

GRADIVO ZA VAJO: Klic VoIP po protokolu SIP

Gradivo je povzeto po diplomski nalogi dipl. inž. Dušana Popovića: "Naročniške centrale in tehnologija VoIP", FERi, januar 2007.

1. KRATEK OPIS PROTOKOLOV SIP IN SDP

Protokol SIP (Session Description Protocol) se uporablja za vzpostavitev, spreminjanje in prekinitev sej med dvema ali več terminali. Seje so lahko internetni telefonski klici, multimedijske konference, učenje na daljavo, distribucija drugih multimedijskih aplikacij. Razvila ga je organizacija IETF.

Glavna enota v protokolu SIP je **uporabniški agent** ("user agent"). Uporabniški agent je končna naprava, ki jo uporablja uporabnik. Logično je sestavljena iz dveh podenot:
odjemalca uporabniškega agenta (UAC, "user agent client"),
strežnika uporabniškega agenta (UAS, "user agent server").

UAC je aplikacija, ki sproži zahtevo SIP. **UAS** pa je aplikacija, ki sprejema zahteve SIP in pošilja odgovore SIP v imenu uporabnika (sprejme ali zavrne povabilo k seji). Vsak uporabnik ima oboje.

Poleg uporabnikov imamo tudi strežnike, ki pomagajo najti pot med uporabniki. Ločimo več vrst strežnikov:

- proksi strežnik ("SIP stateless proxy" ali pa "SIP stateful proxy"),
- preusmerjalni strežnik ("SIP redirect server"),
- lokacijski strežnik.

Proksi strežnik sprejme zahtevo SIP, poišče klicanega uporabnika v lokacijskem strežniku in tvori novo zahtevo tako, da naslednja enota prepozna njega kot pobudnika zahteve. Razlika med "stateless" in "stateful" proksi strežnikom je v tem, da si "stateless" proksi strežnik ne zapomni ničesar o klicu, zato sporočila potem, ko je klicani uporabnik najden, ne potujejo več preko njega. Preusmerjalni strežnik sprejetih zahtev ne posreduje naprej ampak vrne odziv SIP, ki vsebuje naslov naslednje enote, s katerim potem odjemalec neposredno komunicira.

Za naslavljanje uporabnikov protokola SIP se uporablja tako imenovani SIP URL v obliki uporabnik@strežnik. Uporabniški del naslova je lahko uporabniško ime ali telefonska številka. Drugi del naslova (strežniški del) je lahko ime domene ali pa omrežni naslov, izražen s številkami. Primera naslovov sta: sip:dusan@podjetje.com in sip:[1234567@100.101.102.103](tel:1234567@100.101.102.103).

Ko strežnik SIP sprejme neko zahtevo, mora najti lokacijo klicanega uporabnika, na katerega je zahteva naslovljena. Klicani uporabnik je lahko npr. prijavljen na različnih računalnikih znotraj lokalnega omrežja v podjetju ali pa je doma in je povezan z internetom

prek svojega ponudnika internetnih storitev. Pri določitvi dejanske lokacije klicanega uporabnika pomaga lokacijski strežnik. Protokol SIP ne določa izvedbe lokacijskega strežnika. Vsak odjemalec SIP pa mora imeti možnost, da lokacijski strežnik obvesti o svoji lokaciji. To je izvedeno s pomočjo zahteve "register".

V protokolu SIP obstajata dve vrsti sporočil ("message"). Odjemalci generirajo zahteve ("request"), strežniki pa odgovarjajo z odzivi ("response"). Vsako sporočilo (zahteva ali odziv) ima naslednjo obliko:

<sporočilo> = <začetna vrstica> + <eno ali več čel> + CLRF + <telo sporočila>

Telo sporočila je opcijsko in npr. vsebuje opis seje. Oznaka CRLF pomeni prazno vrstico. Začetna vrstica je pri zahtevah in odzivih različna.

