik 3

sloja (engleski Layer 3 switch), a označava preklopnik koji ima ugrađenu funkciju usmjeravanja paketa. Isti se od klasičnog usmjernika razlikuje po tome što on podržava samo ethernet portove, dok klasični usmjernici mogu imati mogućnost usmjeravanja i preko drugih sučelja (serijsko, ISDN, SONET/SDH, ATM i dr). Budući su IP telefoni često disperzirani kroz više mrežnih segmenata i/ili VLAN-ova njihove glavne značajke u VoIP-u su usmjeravanje između VLAN-ova i propuštanje DHCP informacija iz mreže u kojoj se nalazi DHCP server na sve ostale spojene mreže s telefonima.



Slika 6 Modularni usmjernik

<https://www.amazon.com/Cisco-2801-Voice-Bundle-CISCO2801-SRST/dp/B00064AWAS>

#### 4.3.4. Pristupnik

Pristupnik (engleski gateway) je mrežni uređaj koji povezuje dvije različite tehnologije. U VoIP infrastrukturi naći ćemo pristupnike koji povezuju SIP ili H.323 tehnologiju sa analognom ili ISDN tehnologijom, te pristupnike koji povezuju GSM tehnologiju sa SIP, analognom ili ISDN tehnologijom. Za prvi primjer SIP strana se spoji na VoIP telefonsku centralu, a na analognu stranu se spoji telefaks uređaj i tako preko IP tehnologije koristimo terminale koji se inače ne mogu direktno spojiti u računalnu mrežu. Za drugi primjer SIP strana se također spoji na VoIP telefonsku centralu, dok se GSM strana spoji na GSM mrežu pomoću SIM kartice kakve se koriste za mobilne telefone i na taj način se ostvaruju uštede jer se pozivi prema mobilnim operaterima usmjeravaju sa VoIP centrale direktno u GSM mrežu umjesto kroz fiksnu telefonsku mrežu.



Slika 7 ISDN BRI pristupnik

<https://www.ezdirect.it/voip-gateway-ata-fxo-fxs/365648-patton-sn4131-2eth8bis16vhp-eui-8-bri-isdn.html>





#### 4.3.7. IP telefon

To je telefon koji se spaja na podatkovnu mrežu putem ugrađene mrežne kartice, te koristi neki VoIP protokol za komunikaciju sa VoIP centralom. Neki telefoni mogu i izravno komunicirati bez centrale sa drugim IP telefonima koji koriste zajednički VoIP protokol, međutim u takvom načinu rada moguće je samo pozivanje između dva telefona bez ostalih funkcija telefonske centrale. Budući je IP telefon mrežni uređaj, isti koristi sve blagodati TCP/IP skupa protokola i gdje god se nalazi podatkovna mreža moguće je spojiti i IP telefon.



Slika 10 VoIP telefoni

<https://www.testsieger.de/testberichte/cisco-systems-spa514g.html>

<https://psu.co.uk/products/mitel/mitel-business-phones/mitel-ip-phones/mivoice-6940-ip-phone>

#### 4.3.8. Softphone

Pretstavlja aplikaciju koja se instalira na računalo ili pametnom telefonu i ima funkciju IP telefona. Ako se koristi na računalo potrebno je na istom imati mikrofoni i zvučnik ili slušalice sa mikrofonom. Kao i u slučaju IP telefona navedena klijentska aplikacija može koristiti neki od VoIP protokola, međutim u današnje vrijeme se koristi SIP gotovo bez iznimke.



Slika 11 VoIP mobilna aplikacija

<https://4sightcomms.com/mitel-micollab/micollab-client-benefits/>

#### 4.3.9. ATA

Skraćeno od Analog Terminal Adapter. ATA je u principu analogni pristupnik, ali je pojam toliko raširen da se spominje kao zaseban uređaj. U praksi se sreću izvedbe od jednog analognog

porta do 32 analognih portova. Svaki konfigurirani port na navedenom uređaju koristi jedan SIP račun na IP telefonskoj centrali.



