

Zagreb, 28. travnja 2017.

Zavod: **Zavod za informacijsko komunikacijski promet**
Predmet: **Tehnologija telekomunikacijskog prometa II**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 3761

Pristupnik: **Ivan Katanušić (0135216499)**
Studij: Promet
Smjer: Informacijsko-komunikacijski promet

Zadatak: **Analiza protokola za uspostavljanje, modificiranje i prekidanje sesija sa jednim ili više sudionika**

Opis zadatka:

Analiza i prikaz osnovnih značajki i funkcionalnosti protokola SIP.

Prikazati prednosti SIP protokola kao temeljnog kontrolnog protokola u mrežama nove generacije

Primjenom UML dijagrama koji nude skup dobro određenih grafičkih prikaza i koji omogućavaju dobro razumijevanje strukture i ponašanja nekog sustava opisati procese uspostavljanja, modificiranja i raskidanja različitih vrsta sesija.

Analizirati prednosti i nedostatke korištenja TCP i UDP protokola za prijenos SIP poruka

Zadatak uručen pristupniku: 15. travnja 2017.

Rok za predaju rada: 25. travnja 2017.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

izv. prof. dr. sc. Štefica Mrvelj

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Ivan Katanušić

**ANALIZA PROTOKOLA ZA USPOSTAVLJANJE,
MODIFICIRANJE I PREKIDANJE SESIJA SA JEDNIM
ILI VIŠE SUDIONIKA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2017.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

ANALIZA PROTOKOLA ZA USPOSTAVLJANJE, MODIFICIRANJE I PREKIDANJE SESIJA SA JEDNIM ILI VIŠE SUDIONIKA

**ANALYSES OF PROTOCOL FOR CREATING, MODIFYING AND
TERMINATING SESSIONS WITH ONE OR MORE PARTICIPANTS**

Mentor: izv. prof. dr. sc. Štefica Mrvelj

Student: Ivan Katanušić

JMBAG: 0135216499

Zagreb, travanj 2017.

ANALIZA PROTOKOLA ZA USPOSTAVLJANJE, MODIFICIRANJE I PREKIDANJE SESIJA SA JEDNIM ILI VIŠE SUDIONIKA

SAŽETAK

SIP je kratica za *Session Initiation Protocol*. Protokol za pokretanje sesije je signalizacijski protokol koji se koristi za uspostavu, modifikaciju i raskidanje višemedijskih sesija temeljenih na IP protokolu. Zahvaljujući SIP-u moguće je uspostaviti i upravljati različitim višemedijskim komunikacijskim sesijama između dva ili više korisnika u obliku trenutnog poručivanja (*instant messaging*), glasovnih ili video poziva preko IP-a (*Internet Protocol*), razmjene podataka. SIP je baziran na internetskom protokolu HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*). SIP protokol obavlja mnoštvo funkcija u mreži kao što su: uspostava sesije, modifikacija sesije, prekid sesije, kontrola poziva, te nesesijski vezane funkcije kao što su pokretljivost, prijenos poruka, autentikacija. U ovome radu su prikazane i objašnjene značajke i funkcije SIP protokola primjenom UML (*Unified Modeling Language*) dijagrama koji nude skup dobro određenih grafičkih prikaza i omogućavaju dobro razumijevanje strukture i ponašanja nekog sustava. Za opis razmjene poruka između mrežnih entiteta najčešće se koriste dijagrami međudjelovanja jer prikazuju točno određeni vremenski slijed razmjene poruka između sudionika u sustavu. SIP specifikacija opisuje kako SIP protokol djeluje preko TCP (*Transmission Control Protocol*) i preko UDP (*User Datagram Protocol*). Oba transportna protokola imaju različite karakteristike i pružaju različitu uslugu za određene SIP aplikacije. TCP pruža pouzdanost u prijenosu dok UDP ne osigurava ni pouzdanost, niti osiguranu isporuku. Oba transportna protokola, UDP i TCP posjeduju određene prednosti i nedostatke, ali sadrže i određena ograničenja u vezi prijenosa signalizacijskih poruka.

KLJUČNE RIJEČI: SIP, sesija, IP, UML, TCP, UDP

SUMMARY

SIP is an abbreviation for Session Initiation Protocol. Session Initiation Protocol is used to set up, modify, and terminate multimedia sessions over IP networks. Due to SIP it is possible to set up and maintain different multimedia communication sessions between two or more users in the form of instant messaging, voice over IP, multimedia distribution. SIP is based on internet protocol HTTP. SIP protocol carries out numerous functions on the net such as: session set-up,

session modification, session termination, call control and nonsession functions such as mobility, message transfer, authentication. This work illustrates and explains the characteristics and functions of the SIP protocol using an UML diagram which offer an assembly of well-determined graphic illustrations and enable a good understanding of the structure and behavior of a system. In order to explain the exchange of messages between network entities, interactional diagrams are used because they show a precisely definite time sequence of message exchange between participants in the system. An SIP specification describes the way the SIP protocol acts through TCP and through UDP. Both transport protocols have different characteristics and offer a specific SIP application with different services. TCP offers reliability in transferring, while UDP offers neither reliability nor a secured message. Both transport protocols UDP and TCP possess certain advantages and disadvantages, but they also both have certain concerns concerning the transfer of signalization.

KEY WORDS: SIP, session, IP, UML, TCP, UDP

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. FUNKCIONALNOSTI SIP PROTOKOLA.....	3
2.1. SIP Protokol	3
2.2. Funkcije SIP protokola	4
2.2.1 Razlučivanje adresa	5
2.2.2. Sesijski vezane funkcije	7
2.2.3. Funkcije bez sesije	14
3. STRUKTURA SIP PROTOKOLA.....	20
4. PREGLED SIP PORUKA.....	22
4.1. Format SIP poruke	22
4.2. Poruke zahtjeva	23
4.3. SIP odgovori.....	24
5. LOGIČKE KOMPONENTE PROTOKOLA SIP	27
5.1. Korisnički agenti (<i>UA - User Agents</i>)	28
5.2. Posrednički poslužitelji	28
5.2.1 Poslužitelji bez stanja transakcije (<i>stateless</i>).....	29
5.2.2 Poslužitelji sa stanjem transakcije (<i>stateful</i>)	29
5.3. Poslužitelj za preusmjerenje (<i>redirect server</i>)	30
5.4. Registar	30
6. ANALIZA I MODELIRANJE SLIJEDA PORUKA IZMEĐU LOGIČKIH KOMPONENTI SIP-a	31
6.1. Uspješno postavljanje i održavanje tijeka poziva između Gatewaya i IP telefona.....	31
6.2. Tijek poziva između SIP IP telefona- jednostavno održavanje poziva.....	34
6.3. Tijek poziva koristeći Proxy poslužitelj	36
6.4. Prosljeđivanje poziva.....	37
7. KOMPARACIJA TRANSPORTNIH PROTOKOLA POGODNIH ZA PRIJENOS SIP-a	40
7.1. SIP preko TCP-a.....	40
7.1.1. TCP ograničenja.....	40
7.1.2. Algoritam za brzo ponovno emitiranje.....	41
7.1.3. TCP uspostavljanje veze	42

7.1.4. Višestruke SIP sesije preko TCP-a.....	43
7.1.5. Usluga <i>byte stream</i>	44
7.2. SIP preko UDP-a.....	45
7.3. SIP preko SCTP.....	46
8. ZAKLJUČAK.....	48
POPIS LITERATURE.....	49
POPIS KRATICA	50
POPIS SLIKA I DIJAGRAMA.....	52

1. UVOD

SIP protokol je signalizacijski protokol aplikacijskog sloja koji se bavi uspostavom i prekidom veze između klijenata.

Svrha i cilj ovoga istraživanja je utvrditi koliko signalizacijski protokol SIP utječe na kvalitetu uspostavljanja veze u mrežama nove generacije. Između ostalog cilj je svrhovito i temeljito objašnjenje načina implementacije i rada SIP protokola.

Naslov diplomskog rada je: Analiza protokola za uspostavljanje, modificiranje i prekidanje sesija sa jednim ili više sudionika.

Rad je podijeljen u osam cjelina:

1. Uvod
2. Funkcionalnosti SIP protokola
3. Struktura SIP protokola
4. Pregled SIP poruka
5. Logičke komponente protokola SIP
6. Analiza i modeliranje slijeda poruka između logičkih komponenti SIP-a
7. Komparacija transportnih protokola pogodnih za prijenos SIP-a
8. Zaključak.

U drugom poglavlju su opisane funkcionalnosti SIP protokola, razlučivanje adresa, sesijski vezane funkcije i funkcije bez sesije.

SIP protokol je strukturiran kao slojeviti protokol, pri čemu svaki sloj definira određeni skup pravila. U trećem poglavlju su navedeni i objašnjeni slojevi SIP-a.

Prilikom slanja SIP poruka, klijent šalje poruke, a poslužitelj po prijemu poruke zahtjeva šalje jednu ili više poruka odgovora. Zahtjevi se obično koriste za iniciranje neke akcije ili za obavještanje primatelja zahtjeva o nečemu. Odgovori se koriste za potvrđivanje da je zahtjev

primljen i procesiran te sadrže status procesiranja. U četvrtom poglavlju su obrađene SIP poruke te njihovo značenje.

U petom poglavlju su objašnjene i prikazane logičke komponente protokola SIP. Osnovni elementi su korisnički agenti, posrednik, registar, poslužitelji za preusmjerenje, koji su u ovom poglavlju objašnjeni.

U šestom poglavlju je obrađena analiza i modeliranje slijeda poruka između logičkih komponenti SIP-a pomoću UML dijagrama. UML dijagramima su opisani procesi uspostavljanja, održavanja te modificiranja poziva pomoću SIP protokola.

U sedmom poglavlju je obrađena komparacija transportnih protokola pogodnih za prijenos SIP poruka. SIP protokol djeluje preko transportnih protokola TCP i UDP. U ovom poglavlju su prikazani TCP i UDP protokol te prednosti i nedostaci.

2. FUNKCIONALNOSTI SIP PROTOKOLA

2.1. SIP Protokol

SIP je kratica za *Session Initiation Protocol*. To je signalizacijski protokol aplikacijskog sloja koji se bavi uspostavom i prekidom veze između klijenata. Razvijen je unutar IETF-a (*Internet Engineering Task Force*), a specifikacija je data u nekoliko RFC-ova (*Request for Comments*), zadnja je RFC 3261. [1].

Zahvaljujući SIP-u moguće je uspostaviti i upravljati različitim višemedijskim komunikacijskim sesijama između dva ili više korisnika i to u obliku:

- trenutnog poručivanja (*instant messaging*)
- glasovnih ili video poziva preko protokola IP (*voice over IP, video over IP*)
- višemedijske konferencije
- distribucija višemedijskih sadržaja strujanjem (*streaming multimedia distribution*)
- informacije o prisutnosti korisnika (*presence information*)
- igranje putem Interneta.

SIP sam po sebi nije zamišljen kao sveobuhvatan stoga su za komunikaciju među uređajima potrebni i drugi protokoli. Njegova je namjena da omogući komunikaciju koja se nakon toga odvija na različite načine i pomoću nekog drugog protokola. Uz SIP se najčešće koriste protokoli:

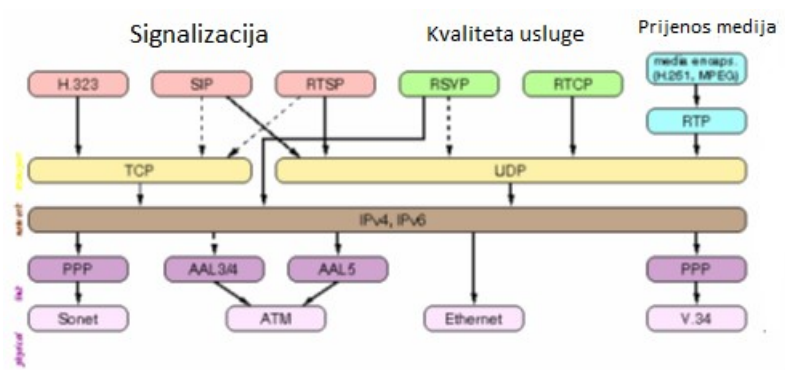
- RTP (*Real-time Transport Protocol*) - protokol za prijenos višemedijskih podataka u realnom vremenu
- SDP (*Session Description Protocol*) - protokol koji pregovara o karakteristikama sesije i kodira ih (na primjer: pregovaranje o kodecima, tako da svi sudionici mogu dekodirati sadržaj paketa).

Sam SIP je baziran na internetskom protokolu HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*), a HTTP se također može klasificirati kao signalizacijski protokol jer ga klijenti koriste kako bi

poslužitelju pokazali koji ih dokumenti zanimaju.

SIP se koristi za prenošenje opisa parametara sesije. Opis se kodira u dokument pomoću SDP protokola. Uz SIP se najčešće koriste protokoli RTP i SDP. SIP radi u skladu sa ovim protokolima omogućujući korisničkim agentima (*user agents*) da prepoznaju jedni druge i za dogovore za tip sesije koji žele dijeliti [2].

SIP je dio aplikacijskog sloja (slika 1) u TCP / IP modelu protokola. Za prijenos SIP poruka koriste se TCP i UDP transportni protokoli. Glavna funkcija SIP-a je pokretanje i prekidanje sesije.



Slika 1. Položaj SIP-a u odnosu na ostale protokole
Izvor: [3]

2.2. Funkcije SIP protokola

SIP protokol će biti predstavljen u smislu nekih osnovnih funkcija komunikacijskih mreža: razlučivanje adresa, sesijski vezane funkcije (uključujući uspostavu sesije, pregovaranje o vrsti medija, promjenu sesije, prekid sesije, i otkazivanje), kontrola poziva, kvaliteta poziva i nesesijski vezane funkcije (kao što je pokretljivost, prijenos poruka, obavijesti, autentikacija i proširivost). Svaka od ovih stavki će biti objašnjena u nastavku.

2.2.1 Razlučivanje adresa

Razlučivanje adresa je jedna od najbitnijih funkcija SIP protokola. Proces razlučivanja SIP adresa obično počinje sa URI (*Uniform Resource Identifier*), a završava sa korisničkim imenom na IP adresi. Ovo razlučivanje od generalnog imena do stvarnog korisnika na *hostu* je korisno jer se u različitim tipovima mobilnosti i prenosivosti automatski implementira. Razlučivanje adrese može biti izvedeno od oba korisnička agenta i poslužitelja.

Proces razlučivanja adresa može uključivati sljedeće korake [4]:

- DNS (*Domain Name System*) NAPTR (*A Name Authority Pointer*) pretraživanje da bi se odredio transportni protokol (UDP, TCP, SCTP (*Streaming Control Protocol*)) kao što je opisano u RFC 3263
- DNS SRV (*A Service Record*) pretraživanje da bi se odredilo ime *hosta* na poslužitelju kao i broj porta kao što je opisano u RFC 3263
- DNS A pretraživanje da bi se odredila IP adresa *hosta*
- ENUM pretraživanje ako je u pitanju telefonski broj
- Usluga pretraživanja lokacije korisnika kada se usmjerava na poslužitelj u domeni korisnika

Iako je moguće da SIP korisnički agent ima pristup usluzi lokacije, ovo pretraživanje je obično izvedeno od strane posredničkog ili preusmjeravajućeg poslužitelja (*proxy ili redirect servera*) na račun korisničkog agenta.

