



Diplomski studij

Informacijska i  
komunikacijska tehnologija:

Obradba informacija  
Telekomunikacije i informatika

# Višemedijske komunikacije

14.

Prijenos govora protokolom IP (VoIP)

Protokoli i standardi za signalizaciju  
(prijenos kontrolne informacije): SIP, H.323

- **sjednica**
  - pojam koji obuhvaća grupu pošiljatelja i primatelja (više)medijskog sadržaja te podatkovne tokove između njih
- VoIP, internetska telefonija, IP telefonija, itd.
- **VoIP** (*Voice over Internet Protocol*)
  - generički naziv za svaku govornu komunikaciju putem protokola IP umjesto tehnologije s komutacijom kanala (npr., javna telefonska mreža, PSTN)
- **internetska telefonija**
  - usluga krajnjim korisnicima, tj., posebna vrsta VoIP-a u kojem se poziv ostvaruje kroz javnu infrastrukturu Interneta, uz (djelomično ili potpuno) "zaobilazanje" PSTN-a
  - može se odvijati između računala (računalo - računalo), između računala i (IP) telefona te između (IP) telefona

- Broj VoIP pružatelja usluge: 15300[\*]
- Veliki broj operatera uz PSTN ima i VoIP pozive
- Trend rasta broja VoIP pretplatnika u SAD-u i Europi (2005 - 2011) [\*\*]; predviđeni broj mobilnih VoIP korisnika po regijama (2010-2012) [\*\*\*]

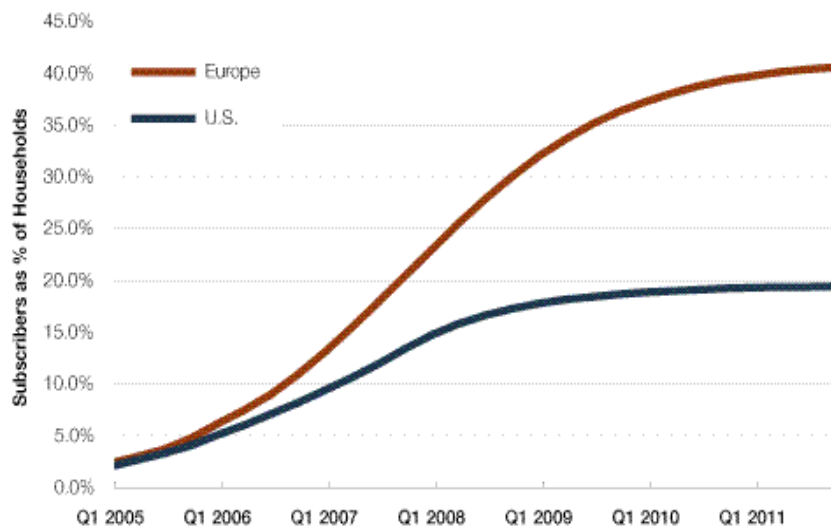
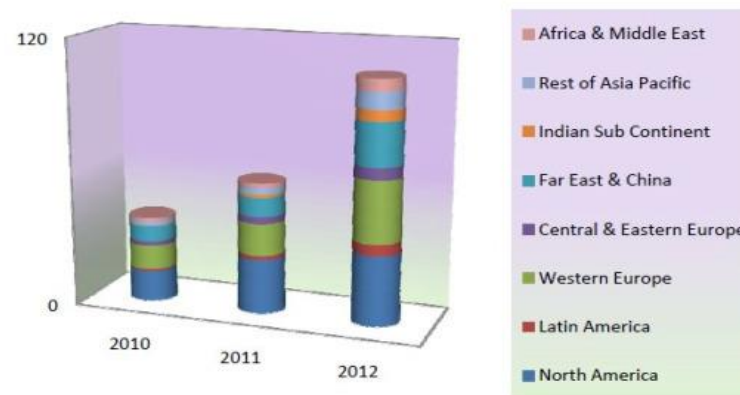


Figure 1: Number of Mobile VoIP users (m) 2010-2012 by 8 Key Regions



Source: Juniper Research

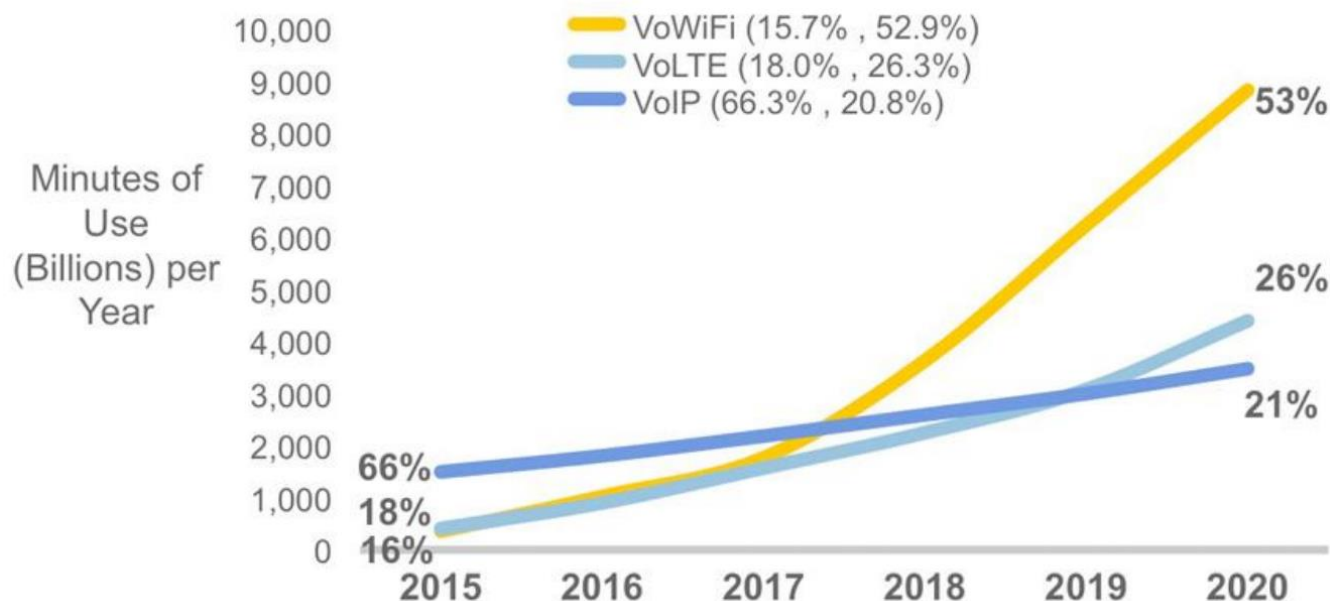
[\*] Izvor: <http://www.voipproviderslist.com/> (stanje 06/2018)

[\*\*] Izvor: <http://ipvoip.blogspot.com/2007/09/us-voip-market-is-growing-fastbut.html> (TeleGeography's US VoIP and Euro-VoIP reports)

[\*\*\*] Izvor: <http://www.marketingcharts.com/direct/107m-mobile-voip-users-expected-by-2012-13061/juniper-mobile-voip-june-2010jpg/> (Juniper Research, 2010)

- Svjetsko VoIP tržište su preuzele mobilne aplikacije!
- Danas sve najpopularnije aplikacije za razmjenu instant poruka podržavaju audio pozive putem VoIP tehnologije
- Broj korisnika:
  - WhatsApp – 1,5 milijardi
  - Facebook Messenger – 1,3 milijarde
  - Viber – 900 milijuna
  - WeChat (Kina) – 900 milijuna
  - Skype – 300 milijuna
- Trend većeg korištenja mobilne u usporedbi s fiksnom telefonijom

- VoIP – tehnologija, ali u ovom slučaju pokazuje komunikaciju Over The Top (OTT) pružatelja usluga
- VoWiFi – VoIP poziv podržan od operatera usluge preko WiFi mreže
- VoLTE – VoIP pozivi podržan od operatera usluge preko LTE



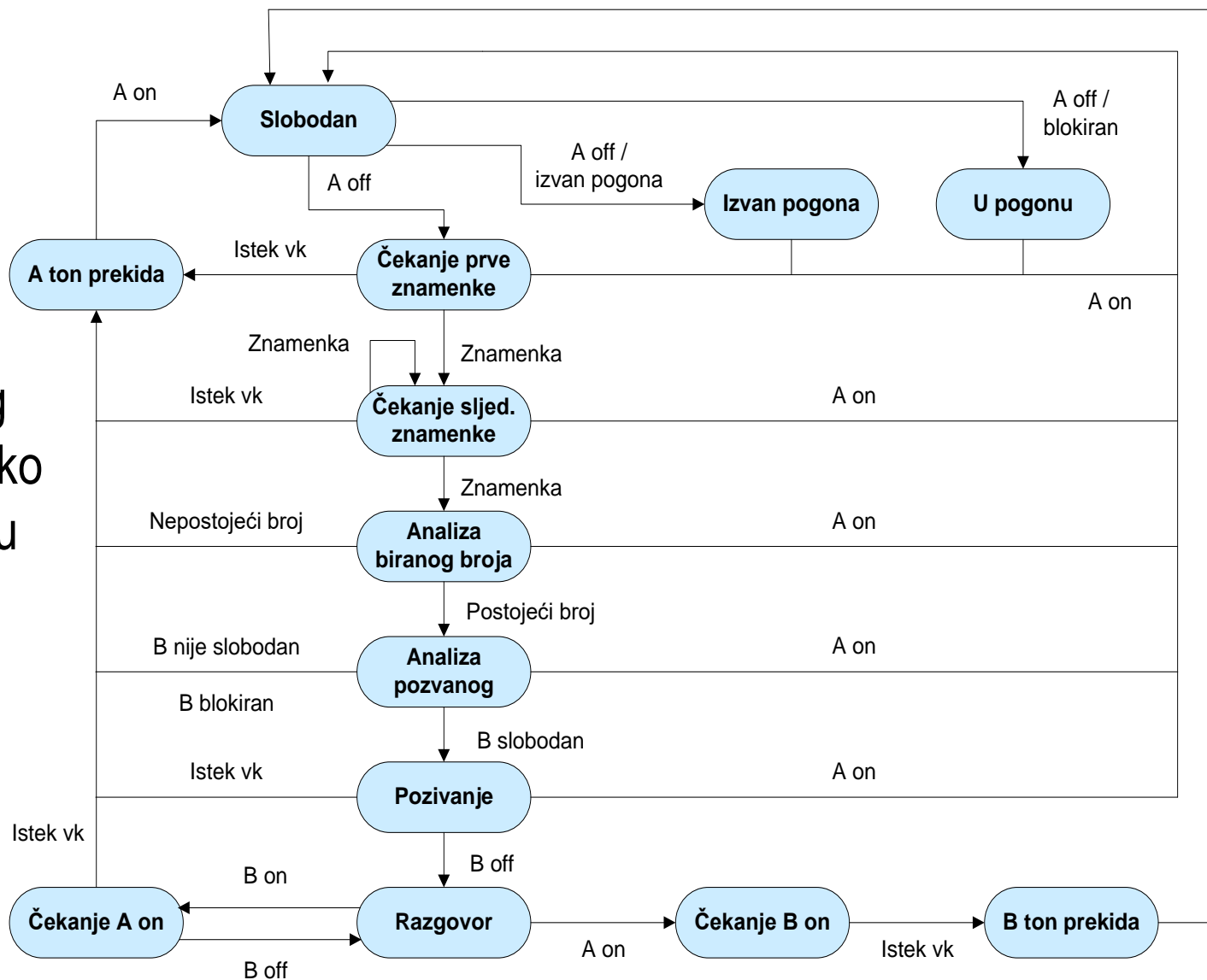
[\*] Izvor CVNI Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2015– 2020  
[https://www.cisco.com/c/dam/m/en\\_in/innovation/enterprise/assets/mobile-white-paper-c11-520862.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/m/en_in/innovation/enterprise/assets/mobile-white-paper-c11-520862.pdf)

- Iz perspektive krajnjeg korisnika
  - smanjenje troškova
  - dodatne usluge u govornoj komunikaciji dostupne besplatno (npr., skraćeno biranje ili preusmjerenje poziva)
  - olakšano prenošenje pozivnog broja
  - jednostavnije korištenje drugih vidova komunikacije (npr., video) / drugih aplikacija (konferencijski poziv, dijeljenje podataka)
  - gotovo neograničena dostupnost usluge (uvjetno jednaka širokoj rasprostranjenosti pristupa Internetu)
- Iz perspektive VoIP operatora/pružatelja usluge
  - smanjenje ukupnih troškova (ali, nakon "određenog" razdoblja)
  - jednostavniji instalacija i održavanje opreme/infrastrukture
  - jednostavnije dodavanje/uvođenje novih usluga

- Kvaliteta usluge
  - prijenos IP mrežom može dovesti do kašnjenja/gubitaka paketa koji nose govor
  - dolazi do izražaja u slučajevima velikog broja korisnika i izostanka kontrole pristupa mreži
  - stalnim razvojem tehnologije razlike u odnosu na "klasičnu" telefoniju ipak su sve manje
- Raspoloživost usluge
  - ovisi o pouzdanosti mreže (ispadom internetske mreže usluga postaje neraspoloživa)
- Nekompatibilnost VoIP sustava (uređaja)
  - nepostojanje jedinstvenog standarda
- Potreba stalnog napajanja uređaja
  - za razliku od "klasičnog" telefon. uređaja, u slučaju nestanka napajanja, VoIP neće raditi
- Sigurnost
  - prisluškivanje komunikacije

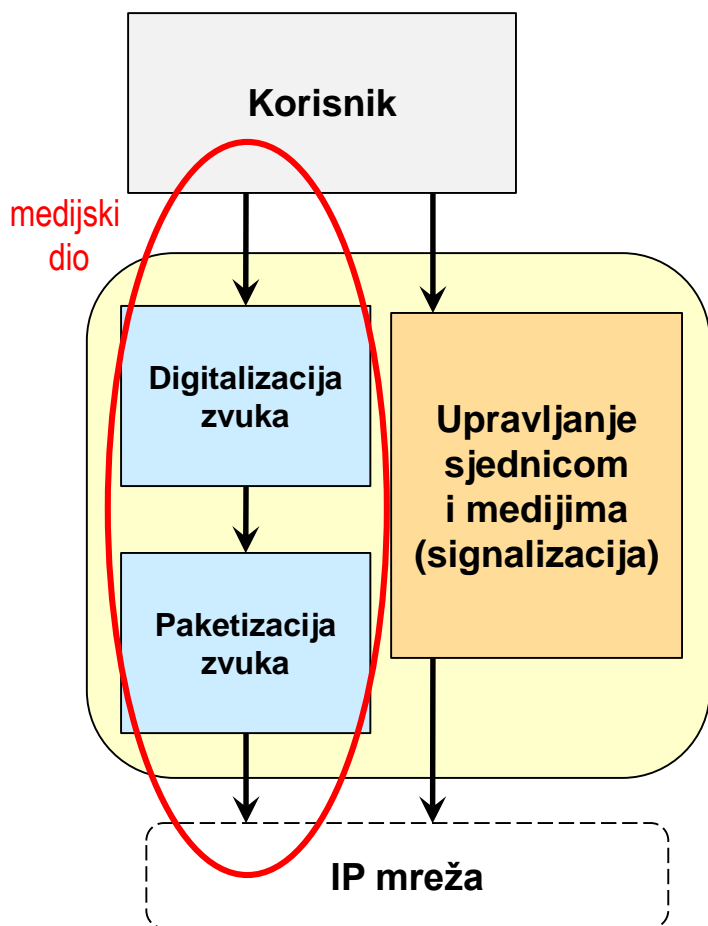
# "Klasična" telefonija - PSTN

- Model telefonskog poziva - kako je izveden u Internetu?