Slika 12 Dvoportna ATA

<https://telecomcreations.com/products/grandstream-ht812-2-fxs-port-2-sip-profiles-ata>

## 4.4. Medij

### 4.4.1. Kodek

Dolazi od engleske izvedenice codec koja je složena od početnih slogova riječi COder-DECoder ili pak COmpression-DECompression. Svi VoIP uređaji (IP telefoni, klijentske aplikacije, ATA-e i IP centrale) obavezno koriste kodeke i bez njih govorna komunikacija ne bi bila moguća. Njihova zadaća na strani odašiljanja signala je digitalizacija analognog signala ljudskog govora i njegovo komprimiranje kako bi se mogao prenjeti digitalnim prijenosnim putem uz optimalnu potrošnju paketa. Na prijemnoj strani proces je obrnut, odnosno primljenu digitalnu informaciju kodek dekomprimira i pretvara u analogni signal koji je razumljiv ljudskom uhu. Prvi kodeci koji su se pojavili u VoIP komunikaciji su G.711, G.729 i G.723 koji su u stvari preuzeti iz TDM sustava gdje su brzina i varijacija signala bili konstantni sa zagarantiranim resursima. Iako zbog toga navedeni kodeci nisu optimizirani za VoIP komunikaciju do danas su ostali najkorišteniji kodeci, dok je za G.711 napisano pravilo da ga podržavaju svi uređaji. Naknadno su se pojavili napredniji i VoIP komunikaciji optimizirani kodeci koji se mogu prilagođavati uvjetima prijenosa signala kao što su varijacije u brzini, prohodnosti i sl., a najpoznatiji su Opus, iLBC, i Speex. Prilikom uspostave poziva sudionici komunikacije pregovaraju o kodecima koje svaka strana podržava i minimalni uvjet uspješne komunikacije je da obje strane podržavaju barem jedan isti kodek. Ukoliko strane podržavaju više istih kodeka, tada se izabire onaj kodek za koji je na prijemnoj strani definiran veći prioritet.

### 4.4.2. VAD

Skraćeno od Voice Activation Detection. U VoIP sustavima postoje detektori glasa koji aktiviraju postupak digitalizacije glasa opisan u prethodnom paragrafu. Međutim kako u svakoj govornoj komunikaciji između dvije strane barem 50% vremena čini tišina, pomoću VAD

funkcije tišina se ne digitalizira i tako se štedi na slanju paketa i omogućava bolja propusnost drugim paketima na istim trasama u istom trenutku. Najveća primjena VAD-a je na međunarodnim i interkontinentalnim vezama sa velikim brojem istovremenih poziva gdje se korištenjem VAD-a značajno poveća broj govornih kanala pri istoj propusnosti. Mali nedostatak takvog načina rada je što se izmjenom intervala tišine i govora aktiviraju i deaktiviraju resursi za digitalizaciju glasa koji unose dodatno kašnjenje u postupak digitalizacije, te takva komunikacija nakon nekog vremena postaje zamorna. Često se za istu funkciju koristi i izraz Silent Suppression ili u prijevodu potiskivanje tišine.

#### 4.4.3. Comfort noise

Ovaj pojam moglo bi se prevesti kao ugodna tišina, a pretstavlja funkciju koja nadopunjuje prethodni paragraf. U komunikaciji u kojoj se tišina ne šalje nastaje na prijemnoj strani potpuna tišina lišena bilo kakvih šumova na što ljudsko uho nije naviklo, jer u prirodi takvo stanje ne postoji i nije ugodno slušatelju. Zbog toga je osmišljeno generiranje ugodne tišine u kodeku na prijemnoj strani, tako da se ne šalju paketi kroz mrežu već se lagani šum generira u samom uređaju koji u tom trenutku osluškuje aktivnu komunikaciju bez dolaznog signala.

