

## VoIP

VoIP (Voice over IP) je protokol za prijenos glasa preko Interneta i drugih paketnih mreža. Glas se na ovaj način prenosi u obliku digitaliziranog zvuka, najčešće komprimiranog i učajurenog u tok podatkovnih paketa u IP mreži. Grupa entuzijasta sredinom devedesetih godina prošlog stoljeća, točnije sredinom 1995. započela je eksperimentiranje prijenosa glasa putem računalne mrežne infrastrukture i internetske mreže, potpuno zaobilazeći fiksne telefonske linije, pretvarajući glasovne informacije u podatkovne pakete koji su se na određitu ponovno udruživali u cjelinu i tako omogućili glasovnu komunikaciju. Pokazalo se kasnije, iako vrlo skromnih i ograničenih tehničkih mogućnosti, bio je to jeftin, funkcionalan te perspektivan koncept koji je doista urodio plodom. U najranijoj fazi, tehnički preduvjeti bili su skromni: PC računalo sa zvučnom karticom (kojom nisu bili opremljena sva računala), modem ili mrežna kartica i konekcija prema internetu te slušalice, mikrofoni i identičan komunikacijski softver na obje strane. Zbog malih brzina modemske veze, prvi korisnici vrlo su često imali priliku iskušati čari kamenog doba VoIP-a, posebno na brzinama konekcije nižim od 40 kbps, što je i danas česti slučaj, što je samo po sebi poprilično demotivirajuće za ovu novotariju korisnicima koji se služe računalima opremljenim jeftinim noname modemima. Naknadni uspješni pokušaji doveli su do priključenja klasičnog telefona na računala a kasnije i razne modifikacije osnovne ideje radi povećanja komfora. Danas razlikujemo nekoliko različitih izvedbi VoIP sustava od kojih najvažnije možemo navesti: već prethodno opisan sustav dvaju računala spojenih putem interneta sa zvučnom karticom, mrežom ili modemom u kojem je računalo neophodno, drugi slučaj uključuje neki oblik VoIP adaptera ili USB IP telefona, spojenog na računalo, DSL Router ili VoIP pristupnu točku, putem koje se komunicira standardnim telefonom. Treći slučaj ne uključuje izravno VoIP opremu ali prepaid bonovi za VoIP usluge u nepokretnoj ili mobilnoj mreži uz biranje odgovarajućeg predbroja znače izravnu i mjerljivu uštedu, najčešće prema pozivima u inozemstvo ili određenim mrežnim skupinama. Zadnji i sve popularniji slučaj, koji sada postoji i na našem tržištu je ponuda fiksne telefonske linije sa ADSL konekcijom kod pojedinih telekomunikacijskih operatera a čija se usluga bazirana na DSL liniji u kojoj je implementiran VoIP komunikacijski kanal. Time operateri nude niže troškove a korisnici često nisu svjesni koja tehnologija stoji iza svega toga (primjer na domaćem tržištu: Iskon Duo ili Amis 2u1 usluga). VoIP se trenutno pokazao kao optimalno rješenje za male i srednje tvrtke, no zanimljiv je i kućnim korisnicima jer omogućuje izravne uštede.



## Prijenos podataka u usporedbi s prijenosom glasa

Donedavno, svijet glasovne komunikacije (Voice) i svijet prijenosa podataka (Data) bili su strogo odvojeni. Glas se prenosio isključivo fiksnom telefonskom linijom, tj. javnom glasovnom mrežom a putanja fiksne veze ostvarivala se pozivom i održavala se za vrijeme trajanja veze, pri čemu su svi resursi bili rezervirani za poziv (komutacija komunikacijskog kanala), vodeći se modelom naplate prema trajanju poziva. Godine ulaganja u fiksnu telefonsku mrežu učinile su ovaj način komuniciranja gotovo 100% pouzdanim i komfornim u cijelom svijetu pri čemu smo i lokalne i međunarodne pozive često znali uzimati 'zdravo za gotovo'. Nasuprot tome, podatkovni promet prenio se u javne podatkovne mreže. Datoteke, poruke i dokumenti prebacuju se u niz manjih paketa, koji se u tom obliku šalju mrežom na odredište, pri čemu svaki paket poslan u mrežu sadrži zaglavlje sa adresom o mjestu primanja te druge podatke. Svi paketi ne moraju se primiti istim redoslijedom kao što su odaslani, a neki mogu imati znatno različite putanje prolaska kroz mrežu usmjerivača i preklopnika te ostalih elemenata u mreži. Zbog te činjenice moguće je da dio paketa ne stigne na odredište i bude izgubljen ili oštećen u mreži.