- Pojednostavljeni prikaz – medijski i signalizacijski dio



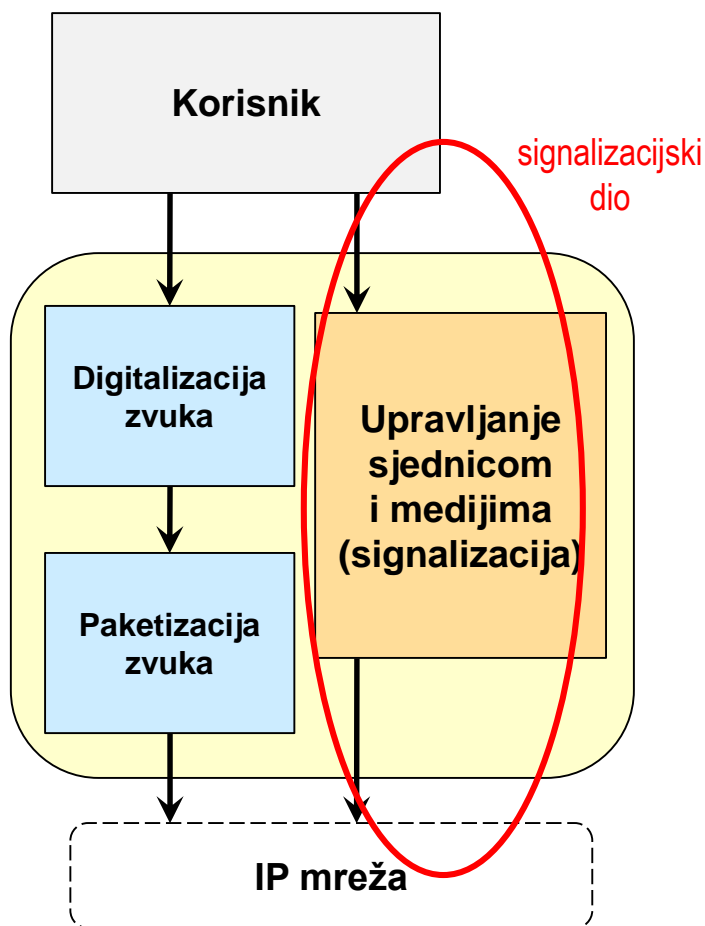
Korisnik priča u mikrofonski "klasični" ili IP telefon, odnosno mikrofonski spojen na osobno računalo

Uređaj digitalizira zvuk korištenjem određenog kodeka (PCM, odnosno ITU-T G.711; ITU-T G.723.1; verzija koder CELP u preporuci ITU-T G.729; Opus; itd. )

Digitalni zvuk se pakira u odgovarajuće protokolne jedinice (pakete) te prenosi infrastrukturom zasnovanom na protokolu IP

IP mreža prenosi datagrame koji u sebi nose govor po istim načelima kao i sav drugi promet ("best-effort" usluga)

- Pojednostavljeni prikaz – medijski i signalizacijski dio



Da bi se ostvarila komunikacija, prvo se moraju se razmijeniti upravljačke informacije o pozivu, odnosno sjednici, što obavlja protokol SIP.

## Session Initiation Protocol (SIP)

- signalizacijski internetski protokol
- uspostavlja i raskida poziv (sjednicu)
- upravlja uslugama vezanima uz poziv (sjednicu)
- omogućuje razmijenu informacija o adresama, medijima, kodecima, i dr.

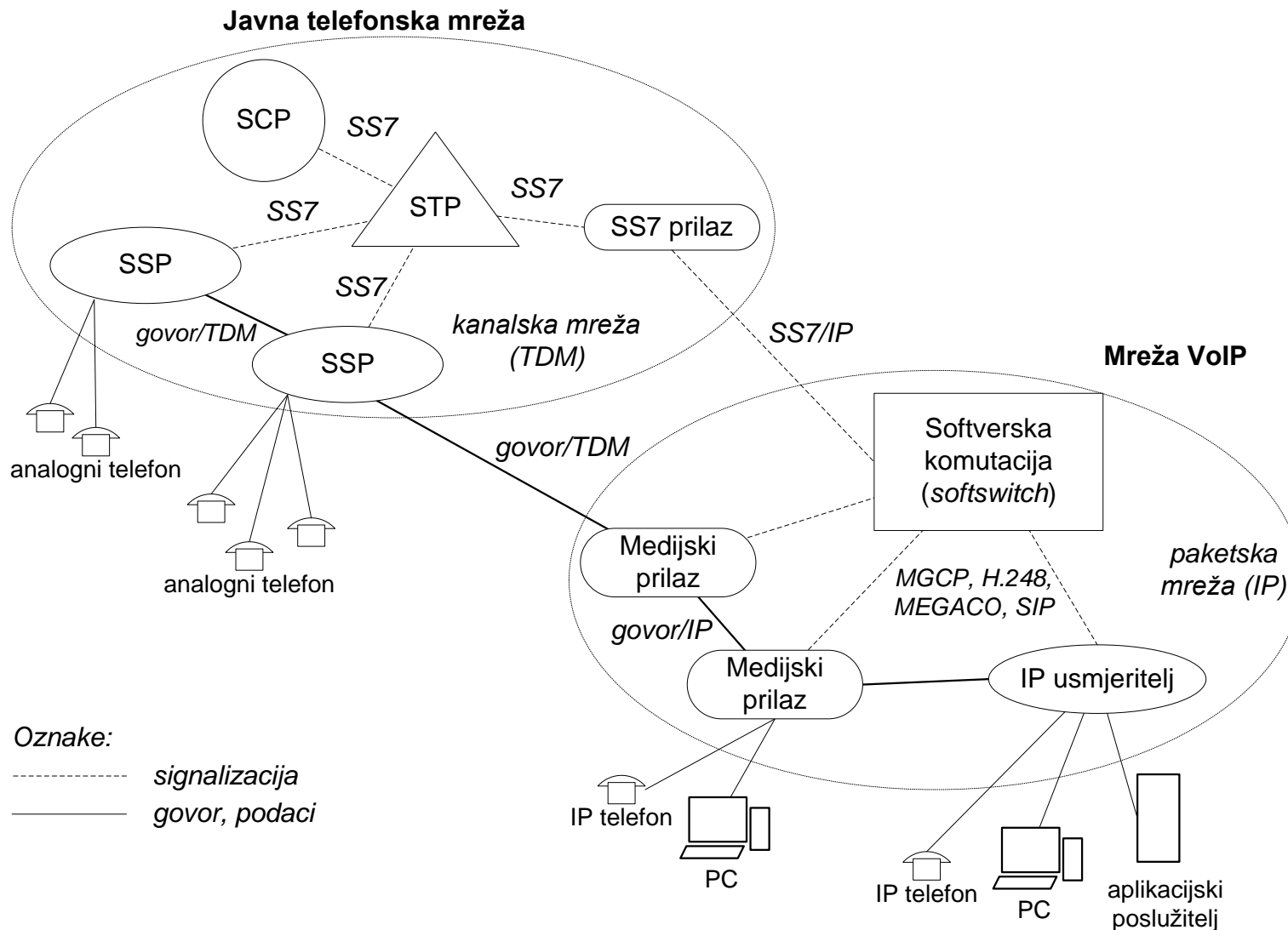
SIP kao format za opis sjednice koristi **Session Description Protocol (SDP)**.

Neke aplikacije se temelje na SIP-u, dok neke koriste i posebne vlastite zaštićene protokole

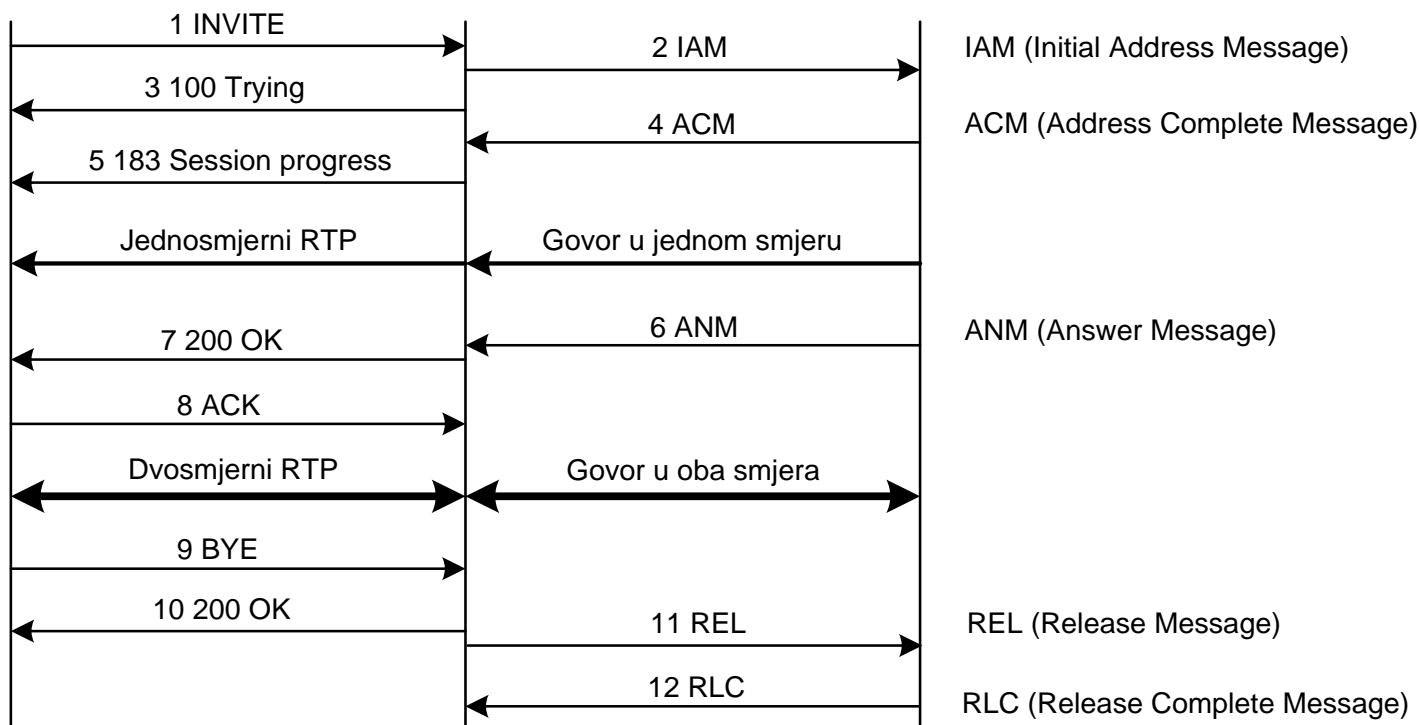
# Povezivanje javne telefonske mreže i VoIP mreže