#### 4.4.4. DSP

Osim u programskom kodu, glasovni signal se može uzorkovati, obraditi i digitalizirati i u posebnim za to konstruiranim procesorskim jedinicama. Takav postupak se naziva Digital Signal Processing ili skraćeno DSP, a ista skraćenica se koristi i za same procesorske jedinice uz malu razliku naziva odnosno Digital Signal Processor. Osim spomenutog uzorkovanja čiji se vremenski odsječci mogu mijenjati (10, 20, 30 ili više milisekundi), u njemu se također odvijaju i poništavanje jeke, kontrola međuspremnika, pojačanje i slabljenje signala, generiranje tonskih signala tonskog biranja (DTMF), te formiranje RTP paketa na koji se u daljnjem procesu dodaju RTP zaglavlja.

#### 4.4.5. Transcoding

Ukoliko u komunikaciji sudjeluje više sustava kroz koje prolazi glasovni poziv, postoji mogućnost da se uređaj posrednik sa jednom stranom u razgovoru dogovorio o upotrebi jednog kodeka, a sa drugom stranom o upotrebi drugog kodeka jer druga strana na primjer ne podržava kodek koji je dogovoren sa prvom stranom. Da bi se takva komunikacija mogla

ostvariti netko treba cijelo vrijeme komunikacije prevoditi jedan kodek u drugi. Tu zadaću ostvaruje pristupnik, a opisani postupak naziva se transcoding ili prevođenje.

#### 4.5. Ostalo

##### 4.5.1. Kašnjenje

Prijevod engleske riječi delay predstavlja vrijeme koje je potrebno da se podatak isporuči. U to vrijeme ubrajaju se vremena digitalizacije, kompresije, paketizacije, dodavanja zaglavlja svih protokola koji sudjeluju u prijenosu, samo vrijeme prijenosa paketa od polazišta do odredišta, te obrnuti proces skidanja zaglavlja, depaketizacije, dekompresije i pretvaranja podataka u analogni signal. Kako za podatkovni promet tako i pogotovo za glasovni promet, manje kašnjenje osigurava bolju komunikaciju. Ukoliko paketi imaju povećano kašnjenje dolazi do otežane komunikacije jer razgovor počinje sličiti onome putem radio stanice ili se dodatnim povećanjem kašnjenja veza prekida. U praksi se pokazalo da kašnjenje glasovnih paketa ne bi smjelo biti veće od 200 milisekundi, a kašnjenje paketa sa telefaks signalom ne bi smjelo biti veće od 50 milisekundi.

##### 4.5.2. QoS

Skraćeno od Quality Of Service. Sam prijevod koji glasi kvaliteta usluge govori o suštini termina. Danas na računalnim mrežama susrećemo stotine usluga i protokola u koegzistenciji. Dok pojedine usluge ne generiraju promet prema odredištima izvan vlastitog preklopnika njihova „borba“ za resurse ne dolazi do izražaja. Međutim, kada paketi napuštaju preklopnik i usmjeravaju se prema drugim preklopticima ili usmjernicima može zbog povećanog prometa doći do zagušenja. To se događa stoga što preklopnik može imati npr. 24 porta, a veza prema slijedećem uređaju je ostvarena putem jednog porta brzine manje od ukupne brzine koju ostvaruju preostali portovi. U tom slučaju paketi se međusobno „guraju“ kroz suženje i dolazi do kašnjenja paketa, a što smo ranije vidjeli da predstavlja problem za podatke koji trebaju biti isporučeni u realnom vremenu. Te probleme rješava QoS na način da se paketi koji moraju imati prioritet označe i onda im se dalje u prijenosu daje prioritet.

##### 4.5.3. Buffer

Ukoliko bi se razgovor reproducirao direktno kako dolazi do slušatelja, zbog prethodno opisanog varijabilnog kašnjenja koje nije moguće izbjeći u mrežnoj komunikaciji dolazilo bi do opisanih problema iz istog paragrafa. Riješenje je osmišljeno korištenjem međuspremnik

(engleski buffer). To je memorija koja prikuplja i prosljeđuje podatke u redosljedu kako dolaze, ali ih zadržava određeno vrijeme gdje se podaci prije slanja slažu prema realnom vremenu u kojem su generirani. Međuspremnik može biti statički u kojem se čeka predefinirovano vrijeme prije nego podaci napuste međuspremnik ili dinamički koji se prazni čim su podaci složeni na način kako su kreirani. U oba slučaja međuspremnik ne smije imati maksimalno vrijeme zadržavanja veće od 200 milisekundi za glasovne pakete.