Generalno, proces razlučivanja adresa uključuje više koraka i više skokova za SIP poruke. Ovo dozvoljava korisničkim agentima i posrednicima da obave usmjeravanje zahtjeva prema metodi korak po korak. Svaki posrednik konzultira DNS ili tablicu usmjeravanja, a onda prosljeđuje zahtjev sljedećem čvoru. Ovaj proces se nastavlja sve dok se ne dostavi zahtjev na odredište. Potrebno je napomenuti da usmjeravanje (rutiranje) odgovora u SIP-u ne uključuje razlučivanje adresa. Svi odgovori se rutiraju nazad preko istih posredničkih poslužitelja kao i zahtjev.

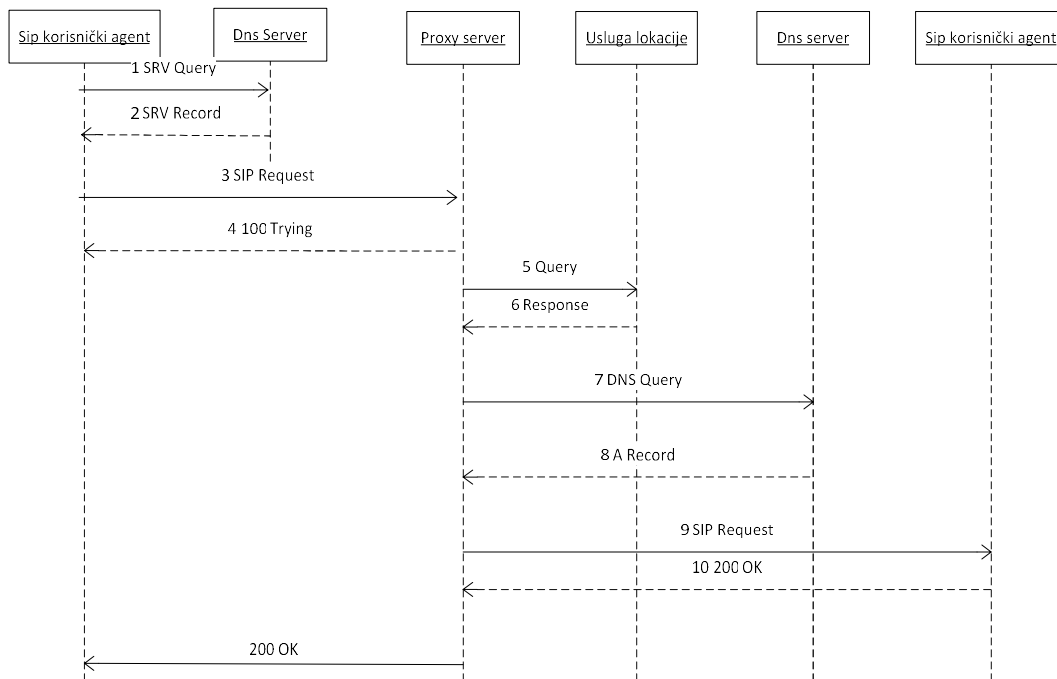
Dijagram 1 prikazuje primjer usmjeravanja zahtjeva. Ovaj primjer ne pokazuje odlazne i dolazne posredničke poslužitelje, nego samo jedan posrednički poslužitelj u sredini.

Ovako jednostavna konfiguracija mreže se može primijeniti na preusmjerenje poziva u malim privatnim IP mrežama. SIP korisnički agent A želi poslati generalni SIP zahtjev drugom korisničkom agentu B identificiranom sa SIP URI *sip:userb@there.com*. SIP telefon A prvo provodi *DNS Naming Authority Pointer* (NAPTR), a onda *Service Record* (SRV) upit da bi razlučio transportni protokol i da locira posrednički poslužitelj za domenu *there.com* (a to je TCP i *sipproxy.there.com* koristeći port 5060 u koracima 1 i 2). SIP zahtjev 3 se onda šalje na IP adresu *sipproxy.there.com*. Zatim, ovaj posrednički poslužitelj konzultira uslugu lokacije u koraku 5, čime se locira trenutna registracija URI za korisnika B, a to je tel: +65123456789. Onda posrednički poslužitelj šalje skup ENUM upita u koraku 7 prema DNS da bi pronašao odgovarajuću URI (*Uniform Resource Identifier*) adresu, koja je vraćena i korištena kao *sip:userb@100.101.102.103* u koraku 9. Zahtjev se onda preusmjerava korisniku B na datoj IP adresi, koji uzvraća posredničkom poslužitelju SIP odgovorom o uspjehu 200 OK u koraku 10. Posrednički poslužitelj prosljeđuje odgovor o uspjehu 200 OK u koraku 11 nazad do pozivatelja A.

Proces razlučivanja adrese u SIP-u je dinamičan. Posrednički poslužitelj može koristiti bilo koje zaglavlje prisutno u zahtjevu i mnoge druge parametre pri odlukama usmjerenja, uključujući i sljedeće:

- vrijeme dana
- zaglavlje
- različita polja zaglavlja u zahtjevu za učitavanje dijeljenih ili sustav za automatsku distribuciju dolaznih poziva (*Automatic Call Distributor*).

Uobičajeno se ovaj proces razlučivanja adrese provodi samo jednom na početku sesije. Rezultat inicijalnog razlučivanja adrese se sprema i koristi u kasnijim zahtjevima između korisničkih agenata [4].



Dijagram 1. Primjer razlučivanja adrese korištenjem usluge lokacije i DNS

Izvor: [4]

2.2.2. Sesijski vezane funkcije

Većina SIP funkcija uključuje uspostavu sesije ili se može pojaviti u toku uspostavljene sesije. Iako neke aplikacije SIP-a ne koriste sesijski vezane funkcije, većina korisnih aplikacija SIP-a ima prednosti od ovih korisnih funkcija [1].

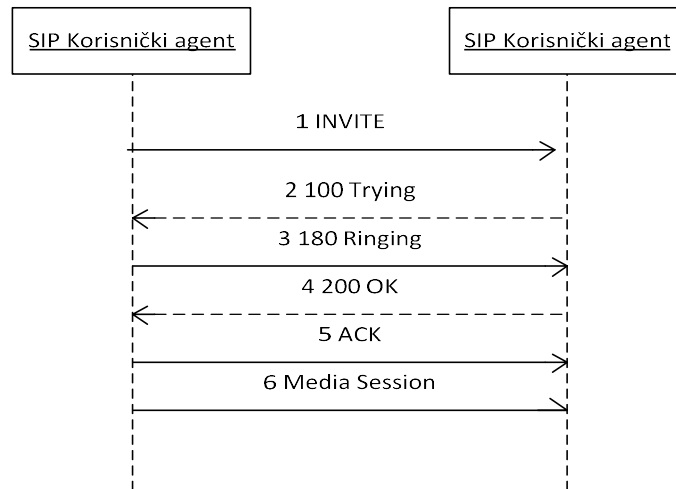
2.2.2.1. Uspostava sesije

Kao što samo ime protokola kaže, uspostava sesije je primarna funkcija SIP-a. S obzirom na to da je je SIP tzv. “*user friendly*” protokol, koristi INVITE zahtjev za uspostavu sesije između dva korisnička agenta.

INVITE poruka obično sadrži oblik poruke koji opisuje tip sesije koju korisnički agent želi uspostaviti.

Uspostava SIP sesije obavlja se po principu sinkronizacije u tri koraka (*three-way handshake*) INVITE/200/ACK za uspješnu uspostavu i INVITE/4xx, 5xx ili 6xx/ACK za pogrešku pri uspostavi poziva. INVITE je jedini način u SIP-u u kojem u principu sinkronizacije u tri koraka ima uključen ACK. Svi ostali SIP zahtjevi su u obliku REQUEST/200 ili REQUEST/4xx ili 5xx ili 6xx za pogrešku. Dijagram 2 pokazuje uspješnu uspostavu sesije između dva SIP telefona uključujući INVITE, dva privremena odgovora (*100Trying* i *180Ringing*), i krajnji odgovor (*200 OK*), koji prima ACK. Nula ili više privremenih odgovora (*1xx*) mogu biti prethodno poslani na krajnje odredište.

Jednom uspostavljena sesija nastavlja se neprekidno bez dodatnih zahtjeva za razmjenu SIP signalizacijskih poruka. SIP brojač sesije može prekinuti sesiju koja se čini predugom. Ako jedna strana u sesiji želi promijeniti ili obustaviti sesiju bit će potrebna nova razmjena SIP signalizacijskih poruka [4].



Dijagram 2. Primjer uspješno uspostavljene sesije korištenjem INVITE poruke

Izvor: [4]

2.2.2.2. Pregovaranje o mediju (*Media Negotiation*)

Pregovaranje o mediju (*media negotiation*) je dio poruka INVITE/200/ACK koja se koristi za uspostavu SIP sesija između dvije krajnje točke. SIP sam po sebi ne osigurava pregovaranje o mediju, ali omogućava pregovaranje o mediju između dva korisnička agenta koristeći protokol za opis sesije (*Session Description Protocol - SDP*) [6].

SDP je u početku razvijen sa područjem djelovanja u internetskoj arhitekturi za multimediju kao vrsta “TV vodiča” za distribuciju multimedijalnih sesija prema određenom broju točaka (*multicast*) preko Interneta.

Neke sposobnosti SDP-a koje ne posjeduje SIP su:

- obavještanje o izvoru sesije
- predmet sesije
- funkcija rasporeda sa početnim i krajnjim vremenom uz ponavljanje.

Pregovori se temelje na modelu zahtjeva i odgovora, a definirani su dokumentom RFC 3264 prema kojem jedan korisnički agent predlaže jedan ili više tipova medija, a drugi korisnički agent ili prihvata ili odbija svaku sesiju u odgovoru.

Prema dijagramu 3, obično je zahtjev sadržan u početnoj INVITE poruci od strane pozivatelja, a odgovor se prenosi u poruci 200 OK. Dakle, pozivatelj može dozvoliti pozivanoj strani da odabere tip medija za sesiju tako što neće poslati SDP INVITE poruku. U ovom slučaju pozvana strana daje zahtjev u poruci 200 OK (ili u pouzdanom privremenom odgovoru), i sada pozivatelj odgovara u poruci ACK. U SDP dijelu dodatom SIP zaglavlju, korisnički agent određuje tip medija, kodek, IP adresu, i broj porta za svaki medijski niz. Može se odrediti i više od jednog kodeka za svaki tip medija. Kada bude prihvaćen ponuđeni kodek korisnički agenti trebaju biti spremni primiti podatke s tim kodekom dok traje ova sesija [5].

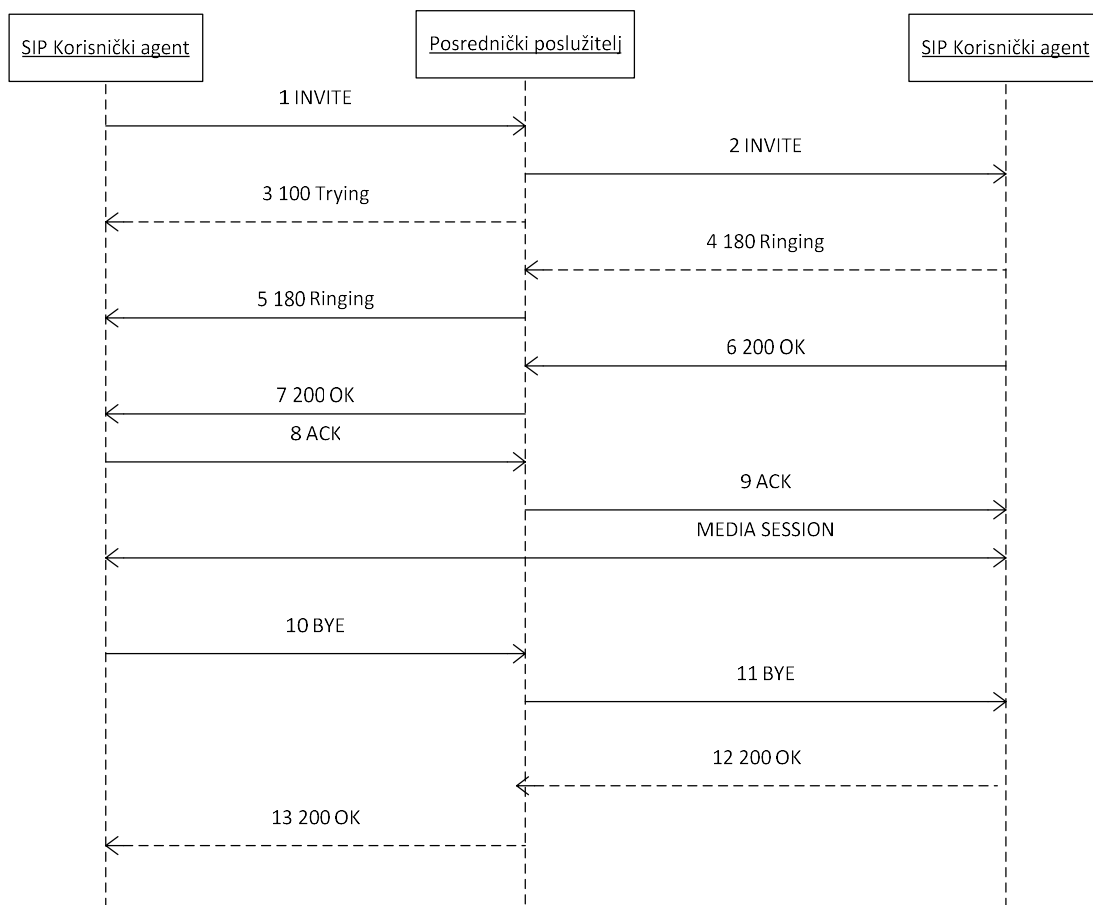
2.2.2.3. Modifikacija SIP sesije

Kada se jednom uspostavi sesija koristeći niz INVITE/200/ACK, ona može biti zamijenjena sa drugim nizom INVITE/200/ACK, a ponekad i kao ponovni poziv re-INVITE. S obzirom da može biti samo jedan SIP zahtjev na čekanju, ponovni poziv ne može biti poslan sve dok inicijalni INVITE ne bude završen sa ACK. Ponovni poziv re-INVITE može biti izveden od bilo koje strane koristeći iste izvorišne i odredišne adrese (uključujući oznake), i Call-ID kao poziv INVITE. SDP u ponovnom pozivu re-INVITE će zamijeniti pretpostavljeni inicijalni INVITE SDP, ako je re-INVITE uspješan. Ako re-INVITE ne uspije iz bilo kog razloga ili bude odbačen, originalni SDP i originalna sesija će se nastaviti sve dok ne bude poslano BYE od bilo koje strane.