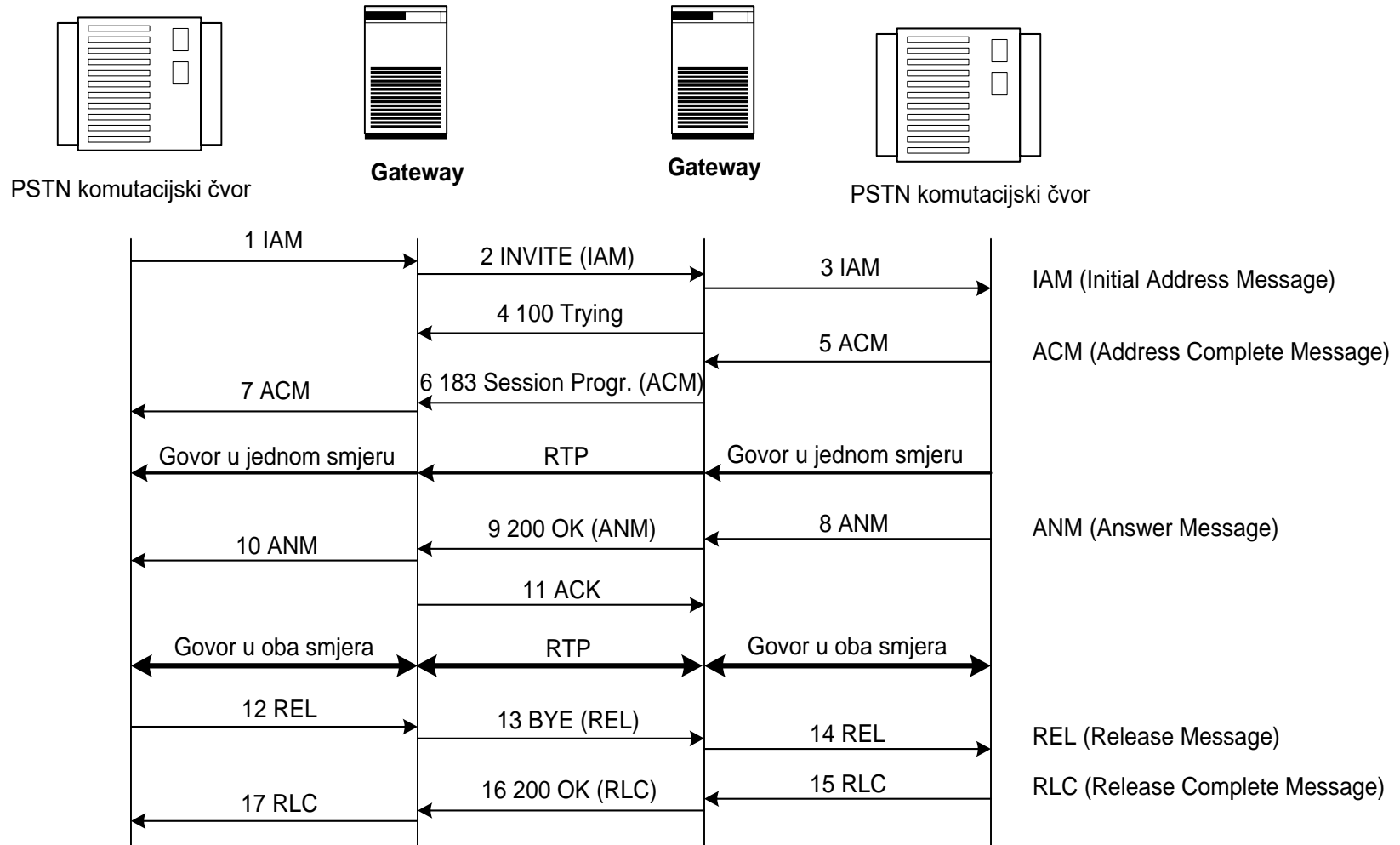
Zavod za telekomunikacije



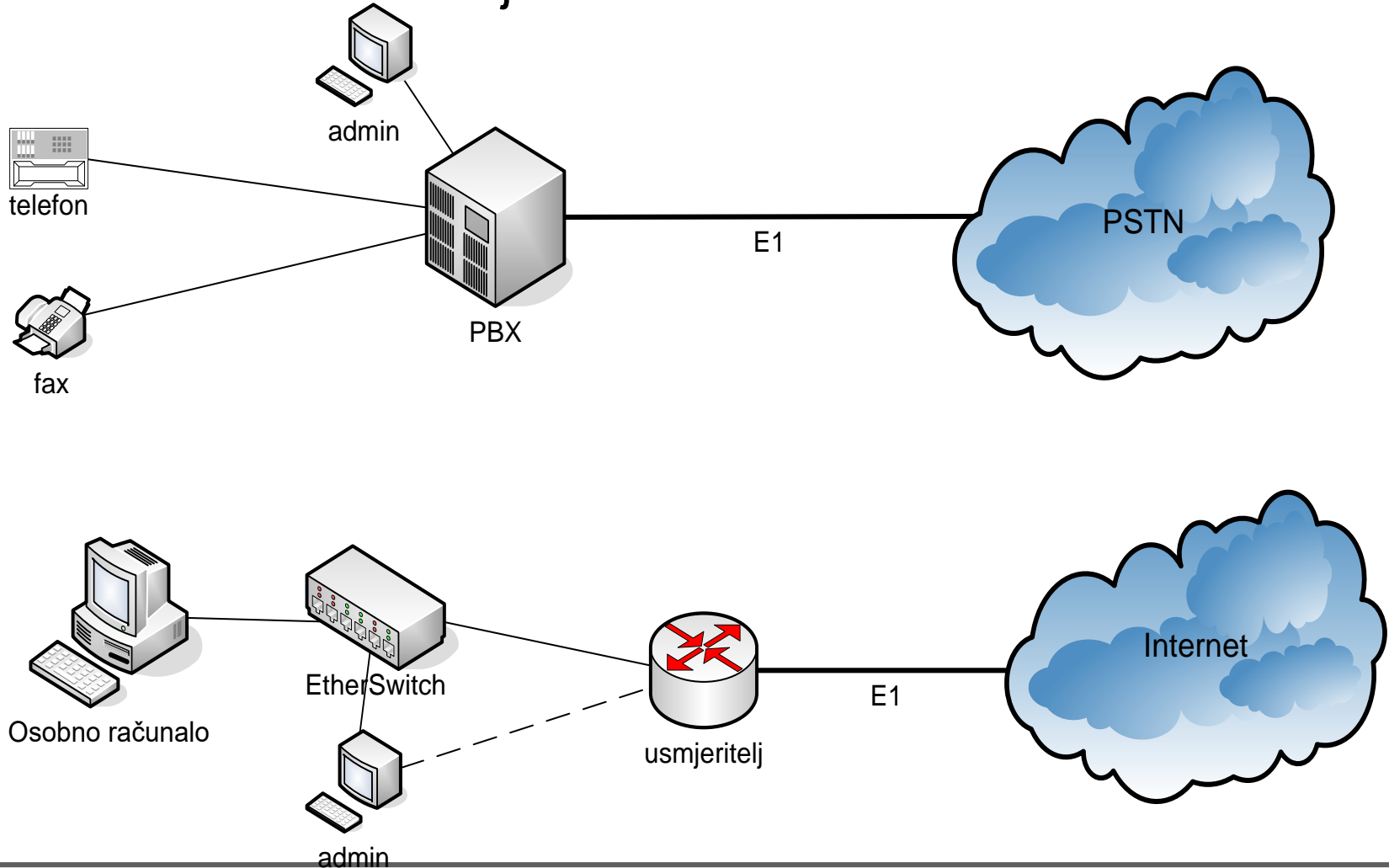
## ◆ Poziv SIP - PSTN



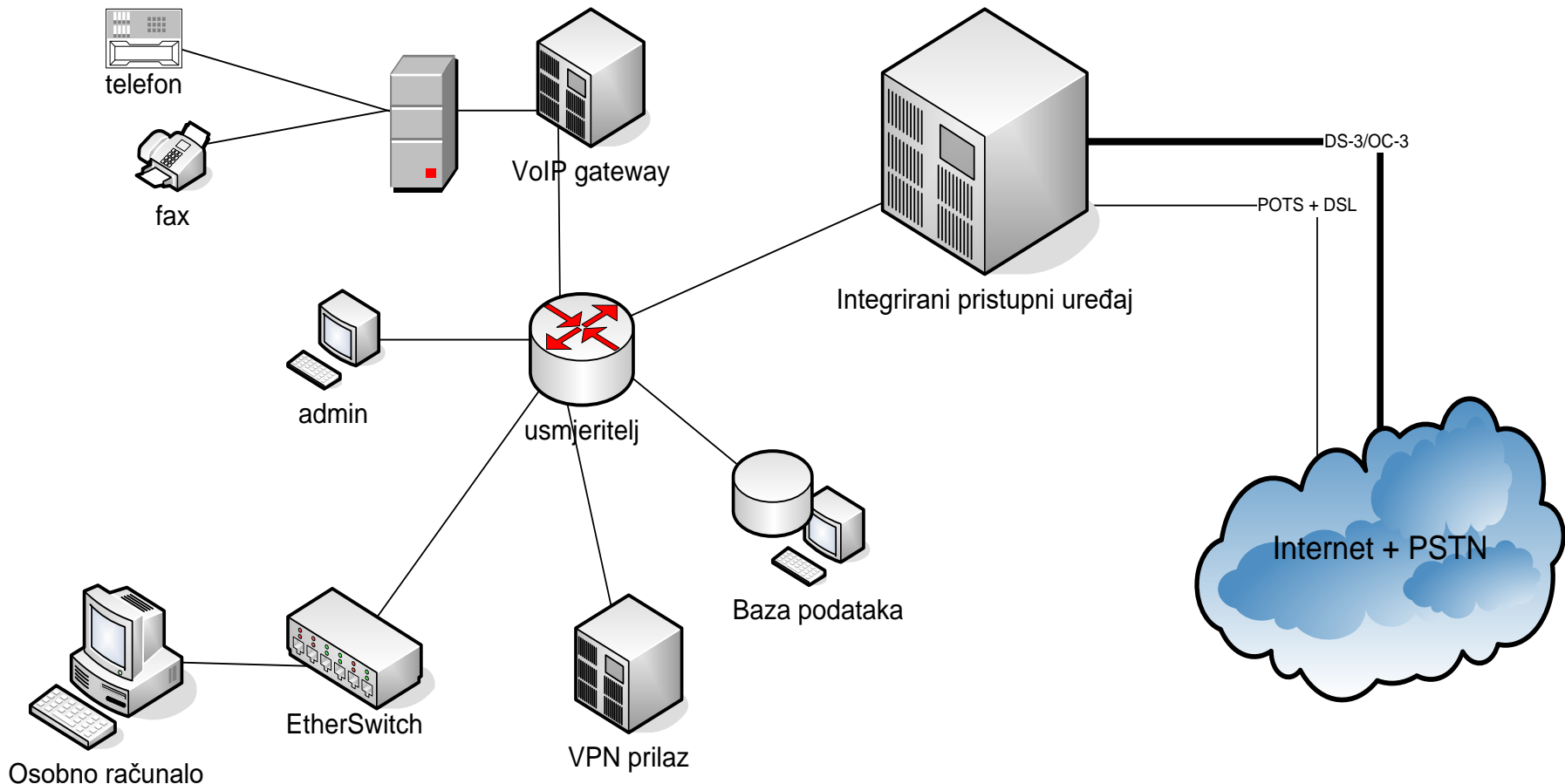
## ◆ Poziv PSTN – SIP - PSTN



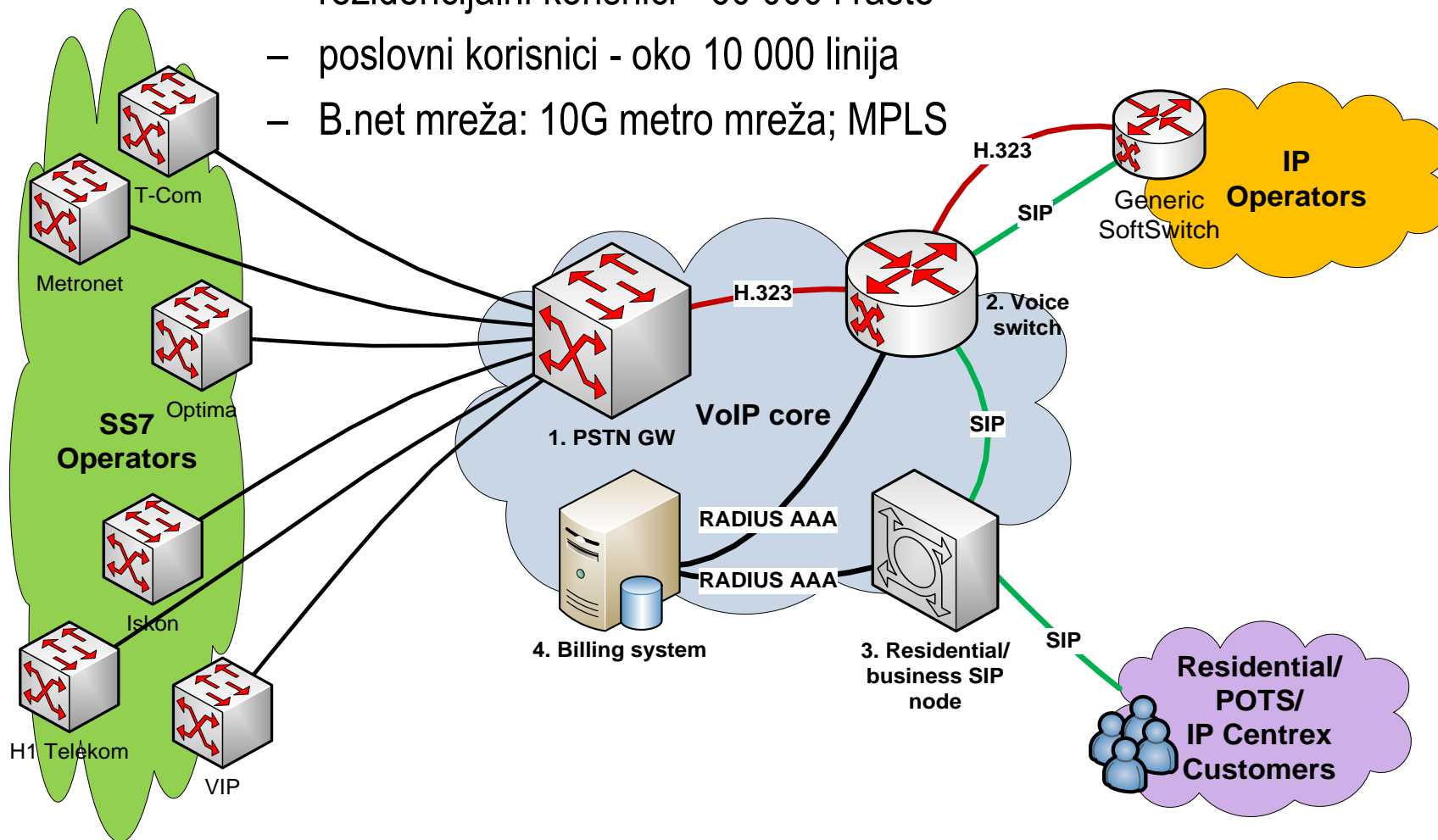
- Primjer poduzeća s odvojenim mrežama za govornu i podatkovnu komunikaciju



- Integracija govorne i podatkovne komunikacije u mreži poduzeća

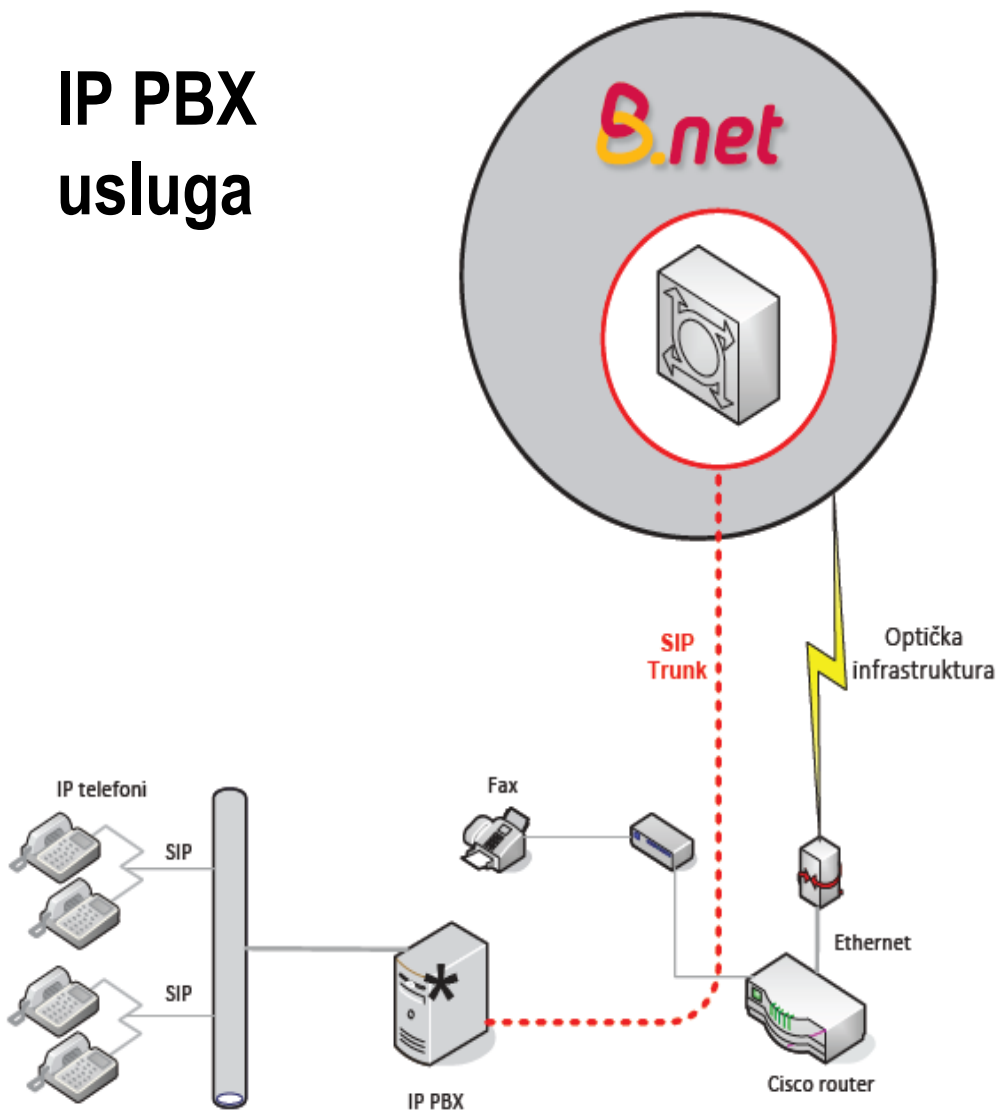


- Brojke (2011):
  - rezidencijalni korisnici - 60 000 i raste
  - poslovni korisnici - oko 10 000 linija
  - B.net mreža: 10G metro mreža; MPLS