#### 4.5.4. Jitter

Varijabilno kašnjenje je značenje engleske riječi jitter i označava različite vremenske iznose kašnjenja paketa na istom prijenosnom putu. Za podatkovnu komunikaciju to ne predstavlja veliki problem jer se to npr. pri skidanju datoteka ili pregledu web stranica niti ne zamjećuje. U glasovnoj komunikaciji to može biti veliki problem jer ukoliko se glas ne reproducira na isti način kako je i generiran, razgovor može zvučati nerazumljivo, smiješno ili se razgovor može prekinuti.

## 5. Primjena

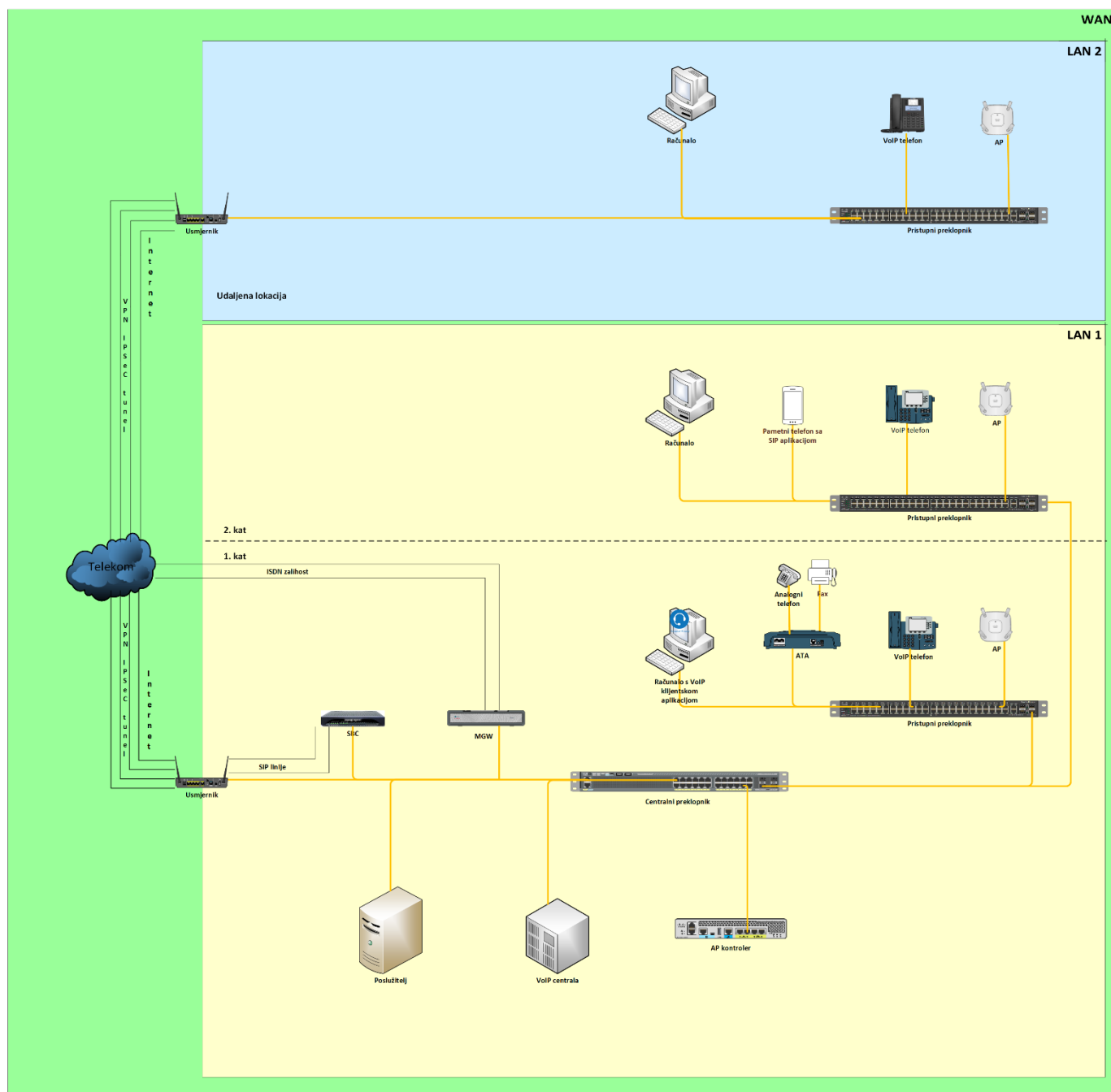
Prema svemu do sada navedenom možemo zaključiti da implementacija VoIP sustava u poslovnom okruženju može biti vrlo složen i sveobuhvatan proces. Poznavanje mrežnih tehnologija je temelj koji se nadograđuje sa poznavanjem poslužiteljskih operativnih sustava, poznavanjem baza podataka, poznavanjem osnovnih principa telekomunikacija, poznavanjem osnova sigurnosti i u konačnici dobrim poznavanjem samih VoIP protokola. Ovako širok spektar potrebnih znanja najčešće rezultira potrebom za cijelim timom stručnjaka kako bi sustav dobro funkcionirao u korisničkom okruženju.