Začetna vrstica je v primeru **zahteve** sestavljena po naslednjem pravilu:

<začetna vrstica> = <oznaka metode> <URI zahteve> <verzija protokola> "SIP" CRLF

Oznaka metode je ena od naslednjih ključnih besed:

- **invite** – Ta metoda nakazuje, da je klicani uporabnik povabljen k seji. Telo sporočila vsebuje opis seje. Kliče uporabnik v povabilu navede tudi tipe podatkov, ki jih je sposoben sprejemati, in vse njihove potrebne parametre. Uspešen odziv na to zahtevo vsebuje tipe podatkov, ki jih lahko sprejema klicana stranka.
- **ack** – Ta metoda je uporabljena le v povezavi z metodo "invite". Ko odjemalec prejme končni odziv na zahtevo "invite", to potrdi še z zahtevo "ack". V telesu zahteve "ack" lahko odjemalec poda še dokončen opis seje, ki naj jo uporabi klicani uporabnik. Če tega opisa ni, se uporabi opis seje, ki je bil podan s predhodno zahtevo "invite".
- **options** – S pomočjo te metode se zbirajo informacije o zmožnostih uporabniških agentov in omrežnih strežnikov.
- **bye** – Kliče ali pa klicani uporabniški agent konča klic.
- **cancel** – Preklic predhodne zahteve, na katero še ni bilo končnega odziva.
- **register** – Ta zahteva omogoča odjemalcu, da obvesti proksi ali preusmeritveni strežnik o svojem naslovu, kjer je dosegljiv.
- **info** – Namenjena je pošiljanju dodatnih informacij, ki ne spremenijo stanje seje, med aktivno sejo.

URI zahteve ("request-URI") je naslov uporabnika, na katerega je zahteva naslovljena.

Eno ali več čel v sporočilu je uporabljeno za opis kličočega uporabnika, opis klicanega uporabnika, tip in dolžino sporočila ter podobno. Obstajajo štiri skupine čel:

- splošna čela ("general header") se pojavljajo v zahtevah in v odzivih,
- čela enote ("entity header") opisujejo tip in dolžino sporočila,
- čela zahtev ("request header") podajajo dodatne informacije, določajo tip zahteve,
- čela, ki se pojavljajo le v odzivih ("response header"), določajo tip odziva.

Tabela 1 prikazuje nekaj čel, ki jih najdemo v zahtevah SIP.

Tabela 1: Čela sporočil v protokolu SIP

splošna čela	čela enote	čela zahtev
call-ID	content-length	subject
cseq	content-type	route
from		
to		
via		
contact		

Našteta čela imajo naslednjo vlogo:

- call-ID natančno identificira povabilo, ki ga sproži uporabnik
- cseq vsebuje desetiško število, ki se povišuje z vsako zahtevo
- from predstavlja pobudnika zahteve
- to predstavlja naslovnika zahteve
- via opisuje opravljeno pot zahteve
- contact opisuje, kje je uporabnik dosegljiv
- content-length predstavlja dolžino telesa sporočila
- content-type predstavlja tip vsebine telesa sporočila
- subject vsebuje kratek opis klica
- route določa pot zahteve

Primer:

```
invite sip:uporabnikB@tam.com SIP/2.0
via: SIP/2.0/UDP tukaj.com:5060
from: Dusan <sip:uporabnikA@tukaj.com>
to: Nina <sip:uporabnikB@tam.com>
call-ID: 12345601@tukaj.com
cseq: 1 INVITE
contact: Dusan <sip:uporabnikA@tukaj.com>
content-type: application/sdp
content-length: 147
```

V primeru **odziva** je **začetna vrstica** sestavljena po naslednjem pravilu:

<začetna vrstica> = <verzija protokola SIP> <koda statusa> <besedni opis statusa> CRLF

Koda statusa ("status code") je 3-mestno število in določa vrsto odziva. Odzivi so razporejeni so v šest skupin. Odzivi, ki se začnejo z enico, so začasni ("provisional"), vsi drugi odzivi pa so končni ("final"). Začasni odzivi opisujejo le napredek klica in ne predstavljajo končnega odgovora na zahtevo. Večino vrst odzivov prikazuje Tabela 2.