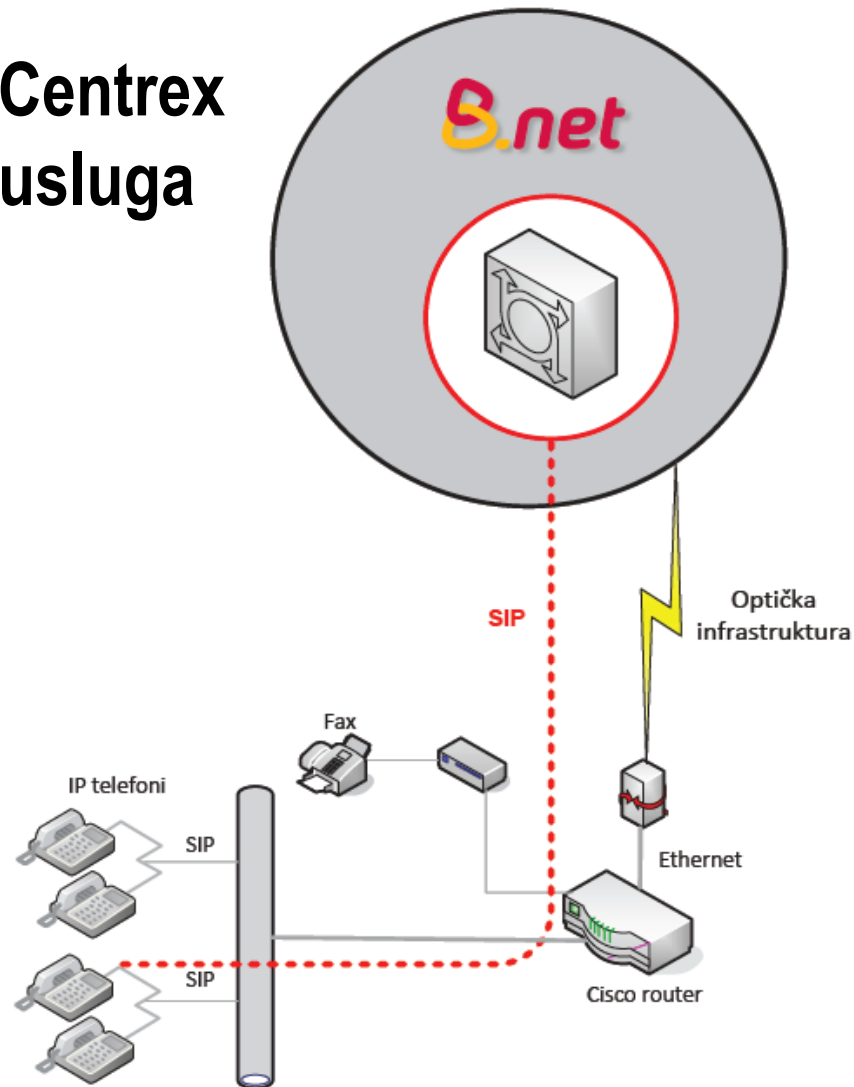




## IP PBX usluga



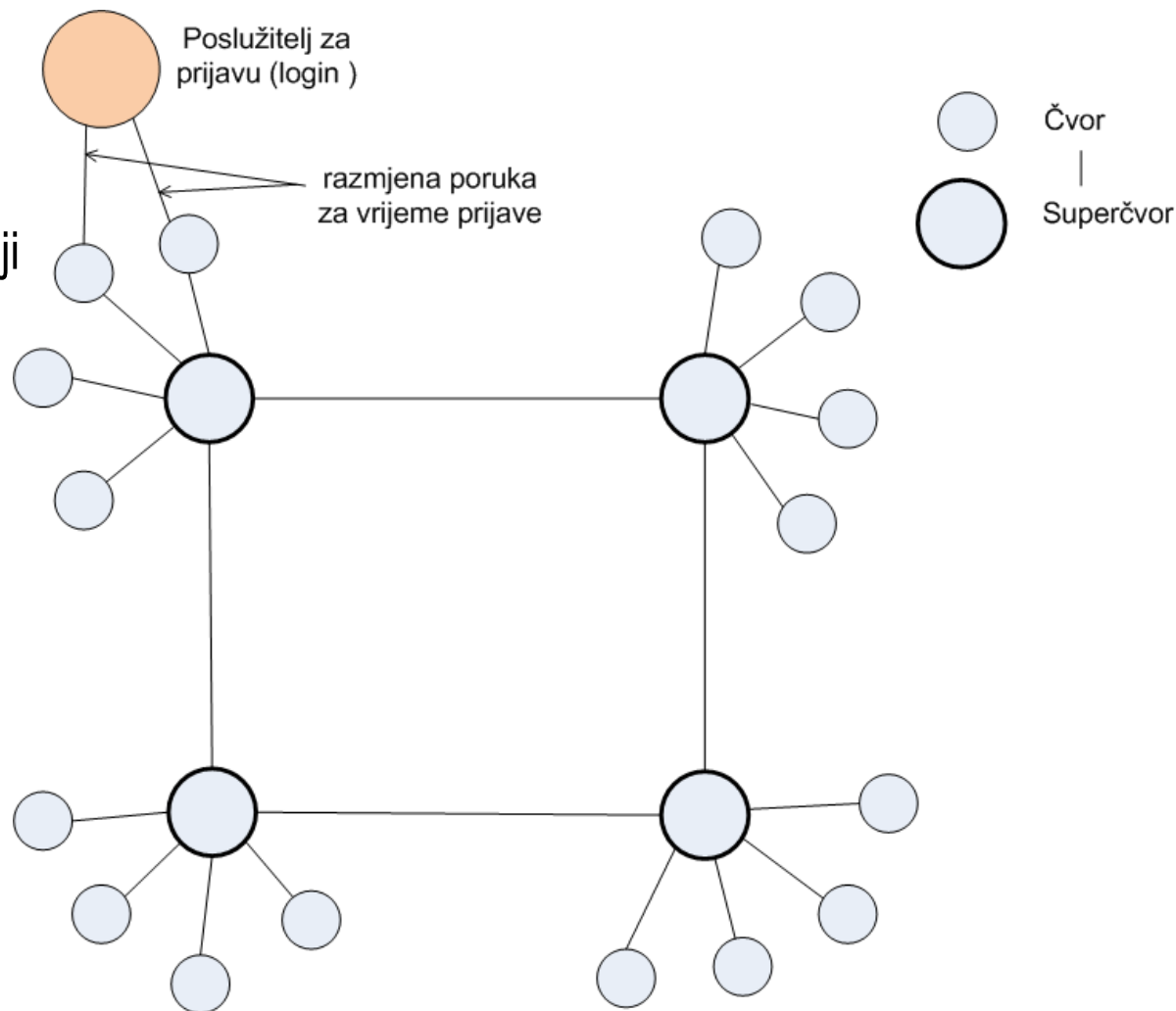
## Centrex usluga



izvor: [http://www.bnet.hr/cro/poslovni\\_korisnici/govorna\\_usluga](http://www.bnet.hr/cro/poslovni_korisnici/govorna_usluga)

# Primjer pružatelja VoIP usluga: Skype

- komunikacija zasnovana na mreži ravnopravnih entiteta (*peer-to-peer*)
- primjenjuje vlasnički protokol koji omogućuje govornu komunikaciju putem IP-a
- uz VoIP, nudi usluge videokonferencije, trenutno poručivanje, slanje datoteka
- pozive moguće ostvariti prema internetskim korisnicima, te na telefonske aparate u fiksnim i mobilnim mrežama



# Skype klijenti na raznim operacijskim sustavima



Zavod za telekomunikacije

Windows



Linux



Windows Mobile



iPhone



Blackberry



Android




- Pojmovi i terminologija
- **Arhitektura za VoIP zasnovana na protokolu SIP**
- Arhitektura za VoIP zasnovana na standardu H.323

- Protokol za opis sjednice (engl. **Session Description Protocol, SDP**)
  - obuhvaća propisani skup parametara koji služi za opis sjednice
  - standardni format za opis medija koji sudjeluju u sjednici, podataka o protokolima i formatima koji će se koristiti u sjednici i sl.
- Protokol za pokretanje sjednice (engl. **Session Initiation Protocol, SIP**)
  - služi za razmjenu podataka o sjednici
  - služi kao poziv određenom korisniku za sudjelovanje u sjednici

- Definiran od strane standardizacijskog tijela IETF (dokument: RFC 3261)
- SIP je protokol aplikacijskog sloja koji služi za pokretanje, promjenu i raskid *sjednice* s jednim ili više sudionika
- Primjeri sjednica:
  - pozivi u internetskoj telefoniji
  - distribucija višemedijskog sadržaja
  - višemedijska konferencija
- osnovna ideja: omogućiti pozivanje *osobe* u sjednicu putem *jedinstvene adrese* (neovisno o trenutnom položaju)  

[sip:]<user>@(<host>|<domain>)


- SIP koristi posredničke (*proxy*) poslužitelje za preusmjeravanje poziva prema trenutnom položaju pozivane osobe (o tome više kasnije)

- Određivanje lokacije krajnjeg korisnika
- Određivanje dostupnosti krajnjeg korisnika
- Određivanje parametara medija koji će se koristiti tijekom sjednice
- Uspostava sjednice
- Upravljanje sjednicom (promjene parametara, raskid)

- **SIP usluge**
  - Uspostava VoIP poziva
  - Uspostava višemedijskih konferencija
  - Obavijesti o događajima – usluga prisutnosti
  - Tekstualne poruke i trenutno poručivanje
- Usluge koje SIP pruža mogu se izvesti u sljedećim entitetima komunikacijskog puta:
  - poslužitelji - usluga se kreira i pruža korisniku u poslužiteljima na komunikacijskom putu
  - pozvani UA - usluga se kreira i pruža korisniku u pozvanom agentu
  - pozivajući UA - usluga se kreira i pruža korisniku u pozivajućem agentu



- Koristi URL (*Uniform Resource Locators*), te podržava podržava internetske i PSTN adrese

- Primjeri:

*sip:pero.peric@tel.fer.hr*

*sip:Pero <pero@tel.fer.hr>*

*sip:+1-385-1-6129-123@tel.fer.hr;user=phone*

*sip:pero@136.16.20.100:8001*

*sip:790-7360@pulver.com;phone-context=VNET*

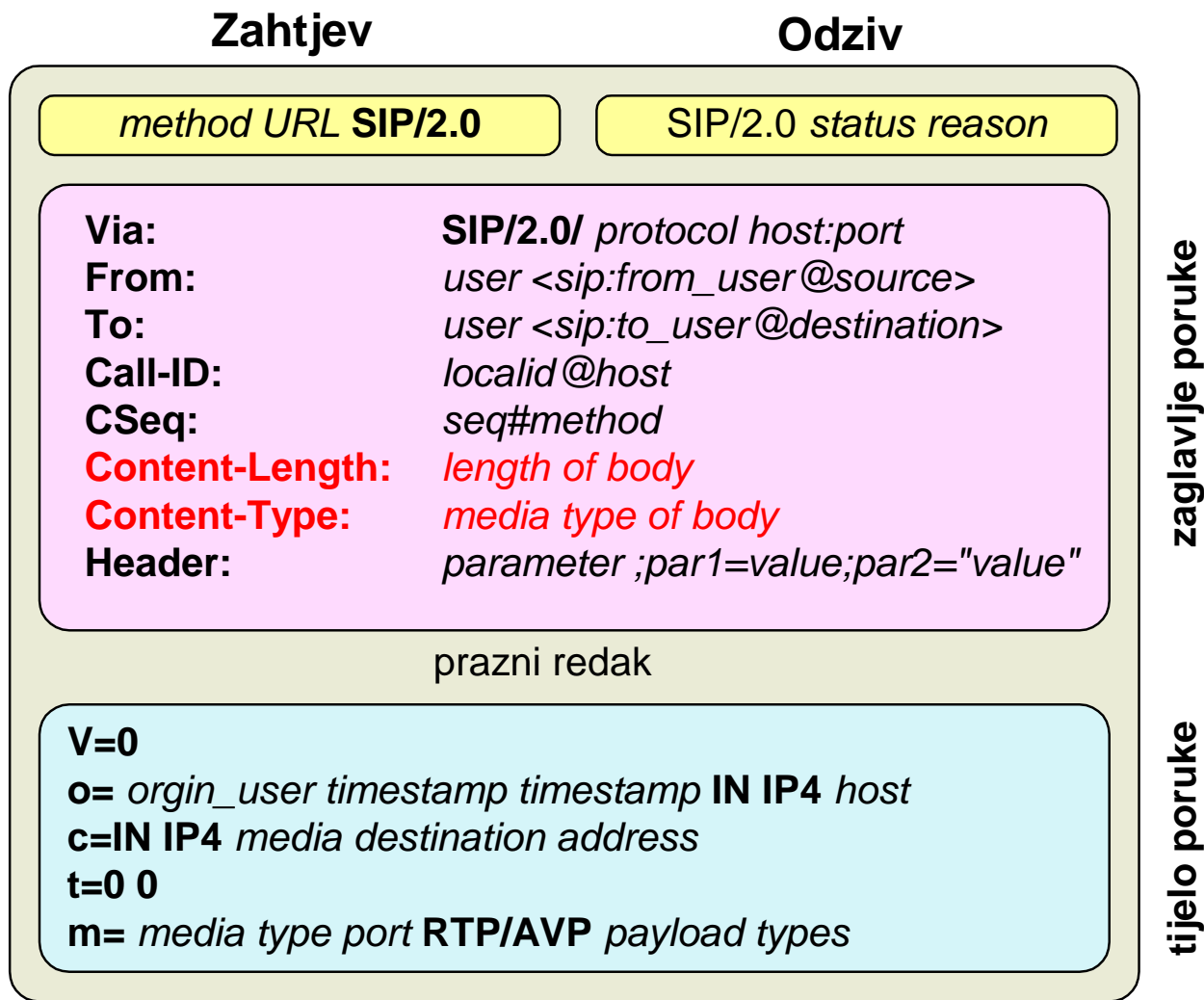
- Za siguran prijenos se može koristiti SIPS URI (koristi šifrirani transport: TLS preko TCP-a), npr: *sips:pero.peric@tel.fer.hr*

- format SIP poruke je tekstualni format (ISO10646 UTF-8)
- SIP poruke su slične porukama protokola HTTP i RTSP, osnovna podjela na **zahtjeve** (metode) i **odgovore** (statusni kod)
- zahtjevi i odgovori koriste generički oblik poruke:
  - početni redak, sadrži zahtjev ili statusni kod odgovora
  - jedno ili više zaglavlja
  - prazni redak za odvajanje zaglavlja poruke i opcionalnog tijela poruke
  - opcionalni dio poruke – npr. SDP opis sjednice
- za pozivanje korisnika u sjednicu, SIP koristi SDP za opis sjednice (SDP opis umeće se u SIP poruku)
- SIP je neovisan o transportnom protokolu i o vrsti sjednice

# Format SIP poruke (2/2)



Zavod za komunikacije



## ZAHTJEVI (METODE)

- INVITE
  - Poziv na sjednicu
- ACK
  - Potvrda, uspješan odgovor
- CANCEL
  - Opoziv zahtjeva
- BYE
  - Završetak poziva ili zahtjeva
- OPTIONS
  - Provjera mogućnosti primatelja
- REGISTER
  - Prijava trenutnog položaja korisnika

## ODGOVORI (STATUSNI KODOVI)

- 1xx: info o statusu poziva
  - npr. 180 "Ringing", 181 "Call is Being Forwarded"
- 2xx: uspješni ishod
  - npr. 200 "OK"
- 3xx: preusmjeravanje
  - npr. 301 "Moved Permanently", 302 "Moved Temporarily"
- 4xx: pogreška klijenta
  - npr. 404 "Not Found", 420 "Bad Extension", 486 "Busy Here"
- 5xx: pogreška poslužitelja
  - npr. 500 "Internal Server Error", 504 "Server Time Out"
- 6xx: globalna pogreška
  - npr. 603 "Decline", 604 "Does Not Exist Anywhere"