Koristeći komercijalne distribucije renomiranih proizvođača implementacija sustava je pojednostavljena maksimalno moguće budući dobavljači nastoje automatizirati potrebne procese. To olakšava puštanje sustava u rad, olakšava defektaciju i osigurava tehničku podršku tijekom eksploatacije, ali to naravno ima svoju cijenu. Danas postoje mnoge besplatne distribucije VoIP sustava gdje je situacija obrnuta, odnosno za implementaciju je potrebno poznavati gotovo sve ranije spomenuto i poput puzzli povezati fragmente u cjelinu i praktički napraviti vlastitu i često jedinstvenu distribuciju. Tehnička podrška u ovom slučaju najčešće se svodi na komunikaciju unutar cehovskih zajednica. Što je bolje za krajnjeg korisnika teško je reći jednoznačno, a argumenti koji dovode do odluka su slijedeći:

- Besplatne distribucije su besplatne u smislu plaćanja licenci proizvođaču, ali ne treba zanemariti troškove same implementacije jer korisnik najčešće nije sposoban sam obaviti potrebne radnje već za to treba uslugu tvrtke koja se time bavi
- Besplatne distribucije u pravilu ne nude tehničku podršku kojom se obvezuju promptno otkloniti nedostatke u sustavu
- Kako su besplatne distribucije često specifične zbog načina implementacije i korištenih programskih alata, promjena održavatelja najčešće rezultira ponovnom implementacijom sličnog zamjenskog sustava
- Cijena nije uvijek presudni faktor tako da se korisnici često odlučuju za sustave za koje im se može garantirati tehnička podrška, jer si ne mogu priuštiti ispade koji će im zbog nemogućnosti korištenja sustava prouzročiti troškove
- Renomirani proizvođači osim uhodane i kvalitetne podrške puno pažnje pridaju tehničkoj obuci svojih partnera koji se bave implementacijom sustava kod krajnjih

korisnika. Na taj način se korisniku osigurava kvalitetna usluga, a u slučaju da korisnik ima problema sa jednim partnerom, može lako izabrati drugog partnera sa približno sličnim i standardiziranim znanjima.

Kako bi od svih dosadašnjih kockica sklopili mozaik kojim ćemo spoznati širu sliku primjene VoIP sustava, slijedi shema virtualne ali na realnim osnovama prikazane poslovne organizacije.