2.2.2.4. Prekid i otkazivanje sesije

Prekid i otkazivanje sesije su dvije odvojene operacije u SIP protokolu ali često miješane. Prekid sesije se događa kada bilo koji korisnički agent pošalje poruku BYE koja se odnosi na postojeći poziv (uspješno uspostavljenu sesiju koristeći INVITE/200/ACK razmjenu). Ovo je prikazano na dijagramu 3.

Prekid sesije se događa kada korisnički agent prekine poziv prije završetka uspostave sesije i same uspostave poziva. U ovom slučaju korisnik koji je poslao poziv INVITE, ali još nije primio krajnji odgovor (2xx, 3xx, 4xx, 5xx, ili 6xx), šalje CANCEL zahtjev. Zahtjev CANCEL može također biti iniciran od posrednika. Dok su INVITE i BYE metode koje se izvode s kraja na kraj, CANCEL je primjer SIP zahtjeva koji se izvodi od čvora do čvora. Posrednički poslužitelj prima CANCEL zahtjev i odmah odgovara sa 200 OK, zatim posrednik šalje CANCEL na sve destinacije do kojih je i originalni poziv INVITE poslan.



Dijagram 3. Primjer prekida sesije porukom BYE

Izvor: [4]

Korisnički agent prima CANCEL i odgovara sa 200 OK ako krajnji odgovor još nije poslan ili odgovor 481 koji označava nepostojeći ili nepoznati poziv ili transakciju ako je krajnji odgovor poslan. Daljnja korespodencija je zapravo utrka sa stanjem, gdje se poruke CANCEL i krajnji odgovor “sretnu na žici”. U tom slučaju korisnički agent treba poslati poruku BYE da bi otkazao poziv.

U primjeru na dijagramu 3, korisnički agent šalje INVITE zahtjev, a onda i CANCEL zahtjev. Zahtjev INVITE je prosljeđen kroz dva posrednika da bi stigao do određeniog korisničkog agenta. Može se primjetiti da zahtjev CANCEL poslan prvom posredniku rezultira odgovorom 200 OK na zahtjev CANCEL, a zahtjev CANCEL se prosljeđuje slijedećem

posredniku. Drugi posrednik odmah šalje 200 OK prvom posredniku a zahtjev CANCEL prosljeđuje odredišnom korisničkom agentu. Na kraju korisnički agent odgovara sa 200 OK na CANCEL i 487 *Request Cancelled* odgovorom na poziv INVITE. Odgovor 487 je potvrđen od strane drugog posrednika sa ACK, i onda se prosljeđuje 487 do prvog posrednika, koji će na kraju biti primljen i od strane korisničkog agenta koji je započeo poziv, koji onda zna da je sesija na čekanju uspješno otkazana (Neuspjeli krajnji odgovori kao što su 3xx, 4xx, 5xx, ili 6xx se uvijek potvrđuju koristeći čvor do čvora metodu. Samo 200 OK prima ACK s kraja na kraj). Korisnički agent je onda završio dva prijenosa: CANCEL/200 i INVITE/487/ACK prijenos. Pošto je moguće CANCEL poslati istovremeno kad i 200 OK odgovor, korisnički agent mora biti spreman poslati i ACK i BYE na 200 OK čak i nakon slanja CANCEL. CANCEL zahtjev je jedinstven i ne može biti pozvan na autentikaciju kao ostali SIP zahtjevi [4].

2.2.2.5. Signalizacija u tijeku poziva

Signalizacija u tijeku poziva je razmjena signalizacijskih poruka između dva korisnička agenta koji ne mijenjaju parametre sesije između njih. Ako pojava signalizacije u tijeku poziva promijeni parametre sesije, onda će se pokrenuti re-INVITE. Inače, SIP INFO metoda će se koristiti za prijenos informacija između dva korisnička agenta. Informacija se prenosi u tijelu poruke INFO zahtjeva [4].

2.2.2.6. Kontrola poziva

SIP arhitektura je istorazinska vrsta komunikacije (*peer-to-peer*) s kontrolom s kraja na kraj. Na primjer, posrednik ne može pokrenuti BYE zahtjev za prekid poziva. Ovaj zahtjev može biti pokrenut samo od strane korisničkih agenata (krajnjih uređaja) koji sudjeluju u pozivu.

2.2.2.7. Preduvjeti za uspostavu poziva

SIP ima dodatke koji zahtijevaju određene preduvjete. Kvaliteta usluge (QoS- *Quality of Service*) može biti podržana na mrežnom i podatkovnom sloju. QoS u IP mrežama osigurava različitu kvalitetu usluge definiranu parametrima (kašnjenje, propusnost).

Postavljanje aplikacija kao što su komercijalna telefonija s QoS zahtijeva podršku mrežnih izvora. Zahtijeva se autorizacija da bi se osigurali mrežni resursi za SIP pokretanje sesije koja uključuje kompleksne procedure autentikacije, autorizacije i naplate (AAA).

SIP omogućava korisničkim agentima da uspostave sesiju koristeći INVITE/200/ACK razmjenu.

Da bi se uspostavila IP sesija sa QoS podrškom, potrebna je malo kompliciranija razmjena poruka. Pojednostavljeni pristup QoS bi bio da se prvo uspostavi veza na osnovu najboljeg izbora (*best-effort*) između korisničkih agenata, zatim se koristi ponovni poziv re-INVITE za uspostavu nove QoS sesije. Kako je SIP razmjena poruka potpuno neovisna od medija, u potpunosti je moguće uspostaviti sesiju. Sesija može propasti samo zbog nedostatka propusnog opsega na mediju, i u tom slučaju će ovaj pristup propasti. Također, postoji želja da se oponaša ponašanje PSTN-a (*Public Switched Telephone Network*), gdje na pozivanoj strani telefon neće zvoniti ako ne postoji dovoljno resursa (linija) da bi se završio poziv ako bi odgovorila druga strana. Opisani pristup je razvijen od strane *Packet Cable consortium* za projekt glas preko kablovskog modema (*Voice over Cable Modem*).

2.2.2.8. Ponovno slanje poruka u SIP-u

Osnovne SIP specifikacije dozvoljavaju da svaki izgubljeni zahtjev ili odgovor bude automatski ponovno poslan. Pošiljalac SIP zahtjeva, koristeći nepouzdan prijenos pokreće brojač (*timer*) označen kao T1 (osnovna vrijednost mu je 500ms). Ako odgovor nije primljen prije isteka ovog vremena, zahtjev se ponovno šalje. Ako je privremeni odgovor primljen (1xx), pošiljalac prebacuje brojač na sljedeće duže vrijeme označeno sa T2 (osnovna vrijednost mu je 4s). Ako je zahtjev izgubljen prijatelj ga neće primiti i neće ni generirati odgovor. Nakon isteka vremena

T1, pošiljatelj će ponovno poslati zahtjev. Ako je izgubljen odgovor na zahtjev, pošiljatelj će ponovno poslati zahtjev. Prijemnik će prepoznati zahtjev kao ponovno poslan i on će ponovno poslati svoj odgovor.

Provođenje zahtjeva INVITE je malo drugačije od ostalih načina zahtjeva. Prijemnik privremenog odgovora na INVITE ne prebacuje brojač na T2 nego zaustavlja sva ponovna slanja zahtjeva INVITE. Onaj koji odgovara na INVITE postavlja brojač na T1 kada pošalje odgovor. Ako ne primi ACK, onaj koji odgovara ponovno šalje odgovor. Ovo omogućava da se izgubljeni INVITE, odgovor ili ACK pronađu i ponovno pošalju.

Izuzetak u ovom pravilu ponovnog prijenosa su privremeni odgovori. Pošto privremeni odgovori ne primaju ACK ne postoji način ni za jednu stranu da znaju je li ovaj zahtjev izgubljen.

Pouzdaní privremeni odgovor kao proširenje za SIP je razvijen da bi omogućio da privremeni odgovori budu potvrđeni sa PRACK porukom čime se omogućava pouzdanost svim zahtjevima i odgovorima u SIP-u [4].

2.2.3. Funkcije bez sesije

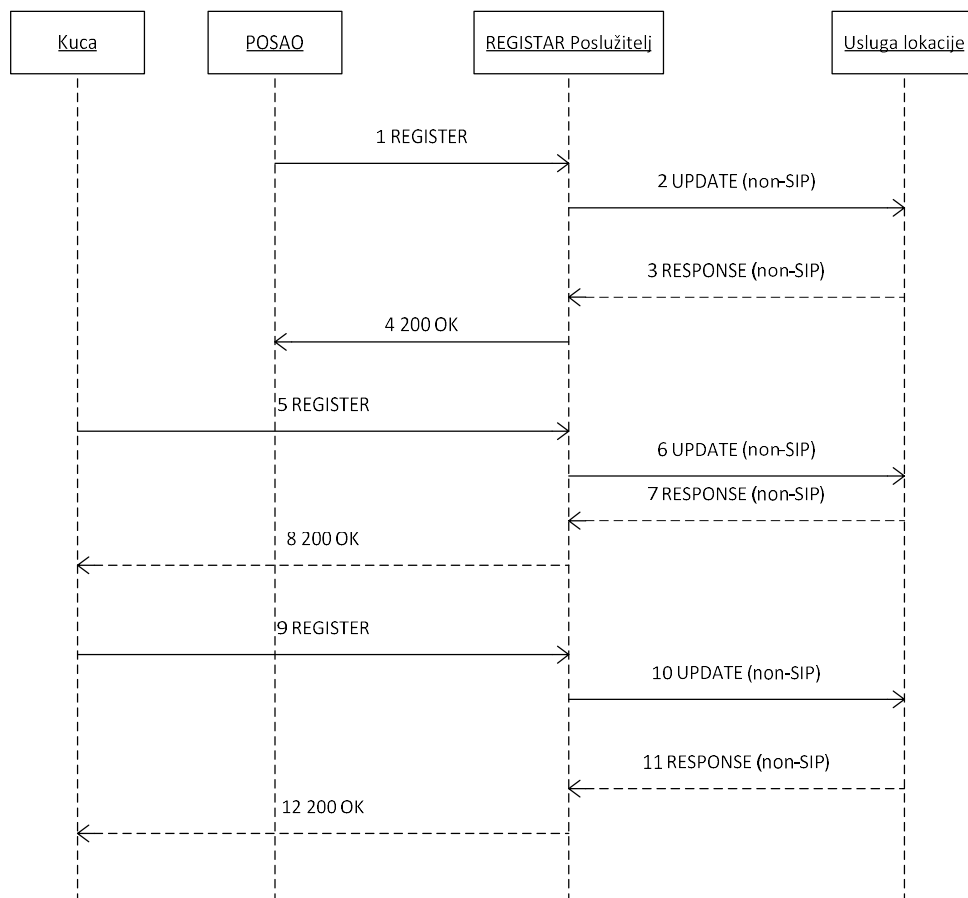
Neke SIP funkcije se ne odnose izravno na podešavanje sesije. Ove funkcije se mogu pojaviti izvan sesija zasnovanih na SIP-u.

2.2.3.1. Pokretljivost (mobilnost)

Registracijska funkcija SIP-a je vrlo slična registraciji na mobilnim telefonima. U registracijskoj poruci, korisnik šalje URI posredničkog poslužitelja od kojeg želi primati pozive. Ova ugradnja koja podržava mobilnost je izuzetno korisna značajka SIP-a i jedna je od glavnih prednosti u odnosu nad ostalim protokolima. Ta podrška mobilnosti je dovela do primjene protokola u novim aplikacijama.

SIP REGISTER zahtjev se koristi za ostvarivanje ove funkcije. Na primjer, uspješna korisnička registracija agenta je prikazana na dijagramu 4.

Korisnik na početku registrira svoj uredski SIP telefon slanjem REGISTER poruke registracijskom poslužitelju. Registar pohranjuje korisničku poruku u lokacijskoj usluzi i vraća 200 OK potvrdu registracije. Kasnije taj dan, kad korisnik napusti svoj ured zbog odlaska kući, gdje poništava svoju uredsku telefonsku registraciju i registrira svoj SIP na kućni telefon. Protokol koji vrši *upload* registracije na lokacijsku uslugu ili druge baze podataka nije SIP. Dolazni pozivi prema korisničkom URI će sada biti preusmjereni na njegovu IP adresu SIP-a kućnog telefona. Također, treba imati na umu da kućni telefon ne treba biti SIP za ovu predpozivnu mobilnost. Korisnik također može registrirati PSTN telefon koristeći internetski pristup, e-mail (*Electronic mail*), ili reprogramirati registraciju za određeno vrijeme [4].



Dijagram 4. Primjer mobilnosti koristeći registar

Izvor: [4]

Korisnički agent može se konfigurirati da se automatski registrira u vrijeme uspostavljanja, za vrijeme korištenja, ili kad god se novi korisnik logira na određeni uređaj. Registracija nije ograničena na samo jedan URI. Više URI-a može biti korišteno da prikaže listu brojeva mogućih alternativnih lokacija u željenom redu, ili mogu biti korišteni da prikažu listu mnogostrukih mogućih usluga kao što su SIP, PSTN, i e-mail.

2.2.3.2. Prijenos poruke

Metoda poruka (*The MESSAGE method*) jednostavno prenosi tijelo poruke na *Uniform Resource Identifier* (URI) odredišta sa ili bez uspostavljanja sesije. Na primjer, razmotrite sljedeću trenutnu poruku (*Instant Message*) koja je prenešena koristeći SIP protokol.

SIP message:

MESSAGE im:userb@there.com SIP/2.0

Via: SIP/2.0/UDP pc.here.com;branch=z9hG4bK343g

To: User B <im:userb@there.com>

From: User A <im:usera@here.com>;tag=4541232ds

Max-Forwards: 70

Call-ID: a532431277432513

CSeq: 15 MESSAGE

Content-Type: text/plain

Content-Length: 15

Hi, how are you?

Kada korisnik B dobiva poruku, 200 OK odgovor se generira. Za razliku od INFO metode, poruke mogu biti poslane samo ako je uspostavljena sesija između dva korisnička

agenta, zahtjev poruke može biti poslan u bilo kojem trenutku. Druge metode u SIP-u za podršku trenutnih komunikacija su aktivnosti vezane za pretplatu i obavijesti za prisustvo [5].

2.2.3.3. Procesi pretplate i obavijesti

SIP podržava zahtijevanje i primanje obavijesti u slučaju kada se dogodi neki događaj. Na primjer, značajka automatskog poziva u telefoniji može se koristiti kada je pozvana strana zauzeta (*off hook*), a pozivatelj želi biti obaviješten čim je pozivani pretplatnik dostupan.

Zahtjev pretplatnika ima sljedeći obrazac:

SUBSCRIBE sip:userb@there.com SIP/2.0

Via: SIP/2.0/UDP 4.3.2.1;branch=z9hG4bK343d

To: User B <sip:userb@there.com>

From: User A <sip:usera@here.com>;tag=h34s341

Max-Forwards: 70

Call-ID: a5f2d43127767eh54wfd

CSeq: 23 SUBSCRIBE

Contact: <sip:usera@client.there.com>

Event: dialog

Expires: 60

Content-Length: 0

Zahtjev za notifikaciju ima formu:

NOTIFY sip:usera@here.com SIP/2.0

Via: SIP/2.0/UDP pc.here.com:5060;branch=z9hG4bK343d

To: User A <sip:usera@here.com>;tag=9839421323

From: User B <sip:userb@there.com>;tag=h34s341

Max-Forwards: 70

Call-ID: a5f2d43127767eh54wfd

Subscription-State: active;expires=55

CSeq: 5 NOTIFY

Event: dialog

Content-Length: ...