# Primjer: SIP zahtjev i SIP odgovor



Zavod za telekomunikacije

**INVITE** sip:ana@example.se **SIP/2.0**  
**Via:** SIP/2.0/UDP science.fiction.com  
;branch=z9hG4bKnashd  
**Max-Forwards:** 70  
**To:** Ana <sip:ana@example.se>  
**From:** Pero <sip:pp@fiction.com>; tag=123455  
**Call-ID:** 1234567890@science.fiction.com  
**CSeq:** 1 INVITE  
**Subject:** Rucak u gradu  
**Content-Type:** application/sdp

v=0 **SDP**  
o=  
s=  
c=IN IP4 128.2.3.1  
t=  
m=audio 5004 RTP/AVP 0 4  
a=rtpmap:0 PCMU/8000  
a=rtpmap:4 GSM/8000

**SIP/2.0 200 OK**  
**Via:** SIP/2.0/UDP sipppo.example.se  
;branch=z9hG4bKkljdrf  
**Via:** SIP/2.0/UDP science.fiction.com  
;branch=z9hG4bKnashd  
**From:** Pero <sip:pp@fiction.com> ; tag=123455  
**To:** Ana<sip:ana@example.se>; tag=5372908  
**Call-ID:** 1234567890@science.fiction.com  
**CSeq:** 1 INVITE  
**Subject:** Rucak u gradu  
**Content-Type:** application/sdp

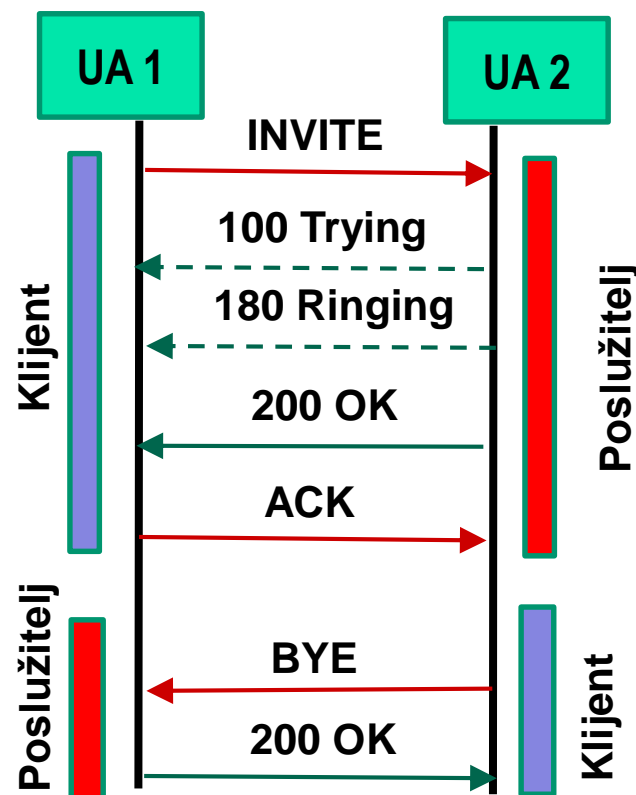
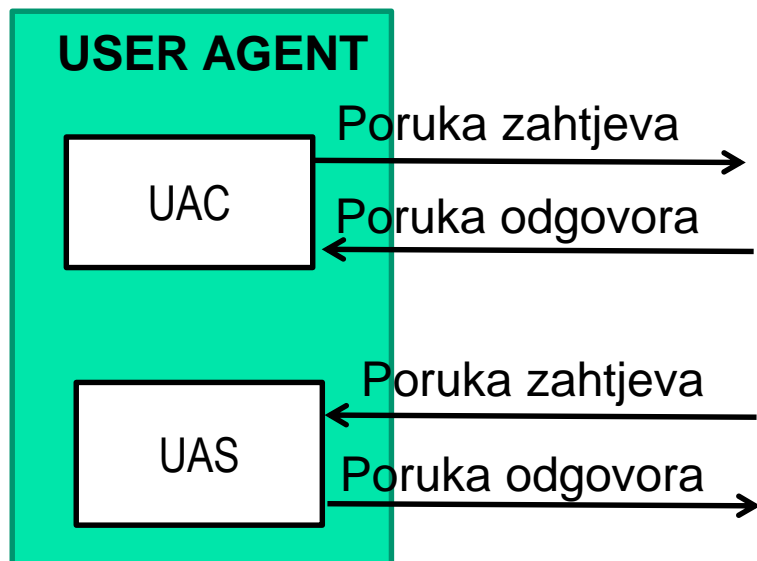
v=0 **SDP**  
o=  
s=  
c=IN IP4 16.2.3.1  
t=  
m=audio 6004 RTP/AVP 0  
a=rtpmap:0 PCMU/8000

# SIP mrežni entiteti (1/2)



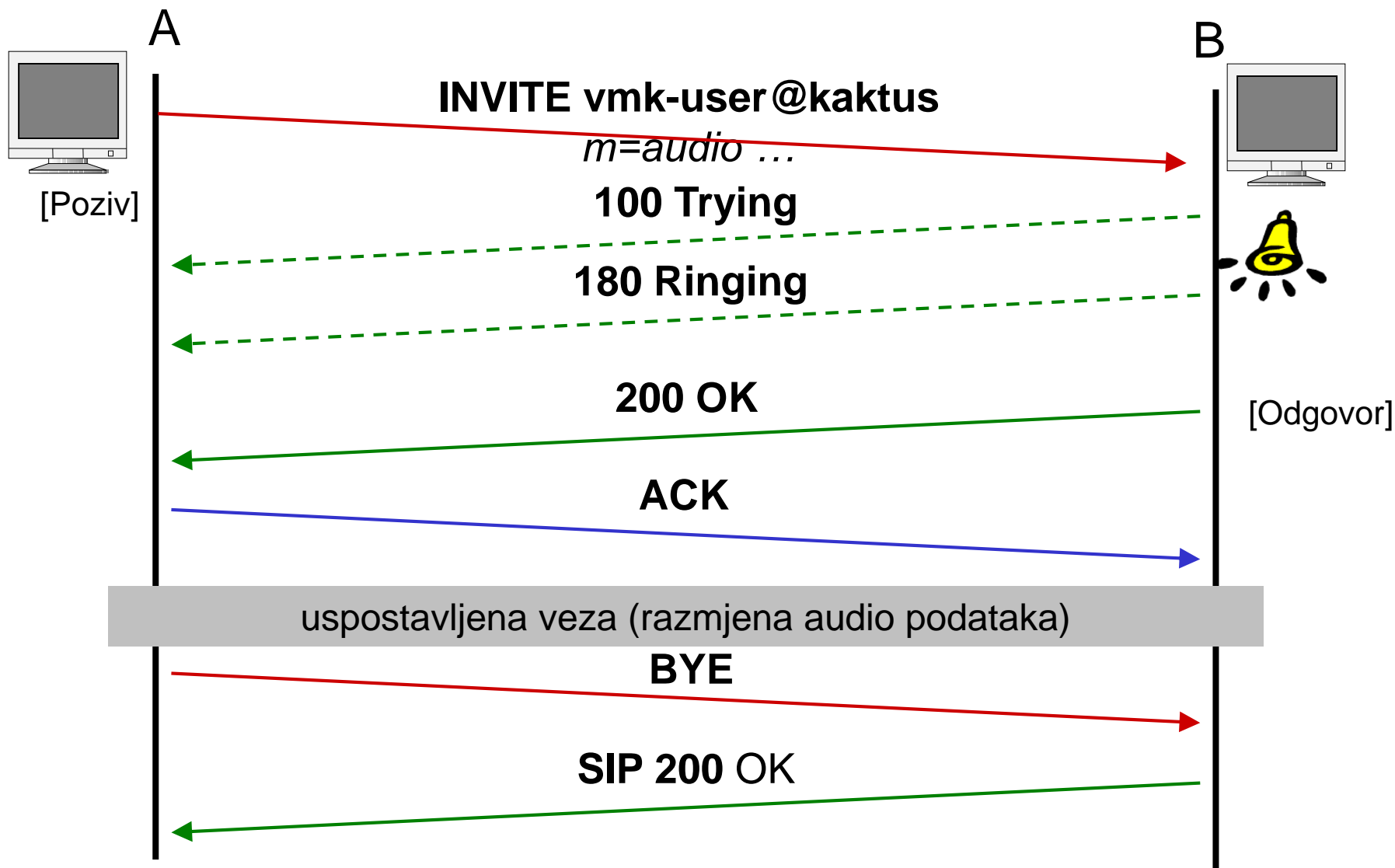
Zavod za telekomunikacije

- **SIP klijent**, odnosno **korisnički agent** (engl. *User Agent*, UA)
  - krajnja točka koja koristi SIP za uspostavu i raskid sjednica
  - nalazi se na korisničkim uređajima uglavnom u obliku aplikacija
  - dijeli se na klijentski UA (engl. *UA Client*, UAC) i poslužiteljski UA (engl. *UA Server*, UAS)



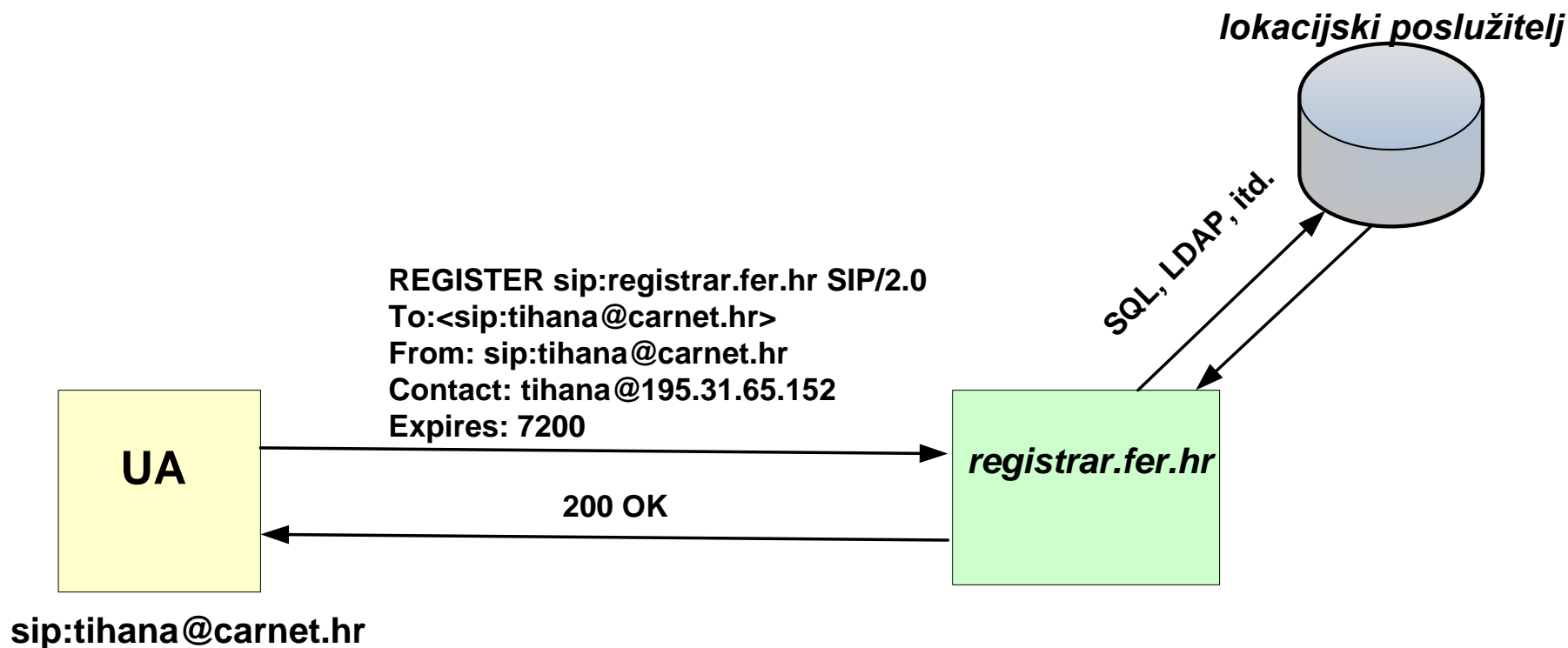
- **SIP poslužitelji:**
  - **Posrednički poslužitelj** (engl. *Proxy server*) - usmjerava zahtjeve (i odgovore) do trenutnog položaja korisnika (korisničkih agenata) koristeći podatke iz Registra
  - **Poslužitelj preusmjerenja** (engl. *Redirect server*) - prima odgovarajuće zahtjeve; odgovara s popisom svih mogućih adresa korisnika (na temelju podataka iz Registra ili Lokacijskog poslužitelja)
  - **Registar** (engl. *Registrar*) - entitet kojem korisnički agenti prijavljuju trenutni položaj (trenutnu IP adresu) s ciljem ispravnog usmjerenja zahtjeva
  - **Lokacijski poslužitelj** (engl. *Location Server*): čuva podatke o trenutnoj lokaciji korisničkog agenta

# Primjer izravnog poziva





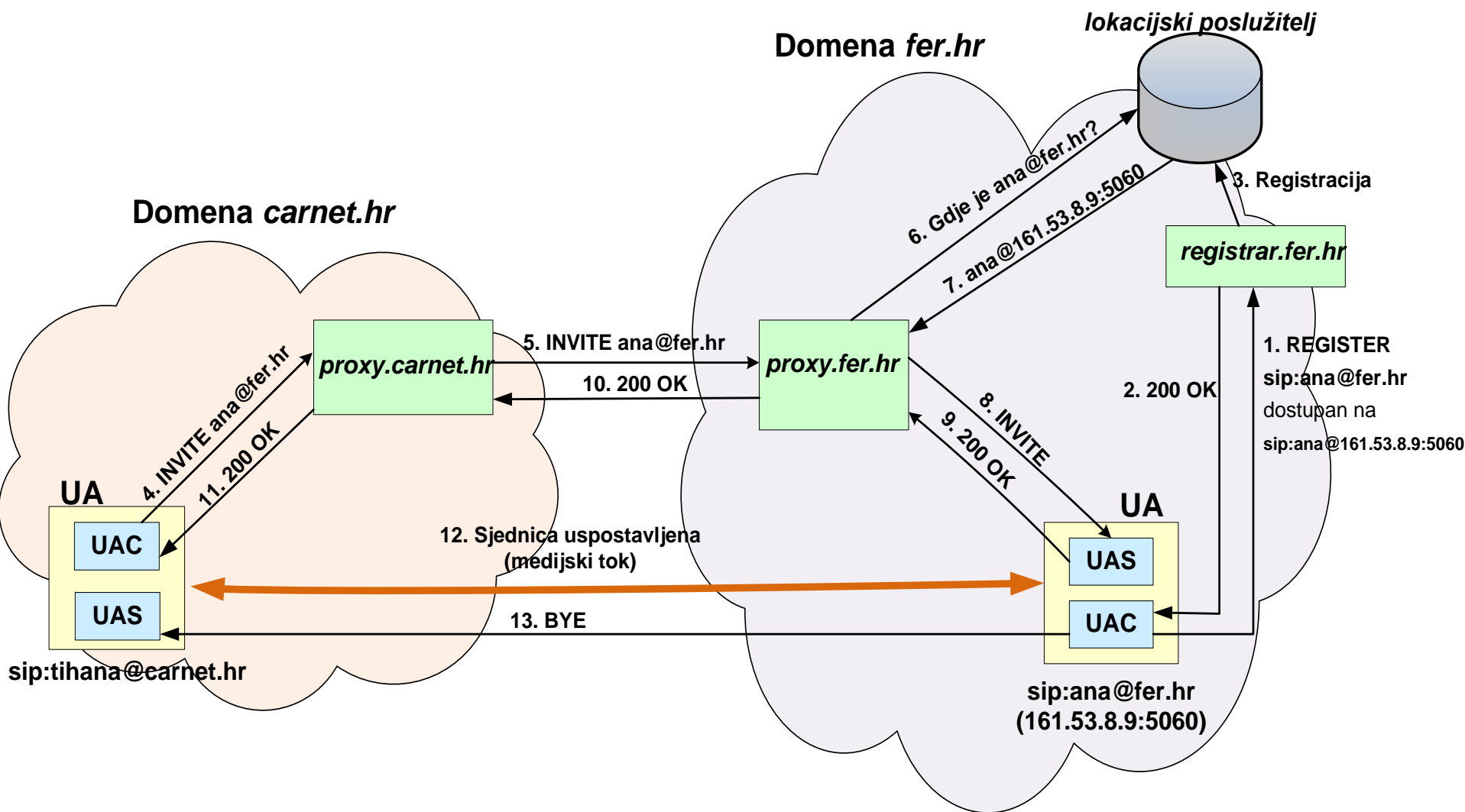
- Korisnički agent obavještava mrežu o svojoj lokaciji
- Zahtjev se šalje i proslijeđuje dok ne dođe do nadležnog poslužitelja za registraciju u domeni