Tabela 2: Vrste odzivov v protokolu SIP

vrsta odziva	koda statusa	besedni opis
informacijski	100	trying
	180	ringing
	181	call is being forwarded
	182	queued
	183	session progress
uspeh	200	ok
preusmeritev	300	multiple choices
	301	moved permanently
	302	moved temporarily
	303	see other
	305	use proxy
	380	alternative service
napaka na strani odjemalca	400	bad request
	401	unauthorized
	402	payment required
	403	forbidden
	404	not found
	405	method not allowed
	406	not acceptable
	407	proxy authentication required
	408	request timeout
	409	conflict
	410	gone
	411	length required
	413	request entity too large
	414	request-URI too large
	415	unsupported media type
	481	call leg
	482	loop detected
483	too many hops	
484	address incomplete	
485	ambiguous	
napaka na strani strežnika	500	internal server error
	501	not implemented
	502	bad gateway
	503	service unavailable
	504	gateway time-out
	505	SIP version not supported
globalna napaka	600	busy everywhere
	603	decline
	604	does not exist anywhere
	606	not acceptable

V **telesu zahteve** se za opis seje uporablja protokol **SDP** (Session Description Protocol). Opis vsebuje naslednje stvari:

- ime seje in njen namen,
- čas, ko je seja aktivna,
- tip podatkov v seji,
- druge informacije, npr. številke vrat, oblika podatkov, zahtevana pasovna širina itd.

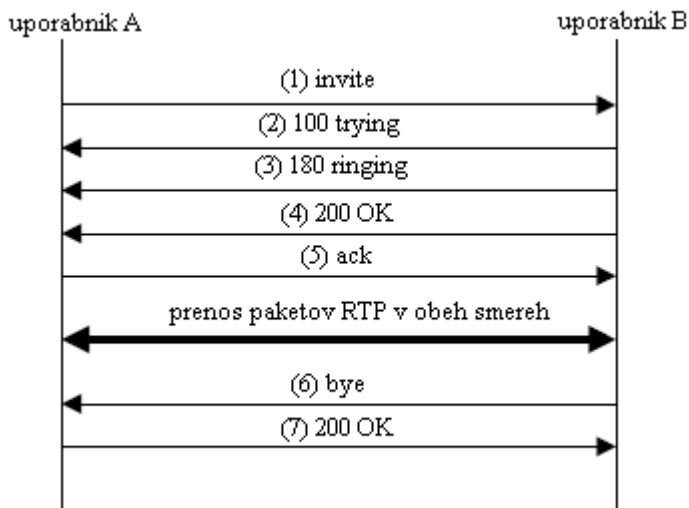
Opis seje je sestavljen iz več vrstic oblike <tip>=<vrednost>. Polje <tip> je vedno sestavljeno iz enega znaka. Polje <vrednost> pa je vrstica besedila, katere struktura je odvisna od polja <tip>. Poznamo tri tipe sej: opis seje, opis časa in opis medija. Tabela 3 ponazarja najvažnejše tipe SDP. Tipi, označeni z *, niso obvezni, drugi tipi pa so v opisu SDP obvezni.