Na zaglavlju procesa se vidi koja notifikacija procesa je korištena. Ako korisnički agent Korisnika B nije spreman izvršiti notifikaciju ovog procesa, može se poslati odgovor 603 *Decline*. Poslužiteljska mreža može se graditi u izvedbi bez poslužitelja koristeći SUBSCRIBE i NOTIFY. SIP također podržava pristup baziran na poslužitelju pomoću PUBLISH metoda [5].

2.2.3.4. Publikacija prisutnosti

SIP PUBLISH metoda dopušta korisničkom agentu da objavi ili učita informacije o prisutnosti na poslužitelju. Taj poslužitelj onda može distribuirati ovu informaciju.

2.2.3.5. Traženje Autentikacije

SIP podržava dvije vrste traženja autentikacije: korisnički agent prema korisničkom agentu, i korisnički agent prema poslužitelju. Trenutno se ne podržava traženje autentikacije poslužitelj prema poslužitelju ali to može biti ostvareno pomoću opcije kao što je IPSec. SIP podržava određen broj autentikacijskih shema preuzetih od HTTP-a.

SIP Digest autentikacija je danas najviše upotrijebljena shema. *Digest* autentikacija je u osnovi gotovo identična HTTP autentikaciji i kao takva je također dio HTTP standarda. Glavni razlog uvođenja *Digest* autentikacije je nedostatak HTTP autentikacije u prijenosu korisničkog imena i zaporke preko mreže u obliku nekriptiranog teksta. Kod *Digest* autentikacije podaci su prilikom prijenosa od klijenta do poslužitelja kriptirani [6].

Od bilo kojeg SIP zahtjeva može biti zatražena autentikacija. Tipična razmjena autentikacijskih SIP poruka između korisničkih agenata ima oblik *INVITE/401 Authentication Required/ACK* u kojoj korisnički agent saznaje da zahtjev traži autentikaciju. Također saznaje prirodu zahtjeva autentikacije iz 401 odgovora. Poslije toga se šalje novi INVITE koji sadrži zaglavlje za autorizaciju. Ako sadrži točne preporuke poziv će se nastaviti kao normalan. U

suprotnom će biti primljen novi 401 odgovor. Posrednički poslužitelj također može tražiti autentikaciju koristeći odgovor 407 *Proxy Authentication Required*, ali autenticiranje jednog posrednika od strane drugog nije podržano u SIP-u. Umjesto toga, jedan posrednik može uspostaviti sigurnu vezu sa drugim posrednikom koristeći IPsec.

2.2.3.6. Mogućnost proširenja

SIP protokol je osmišljen sa mogućnošću proširenja. Kao posljedica toga, protokol je osmišljen tako da korisnički agenti mogu implementirati nove ekstenzije pomoću novih zaglavlja i tijela poruka bez potrebe za središnjim poslužiteljima kao što su posrednik za podršku ekstenzija. Prema zadanom, posrednik prosljeđuje nepromijenjen nepoznat tip zahtjeva i zaglavlja. Korištenje podržanih zaglavlja omogućava podnositelju zahtjeva da obavijesti mrežu i drugog korisničkog agenta od kojeg su ekstenzije i karakteristike podržane, dopuštajući im opciju aktiviranja karakteristike. Ako je potrebno da se karakteristika shvati ili aktivira, onda se upotrebljava *Require header 30*, koji je uključen u zahtjev.

Korisnički agent koji prima takav zahtjev mora vratiti pogrešku ako ne razumije ili ne podržava karakteristiku. Tu je i *Proxy Require* zaglavlje koje sadrži listu karakteristika koje bilo koji posrednik na putu mora podržavati [4].

3. STRUKTURA SIP PROTOKOLA

SIP protokol je strukturiran kao slojeviti protokol, pri čemu svaki sloj definira određeni skup pravila. Elementi koje taj protokol specificira su logički elementi. Svaki element protokola ne mora sadržavati svaki od slojeva. Nadalje, kada se kaže da neki element sadrži određeni sloj, to zapravo znači da taj element poštuje skup pravila koje taj sloj definira. Prema RFC3261 5 strukturi SIP protokola, slojevi SIP protokola mogu biti strukturirani na slijedeći način:

- 1) Najniži sloj SIP protokola je njegova sintaksa i kodiranje koje koristi ABNF (*Augmented Backus-Naur Form*) pravila.
- 2) Drugi sloj je transportni sloj koji definira kako klijent šalje zahtjeve i prima odgovore, te kako poslužitelj prima zahtjeve i šalje odgovore putem mreže. Sve komponente SIP protokola moraju implementirati protokol korisničkih datagrama (*UDP- User Datagram Protocol*) i protokol upravljanja prijenosom (*TCP- Transmission Control Protocol*), ali mogu i podržavati i druge protokole kao što je protokol upravljanja transmisijom (*SCTP- Stream Control Transmission Protocol*). Budući da je UDP nepouzdan protokol SIP ima vlastiti mehanizam retransmisije koji uključuje i sinkronizaciju u tri koraka za izmjenu korisnika prilikom uspostave sesije.
- 3) Treći sloj je transakcijski sloj koji upravlja retransmisijama aplikacijskoga sloja, povezivanjem odgovora i zahtjeva, kao i istekom vremena aplikacijskog sloja (*application layer timeouts*). Transakcija je temeljna komponenta SIP protokola koja se sastoji od zahtjeva te jednog ili više odgovora. Transakcijski sloj sadrži klijent i poslužitelj komponentu od kojih je svaka predstavljena automatom stanja koji je konstruiran kako bi procesirao određeni zahtjev. Klijent transakcija šalje zahtjeve i prosljeđuje odgovore korisniku transakcije te je odgovorna za pouzdanu retransmisiju zahtjeva u slučajevima kada se koristi nepouzdan transport (*npr. UDP*). Ovisno o metodi koju sadrži zahtjev, postoje dva tipa stanja klijent transakcije: INVITE klijent transakcija koja obrađuje INVITE zahtjeve i non-INVITE klijent transakcija koja obrađuje sve zahtjeve osim INVITE i ACK zahtjeva.

Metoda ACK je jedina metoda koja ne generira klijent transakciju. Poslužitelj transakcija je odgovorna za prosljeđivanje zahtjeva korisniku transakcije i pouzdanu retransmisiju odgovora. Kao i kod klijent transakcija mogu se razlikovati dva tipa automata stanja poslužitelj transakcija: INVITE poslužitelj transakcija i non-INVITE poslužitelj transakcija.

- 4) Iznad transakcijskoga sloja se nalazi sloj korisnika transakcije (*TU- Transaction User*). Svi su entiteti (logičke komponente) protokola SIP, osim posredničkog poslužitelja bez očuvanja stanja, korisnici transakcije TU [7].

Posrednički poslužitelj bez očuvanja stanja (*stateless proxy server*) jednostavno preusmjerava poruku koju primi. Ova vrsta poslužitelja ne pohranjuje informacije o pozivu ili transakciji.

- Posrednički poslužitelji bez očuvanja stanja zaboravljaju SIP zahtjev jednom kada je on već preusmjeren.
- Posrednički poslužitelji bez očuvanja stanja mogu biti vrlo brzi.

Stateful posrednički poslužitelj čuva tragove svakog zahtjeva i odgovara kako ih primi. Može koristiti pohranjenu informaciju u budućnosti, ukoliko je to potrebno. Može ponovno poslati zahtjev ukoliko ne dobije odgovor sa druge strane.

- Poslužitelj koji ne gubi stanja nakon prekida (*stateful proxy*) pamte zahtjev nakon preusmjerenja, tako da mogu povezati odgovor sa nekim internim stanjem. Drugim riječima, poslužitelji koji ne gube stanje nakon prekida zadržavaju stanje prijenosa.
- *Stateful* posrednici osiguravaju uslugu koju posrednički poslužitelji bez očuvanja stanja ne mogu (prebacivanje zauzetosti poziva, npr.).

4. PREGLED SIP PORUKA

Prilikom slanja SIP poruka, klijent šalje poruke zahtjeva (*request*), a poslužitelj po prijemu poruke zahtjeva šalje jednu ili više poruka odgovora (*response*). Zahtjevi se obično koriste za iniciranje neke akcije ili za obavještanje primatelja zahtjeva o nečemu. Odgovori se koriste za potvrđivanje da je zahtjev primljen i procesiran te sadrže status procesiranja.

4.1. Format SIP poruke

Poruke zahtjeva i poruke odgovora sastoje se od:

- početne linije koja određuje tip poruke
- jednog ili više polja zaglavlja koji određuju attribute poruke i mijenjaju značenje poruke
- prazne linije koja označava kraj polja zaglavlja
- tijela poruke (opcionarno) koje se koristi za opis sesije a može sadržavati tekstualne ili binarne podatke bilo kojega tipa koji su na neki način povezani sa sesijom (npr. Enkapsulirana ISUP poruka za potrebe SIP-T protokola).

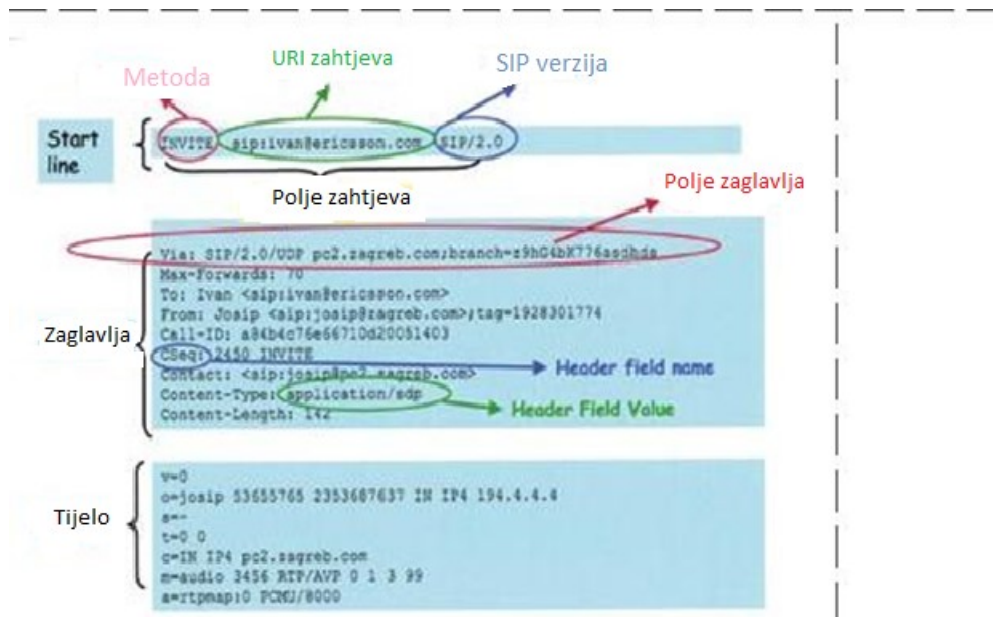
Tipovi tijela poruke mogu biti: protokol za opis višemedijskih sesija (SDP- Session Description Protocol), proširenje za višenamjensku Internet poštu (*MIME- Multipurpose Internet Mail Extensions*) ili neki drugi tip kojega IETF definira. Sve SIP implementacije moraju podržavati protokol SDP. Za ugovaranje karakteristika sesije SIP protokol koristi model ponude i odgovora (*offer/ answer model*).

Jedan UA (*User Agent*) šalje opis sesije u kojemu predlaže željeni način komunikacije (audio, video, igra) i pripadne tipove kodeka te adrese za prijem medija.

Drugi UA u odgovoru navodi koju je od predloženih sredstava komunikacije prihvatio i uključuje adrese na kojima će primati prihvaćene medije. Tijekom sesije, koristeći isti model, UA može mijenjati ugovorene parametre [7].

4.2. Poruke zahtjeva

Početa linija u poruci je linija zahtjeva koja se sastoji od metode (tipa poruke), *Request URI*-a koji određuje korisnika ili uslugu kojoj je zahtjev upućen, te verzije SIP protokola [7].



Slika 2. Format poruke zahtjeva

Izvor: [7]

Svaki SIP zahtjev sadrži polje nazvano metoda koje označava njegovu svrhu. Temeljna SIP specifikacija (RFC 3261) definira šest SIP metoda od kojih svaki ima različitu namjenu:

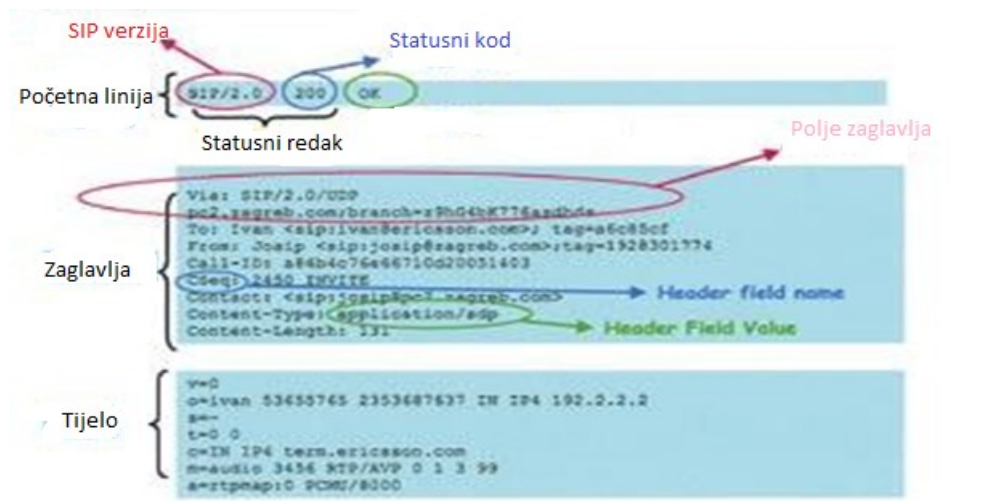
- INVITE - pokreće sesiju pozivajući korisnika da sudjeluje u njoj
- ACK - potvrđuje da je klijent primio konačni odgovor na INVITE zahtjev
- BYE - pokreće prekid sesije
- CANCEL - poništava SIP zahtjev za koji još nije stigao konačni odgovor
- REGISTER - registrira lokaciju korisnika u registracijskom poslužitelju
- OPTIONS - upit o mogućnostima poslužitelja (metode, ekstenzije SIP-a, kodeke)

Ekstenzije SIP-a definiraju nove metode kako je to opisano u [7], kao što su:

- INFO - omogućava slanje *mid-session* informacije a da se pri tom ne mijenja stanje sesije
- PRACK - potvrđuje prijem poruke privremenoga (*provisional*) SIP odgovora kada se zahtijeva pouzdanost njegovoga slanja
- UPDATE - omogućava promjenu parametara sesije (npr. SDP) a da se pri tom ne mijenja stanje sesije
- SUBSCRIBE - traži slanje obavijesti o trenutnom stanju ili o promjeni stanja poziva za različite resurse ili pozive u mreži
- NOTIFY - obavještava o promjenama stanja resursa
- REFER - omogućava usluge preusmjerenja i prijenosa poziva.