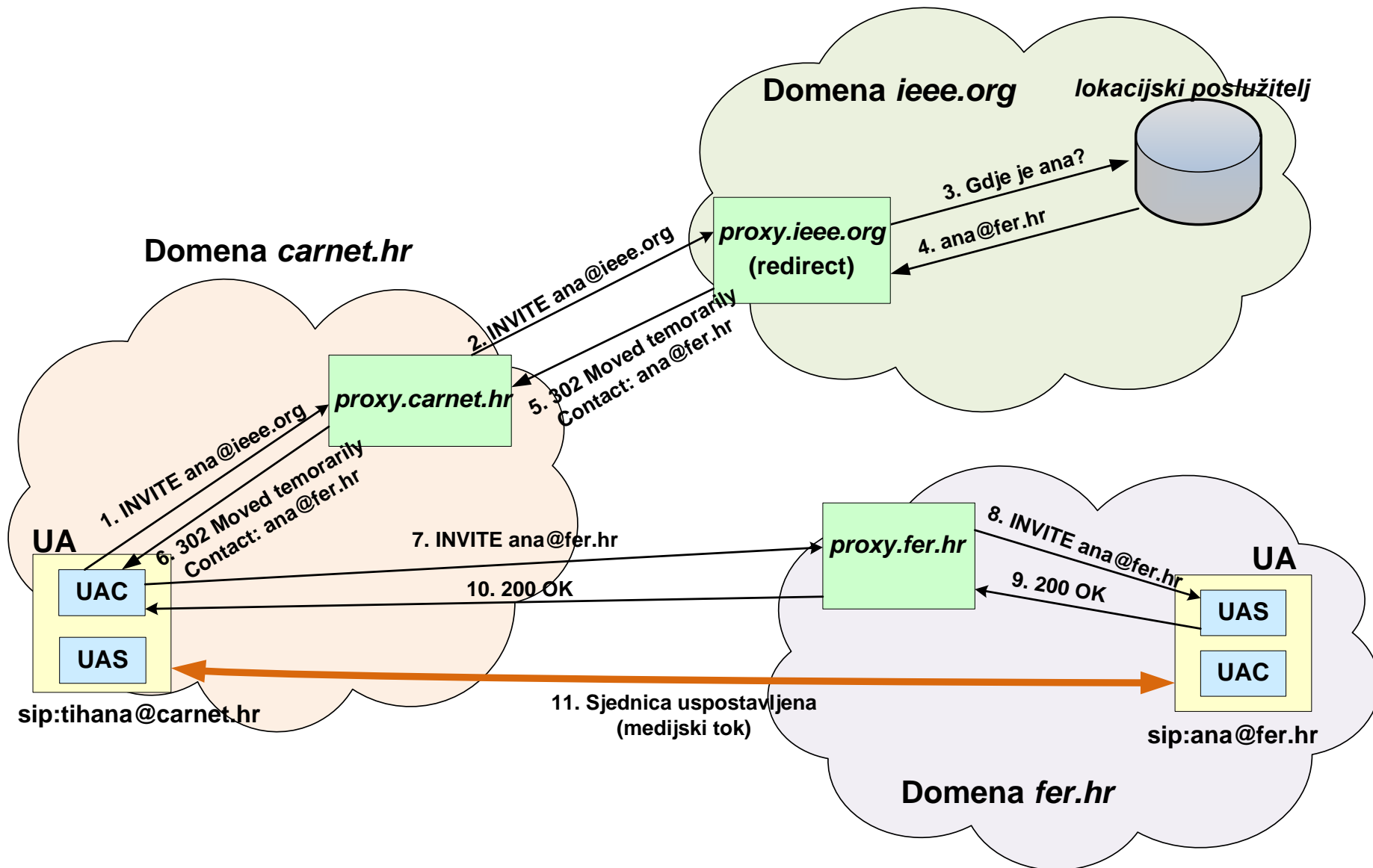
# Primjer poziva preko posredničkih poslužitelja