Slika 13 Principijelna shema VoIP poslovnog sustava



## 6. Zaključak

Moderne komunikacije su danas nezamislive bez VoIP tehnologije. Zbog fleksibilnosti temeljne pretpostavke za funkcioniranje VoIP-a, TCP/IP skupa protokola i ethernet infrastrukture, VoIP je našao primjenu na najširoj mogućoj razini. Gotovo da nema korisnika koji posjeduje pametni telefon a da ne koristi neku VoIP uslugu, od specijaliziranih klijentskih poslovnih aplikacija do aplikacija za osobnu upotrebu poput Whatsup-a, Telegrama, Vibera, Skype-a itd. Mnogi od njih imaju vlastite protokole za određene funkcije unutar svojih sustava ili vlastite kodeke, ali svima je zajedničko korištenje SIP-a kao protokola kojim se ostvaruje glasovna komunikacija. Ovaj način komunikacije je vrlo jednostavan za korištenje krajnjim korisnicima i ne zahtijeva posebna znanja. Podešenja klijentskih aplikacija su uglavnom predefinirana kod pružatelja takvih usluga te je krajnjim korisnicima ostavljeno razmjerno malo slobode za dodatna podešenja. Također o cijelom skupu protokola o kojima je ranije bila riječ brigu vodi pružatelj usluga i krajnjem korisniku je to transparentno, a samim time i jednostavno za korištenje.

U poslovnim sustavima situacija je potpuno suprotna. Da bi VoIP komunikacija tekla nesmetano, sigurno, pouzdano i kvalitetno u mrežnom okruženju nekog poslovnog sustava često je potrebno voditi računa o većini, ako ne i o svim opisanim protokolima. To dakako nisu svi postojeći protokoli, jer unutar npr. H.323 skupa protokola možemo susresti dodatnih 10-ak protokola, a njihovim nabranjanjem bi otišli u krajnost u kojoj se od šume ne vidi drveta, a s njima nema dodatnih akcija već su inkorporirani u skup protokola i nisu podložni podešavanjima već su jednostavno dio cijele priče.

Implementacija u poslovnim sustavima svodi se uglavnom na dva osnovna načina:

- 1) Uvođenje VoIP tehnologije u postojeći poslovni sustav. To je dakako način sa puno izazova jer se sa novim sustavom treba uklopiti u postojeće okruženje. Za početak je potrebno napraviti kvalitetnu snimku postojećeg stanja da kasnije u fazi eksploatacije ne bi bilo problema, jer tada je velik pritisak kako bi sustav funkcionirao i onda često nastaju dodatni problemi, te dolazi do nezadovoljstva korisnika. Dobra praksa je pustiti novi sustav u probni rad, što svakako smanjuje buduće probleme, ali nije garancija dobre implementacije jer se funkcioniranje u realnim uvjetima uvijek razlikuje od funkcioniranja u testnoj okolini.

2) Uvođenje VoIP tehnologije zajedno sa kreiranjem poslovnog sustava tzv. green field instalacija ili pokretanje projekta od nule. To je sigurno lakši način jer se definiraju potrebe bez tereta postojećeg stanja, odnosno sustav se projektira prema poznatim premisama, preporukama ili iskustvu prijašnjih projekata, a i lakše je zadovoljiti želje i potrebe korisnika koji sudjeluje u nastajanju sustava od samog početka. Ovaj način ima dodatnu pogodnost stoga što testna faza počinje u punoj funkcionalnosti, odnosno ne treba se isključiti stari sustav da bi se upogonio novi sustav tako da ima više vremena za provjeru funkcionalnosti.

Današnja pozicija VoIP sustava je neprikosnovena u svijetu komunikacija. Cijena implementacije VoIP sustava je s vremenom došla u ravnopravan odnos sa cijenom klasičnih komunikacijskih sustava i više ne predstavlja luksuz. Baza znanja i iskustva je toliko proširena da ono što su donedavno bili pionirski koraci, danas je postala svakodnevnica. Fleksibilnost i otvorenost IP sustava danas daje dodatnu dimenziju VoIP sustavima u povezivanju vanjskih aplikacija kojima se upravlja radom tih sustava, te u povezivanju video konferencijskih sustava koji za kontrolu video toka u većini slučajeva također koriste SIP protokol. Teško je prognozirati budućnost, ali dojam je da je današnji stupanj razvoja komunikacija temeljen na SIP-u kao dominantnom protokolu gotovo dosegno svoj maksimum. Moguća su određena unaprijeđenja uglavnom na razvoju kodeka, ali ključne promjene biti će moguće tek kada iste potpuno redizajniraju TCP/IP skup protokola ili se pojavi potuno novi skup protokola. Kako se danas tehnologija brzo mijenja, takav zaokret mogao bi se dogoditi u slijedećih 5 do 10 godina. To se iz današnje perspektive ne čini mogućim zbog rasprostranjenosti i masovnosti korištenja kako TCP/IP skupa protokola tako i VoIP tehnologije, u kojoj prevladava SIP. Ipak, ukoliko se takva promjena dogodi, treba joj se veseliti jer bi to značilo da nešto što je gotovo savršeno može biti još bolje.