4.3. SIP odgovori

Kada korisnički agenti ili posrednički poslužitelj zaprime zahtjev, šalju odgovor. Na svaki zahtjev se treba odgovoriti. Izuzetak su ACK zahtjevi na koje ne treba odgovarati. Kod odgovora se koriste cijeli brojevi od 100 do 699 i ukazuju na vrstu odgovora.



Slika 3. Format poruke odgovora

Izvor: [7]

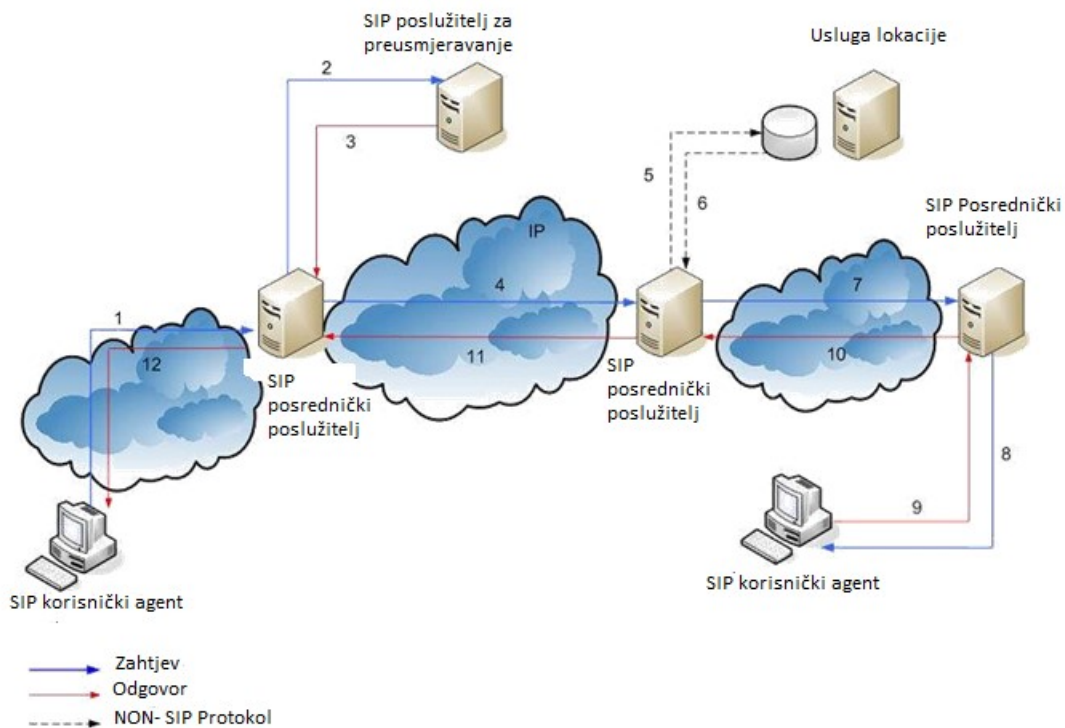
Postoji 6 grupa odgovora:

- 1) **1xx** su privremeni odgovori koji primatelju kažu da je određeni zahtjev zaprimljen ali rezultat procesiranja još nije poznat. Šalju se jedino u slučaju kada procesiranje ne završi odmah (*npr. 100 Trying*). Pošiljalac mora zaustaviti slanje zahtjeva kada zaprimi privremeni odgovor. Tipično posrednički poslužitelji odgovaraju šifrom 100 kada počinju procesirati INVITE, a korisnički agenti šalju odgovore sa šifrom 180 (*Ringin*) što znači da telefon pozivanog zvoni.
- 2) **2xx** odgovori su pozitivni završni odgovori. Završni odgovor je konačni odgovor koji će pošiljalac zahtjeva primiti. Prema tome završni odgovori označavaju rezultat procesiranja određenog zahtjeva. Završni odgovori također prekidaju transakcije. Šifre od 200 do 299 pozitivni su odgovori što znači da je zahtjev procesiran uspješno te da je prihvaćen. Na primjer, odgovor 200 OK šalje se kad korisnik prihvati poziv na uspostavu sesije (INVITE zahtjev). UAC (*User Agent Client*) može zaprimiti nekoliko poruka tipa 200 kod jednog INVITE zahtjeva. Razlog tomu je što posrednički poslužitelj koji izvodi račvanje može računati zahtjev, kontaktirati nekoliko UAS-a (*User Agent Server*), a svaki od njih će prihvatiti poziv. U ovom se slučaju svaki odgovor razlikuje po *tag* parametru u polju *To* zaglavlja. Svaki odgovor predstavlja jedinstven dijalog s jednoznačnim identifikatorom dijaloga.
- 3) **3xx** odgovori koriste se za preusmjeravanje pozivatelja. Odgovor o preusmjeravanju daje informaciju o novoj lokaciji korisnika ili alternativnoj usluzi koju pozivatelj može upotrijebiti za ostvarenje poziva. Odgovore o preusmjeravanju obično šalju posrednički poslužitelji. Kad posrednik zaprimi zahtjev, a ne želi ga ili ne može procesirati iz nekog razloga, tada će pozivatelju poslati odgovor o preusmjeravanju i navesti drugu lokaciju s kojom pozivatelj može pokušati uspostaviti sesiju. To može biti lokacija nekog drugog posredničkog poslužitelja ili trenutna lokacija pozivanog (iz lokacijske baze podataka koju je kreirao registar). Pozivatelj bi tada trebao ponovno poslati zahtjev na novu lokaciju. 3xx odgovori su završni.

- 4) **4xx** su negativni završni odgovori. 4xx odgovor znači da je problem na strani pošiljatelja. Zahtjev se nije mogao procesirati jer sadrži krivu sintaksu ili se ne može izvršiti na tom poslužitelju.
- 5) **5xx** znači da je problem na strani poslužitelja. Zahtjev je naizgled valjan ali ga poslužitelj nije uspio izvršiti. Klijenti bi u pravilu trebali kasnije ponoviti zahtjev.
- 6) **6xx** znači da se zahtjev ne može izvršiti ni na jednom poslužitelju. Ovaj odgovor obično šalje poslužitelj koji ima konačnu informaciju o određenom korisniku. Korisnički agenti obično šalju odgovor 603 *Decline* kada korisnik ne želi sudjelovati u sesiji.

5. LOGIČKE KOMPONENTE PROTOKOLA SIP

Iako je kod najjednostavnije implementacije moguće koristiti samo dva korisnička klijenta koji izravno međusobno šalju SIP poruke, tipična SIP mreža sastoji se od više vrsta SIP elemenata. Osnovni elementi su korisnički agenti (*User Agents*), posrednik, registar i poslužitelji za preusmjeravanje (Slika 4) koji će ukratko biti opisani u ovom odlomku. SIP elementi su samo logičke jedinice. Često ih je korisno spojiti, na primjer, kako bi se povećala brzina procesiranja, ali to ovisi o pojedinačnoj implementaciji i konfiguraciji.



Slika 4. SIP logičke komponente

Izvor: [4]

5.1. Korisnički agenti (*UA - User Agents*)

Krajnje točke koje koristi SIP za međusobno lociranje i pregovaranje o karakteristikama sesije nazivaju se korisnički agenti (*user agents*). Obično se, ali ne i nužno, nalaze na korisničkom računalu u obliku aplikacije. To je trenutno najrašireniji oblik, međutim korisnički agenti mogu biti i mobilni telefoni, PSTN *gatewayi*, PDA uređaji itd.

Korisničke agente često se naziva poslužitelj korisničkog agenta (*User Agent Server - UAS*) i klijent korisničkog agenta (*User Agent Client - UAC*). UAS i UAC su samo logičke jedinice. Svaki korisnički agent, ovisno o situaciji, ima ulogu UAC-a ili UAS-a. UAC je dio korisničkog agenta koji ima zadatak slanja zahtjeva (*request*) i primanja odgovora (*response*). UAS je također dio korisničkog agenta, ali on ima zadatak primanja zahtjeva i slanja odgovora.

Zbog toga što korisnički agent sadrži i UAC i UAS, često se kaže da se korisnički agent ponaša kao UAC ili UAS. Na primjer, korisnički agent pozivatelja ponaša se kao UAC kada šalje INVITE zahtjeve i prima odgovore na zahtjev. Kao UAS ponaša se kad primi INVITE zahtjev i pošalje odgovore.

Međutim, ta se situacija mijenja kad pozivani odluči poslati BYE i prekinuti sesiju. U tom se slučaju korisnički agent pozivanog (koji šalje *BYE*) ponaša kao UAC a korisnički agent pozivatelja kao UAS [4].

5.2. Posrednički poslužitelji

Osim toga, SIP omogućava izgradnju infrastrukture s mrežnim računalima koja se zovu posrednički poslužitelji (*proxy server*). Korisnički agenti mogu slati poruke (*messages*) posredničkom poslužitelju. Posrednički poslužitelji su vrlo važni entiteti u SIP infrastrukturi. Usmjeravaju poruke za uspostavu sesije s obzirom na trenutnu lokaciju pozivanog, obavljaju autentikaciju korisnika i ostale važne funkcije. Najvažniji zadatak posredničkog poslužitelja je usmjeravanje poruka za uspostavu sesije prema pozivanom. Zahtjev za uspostavom sesije obično prelazi nekoliko posredničkih poslužitelja dok ne pronađe onoga koji zna stvarnu lokaciju pozivanog. Taj će posrednik izravno proslijediti zahtjev za sesijom prema pozivanom koji će prihvatiti ili odbiti zahtjev [4].

Postoje dvije osnovne vrste SIP posredničkih poslužitelja: bez stanja transakcije (*stateless*) i sa stanjem transakcije (*stateful*).

5.2.1 Poslužitelji bez stanja transakcije (*stateless*)

Poslužitelji bez stanja transakcije su jednostavniji i brži od posredničkih poslužitelja sa stanjem transakcije. Mogu se koristiti za jednostavno balansiranje prometa, translaciju i usmjeravanje poruka. Jedan od nedostataka posredničkog poslužitelja bez stanja transakcije je nemogućnost apsorpiranja retransmisija poruka i izvođenja naprednijeg usmjeravanja, na primjer, račvanje (SIP posrednički poslužitelj može poslati jednu SIP poruku na više destinacija) ili rekurzivnog usmjeravanja (kada posrednik primi negativan odgovor za zahtjev koji je proslijedio, pa ponovno šalje zahtjev prema nekoj drugoj destinaciji (*npr. Voicemail*)).

5.2.2 Poslužitelji sa stanjem transakcije (*stateful*)

Posrednički poslužitelji sa stanjem transakcije su složeniji. Kod primitka zahtjeva, oni stvaraju stanje i održavaju ga dok transakcija ne završi. Neke transakcije, naročito one koje nastaju INVITE metodom, mogu trajati dosta dugo, sve dok pozivani ne odgovori ili odbije poziv. Iz razloga što moraju održavati stanje za vrijeme trajanja transakcija, njihove su performanse limitirane.

Sposobnost povezivanja SIP poruka u transakcije omogućuje posredničkim poslužiteljima sa stanjem obavljanje naprednih funkcija. Oni mogu obavljati račvanje, što znači da se prilikom primitka poruke dalje šalju dvije ili više poruka. Također mogu apsorbirati retransmisije jer znaju preko stanja transakcije jesu li već primili istu poruku.

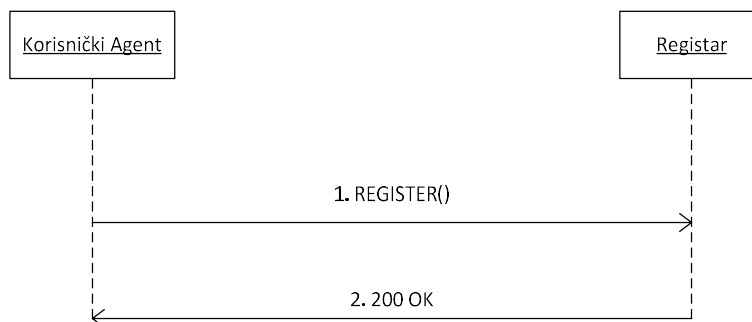
Posrednički poslužitelji sa stanjem transakcije mogu obavljati zahtjevnije metode pronalaženja korisnika. Mogu, na primjer, pokušati doći do uredskog telefona korisnika, pa ako on ne prihvati poziv preusmjeriti ga na mobitel. Posrednik bez stanja transakcije to nije u stanju obaviti, jer ne zna kako je završila transakcija s uredskim telefonom. Još jedna od prednosti posredničkih poslužitelja sa stanjem transakcije je mogućnost obračunavanja korisničke usluge [4].

5.3. Poslužitelj za preusmjerenje (*redirect server*)

Entitet koji zaprima zahtjev i šalje odgovor s lokacijom određenog korisnika zove se poslužitelj za preusmjerenje. Poslužitelj za preusmjerenje zaprima zahtjev te pretražuje lokacijsku bazu podataka koju kreira registar, kako bi pronašao primatelja kojem je zahtjev namijenjen. Zatim kreira popis trenutnih lokacija korisnika i šalje ih pošiljatelju zahtjeva kao odgovor unutar 3xx grupe. Pošiljatelj zahtjeva zatim povlači popis odredišta i direktno njima šalje novi zahtjev [4].

5.4. Registar

Registar je poseban SIP entitet koji prima registracije od korisnika, povlači informacije o njihovoj trenutnoj lokaciji (IP adresa, port i korisničko ime) te sprema informacije u lokacijsku bazu podataka [4].