Telekomunikacijski trendovi ukazuju na kombiniranje dvaju osnovnih načina prenošenja podatkovnih i glasovnih informacija, pri čemu su se u početku koristili neki trikovi, najčešće podaci pretvarali u oblik koji podsjeća na glasovni i tako prenosili postojećom infrastrukturom. U novijoj varijanti glasovna informacija pretvara se u podatkovni oblik i tako se prenosi javnom podatkovnom mrežom. Ovakve pretvorbe ukazale su na postojanje većih neiskorištenih dijelova u glasovnoj komunikaciji, pri čemu se došlo do zaključka da je samo 10 - 25% vremena potrebno za prijenos glasa. U ostalo vrijeme najčešće se događaju slijedeće stvari: slušamo sugovornika s druge strane, razmišljamo o odgovoru kojeg ćemo dati na upit ili tek dišemo između izgovorenih riječi. Upravo u ovoj činjenici krije se prednost prenošenja glasa putem podatkovnih mreža, koji je tada zbog kompresije znatno efikasniji a time i jeftiniji.



## VoIP u usporedbi sa klasičnom telefonijom

Kao što smo napomenuli, već smo dobrano navikli na pouzdane načine komunikacije fiksnom telefonskom linijom (PSTN), sve drugo što ugrožava dosadašnji tradicionalni način pristupa javnim komunikacijskim uslugama u najmanju ruku gledamo sa sumnjom. Nova paradigma tome je razvoj osnovnih vrsta komunikacijskih usluga koje se pojavljuju u digitalnom obliku i prenose paketnim mrežama putem protokola kao što su IP, ATM i Frame Relay. Mreže s paketnim prijenosom podataka dosegle su zrelost i mogu se u potpunosti usporediti sa fiksnim mrežama glasovnog prijenosa. Stare mreže bazirane na glasovnom prijenosu informacija ili paketnom prijenosu podataka u svijetu ustupaju mjesto visoko pouzdanim mrežama koje istovremeno prenose glas, podatke, video i multimedijalne sadržaje. Takvom razvoju situacije, posredno su pridonijela različitost komunikacijskih rješenja od strane sve većeg broja proizvođača hardvera te prihvaćenost novih standarda i usluga od strane sve brojnijih korisnika. Još je 1996. gotovo 90% prenesenih informacija u telekomunikacijskim mrežama bila glasovnog sadržaja. Zanimljiv je i slijedeći podatak, u isto vrijeme 57 % informacija svih međunarodnih poziva prenesenih između sjevernoameričkog kontinenta i Europe ili Azije sadržavalo faksimil a ne glasovne informacije. Porast glasovnog prometa na godišnjoj razini bio je tek 3 do 4% a podatkovnog gotovo 30%. Porast podatkovnog prometa pobudio je interes za prijenos glasovnih informacija u sve brojnijim podatkovnim mrežama. Prijenos glasovnih komunikacija putem IP protokola, kojeg poznajemo pod sinonimom VoIP, postao je vrlo privlačan zahvaljujući širokopojasnom mrežnom pristupu, odnosno ADSL Flat-rate usluzi. U VoIP mrežama pretvaranje glasa u podatkovne pakete vrši se gotovo trenutno (proces digitalizacije, kompresije i paketizacije), u realnom vremenu a vrlo često tom prilikom smanjuje se i propusnost mreže (Bandwidth) zbog mogućnosti slanja višestrukih podatkovnih paketa istovremeno. Proces stvaranja paketa i njihov put kroz mrežu u kojem sudjeluju signalizacijski SS7 i mrežni TCP/IP protokoli teče ovako:

- ❖ Analogni glasovni signal konvertira se u linearni PCM digitalni zapis (16 bita svakih 125  $\mu$ s).
- ❖ Šumovi i jeka uklanjaju se iz PCM zapisa, a vrši se i dodatna analiza radi stišavanja praznih dijelova i detekcije osnovnog tona.
- ❖ Dobiveni PCM zapisi, konvertiraju se u glasovne frameove, komprimiraju Vocoder kompresijom i enkodiraju ITU-T G.729 standardom putem CS-ACELP algoritma, brzine prijenosa 8 kbits, koji stvara 10 ms dugačak frame koji sadrži 10 B glasa frekventnog raspona od 300 Hz do 3,4 kHz.
- ❖ Glasovni frameovi integriraju se u glasovne pakete. U početku to je RTP paket kojem je dodan UDP paket sa podacima o izvoru i odredištu. Na kraju paket ima 20 B i sadrži sve informacije uključujući i IP adresu odredišta.
- ❖ Paketi se šalju putem interneta, pri čemu usmjerivači i preklopnici na putu pregledavaju prethodno upisanu informaciju o odredištu paketa i usmjeravaju putanju.
- ❖ Kad paketi stignu na odredište, prolaze obrnutu proceduru za reprodukciju glasa. Svi IP paketi su numerirani, a da bi se dobio smislen glasovni oblik, prilikom primanja IP paketi moraju se posložiti po potrebnom redoslijedu.



## Pozitivni i negativni učinci VoIP-a

VoIP u svakom slučaju nudi nekoliko prednosti nasuprot tradicionalnim telefonskim mrežama. Jedna velika prednost krije se u mogućnostima proširenja, odnosno priključenju dodatne linije u kućno okruženje ili ured, što nikada nije bilo jednostavnije, za razliku od tradicionalne telefonije gdje sve počinje i završava - slobodnom bakrenom paricom. IP telefonija ne ovisi izravno o lokaciji korisnika a nudi i dodatne sadržaje, u prvom redu to su identifikacija pozivatelja (Calling Line ID, CLID), konferencijska veza sa tri sudionika, preusmjerenje poziva i glasovna pošta, čime postaje zanimljiva i postojećim korisnicima fiksne linije, koje su spomenute usluge dodatno plaćali. No postoje i ograničenja, osim kvalitete komunikacijskog kanala i pouzdanosti internetske veze, baš kao i kod tradicionalne telefonije nije moguće izravno osigurati tajnost komunikacije na jednostavan način. Jedino smisljeno rješenje uočenih tegoba je enkripcija sadržaja i provjera autentičnosti, primjenom postojećih sigurnosnih protokola u realnom vremenu. Posve je izvjesno, VoIP neće zamijeniti fiksnu liniju preko noći, no dobri vjetrovi tržišta najavljuju kako će u budućnosti IP telefonija obuhvaćati čak 25 - 35% svih međunarodnih poziva. VoIP nije za korisnike faksimila, slanje telefaksa putem IP mreže još uvijek je limitirano, što je potaknulo razvoj alternative znanu Fax over IP, poznatiju kao T.38 protokol. Tu su i pozivi u nuždi, koje VoIP operateri ne mogu jednostavno usmjeriti k brojevima lokalnih hitnih službi, osim ako korisnici VoIP operaterima nisu dali podatak o svojem prebivalištu. Ponajprije zbog cijena usluge i približavanja tradicionalnoj telefoniji, VoIP ima perspektivnu i svjetlu budućnost kod najvećeg broja korisnika. Tradicionalna telefonija oslanja se uglavnom na gradsku mrežu i redundantno napajanje istosmjernom strujom iz akumulatora unutar telefonskih centrala, dok se VoIP kod korisnika oslanja isključivo na neprekidno napajanje (UPS) kao krajnju mjeru u slučaju prekida kontinuirane opskrbe električnom energijom.