Tabela 3: Opis nekaterih tipov SDP

<tip>	<vrednost>
opis seje	
v	Verzija protokola SDP.
o	Vsebuje ime pobudnika seje, edinstveno številko seje, zaporedno številko opisa, tip omrežja, tip omrežnega naslova in naslov.
s	Ime seje.
i	* Informacije o seji.
u	* URI, kjer so dostopne dodatne informacije o seji.
e	* Elektronski naslov osebe, ki je odgovorna za sejo.
p	* Telefonska številka osebe, ki je odgovorna za sejo.
c	* Vsebuje tip omrežja, tip naslova in naslov za določeno povezavo.
b	* Informacije o pasovni širini.
z	* Za nastavitve časovnih con.
k	* Šifrirni ključ.
a	* Število dodatnih atributov seje
opis časa	
t	Vsebuje informacije o začetku in koncu seje.
r	* Vsebuje periodo ponavljanja sej.
opis medija	
m	Določa tip podatkov, številko ponornih vrat, vrsto transportnega protokola in obliko podatkov.
i	* Naziv medija.
c	* Informacije o povezavi za določen tip podatkov.
b	* Informacije o pasovni širini.
k	* Šifrirni ključ.
a	* Število dodatnih atributov medija

2. NEPOSREDNI KLIC BREZ UPORABE STREŽNIKA

Oseba A kliče osebo B brez posredovanja kakršnegakoli proksi ali preusmeritvenega strežnika (Slika 1). Predpostavimo, da sta oba uporabnika povezana na internet in da uporabnik A pozna naslov IP uporabnika B ter obratno. Uporabnik B sprejme povabilo uporabnika A. Oba uporabnika se dogovorita za odprtje kanalov za prenos paketov RTP. Ti paketi vsebujejo vzorce govornih signalov. Prenos paketov RTP poteka, dokler uporabnik B ne prekine pogovora.



Slika 1: Potek enostavnega klica

Sledi posnetek enega enostavnega klica, pri katerem je uporabnikA (Dusan) klical uporabnikaB (Nina). Pri prvem sporočilu so dodani kratki komentarji.

(1) invite (uporabnik A ----> uporabnik B)

```
invite sip:uporabnikB@tam.com SIP/2.0 ;vrsta zahteve, prejemnik, verzija
via: SIP/2.0/UDP tukaj.com:5060 ;opis dosedanje poti zahteve
from: Dusan <sip:uporabnika@tukaj.com> ;ime pošiljatelja in njegov naslov
to: Nina <sip:uporabnikB@tam.com> ;ime naslovnika in njegov naslov
call-ID: 12345601@tukaj.com ;natančno določa ta postopek povabila
cseq: 1 INVITE ;oznaka zahteve znotraj postopka povabila
contact: Dusan <sip:uporabnika@tukaj.com> ;kje je uporabnik dosegljiv
content-type: application/sdp ;telo vsebuje opis seje po protokolu SDP
content-length: 147 ;dolžina telesa sporočila
; tukaj je prazna vrstica, sledi telo zahteve, v katerem je opis seje po protokolu SDP
v=0 ;verzija protokola SDP
o=uporabnika 2890844526 2890844526 IN IP4 tukaj.com ;pobudnik seje itd.
s=seja SDP ;naslov seje
c=IN IP4 100.101.102.103 ;tip omrežja, tip naslova, naslov povezave
t=0 0 ;seja ni časovno omejena
m=audio 49172 RTP ;številka vrat, uporabljen bo transportni protokol RTP
a=rtpmap:0 PCMU/8000 ;uporabljeno bo kodiranje PCM po standardu G.711
```

(2) 100 Trying (uporabnik B ---- > uporabnik A)

```
SIP/2.0 100 Trying
Via: SIP/2.0/UDP tukaj.com:5060
From: Dusan <sip:UporabnikA@tukaj.com>
To: Nina <sip:UporabnikB@tam.com>
Call-ID: 12345601@tukaj.com
CSeq: 1 INVITE
Content-Length: 0
```

(3) 180 Ringing (uporabnik B ---- > uporabnik A)

```
SIP/2.0 180 Ringing
Via: SIP/2.0/UDP tukaj.com:5060
From: Dusan <sip:UporabnikA@tukaj.com>
To: Nina <sip:UporabnikB@tam.com>
Call-ID: 12345601@tukaj.com
CSeq: 1 INVITE
Content-Length: 0
```