## 7. Izjava

### Izjava o akademskoj čestitosti

Ime i prezime studenta: Predrag Sakač

Matični broj studenta: 6-384/16

Naslov rada: VoIP u poslovnim sustavima

Svojim potpisom jamčim:

- Da sam jedini autor ovog rada.
- Da su svi korišteni izvori, kako objavljeni, tako i neobjavljeni, adekvatno citirani i parafrazirani te popisani u bibliografiji na kraju rada.
- Da ovaj rad ne sadrži dijelove radova predanih na Veleučilište Baltazar Zaprešić ili drugim obrazovnim ustanovama.
- Da je elektronička verzija rada identična onoj tiskanoj te da je to verzija rada koju je odobrio nastavnik.

Potpis studenta



## 8. Popis slika

Slika 1 Stanje na VoIP tržištu 2016. godine prema Gartneru.....	8
Slika 2 Stanje na VoIP tržištu 2018. godine prema Gartneru.....	8
Slika 3 Rast VoIP tržišta.....	8
Slika 4 HUB .....	16
Slika 5 PoE Preklopnik.....	16
Slika 6 Modularni usmjernik .....	17
Slika 7 ISDN BRI pristupnik .....	17
Slika 8 SBC .....	18
Slika 9 Poslužitelj sa VoIP aplikacijom (VoIP centrala) .....	18
Slika 10 VoIP telefoni .....	19
Slika 11 VoIP mobilna aplikacija .....	19
Slika 12 Dvoportna ATA .....	20
Slika 13 Principijelna shema VoIP poslovnog sustava .....	25

## 9. Literatura

### 9.1. Knjige i članci

- [1] Lydia Parziale, David T. Britt, Chuck Davis, Jason Forrester, Wei Liu, Carolyn Matthews, Nicolas Rosselot (2006). TCP/IP Tutorial and Technical Overview. IBM International Technical Support Organization.
- [2] Jonathan Davidson, James Peters (2000). Voice over IP Fundamentals. Cisco Press.
- [3] Timothy V. Kelly (2005). VoIP For Dummies. Wiley Publishing, Inc.
- [4] Ted Wallingford (2005). Switching to VoIP. O'Reilly Media, Inc.
- [5] Chintan Vaishnav (2006). Voice over Internet Protocol (VoIP): The Dynamics of Technology and Regulation. Massachusetts Institute of Technology.

### 9.2. Internetski izvori

- [1] Robert Pepper, The History of VoIP and Internet Telephones preuzeto s <https://getvoip.com/blog/2014/01/27/history-of-voip-and-internet-telephones/> (15. kolovoza 2019.)
- [2] Ronda Hauben, From the ARPANET to the Internet preuzeto s [http://www.columbia.edu/~rh120/other/tcpdigest\\_paper.txt](http://www.columbia.edu/~rh120/other/tcpdigest_paper.txt) (15. kolovoza 2019.)
- [3] Gartner's Magic Quadrant for Enterprise Unified Communications (UC) Emphasizes Keys to Competitiveness preuzeto s <https://www.theucbuyer.com/blog/gartners-magic-quadrant-for-enterprise-unified-communications-uc-emphasizes-keys-to-competitiveness> (16.kolovoza 2019.)
- [4] The 2018 UC Gartner Magic Quadrant: Your First Look preuzeto s <https://www.uctoday.com/unified-communications/uc-magic-quadrant-2018/> (16.kolovoza 2019.)