Dijagram 5. Zahtjev za registraciju

Izvor: [5]

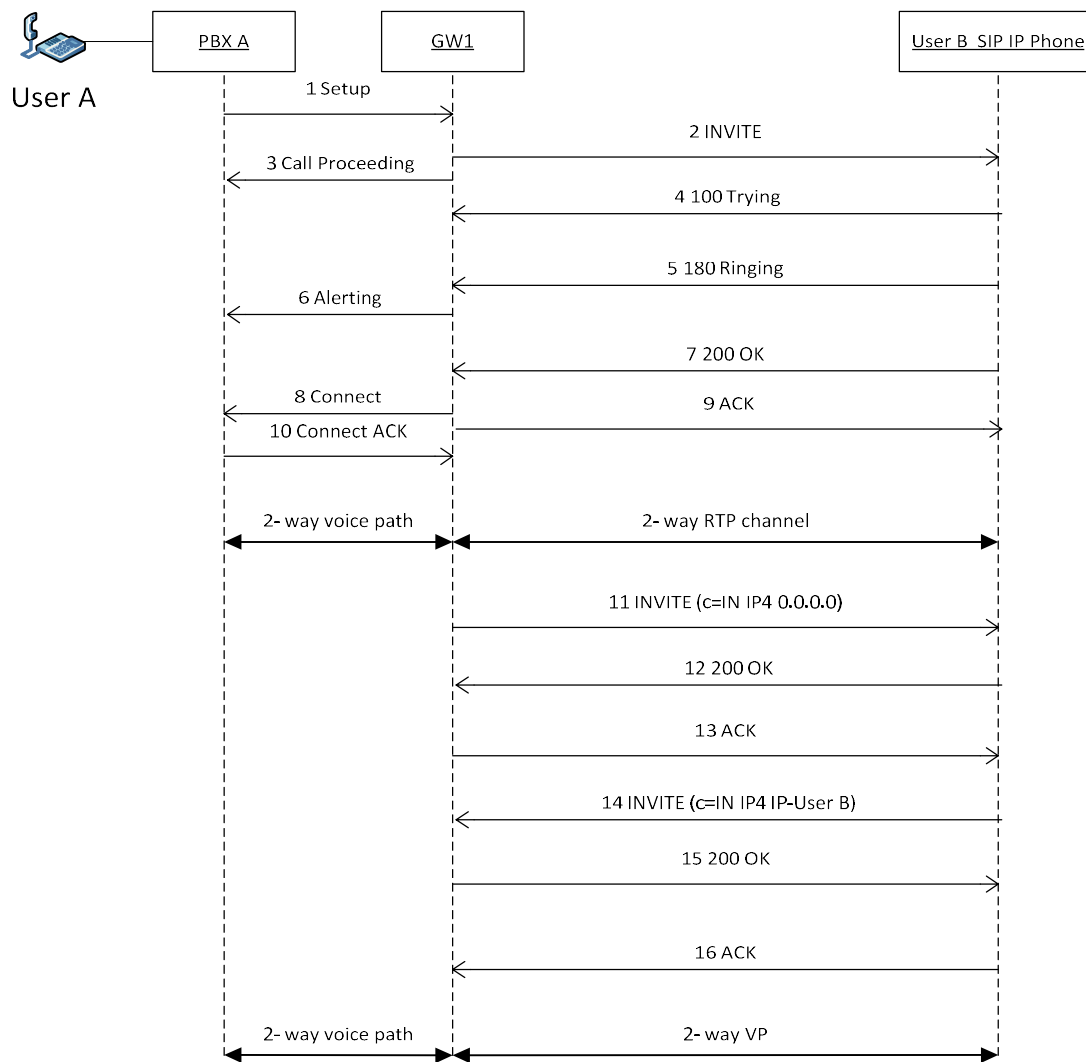
6. ANALIZA I MODELIRANJE SLIJEDA PORUKA IZMEĐU LOGIČKIH KOMPONENTI SIP-a

Ovo poglavlje donosi detaljnu analizu procesa uspostavljanja, održavanja te modificiranja poziva pomoću SIP protokola.

Budući da ovi procesi moraju biti detaljno i precizno definirani za razmjenu signalizacijskih poruka će se koristiti UML dijagrami. Oni nude skup dobro određenih grafičkih prikaza i omogućavaju dobro razumijevanje strukture i ponašanja nekog sustava. Za opis razmjene poruka između mrežnih entiteta najčešće se koriste dijagrami međudjelovanja jer prikazuju točno određeni vremenski slijed razmjene poruka između sudionika u sustavu.

6.1. Uspješno postavljanje i održavanje tijeka poziva između Gatewaya i IP telefona

Dijagram 6 prikazuje uspješno uspostavljanje poziva između *Gatewaya* i SIP IP telefona. U ovome scenariju dva krajnja korisnika su Korisnik A i Korisnik B. Korisnik A se nalazi u PBX A. PBX A je povezan s *Gateway 1 (SIP Gateway)* preko T1/E1. Korisnik B je smješten u SIP IP telefonu. *Gateway 1* je povezan sa SIP IP telefonom preko IP mreže.



Dijagram 6. Uspješno postavljanje i održavanje tijekom poziva između Gatewaya i IP telefona

Izvor: [8]

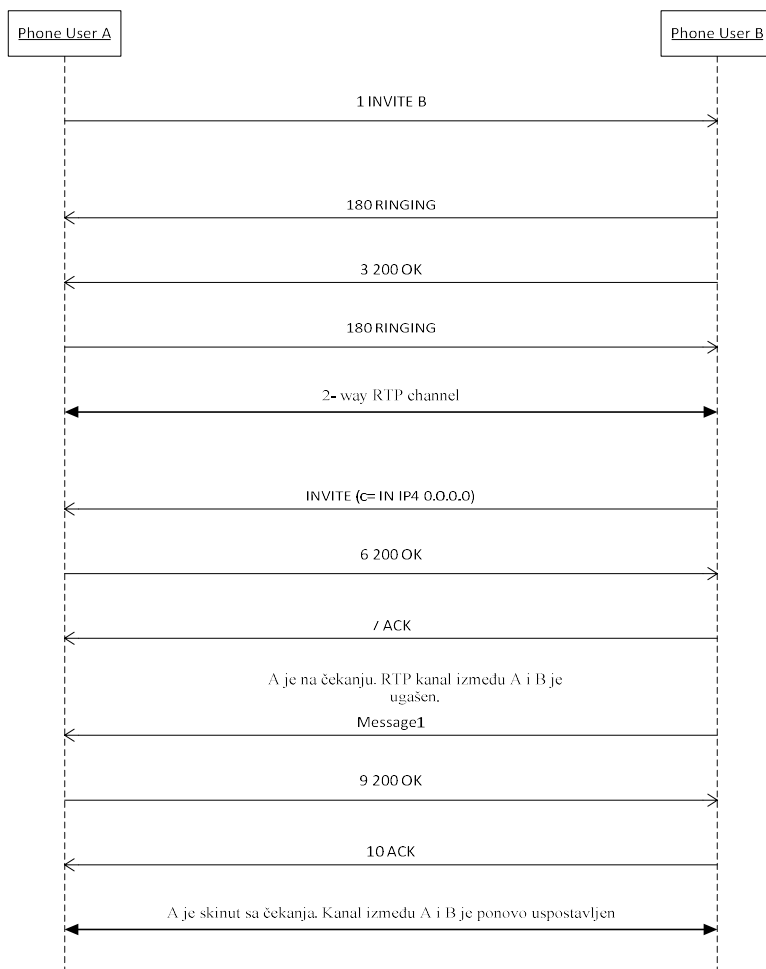
1. Uspostava poziva se inicira između PBX A i *Gateway* 1. Uspostava poziva uključuje standardne transakcije koje se odvijaju kada korisnik A pokuša pozvati korisnika B.
2. Izlaz 1 usmjerava SIP URL telefonski broj pozivnom čvoru. Pozivni čvor sadržava IP adresu i broj izlaza entiteta za kontakt kojega omogućava SIP. Izlaz 1

šalje SIP INVITE zahtjev na adresu koju primi kao pozivni čvor, koji je, u ovom scenariju, IP telefon.

3. *Gateway* 1 šalje poruku prosljeđivanja poziva PBX A da bi obznanio zahtjev za uspostavu poziva.
4. SIP IP telefon šalje 100 *Trying* odgovor Izlazu 1. 100 *Trying* odgovor pokazuje da je SIP IP telefon primio INVITE zahtjev.
5. Cisco SIP IP telefon šalje SIP 180 *Ringng* Izlazu 1. Obavijest 180 *ringng* pokazuje da je korisnik pozvan.
6. Izlaz 1 šalje *Alert* poruku Korisniku A. *Alert* poruka pokazuje da je Izlaz 1 primio obavijest 180 *Ringng* od SIP IP telefona. Korisnik A čuje povratnu zvonjavu koja pokazuje da je Korisnik B pozvan.
7. SIP IP telefon šalje SIP 200 OK obavijest Izlazu 1. Obavijest 200 OK obavještava Izlaz 1 da je veza uspostavljena.
8. Izlaz 1 šalje poruku za povezivanje do PBX A . Poruka povezivanja obavještava da je veza uspostavljena.
9. Izlaz 1 šalje SIP ACK do SIP IP telefona. ACK potvrđuje da je Korisnik A primio obavijest 200 OK. Pozivna sesija je sada aktivna.
10. PBX prihvća povezu poruku Izlaza 1.
11. Korisnik A stavlja Korisnika B na čekanje. SIP IP telefon šalje SIP INVITE zahtjev prema Izlazu 1.
12. Izlaz 1 šalje SIP 200 OK obavijest prema SIP IP telefonu. Obavijest 200 OK obavještava SIP IP telefon da je INVITE uspješno uspostavljen.
13. SIP IP telefon šalje SIP ACK prema Izlazu 1. ACK potvrđuje da je SIP IP telefon primio obavijest 200 OK. Pozivna sesija je sada privremeno neaktivna. Ne šalje se nijedan RTP paket.
14. Korisnik A prekida čekanje Korisnika B. SIP IP telefon šalje SIP INVITE zahtjev prema Izlazu 1.
15. Izlaz 1 šalje SIP 200 OK odgovor prema SIP IP telefonu. Obavijest 200 OK obavještava SIP IP telefon da je INVITE uspješno uspostavljen.
16. SIP IP telefon šalje SIP ACK prema izlazu 1. ACK potvrđuje da je SIP IP telefon primio Obavijest 200 OK. Pozivna sesija je sada aktivna.

6.2. Tijek poziva između SIP IP telefona- jednostavno održavanje poziva

Dijagram 7 prikazuje uspješan poziv između SIP IP telefona u kojem jedan sudionik poziva stavlja drugoga na čekanje i onda se ponovno vraća na ovaj poziv. U ovom scenariju krajnji korisnici su Korisnik A i Korisnik B. Oba korisnika koriste SIP IP telefone, koji su spojeni putem IP mreže.



Dijagram 7. Tijek poziva između SIP IP telefona

Izvor: [8]

1. SIP IP telefon A šalje SIP INVITE zahtjev SIP IP telefonu B. INVITE zahtjev je poziv za Korisnika B da sudjeluje u sesiji.
2. SIP IP telefon B šalje 180 *Ringing* odgovor SIP IP telefonu A. SIP IP telefon B šalje SIP 180 *Ringing* odgovor SIP IP telefonu A.
3. SIP IP telefon B šalje SIP 200 OK obavijest prema SIP IP telefonu A. Obavijest 200 OK obavještava SIP IP telefon A da je veza uspostavljena.
Ako SIP IP telefon B podržava medijsku sposobnost koja je poslana u INVITE poruci od strane SIP IP telefona A , on uvodi svoju vlastitu intersekciju kao i medijsku sposobnost SIP IP telefona A u obavijest 200 OK. Ako SIP IP telefon B ne podržava medijsku sposobnost koja je poslana od SIP IP telefona A, on šalje natrag 400 *Bad Requests* područjem upozorenja 304.
4. SIP IP telefon A šalje SIP ACK prema telefonu SIP IP B. ACK potvrđuje da je SIP IP telefon A primio obavijest 200 OK od SIP IP telefona B. ACK bi mogao sadržavati poruku sa konačnim opisom sesije koju će iskoristiti SIP IP telefon B.
5. SIP IP telefon B šalje središnji poziv INVITE prema SIP IP telefonu A s novim protokolom za opis sesije (SDP) , sesijskim parametrima (IP adresa), koji se koristi da bi se poziv stavio na čekanje.
6. SIP IP telefon A šalje obavijest 200 OK prema SIP IP telefonu B.
7. SIP IP telefon B šalje SIP ACK prema SIP IP telefonu A. ACK potvrđuje da je SIP IP telefon B primio obavijest 200 OK od SIP IP telefona A.
8. SIP IP telefon B šalje središnji poziv INVITE prema SIP IP telefonu A sa istim pozivnim ID kao i prethodni INVITE i nove SDP sesijske parametre (IP adresu), koji se koriste za ponovnu uspostavu poziva [8].

CALL_ID=1

SDP c=IN (P4 181 23 250 2).

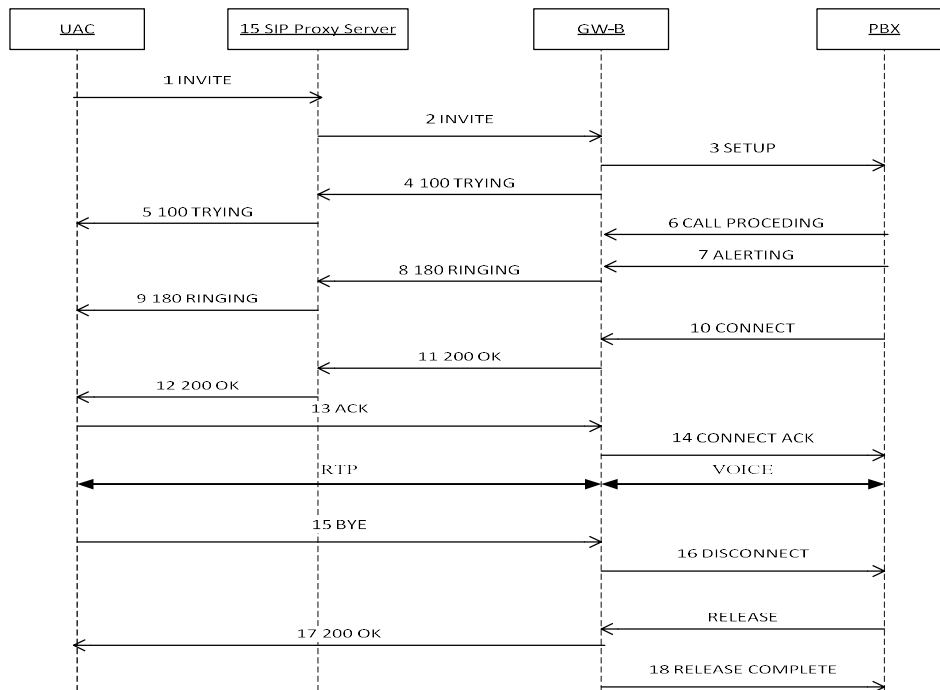
IP adresa telefona B se ubacuje u područje c= SDP u svrhu ponovnog uspostavljanja poziva između telefona A i telefona B.

9. SIP IP telefon A šalje SIP 200 OK odgovor SIP IP telefonu B.

10. SIP IP telefon B šalje SIP ACK telefonu A.

6.3. Tijek poziva koristeći Proxy poslužitelj

SIP UA se registriraju s posredničkim poslužiteljem ili registratorom. Posrednički poslužitelji se dodaju kao posrednici za SIP pozive. Usmjerivači koji se ponašaju kao SIP izlazi mogu upotrijebiti usluge SIP posredničkog poslužitelja, bilo da kontaktiraju poslužitelj ili primaju zahtjev od njega. Posrednički poslužitelji mogu napustiti signalizacijski put kada je poziv spojen ili omogućiti 'Record-ruti' ostanak u signalizacijskom putu. Ako je *Record-ruta* onemogućena, posrednički poslužitelj ne saznaje za promjene u pozivu niti kada je poziv prekinut. Dijagram 8 prikazuje protok poziva kada je *Record-ruta* onemogućena [8].