(4) 200 OK (uporabnik B ---- > uporabnik A)

```
SIP/2.0 200 OK
Via: SIP/2.0/UDP tukaj.com:5060
From: Dusan <sip:UporabnikA@tukaj.com>
To: Nina <sip:UporabnikB@tam.com>
Call-ID: 12345601@tukaj.com
CSeq: 1 INVITE
Contact: Nina <sip:UporabnikB@tam.com>
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 147

v=0
o=UporabnikB 2890844527 2890844527 IN IP4 tam.com
s=Seja SDP
c=IN IP4 110.111.112.113
t=0 0
m=audio 3456 RTP/AVP 0
a=rtpmap:0 PCMU/8000
```

(5) ACK (uporabnik A ---- > uporabnik B)

```
ACK sip:UporabnikB@tam.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP tukaj.com:5060
From: Dusan <sip:UporabnikA@tukaj.com>
To: Nina <sip:UporabnikB@tam.com>
Call-ID: 12345601@tukaj.com
CSeq: 1 ACK
Content-Length: 0
```

(6) BYE (uporabnik B ---- >uporabnik A)

```
BYE sip:UporabnikA@tukaj.com SIP/2.0  
Via: SIP/2.0/UDP tam.com:5060  
From: Dusan <sip:UporabnikA@tukaj.com>  
To: Nina <sip:UporabnikB@tam.com>  
Call-ID: 12345601@tukaj.com  
CSeq: 1 BYE  
Content-Length: 0
```

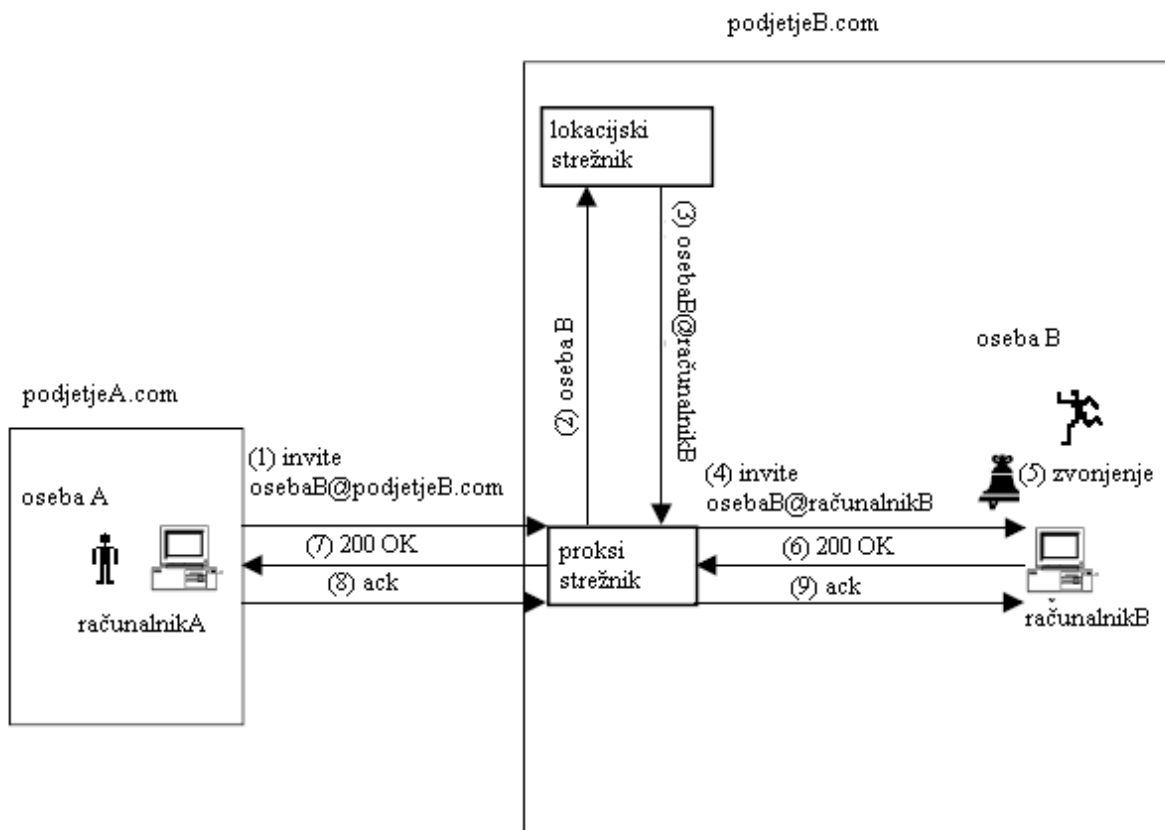
(7) 200 OK (uporabnik A ---- > uporabnik B)

```
SIP/2.0 200 OK  
Via: SIP/2.0/UDP tam.com:5060  
From: Dusan <sip:UporabnikA@tukaj.com>  
To: Nina <sip:UporabnikB@tam.com>  
Call-ID: 12345601@tukaj.com  
CSeq: 1 BYE  
Content-Length: 0
```