## Razina kvalitete usluge

Jedna od najkritičnijih stvari kod IP telefonije je osiguranje kvalitete usluge, odnosno Quality of Service (QoS). Razina kvalitete usluge može se promatrati kroz nekoliko slijedećih kritičnih parametara koji uključuju: minimalnu propusnost (bandwidth), mrežnu latenciju i kašnjenje (delay), gubitak paketa (loss), jeku, šumove i smetnje u komunikaciji (echo) te sigurnost i opću pouzdanost kao i varijaciju kašnjenja (jitter). Osim navedenih parametara tu je i dekadsko biranje kod određenih uređaja koje naknadno treba pretvoriti u tonsko biranje (DTMF). Upravo je ponekad niska razina kvalitete usluge glavni argument protiv široke primjene VoIP telekomunikacijskih sustava. Varijacije kašnjenja (jitter) mogu se ukloniti tako da paketi pristižu u međuspremnik (buffer), koji će kompenzirati neujednačenost pristizanja paketa. Proizvođači hardvera i ljudi zaduženi za razvoj softvera imaju težak zadatak, proizvesti prijenosni sustav koji će osigurati visoku razinu kvalitete usluge. Zahtjevi za visokom kvalitetom usluge nisu bezrazložni: svega 1% gubitaka u paketnom prijenosu znači otežanu komunikaciju, a 3% korisnike dovodi doslovno do ruba očaja. Neslavno objašnjenje za takve pojave donosi UDP protokol koji ne jamči mehanizam koji će osigurati da će paketi podataka na određitu biti primljeni istim redoslijedom. Kvaliteta VoIP komunikacija u praksi iz spomenutog nije ujednačena: pozivi u zemlje i regije sa razvijenom internetskom infrastrukturom i VoIP regulativom su kvalitetom vrlo visoki i približavaju se tradicionalnoj telefoniji, dok pozivi u regije i zemlje koje nemaju razvijenu IP mrežu, mogu biti problematični. Ako putanja u komunikaciji kojim slučajem uključuje satelitske veze, kašnjenje signala može biti doista jako izraženo (čak 400 do 600 ms za geostacionarnu putanju), u tom slučaju idući prijamni čvor mora presložiti pakete koji kasne prema željenom redoslijedu. Drugi izazov uporabi VoIP-a predstavljaju barijere kao što su vatrozidi i uređaji koji maskiraju adrese (Network Access Translation, NAT i slični uređaji). Za rješenje ovih tegoba, u uporabi su STUN i ICE protokoli. Unatoč svemu nabrojanom, nedostaci se brzo uklanjaju čime postajemo svjedocima široke rasprostranjenosti VoIP-a, poneko loše iskustvo i povremeni problemi prolaze u trenu, čim stigne račun za telekomunikacijske usluge. Uporaba VoIP-a krije još jednu zanimljivu činjenicu, posve nemjerljivu sa PSTN sustavima: mnogo korisnika i sudionika ali samo jedna mreža svih mreža - internet.



## Mrežne osnove IP telefonije

Kako se VoIP kao mrežna tehnologija zasniva na TCP/IP protokolu, mora sadržavati i neke osnove kao i većina IP sustava. U prvom redu ovdje mislimo na OSI (Open Systems Interconnect) referentne slojeve, kojih kod VoIP-a ima pet: fizički sloj (u kojeg ubrajamo primjerice bakrenu paricu, priključke, napajanje, optičke kabele ili radio-veze), podatkovni sloj (Data link sloj koji predstavlja medij za detekciju pogrešaka u prijenosu podataka), mrežni sloj (sloj koji se brine o prijenosu i usmjeravanju podataka, definirajući adresnu shemu i rute), a tu je i transportni sloj (koji sadrži TCP i UDP protokole) te na kraju aplikacijski, prezentacijski i sesijski sloj (koji čine OS, razne aplikacije te servisi kao što su DNS). Ponegdje se u literaturi zajednički navode fizički i podatkovni sloj kao jedna cjelina. VoIP poslužitelji su zajednička povezna točka VoIP sustava, softverski bazirani serveri omogućuju izravni prijenos podataka koji je omogućen pozivanjem drugih VoIP aplikacija putem mrežnog Ethernet sučelja. VoIP serveri mogu imati različite uloge, posebno kod korisnika koji na VoIP sustave spajaju različitim komunikacijskim načinima i protokolima. To su navedene radnje: primanje poziva i upravljanje komunikacijom po uzoru na tradicionalni PBX sustav (kućna centrala, u tom slučaju VoIP server često ima sinonim softPBX a pogonjen je najčešće Linuxom), snimanje poziva i automatski odgovor (ekvivalentno tradicionalnim samostalnim uređajima - sekretaricama), konferencijski razgovor (konferencijska veza triju ili više sudionika), pristupno sučelje (povezivanje standardnih telefona i PBX uređaja u IP sustav) te konvertiranje različitih audio codeca u realnom vremenu kako bi se omogućilo izravno povezivanje različitih analognih, digitalnih i IP krajnjih točaka (uređaja, telefona). Krajnje točke, odnosno dotični uređaji spajaju se najčešće RJ-45 10/100 BaseT mrežnim sučeljem izravno na lokalnu računalnu mrežu, što je uobičajeno za hardverske IP telefone namijenjene malim i srednjim tvrtkama. Krajnje točke mogu biti i različiti adapteri (Analog Telephone Adapter - ATA) za spajanje standardnih telefonskih aparata na TCP/IP mrežu, koji u pravilu koštaju manje od IP telefona, no često su i ograničenih mogućnosti. Kao i kod PSTN postoje dvije varijante pristupa VoIP mreži: izravno biranje ili biranje sa pristupnim brojem.