## Životopis

### OSOBNE INFORMACIJE **Predrag Sakač**

 Antuna Mihanovića 40, 10290 Zaprešić, Hrvatska

 +385 1 33 11 709  + 385 91 3650 662

 [Predrag.sakac@gmail.com](mailto:Predrag.sakac@gmail.com)

 <https://www.linkedin.com/in/predrag-sakač-81942114>

Spol Muško | Datum rođenja 05/03/1968 | Državljanstvo Hrvatsko

### RADNO ISKUSTVO

1 svibnja 2016 **Savjetnik pretprodaje**

Kodeks d.o.o.  
Nova cesta 60, 10000 Zagreb

- Tehnička podrška prodajnom odjelu za Mitel, 2n i Patton proizvodni program

Djelatnost ili sektor Uslužne djelatnosti

15 srpnja 1995 - 30 travnja 2016 **Voditelj servisa telekomunikacija**

Kodeks d.o.o.  
Drašnička 6, 10000 Zagreb

- Održavanje i implementacija telekomunikacijske opreme i tehnička podrška korisnicima

Djelatnost ili sektor Uslužne djelatnosti

15 srpnja 1993 - 14 srpnja 1995 **Serviser računala**

Kodeks d.o.o.  
Avenija Većeslava Holjevca 20, 10000 Zagreb

- Servisiranje računalne opreme

Djelatnost ili sektor Uslužne djelatnosti

### OBRAZOVANJE I OSPOBLJAVANJE

09/1983 - 06/1987 **Strojarski tehničar**

Srednja stručna  
sprema

Srednja škola Nikola Tesla, Klaićeva 7, Zagreb

### OSOBNE VJEŠTINE

Materinski jezik Hrvatski

Ostali jezici

	RAZUMIJEVANJE		GOVOR		PISANJE
	Slušanje	Čitanje	Govorna interakcija	Govorna produkcija	
Engleski	B2	B2	B2	B2	B2

**Komunikacijske vještine** ▪ dobre komunikacijske vještine stečene tijekom rada na mjestu voditelja telekom servisa

**Organizacijske / rukovoditeljske vještine** ▪ voditelj na projektima navedenim pod DODATNE INFORMACIJE

**Poslovne vještine** ▪ dobra organizacija provođenja projekata  
▪ dobra koordinacija ljudskim resursima prilikom izvođenja projekata

**Digitalne vještine**

SAMOPROCJENA				
Obrada informacija	Komunikacija	Stvaranje sadržaja	Sigurnost	Rješavanje problema
Iskusni korisnik	Iskusni korisnik	Iskusni korisnik	Iskusni korisnik	Iskusni korisnik

- dobro upravljanje uredskim protokolom (procesorom teksta, tablica, prezentacija)
- dobro upravljanje linux i windows klijentskim operativnim sustavima

**Vozačka dozvola** A, B, C

## DODATNE INFORMACIJE

**Projekti**

### 2016 – GRAD ZAGREB

Projektiranje i nadogradnja postojećeg telekomunikacijskog sustava sa više od 2000 korisnika, implementacija aplikacije za nadzor sustava

### 2012 – GRAWE CROATIA

Projektiranje i implementacija VoIP komunikacijskog sustava sa više od 400 korisnika na 40 lokacija

### 2011 – MUP – kontrola hrvatskih granica

Nadogradnja postojećih telekomunikacijskih sustava radi implementacije VoIP funkcionalnosti

### 2003 – VINDIJA D.D.

Implementacija VoIP tehnologije, promjena postojećih TDM interkonekcijskih veza između modula telekomunikacijskog sustava s IP vezama

**Certifikati**

#### CISCO:

CCNA Routing and Switching  
CCNP Voice

#### PATTON:

Patton SmartNode Certified Specialists

#### MITEL:

1807-EETT-05001-4518 IP DECT  
Mi Voice MX-ONE 7.0  
MiVoice Office 400 Rel 6.0  
MiVoice Border Gateway (MBG) rel 9.1  
SIP-DECT rel 7.0

**Tečajevi**

MITEL pre-sales workshop (Beč, Austrija, 2018)

MX-ONE Telephony server V 6.0 News (Nuremberg, Njemačka, 2015)