3. SCENARIJ Z UPORABO PROKSI STREŽNIKA

Oseba A pokliče osebo B (Slika 2). Protokol se začne tako, da UAC osebe A naslovi zahtevo "invite" na proksi strežnik podjetja B (1. korak). Proksi strežnik nato komunicira z lokacijskim strežnikom (2. korak) in dobi nazaj trenutno lokacijo osebe B (3. korak). Nato proksi strežnik pošlje zahtevo "invite" na naslov računalnika, na katerem je trenutno prijavljena oseba B (4. korak). UAS osebe B sprejme sporočilo in sproži zvonjenje (5. korak). Oseba B sprejme klic in njegov UAS sedaj pošlje odziv "200 OK" proksi strežniku (6. korak). Ta pa ga pošlje naprej UAC-ju osebe A (7. korak). Ko kličoča oseba A dobi odziv "200 OK", pošlje potrditev "ack" (8. korak). Proksi strežnik to potrditev preusmeri do uporabnika B (9. korak). Seja je zdaj vzpostavljena.

Proksi strežnik v tem primeru je tipa "stateful". Če bi bil "stateless", potem v 8. koraku oseba A ne bi poslala sporočila "ack" k njemu, ampak neposredno k osebi B. Tudi sporočila "bye" ob koncu klica bi pri "stateless" proksiju potovala mimo njega, v prikazanem primeru pa bodo potovala preko proksi strežnika.