## Tehničke osnove: SIP i H.323 signalni protokoli

Signalizacijski protokol predstavlja zajednički jezik koji omogućuje različitim uređajima kao što su VoIP i PSTN telefoni, serveri i PBX sustavi zajedničku komunikaciju, odnosno početak, nadziranje i završetak komunikacije. Postoji nekoliko vrsta protokola, no dva osnovna protokola uglavnom definiraju VoIP: ITU H.323 i IETF SIP (Session Initiation Protocol). Međunarodna organizacija International Telecommunications Union (ITU) predložila je protokol H.323 za lokalnu petlju, no njega u novije vrijeme nadilazi SIP protokol. Zajedničko svojstvo svih protokola svedeno je na sljedeće: svi protokoli imaju zadaću signalizirati i zabilježiti bitne događaje za vrijeme poziva: početak i kraj poziva ali i neke druge radnje kao što je konferencijska veza triju sudionika. Ostali signalizacijski protokoli kao Cisco Skinny Client Control Protocol (SCCP) ili Nortleov UNISTIM razvijeni su od strane privatnih tvrtki i sadrže osobine upravljanja i nadzora mrežnog VoIP prometa koji se javno ne primjenjuju. H.323, prvo standardizirano rješenje za govornu, podatkovnu i video komunikaciju u paketnim mrežama te za povezivanje s tradicionalnim mrežama s komutacijom kanala (PSTN, ISDN, GSM), protokol kojem pripada veći dio tržišnog kolača, trenutno u verziji 2.0, preporučuje se za PBX i slične sustave. H.323 omogućuje integraciju postojeće javne telefonske mreže (POTS, ISDN) u VoIP sustave. Zanimljivo je reći kako je spomenuti protokol bio izvorno zamišljen za video konferencije u računalnim mrežama, baziran na Microsoftovom NetMeeting softveru te Avaya Multivantage i Nortel Meridian IP PBX sustavima, no tijekom godina evoluirao je u pogodan protokol koji zamjenjuje tradicionalne PBX sustave. H.323 protokol krovna je preporuka (umbrella) za mnoge druge komunikacijske protokole kao što su H.225.0, H.245, T.120, H.235, G.711, G.723.1, G.729, H.261, H.263, T.38 i druge. Kao protokol, H.323 prilično je složen i pruža vrlo širok spektar mogućnosti. H.323, osim tehničkih zahtjeva, registracije uređaja i pristupnika te adresiranja, definira i arhitekturu. Glavni elementi u H.323 mrežama su: H.323 terminal, H.323 pristupnik (Gateway) i upravnik (Gatekeeper) te MCU jedinica za upravljanje višestranim konferencijama (Multipoint Control Unit) i H.323 graničnik (Border element). H.323 pristupnik (Gateway) ima ulogu prevođenja signalizacijskih protokola i načina prijenosa, komunikacijskih procedura i raznih oblika kodiranja. H.323 upravnik (Gatekeeper) ima zadaću kontrole pristupnim resursima, upravlja propusnošću, pazeći na QoS ali i brine o tarifiranju, odnosno potrebne informacije o ostvarenim pozivima šalje drugim serverima.