Dijagram 8. Tijek poziva koristeći posrednički poslužitelj

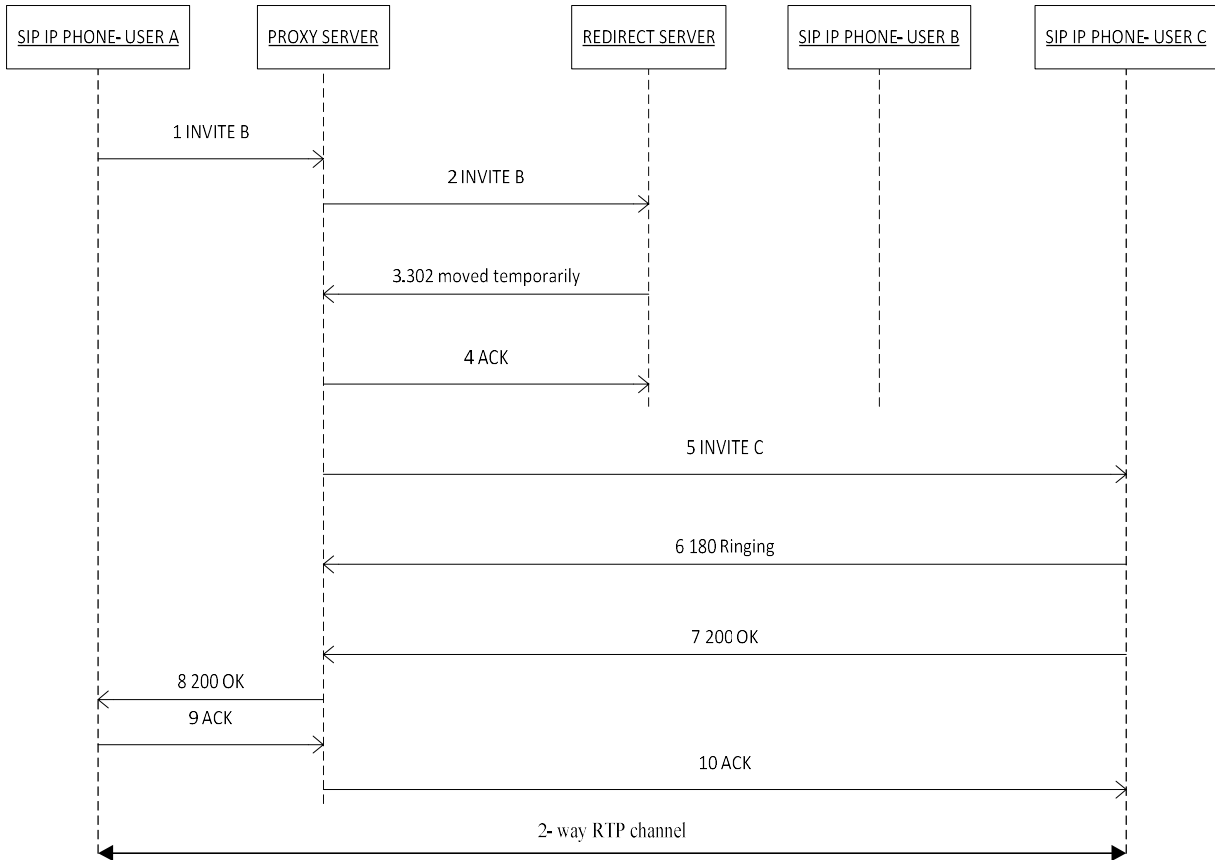
Izvor: [8]

1. UAC šalje INVITE svom posredničkom poslužitelju. U ovom INVITE-u *Request-URI* polje sadržava adresu pozvanog telefonskog broja kao dio SIP adrese. Ovaj INVITE sadrži SIP informacije.
2. Posrednički poslužitelj stvara novi INVITE, kopirajući informacije starog INVITE-a, a zamjenjujući *Request-URI* s adresom GW-B-UAS.
3. Kada GW-B primi INVITE, on inicira uspostavu poziva s PBX-om. On šalje SIP obavijest 100 *Trying* posredničkom poslužitelju koji, u ovom primjeru, šalje obavijest 100 prema SIP UAC. Posrednički poslužitelj ne mora poslati ovu obavijest.
4. PBX uspostavlja analogni poziv prema krajnjem korisniku i šalje poruke za poziv u trajanju prema GW-B. Kada GW-B primi poruku *Alert*, on šalje poruku SIP 180 *Ringing* prema posredničkom poslužitelju. Posrednički poslužitelj šalje istu poruku prema UAC.
5. Kada krajnji korisnik podigne slušalicu telefona, PBX šalje *Connect* poruku prema GW-B. GW-B tada šalje obavijest SIP 200 OK prema posredničkom poslužitelju, koji ju šalje prema UAC. SDP informacija za krajnju točku je uključena u ovoj OK obavijesti. Posrednički poslužitelj nije konfiguriran da bi bio u stanju transakcije, to znači da je *Record ruta* onemogućena. Stoga, posrednički poslužitelj napušta signalizacijsku stazu, i svako daljnje SIP signaliranje se odvija izravno između UAC i GW-b.
6. SIP UAC prihvaća obavijest OK, i uspostavlja se dvosmjerni RTP protok između UAC i GW-B, UAS. Dvosmjerni glasovni protok se uspostavlja između GW-B i PBX.
7. Kada UAC prekine spusti slušalicu, on razmjenjuje signale SIP BYE i OK sa GW-B. Bw-B prekida poziv s PBX [8].

6.4. Prosljeđivanje poziva

Dijagram 9 prikazuje uspješno prosljeđivanje poziva između SIP IP telefona u kojem je korisnik B zatražio bezuvjetno prosljeđivanje poziva. Kada Korisnik A pozove Korisnika B,

poziv je odmah prebačen na telefon C. U ovom dijagramu krajnji korisnici su Korisnik A, B i C. Oni se koriste SIP IP telefonima koji su spojeni Internet mrežom.



Dijagram 9. Prosljeđivanje poziva

Izvor: [8]

1. Telefon A šalje SIP INVITE zahtjev SIP posredničkom poslužitelju. Zahtjev je poziv Korisniku B da sudjeluje u pozivnoj sesiji.
2. SIP posrednički poslužitelj šalje SIP INVITE zahtjev prema SIP poslužitelju za preusmjerenje.

3. SIP poslužitelj za preusmjeravanje šalje SIP 302 *Moved temporarily* poruku prema SIP posredničkom poslužitelju. Poruka označava da Korisnik B nije dostupan na Telefonu B i uključuje upute da se locira Korisnik B na Telefonu C.
4. SIP posrednički poslužitelj šalje SIP ACK prema SIP poslužitelju za preusmjeravanje.
5. SIP posrednički poslužitelj šalje SIP INVITE zahtjev prema Telefonu C. Zahtjev je poziv korisniku C da sudjeluje u pozivnoj sesiji.
6. Telefon C šalje SIP 180 *Ringin*g obavijest prema SIP posredničkom poslužitelju.
7. Telefon C šalje obavijest SIP 200 OK prema SIP posredničkom poslužitelju.
8. SIP posrednički poslužitelj prosljeđuje obavijest SIP 200 OK Telefonu A.
9. Telefon A šalje SIP ACK prema SIP posredničkom poslužitelju. ACK potvrđuje da je SIP posrednički poslužitelj primio obavijest 200 OK od Telefona C.
10. SIP posrednički poslužitelj prosljeđuje SIP ACK prema Telefonu C. ACK potvrđuje da je Telefon A primio obavijest 200 OK od Telefona C [8].

7. KOMPARACIJA TRANSPORTNIH PROTOKOLA POGODNIH ZA PRIJENOS SIP-a

SIP specifikacija opisuje kako SIP protokol djeluje preko TCP-a i UDP-a. Oba transportna protokola imaju različite karakteristike i pružaju određenu SIP aplikaciju s različitim uslugama. TCP pruža pouzdanost u prijenosu dok UDP ne osigurava ni pouzdanost, niti osiguranu isporuku. Oba transportna protokola, UDP i TCP posjeduju određene prednosti i nedostatke, ali i oba sadrže određena ograničenja u vezi prijenosa signalizacije.

7.1. SIP preko TCP-a

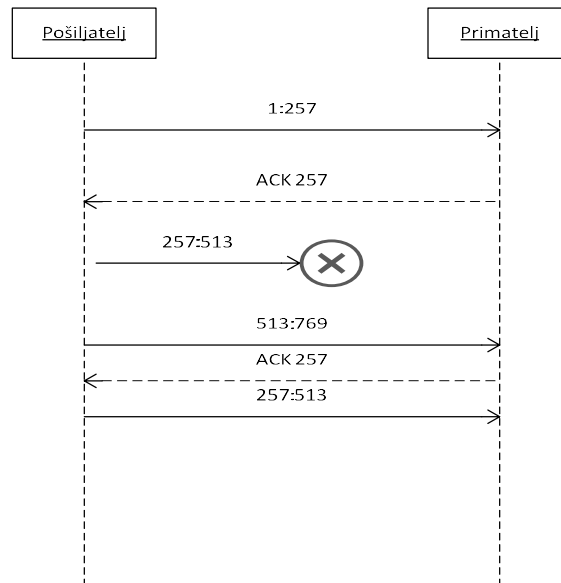
Prirodni izbor za prijenos signalizacijskog protokola čije poruke moraju biti pouzdano isporučene do odredišta je pouzdani transportni protokol. Budući da je najrašireniji pouzdani protokol TCP, ne bi bilo iznenađujuće da je SIP dizajniran kako bi se prenosio samo preko TCP-a. Osim toga, SIP se temelji na HTTP-u, koji koristi TCP kao transportni protokol. Međutim, TCP predstavlja neka ograničenja vezana za transport signalizacije. Stoga je SIP dizajniran da bude neovisan od transportnog protokola. Trenutno je UDP najrašireniji transportni protokol za SIP [4].

7.1.1. TCP ograničenja

TCP je dizajniran za prijenos velike količine podataka između dviju krajnjih točaka. Kada se veza uspostavi, TCP implementira kontrolu protoka i ispravljanje pogrešaka koje se zasniva na dinamičnom ponašanju prometa između dviju krajnjih točaka. Međutim, signalizacijski promet se ne sastoji od velike količine podataka. Signalizacijski promet se obično sastoji od povremene usnopljenosti informacija [4].

7.1.2. Algoritam za brzo ponovno emitiranje

Kada se velika količina podataka prenosi putem TCP-a, ACK poruke stalno stižu od primatelja, i ukazuju na segmente koji su uspješno primljeni. Primatelj šalje duple ACK-ove kada segmenti stižu bez reda. Dolazak duplog ACK pokazuje da je jedan segment izgubljen. Stoga ga pošiljalatelj ponovno šalje bez čekanja. Ovaj mehanizam se naziva brzim ponovnim slanjem i koristi se zajedno sa algoritmom brzog vraćanja podataka.



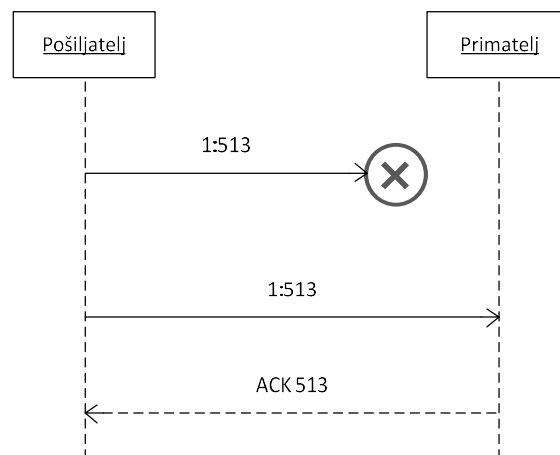
Dijagram 10. Brzo ponovno slanje

Izvor: [4]

Može se primjetiti da pošiljalatelj (dijagram 10) ponovno šalje segment koji nedostaje po primitku duplog ACK. Ovaj protok je pojednostavljen. Tipična implementacija je zadržana dok se ne prime tri dupla ACK prije nego što ponovno pošalje segment. Kada pošiljalatelj primi dupli ACK to je znak da je neki segment izgubljen u prijenosu te da ga treba ponovno poslati. Zbog

ovoga su TCP prekidi prilično visoki, reda veličine 15 sekundi. Ovo dopušta algoritam brzog ponovnog slanja prije nego što nastupi prekid.

Međutim, SIP poruke su relativno male, reda veličine 500 bajta. SIP poruka se obično uklapa u TCP segment. Prema tome ako se TCP segment koji sadrži SIP poruku izgubi, TCP neće moći primiti duple ACK, budući da ne šalje više podataka. Stoga će TCP morati čekati prekid da bi mogao ponovno poslati segment koji nedostaje. Posljedica ovoga je previše konzervativna politika ponovnog slanja kada TCP prenosi SIP signalizaciju [6].

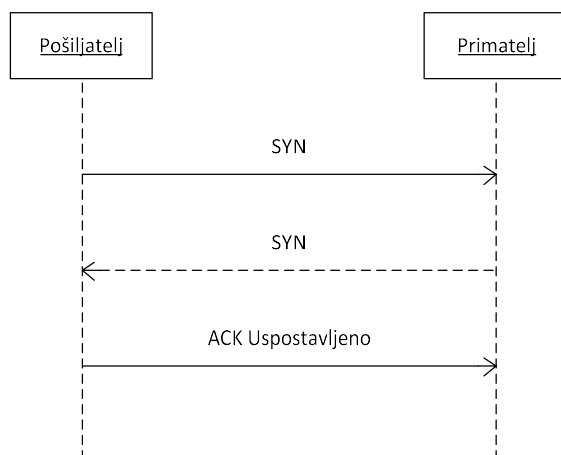


Dijagram 11. TCP prekid

Izvor: [4]

7.1.3. TCP uspostavljanje veze

TCP izvodi sinkronizaciju u tri koraka (*three-way handshake*) prije nego što se bilo kakvi podaci pošalju između oba kraja. U dugotrajnoj vezi, vrijeme uspostavljanja veze je zanemarivo u usporedbi s trajanjem cijele veze. Međutim, signalizacijski promet je osjetljiv na odgađanje. Ako SIP UAC želi poslati INVITE preko TCP, morat će čekati dok se ne uspostavi TCP veza prije nego što pošalje INVITE.



Dijagram 12. Sinkronizacija u tri koraka

Izvor: [4]

Primatelj sa dijagrama 12 neće preneti nikakve podatke aplikacije sve dok ne dođe u stanje uspostavljanja. Ovo nije prihvatljivo kada korisnik očekuje odgovor za svoj INVITE.

TCP primjenjuje poseban mjerač vremena za uspostavljanje veze. Kada se izgubi SYN, tipična implementacija ga ponovno šalje nakon 6 sekundi. Prema tome, gubitak pojedinačnog paketa naglo povećava zastoje u uspostavljanju veze kojega uvodi TCP.