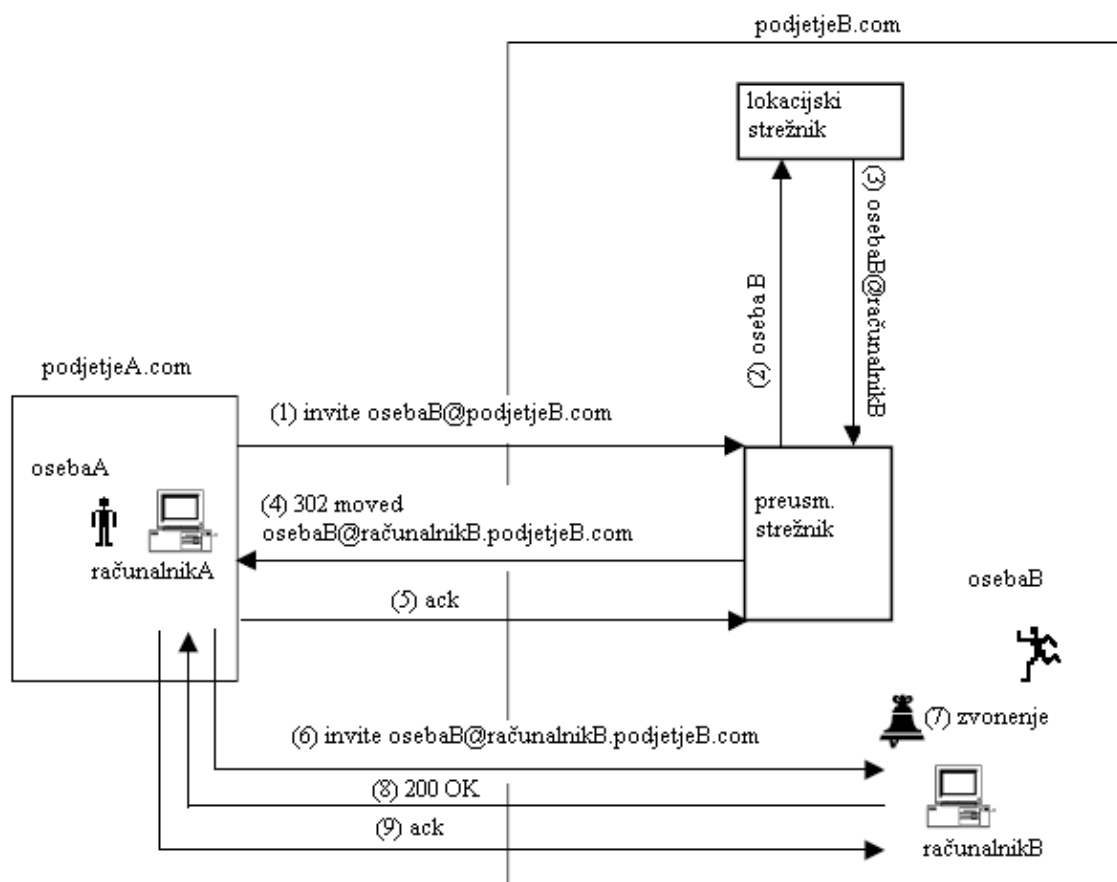


Slika 2: Postopek povabila k seji s "stateful" proksi strežnikom

4. SCENARIJ Z UPORABO PREUSMERJALNEGA STREŽNIKA

Oglejmo si podoben scenarij kot v prejšnjem primeru, le da gre sedaj za preusmerjalni strežnik (Slika 3). Preusmerjalni strežnik po prejemu zahteve "invite" in komunikaciji z lokacijskim strežnikom (koraki 1, 2 in 3) pošlje kličoči osebi trenutni naslov, kjer se nahaja klicana oseba (4. korak).

UAC osebe A nato potrdi, da je prejel naslov (5. korak) in potem naslovi povabilo k seji neposredno na računalnik, na katerem je trenutno prijavičena oseba B. Oseba B (pravzaprav njen UAS) sprejme klic (8. korak) in osebi A potrdi sprejem s sporočilom "200 OK". Postopek povabila k seji je končan.