**Session Initiation Protocol (SIP)**, razvijen je od strane organizacije Internet Engineering Task Force, profesionalne udruge kojoj nije bio cilj stvoriti krovni protokol za glasovnu, podatkovnu i video komunikaciju u paketnim mrežama. End to end protokol, baziran na HTTP protokolu, nije sveobuhvatan već se oslanja i na druge protokole, pojednostavljeno SIP omogućava komunikaciju koja se tada vrši na različite načine, najčešće uz pomoć RTP (Real Time Transport Protocol) i SDP (Session Description Protocol) protokola. RTP je IETF-ov protokol za prijenos sesija multimedijских podataka u realnom vremenu, uključujući audio, video i tekstualne sadržaje. Omogućava kodiranje i pretvaranje podataka u pakete i prijenos tih paketa putem interneta. SDP koristi se za opisivanje i kodiranje mogućnosti, odnosno sposobnosti sudionika sesije. Opisivanje se koristi za usklađivanje karakteristika sesije kako bi svi uređaji u sustavu mogli ravnopravno sudjelovati. SIP spada u tzv. End to End signalne protokole, što znači da je stanje mreže i logika spremljena na krajnjim točkama (uređajima) pa samim time ne postoji jedinstvena točka ispada, što mu daje određenu skalabilnost, no cijena za to je veće zaglavlja paketa. Krajnje točke u SIP sustavu identificiraju se SIP korisnicima, odnosno URI-ma (URI, Uniform Resource Indicators), oblikom adrese koja slična mail adresi (oblika sip:korisničko\_ime@domena). Isti URI može služiti za SIP ili elektroničku poštu što pojednostavljuje komunikaciju. Kao i kod prethodno spomenutog protokola, postoje mrežni elementi, SIP logičke jedinice, a to su korisnički agenti (User Agents), proxy server, register te redirect serveri, koji se po potrebi mogu spajati kako bi se povećala brzina obrade informacija, no to ovisi o pojedinačnoj implementaciji ali i konfiguraciji sustava.

#### Mobile & Wireless VoIP - Budućnost VoIP-a?

Korporativna uporaba VoIP-u vrlo je plodno tlo. Posebno između udaljenih poslovnica tvrtke koje su povezane internetom. Ušteda na pozivima više je nego izražena. Da bi se izbjegli dodatni troškovi, brojne tvrtke i korporacije postavljaju i vlastite pristupne točke. Mnogim je tvrtkama VoIP jednostavna i jeftina nadogradnja na web, e-mail, Instant Messaging i video konferencije putem interneta. U mnogim razvijenim zemljama mobilna telefonija ušla je u sve sfere društva, znatan dio populacije koristi isključivo mobilne telefone. Za očekivati je tako porast interesa za VoIP-om i kod mobilnih korisnika. No još nije posve jasno hoće li porasti potražnja za VoIP-om korisnika koji se služe bežičnim mrežama (WLAN-om) u kvartovima, naseljima i gradovima, da bi se stvorila slična zemljopisna pokrivenost mobilnim VoIP mrežama. Prijelazno rješenje trenutno se nudi u vidu 'dual mode' mobilnih telefona, koji podržavaju GSM i WLAN mreže. Zanimljivo je da su i radioamateri kao populacija pronašli svoj interes u VoIP tehnologiji, pa je u zadnje vrijeme osobito popularan Radio Over IP (RoIP), velika mreža repeatera radioamaterskog signala koja pokriva veći dio svijeta. Kako se broj korisnika VoIP telefonije povećava, a postojeći korisnici PSTN mreža također sve brojnije migriraju u smjeru VoIP-a, u mnogim zemljama zakonodavstvo pokušava regulirati taj novi način komuniciranja. U Europskoj Uniji, zasada ne postoji jedinstvena regulativa (u donošenju) i zakonodavstvo nad VoIP-om, već je taj način komunikacije u nadležnosti pojedinih nacionalnih TK regulatora, koji još uvijek uglavnom procjenjuju snagu novog tržišta. Na preookeanskom tržištu pojedini modeli VoIP telefona stavljeni su u prodaju sa jasnim upozorenjem kako ne podržavaju izravan poziv službi 911, dok je na tržištu EU takva mogućnost obavezna.