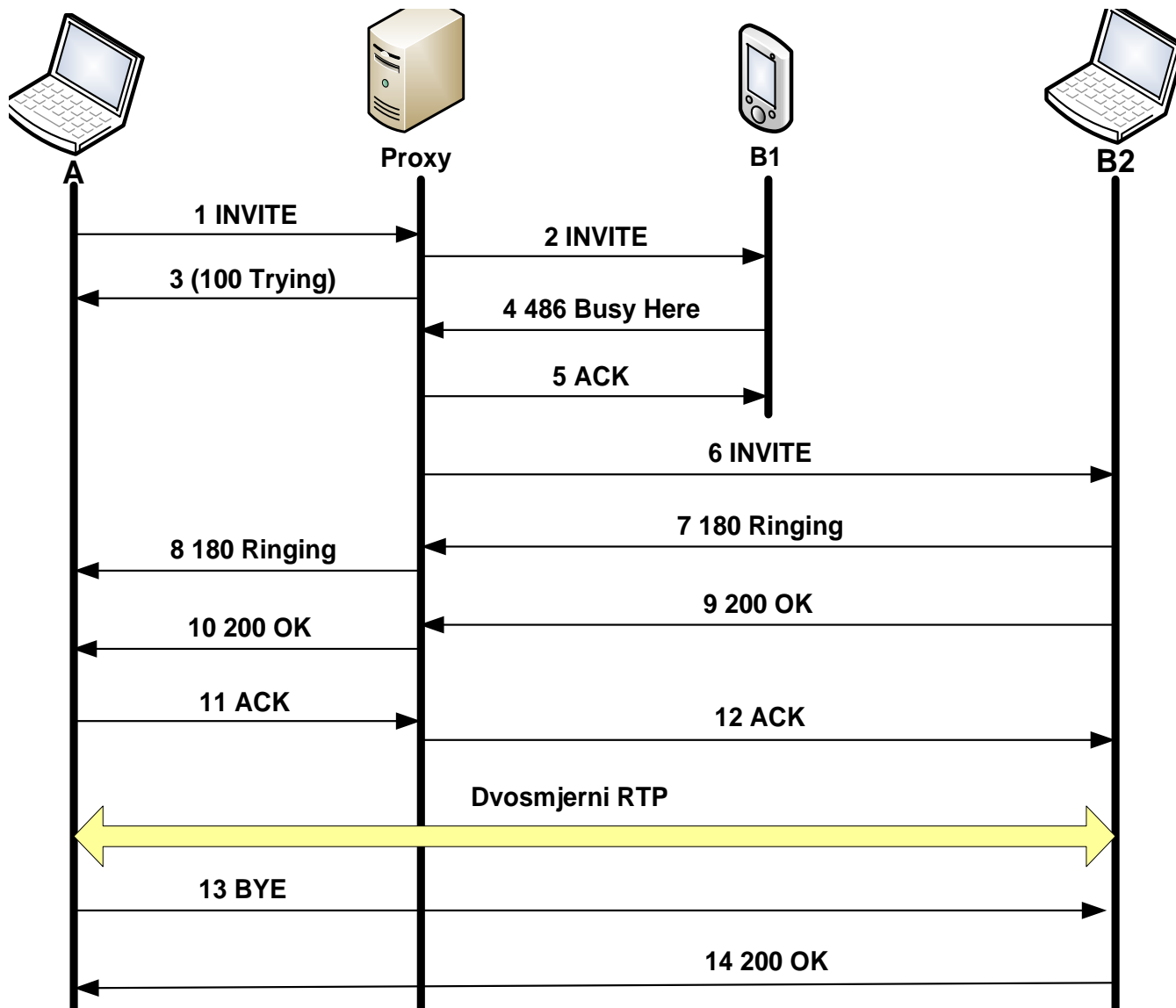
Zavod za telekomunikacije



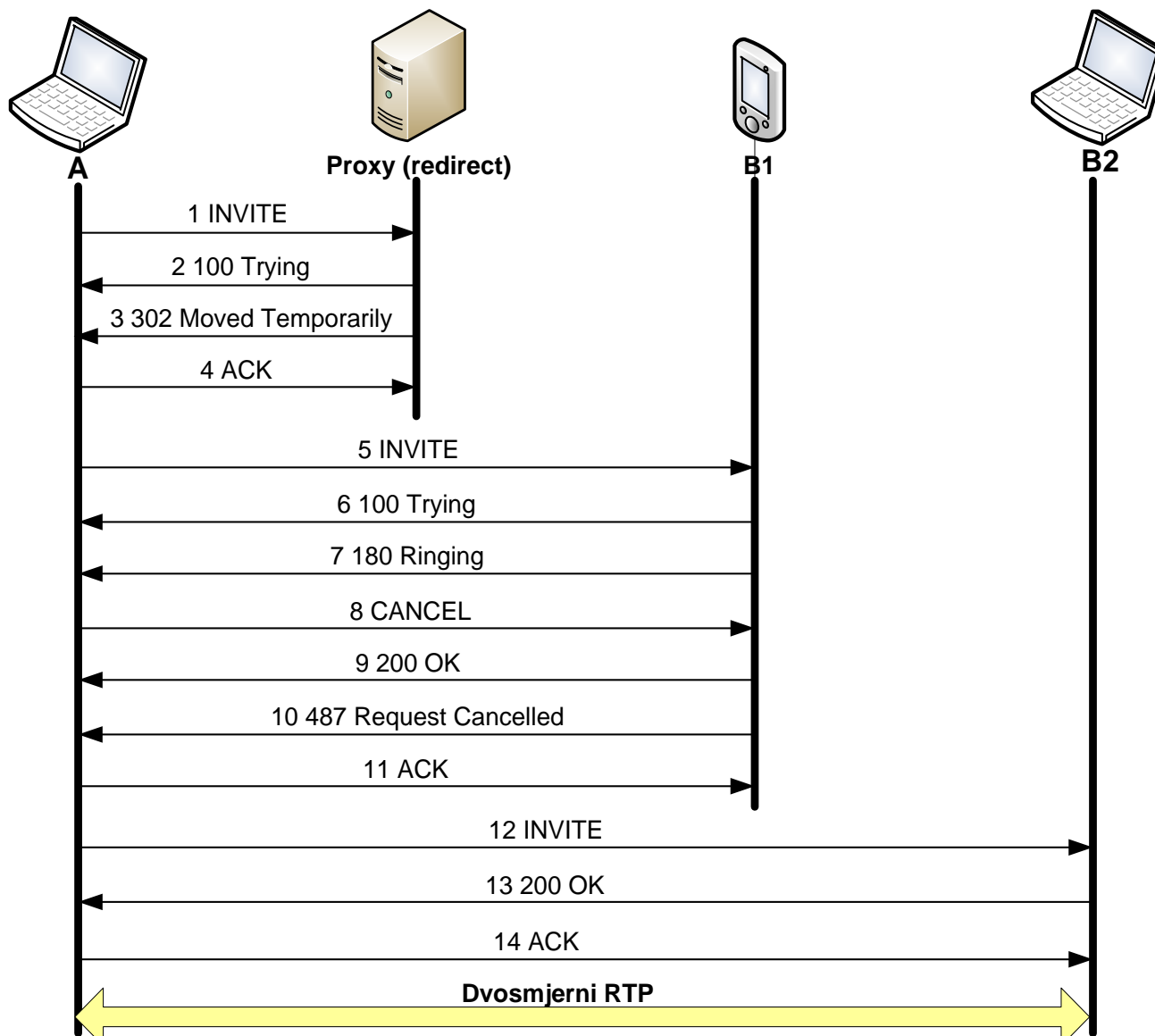
# Primjer preusmjeravanja poziva



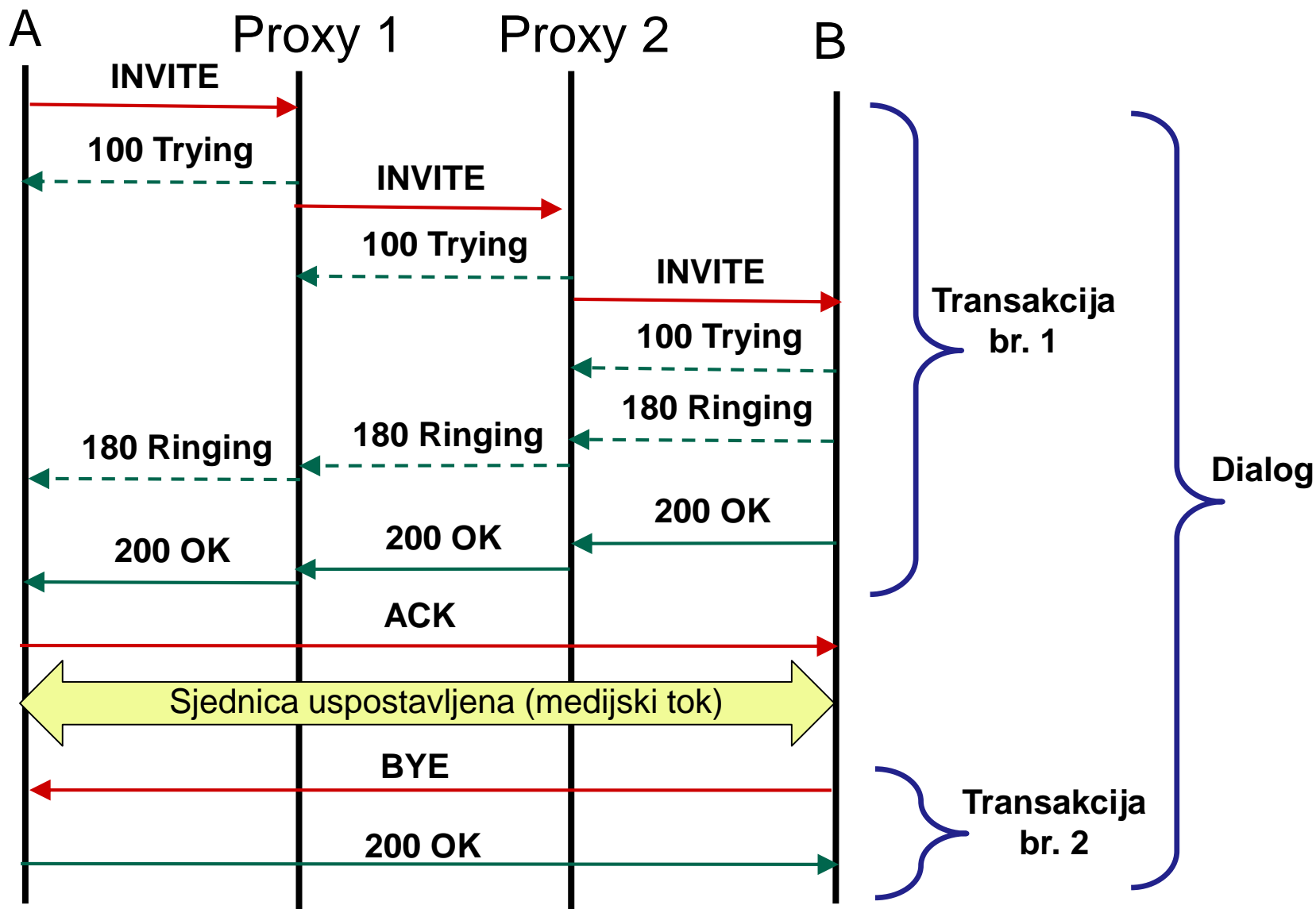
# Preusmjeravanje kod zauzeća



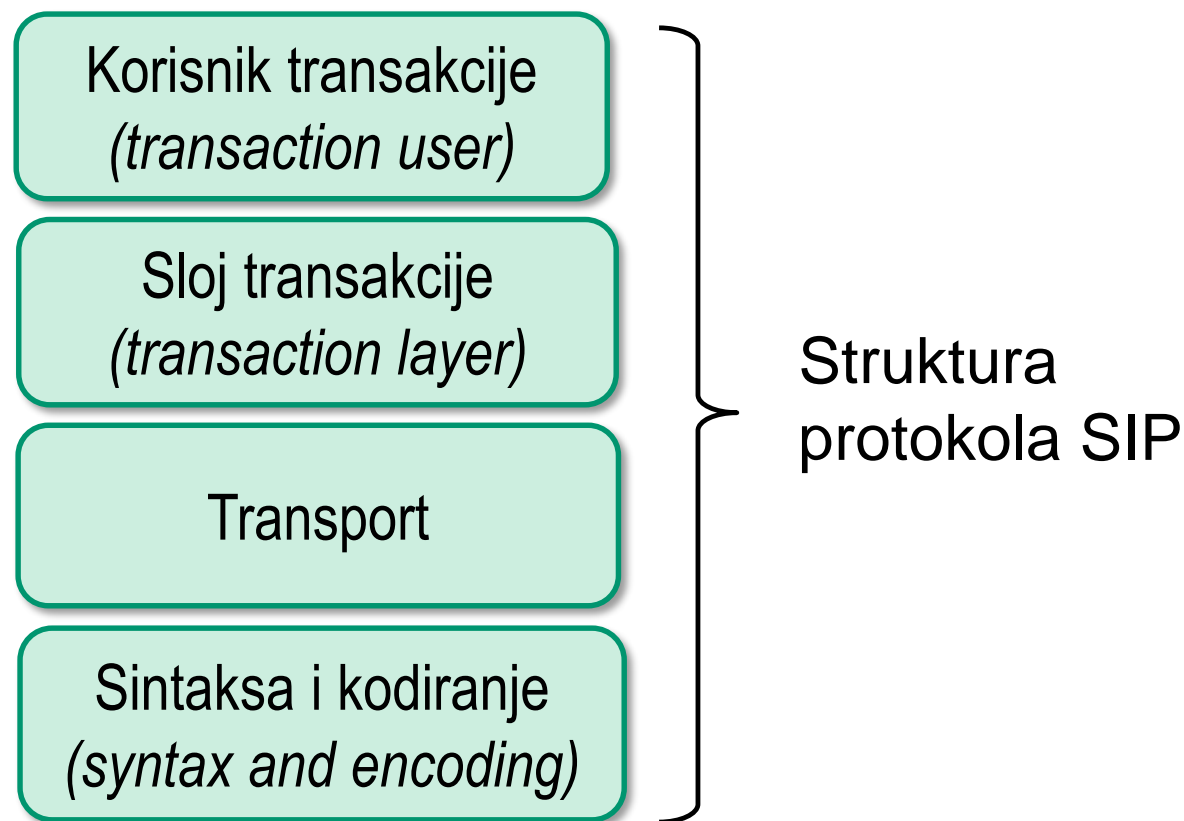
# Preusmjeravanje kad nema odziva



# SIP transakcije i dialozi (1/2)



- Posrednički poslužitelji mogu čuvati stanje (*stateful*) ili biti bez stanja (*stateless*)
  - **Dialog stateful**: čuva stanje dialoga od inicijalnog zahtjeva (INVITE) do terminirajućeg zahtjeva (BYE)
  - **Transaction stateful**: za vrijeme trajanja transakcije čuva stanje transakcije
  - **Stateless**: nema stanja transakcije prilikom prosljeđivanja zahtjeva i odgovora
- U slučaju grananja poziva (*forking*) – stvara se više dialoga

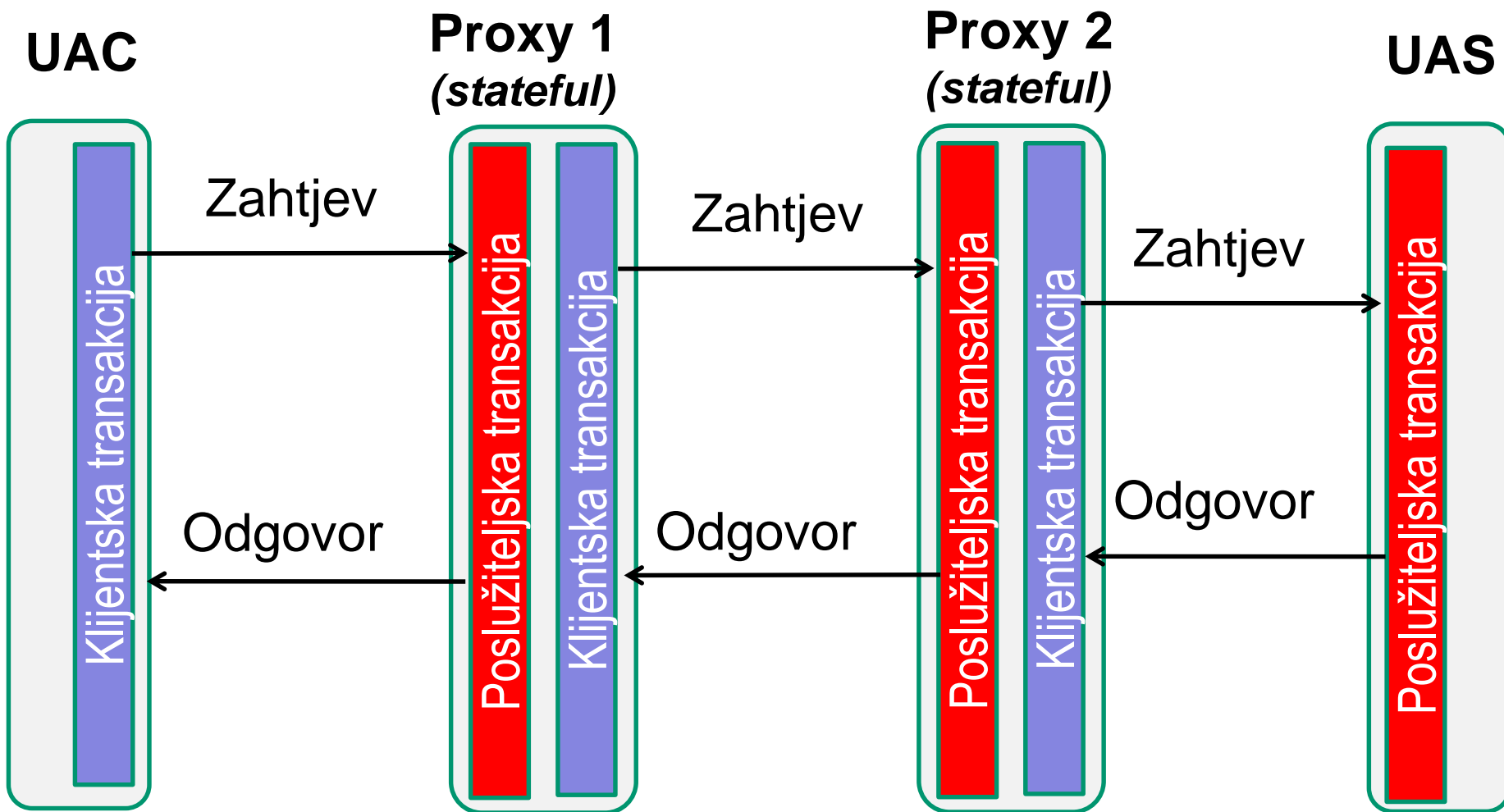




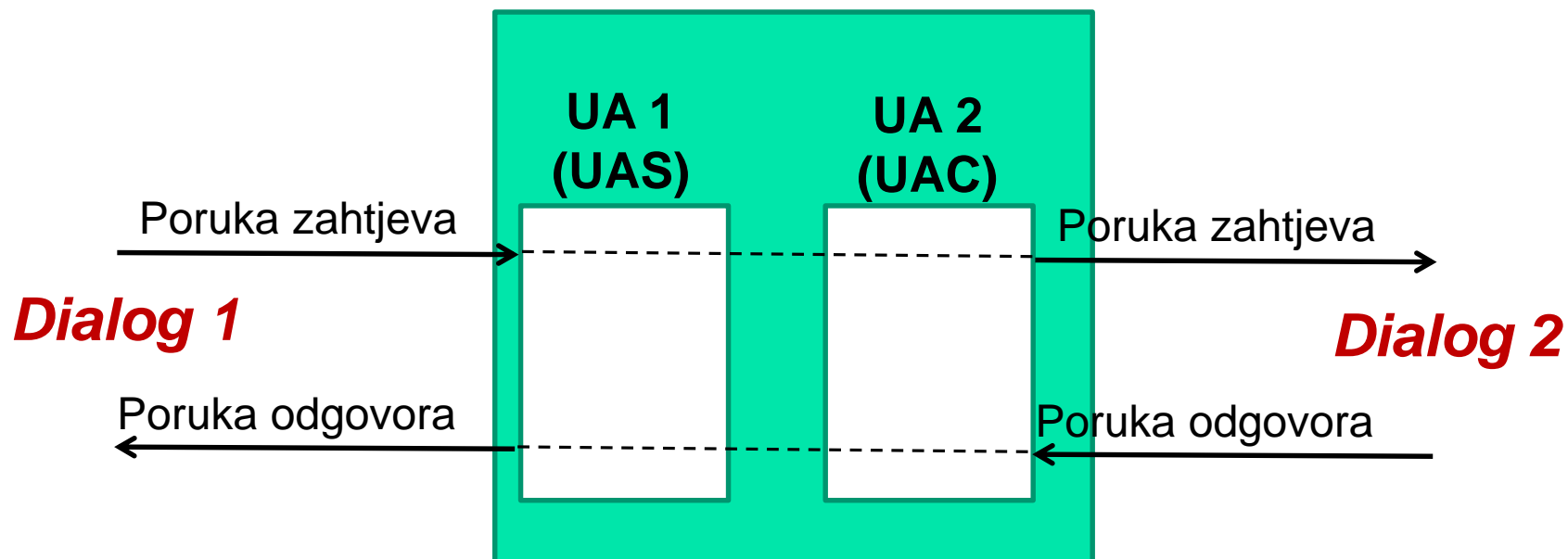
# Klijentske i poslužiteljske transakcije



Zavod za telekomunikacije



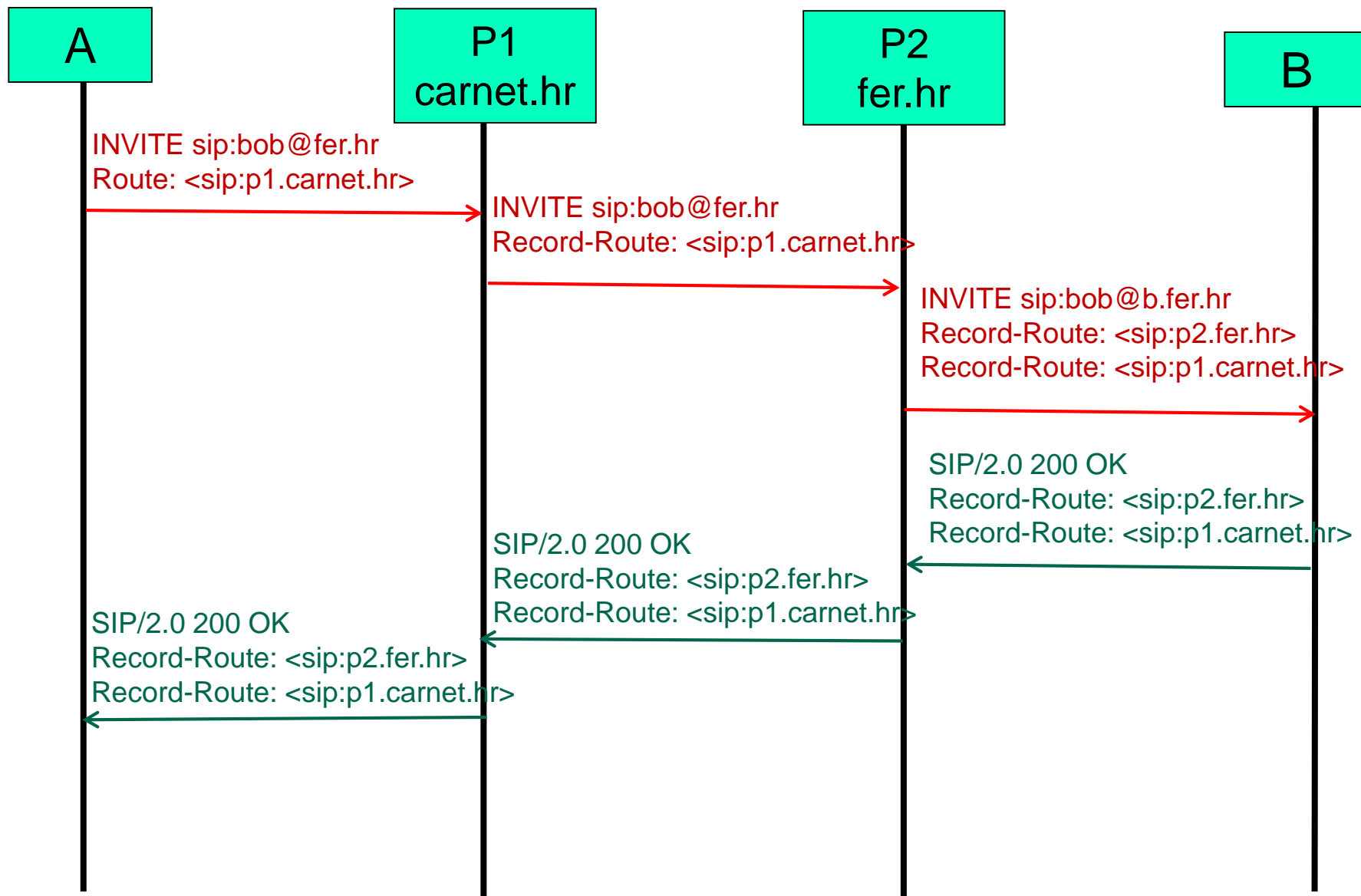
## Posrednički poslužitelj (B2BUA)