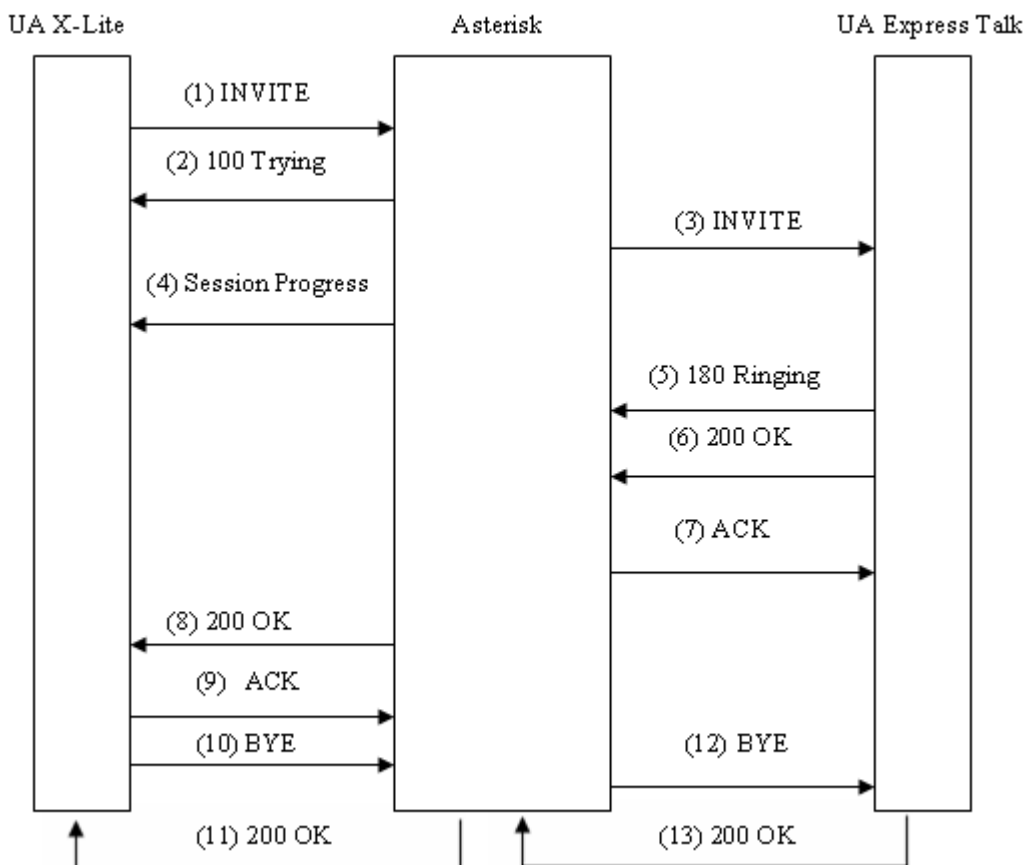


Slika 3: Postopek povabila k seji s preusmerjalnim strežnikom

5. SCENARIJ Z UPORABO B2BUA (ASTERISK)

Standard SIP predvideva tudi, da funkcionalnost UAC in UAS združimo v tako imenovani B2BUA ("back-to-back user agent"). B2BUA se obnaša kot vmesna točka, ki en klic razdeli v dva polklica. Ta rešitev je uporabljena npr. pri odprtokodni aplikaciji Asterisk, ki je trenutno zelo popularna, ker omogoča izvedbo VoIP brez drage strojne in programske opreme. Asterisk ni omejen le na protokol SIP ampak podpira tudi protokol H.323.

Navaden klic preko Asteriska prikazuje Slika 4. Telefon X-Lite (pravzaprav njegov UAC) naslovi zahtevo "INVITE" na telefon Express Talk. Ko Asterisk sprejme to zahtevo, pošlje odgovor "100 Trying", s katerim pove, da je zahteva sprejeta, ampak s tem ne pove, da je klicani telefon najden. V tem koraku se sistem Asterisk obnaša kot UAS. Nato Asterisk pošlje svojo zahtevo "INVITE" telefonu Express Talk, pri čemer se obnaša kot UAC. Ta zahteva ima drugačna Call-ID in CSeq. Asterisk telefonu Express Talk ne posreduje naslova telefona X-Lite. Nato Asterisk pošlje odziv "Session Progress" kličočemu telefonu. V nadaljevanju imamo dve ločeni seji, eno od telefona X-Lite do Asteriska, drugo pa od Asteriska do telefona Express Talk. Asterisk posreduje signalizacijo med telefonoma in jo tako hkrati tudi nadzoruje. V primeru Asteriska tudi vsi govorni paketi potujejo preko B2BUA, vendar pa to ni splošno pravilo.



Slika 4: Navaden klic preko Asteriska