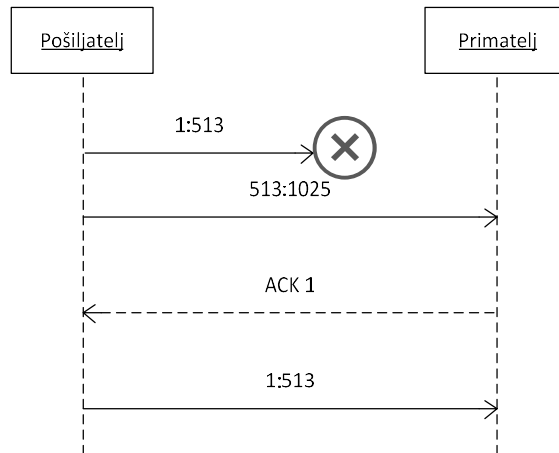
7.1.4. Višestruke SIP sesije preko TCP-a

Jedan izravan pokušaj da bi se riješila oba prethodno opisana problema se sastoji od uvezivanja nekoliko SIP sesija u jednu TCP vezu. S velikim brojem SIP sesija TCP veza neprekidno prenosi podatke tako da se gubitak paketa detektira primanjem duplih ACK, prije nego prekidima. Ovo pojačava djelovanje TCP-a i smanjuje zastoje koji se uvode u SIP poruke.

Druga prednost uvezivanja SIP sesija je da se za slanje prve SIP poruke ne mora čekati da se uspostavi nova TCP veza. Budući da je TCP veza već uspostavljena, SIP poruke koje pripadaju novoj SIP sesiji nisu pod utjecajem dodatnog odgađanja. Mogu se poslati odmah.

7.1.5. Usluga *byte stream*

TCP predstavlja važno ograničenje u svezi povezivanja sesija. TCP pruža isporuku niza bajtova. Kada se TCP koristi za prenošenje poruka, on čuva redosljed po kojem su poruke poslana od pošiljalca.



Dijagram 13. TCP pruža isporuku po redosljedu

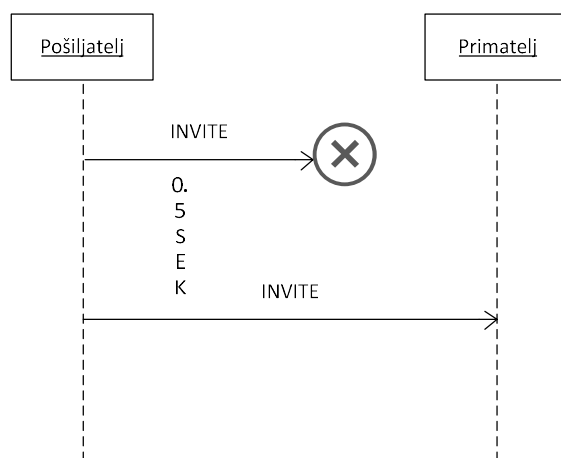
Izvor: [5]

Koristeći istu TCP vezu, pošiljalac šalje dva INVITE-a koja pripadaju različitim sesijama. Segment koji nosi prvi INVITE se izgubi (1:513), ali segment koji prenosi drugi INVITE ispravno stiže do primalca (513:1025). Međutim, TCP pruža isporuku po redosljedu slanja, prema tome drugi INVITE neće biti isporučen aplikaciji sve dok ne isporuči prvi INVITE. Drugi INVITE je zadržan dok se prvi INVITE ponovno ne pošalje. Posljedica toga je da pojedinačni SIP termin može pretrpiti odgodu bez ikakvog gubitka u paketu.

7.2. SIP preko UDP-a

Prenošenjem SIP-a preko UDP-a zaobilaze se neki problemi koji su povezani s TCP-om. UDP je protokol koji nema uspostavljanje veze. UDP ne vrši nikakvo uspostavljanje veze prije slanja podataka. Prema tome, određeni INVITE će biti poslan uklopljen u UDP paket bez ikakvog odgađanja uspostavljanja od strane transportnog protokola.

Budući da UDP ne pruža pouzdan prijenos, pouzdana isporuka se osigurava primjenom ponovnih prijenosa na razini aplikacije. SIP aplikacija iznova šalje određenu SIP poruku kada vrijeme ponovnog prijenosa istekne. Ovo vrijeme ponovnog slanja je kraće nego kod TCP-a. Njegova zadana vrijednost je 0,5 sekundi. Prema tome, vidljivo je da je politika ponovnog slanja SIP-a agresivnija kada ide preko UDP-a nego kada ide preko TCP-a.



Dijagram 14. Politika ponovnog slanja SIP-a koristeći UDP

Izvor: [5]

SIP si može dopustiti agresivniju politiku preko UDP-a nego preko TCP-a jer prenosi mali broj kratkih poruka. Prema tome, SIP pretpostavlja da neće opteretiti mrežu jer se poruke ponovno šalju više puta nego preko TCP-a. Prema tome, kada se radi o pojedinačnom ili o manjem broju SIP termina, UDP je bolji izbor od TCP-a. Međutim, UDP, za razliku od TCP-a, ne uključuje ponovno slanje od aplikacije. Ovo ne predstavlja važan problem za većinu aplikacija iako SIP aplikacija mora pohraniti više informacija nego kada se koristi TCP.

Kada između dvije veze postoje višestruke SIP sesije, one se mogu povezati u jednu TCP sesiju da bi iskoristili mehanizme za kontrolu zasićenosti koja nastaje u TCP-u. Međutim, kada se koristi UDP, isti brojači za ponovno slanje se primjenjuju na svaku sesiju. Ovo može dovesti do lošije izvedbe, pa čak i do zasićenosti mreže, jer UDP aplikaciji ne pruža informacije o zasićenosti, a po zadanom SIP koristi agresivniju politiku ponovnog slanja od TCP-a.

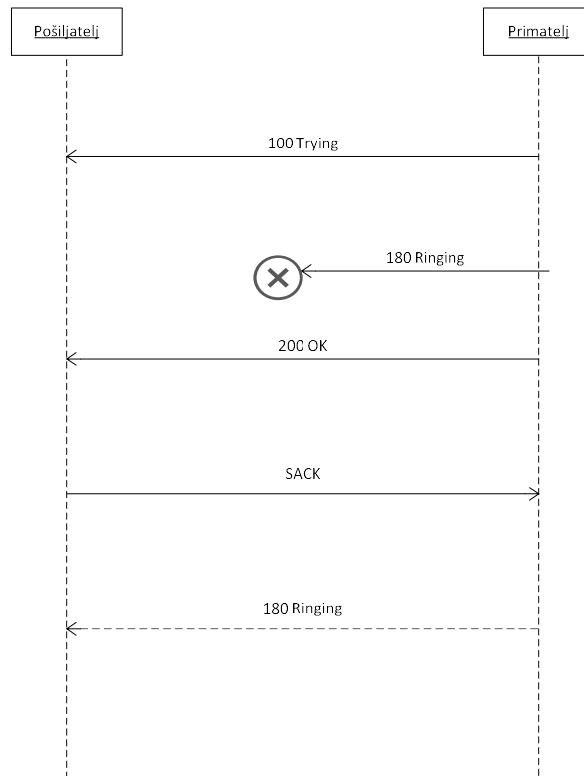
Prema tome, za poslužitelje koji obrađuju veliku količinu veza, izbor između UDP-a i TCP-a nije jasan. TCP predstavlja prethodno opisani problem blokiranja glavne linije a UDP ne primjenjuje nikakav mehanizam za kontrolu zasićenosti. Izbor između TCP-a i UDP-a ovisi o opterećenosti mreže u određenom trenutku, kao i RTT-a (*Round-Trip Time*) između primatelja i pošiljatelja.

7.3. SIP preko SCTP

Stream Control Transmission Protocol (SCTP) rješava probleme koji proizlaze iz uporabe TCP-a i UDP-a u slučaju kada postoje višestruke SIP sesije između pošiljatelja i primatelja. SCTP također pruža određenu razinu tolerancije pogrešaka preko višepresutnosti (*multihoming*).

Čini se jasnim da poslužitelji koji se bave višestrukim SIP sesijama mogu steći bolju izvedbu koristeći SCTP povezanost nego kada koriste TCP ili UDP. Ako se svaki SIP termin šalje preko naređenog toka, SIP poruke mogu iskoristiti kontrolu toka bez da budu odgođene zbog izgubljenih poruka iz drugih sesija.

Međutim, čak i pri korištenju višestruko naređenih tokova, još uvijek je moguće da poruke budu odgođene zbog drugih poruka koje pripadaju istoj SIP sesiji. Na primjeru prikazanom dijagramom 15, prikazano je kako gubitak privremenog odgovora može odgoditi isporuku konačnog odgovora koji je bio uspješno primljen [5].



Dijagram 15: SIP preko SCTP-a

Izvor: [5]

Na dijagramu 15, svi SIP odgovori poslani su preko naručenog SCTP toka (stream id=0). Prema tome, SCTP isporučuje poruke aplikaciji u skladu s redoslijedom unutar toka. Budući da se privremeni odgovor *180 Ringing* izgubio, SCTP ne može aplikaciji isporučiti konačni odgovor 200 OK. Prije isporuke oba odgovora SCTP čeka dok TSN=2 stigne.

8. ZAKLJUČAK

VoIP je postao vrlo uspješna tehnologija za prijenos govora o čemu svjedoči brz rast tržišta računalnih telefonskih proizvoda. Kako uspostava i raskidanje poziva spada u najvažnije funkcije u telekomunikacijskoj infrastrukturi, signalizacija je, od samog početka, bila jedno od ključnih područja VoIP tehnologije. No, osim signalizacijskog protokola koji osigurava brzu i pouzdanu uspostavu i raskidanje poziva, i neki drugi aspekti igraju važnu ulogu.

Protokol za pokretanje sesije, SIP je signalizacijski protokol aplikacijske razine razvijen u svrhu: kreiranja, promjene i prekida višemedijskih sesija ili poziva između dva ili više korisnika, lociranja korisnika i preusmjerenja poziva, omogućavanja mobilnosti preusmjerenjem poziva i uporabe poredničkog poslužitelja.

Analiza i modeliranje slijeda poruka između logičkih komponenti SIP-a mora biti detaljno isplaniran stoga se za signalizacijske procese koriste UML dijagrami. Oni nude skup dobro određenih grafičkih prikaza i omogućavaju dobro razumijevanje strukture i ponašanja nekog sustava. Posebno su pogodni dijagrami međudjelovanja za opisivanje razmjene signalizacijskih poruka jer daju naglasak na vremenski redoslijed kojim se odvija međudjelovanje sudionika u sustavu.

SIP specifikacija opisuje kako SIP protokol djeluje preko TCP i preko UDP. TCP pruža pouzdanost u prijenosu dok UDP ne osigurava ni pouzdanost, niti osiguranu isporuku. Oba transportna protokola, UDP i TCP posjeduju određene prednosti i nedostatke, stoga oba imaju i određena ograničenja u vezi prijenosa signalizacijskih poruka.

Cilj ovoga istraživanja je bio upotrebom UML dijagrama opisati i prikazati funkcije koje imaju pojedini SIP entiteti kao procese koji se odvijaju između njih u različitim slučajevima.

POPIS LITERATURE

1. RFC (engl. Request for Comments) 3261- SIP: Session Initiation Protocol, IETF. 2002. (pristupljeno: veljača 2017.)
2. http://sistemac.srce.unizg.hr/fileadmin/user_root/Session_Initiation_Protocol.pdf (pristupljeno: prosinac 2016.)
3. <https://techgeek-gig.blogspot.hr/2013/07/voip.html> (pristupljeno: veljača 2017.)
4. <https://www.scribd.com/document/167334486/Seminarski-Rad-Iz-Predmeta-Drugi-Ciklus-Studija-SIP-PROTOKOL> (pristupljeno: siječanj 2017.)
5. Sinnreich, H., Johnston, A. B.: Internet Communications Using SIP Delivering VoIP and Multimedia Services with Session Initiation Protocol, Second Edition, Indianapolis, Indiana, 2006.
6. <http://www.cert.hr/sites/default/files/CCERT-PUBDOC-2006-05-158.pdf> (pristupljeno: travanj 2017.)
7. URL:http://www.ericsson.com/hr/etk/revija/Br_1_2005/protokol_za_pokretanje_sesije.pdf (pristupljeno: ožujak 2017.)
8. http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/voice_ip_comm/cuipph/7960g_7940g/sip/1_0/english/administration/guide/ver1_0/appBcf.html#wp1006321 (pristupljeno: travanj 2017.)

POPIS KRATICA

SIP- Session Initiation Protocol

VoIP- Voice over Internet Protocol

RTP- Real- time Transport Protocol

SDP- Session Description Protocol

HTTP- Hyper Text Transfer Protocol

Qos- Quality of Service

URI- Uniform Resource Identifier

UDP- User Datagram Protocol

TCP- Transmission Control Protocol

SCTP- Stream Control Transmission Protocol

DNS- Domain Name System

PDN- Public Data Network

ACD- Automatic Call Distributor

TLS- Transport Layer Security

PSTN- Public Switched Telephone Network

RFC- Request for Comments

IETF- Internet Engineering Task Force

IP- Internet Protocol

UE- User Equipment

MAC- Medium Access Control

ITU- International Telecommunications Union

PDU- Protocol Data Unit

ISDN- Integrated Services Digital Network

URL- Uniform Resource Locator

ACD- Automatic Call Distributor

RSVP- Resource Reservation Protocol

ABNF- Augmented Backus-Naur Form

MME- Multipurpose Internet Mail Extensions

UA- User Agent

UAC- User Agent Client

UAS- User Agent Server

AoR- Address of Record

POPIS SLIKA I DIJAGRAMA

Popis slika:

Slika 1. Položaj SIP-a u odnosu na ostale protokole.....	4.
Slika 2. Format poruke zahtjeva.....	23.
Slika 3. Format poruke odgovora.....	25.
Slika 4. SIP logičke komponente.....	27.

Popis dijagrama:

Dijagram 1. Primjer razlučivanja adrese korištenjem usluge lokacije i DNS.....	7.
Dijagram 2. Primjer uspješno uspostavljene sesije korištenjem INVITE poruke.....	8.
Dijagram 3. Primjer prekida sesije porukom BYE.....	11.
Dijagram 4. Primjer mobilnosti koristeći registar.....	15.
Dijagram 5. Registar.....	30.
Dijagram 6. Uspješno postavljanje i održavanje tijeka poziva između Gatewaya i IP telefona.....	32.
Dijagram 7. Tijek poziva između SIP IP telefona.....	34.
Dijagram 8. Tijek poziva koristeći posrednički poslužitelj.....	36.
Dijagram 9. Prosljeđivanje poziva.....	38.
Dijagram 10. Brzo ponovno slanje.....	41.
Dijagram 11. TCP prekid.....	42.
Dijagram 12. Sinkronizacija u tri koraka.....	43.
Dijagram 13. TCP isporuka po redoslijedu.....	44.

Dijagram 14. Politika ponovnog slanja SIP-a koristeći UDP.....	45.
Dijagram 15.SIP preko SCTP-a.....	47.



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ diplomski 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 _____ diplomskog rada

pod naslovom **Analiza protokola za uspostavljanje, modificiranje i prekidanje**

sesija sa jednim ili više sudionika

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

Student/ica:

U Zagrebu, 1.5.2017 _____

(potpis)