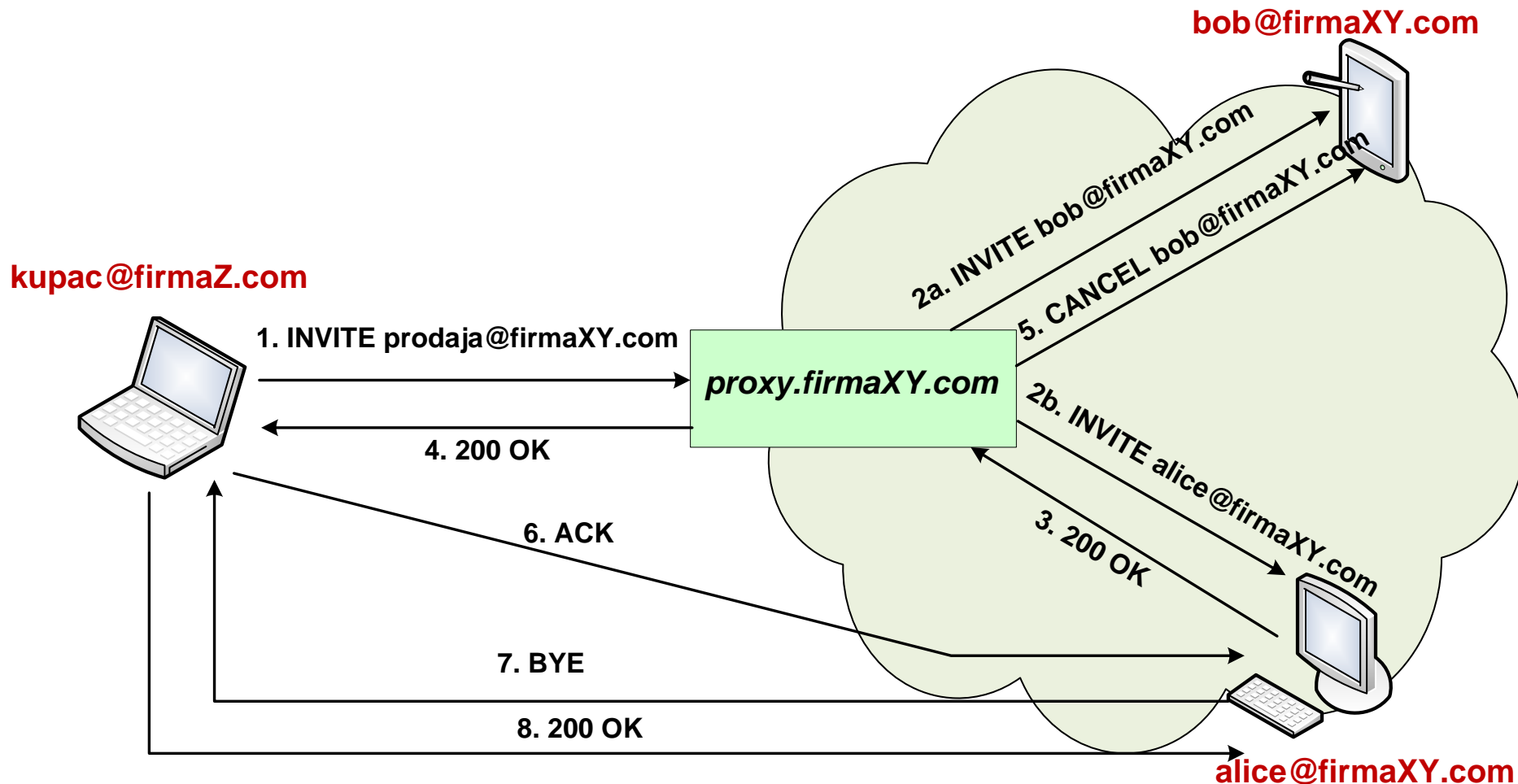
# Bilježenje rute (Record-Route)



Zavod za telekomunikacije



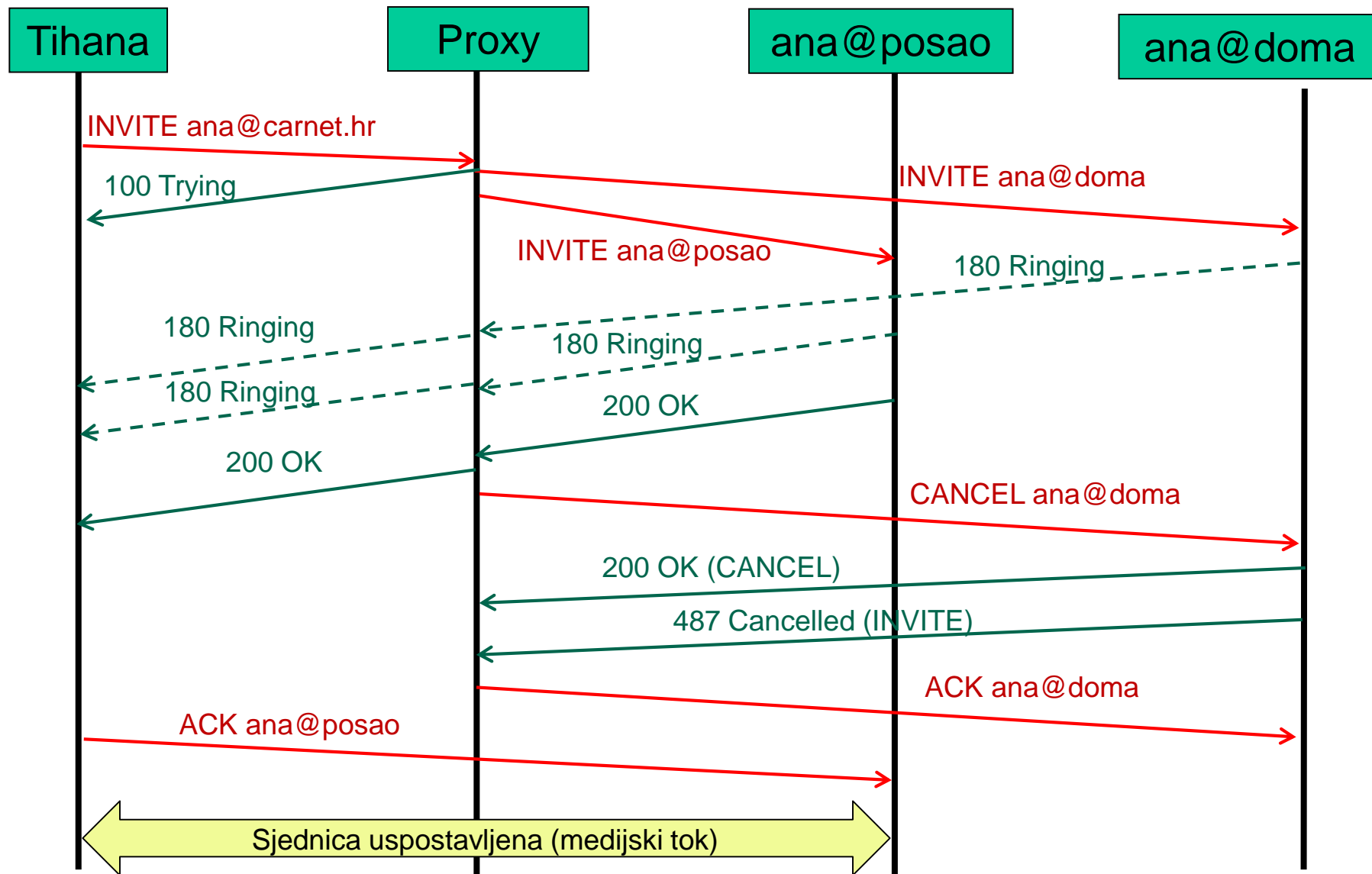
# SIP grananje zahtjeva (engl. *request forking*)



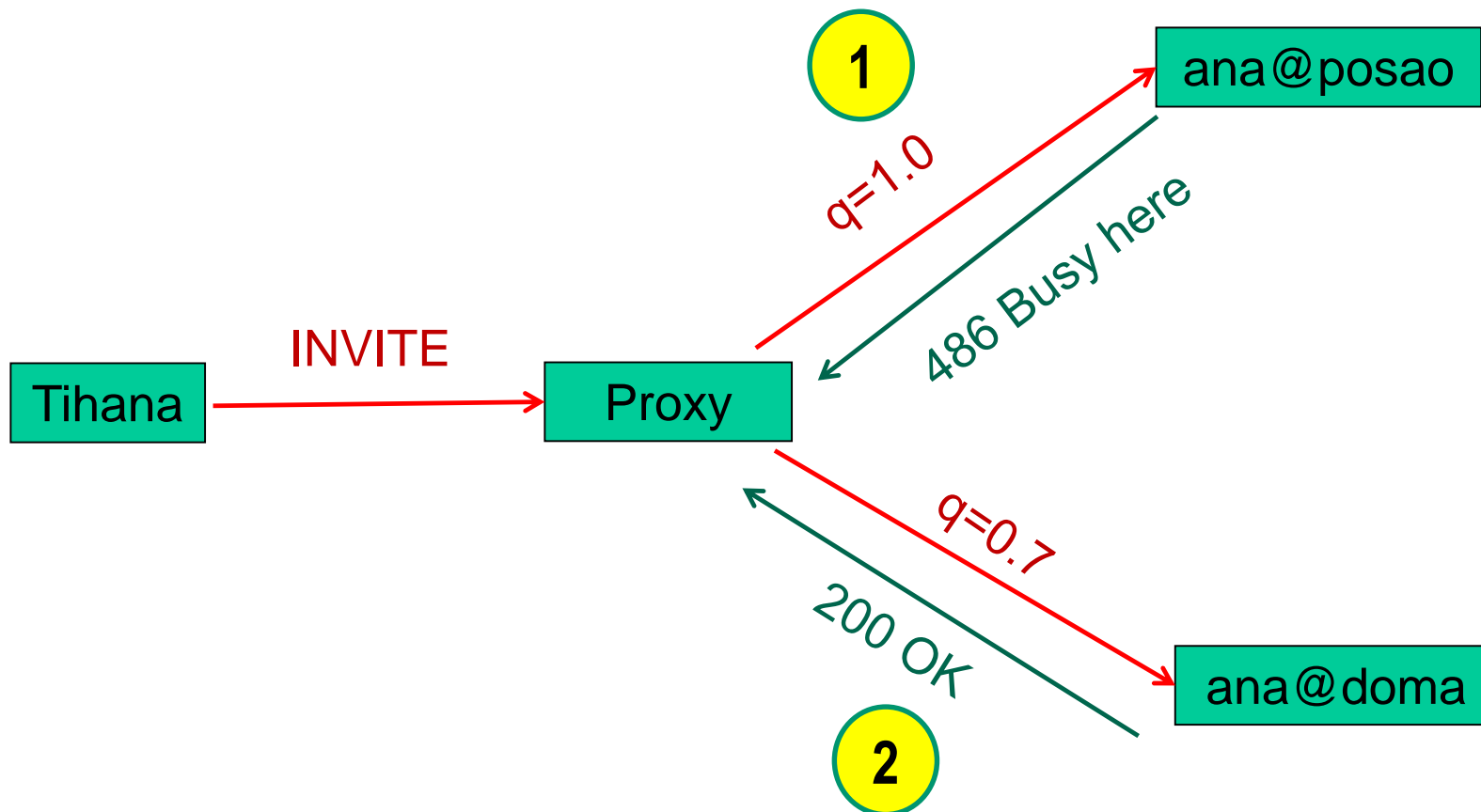
# Paralelno grananje zahtjeva



Zavod za telekomunikacije



# Sekvencijalno grananje zahtjeva

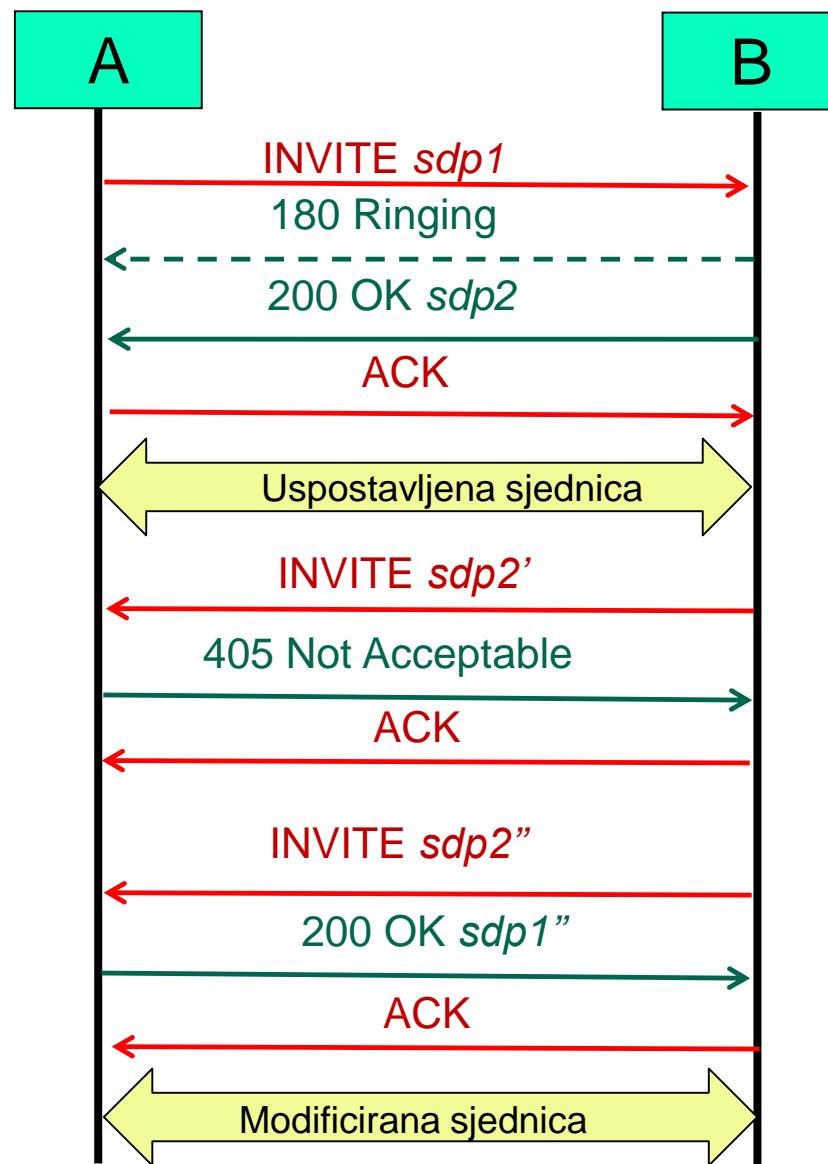


# Modifikacija postojeće sjednice

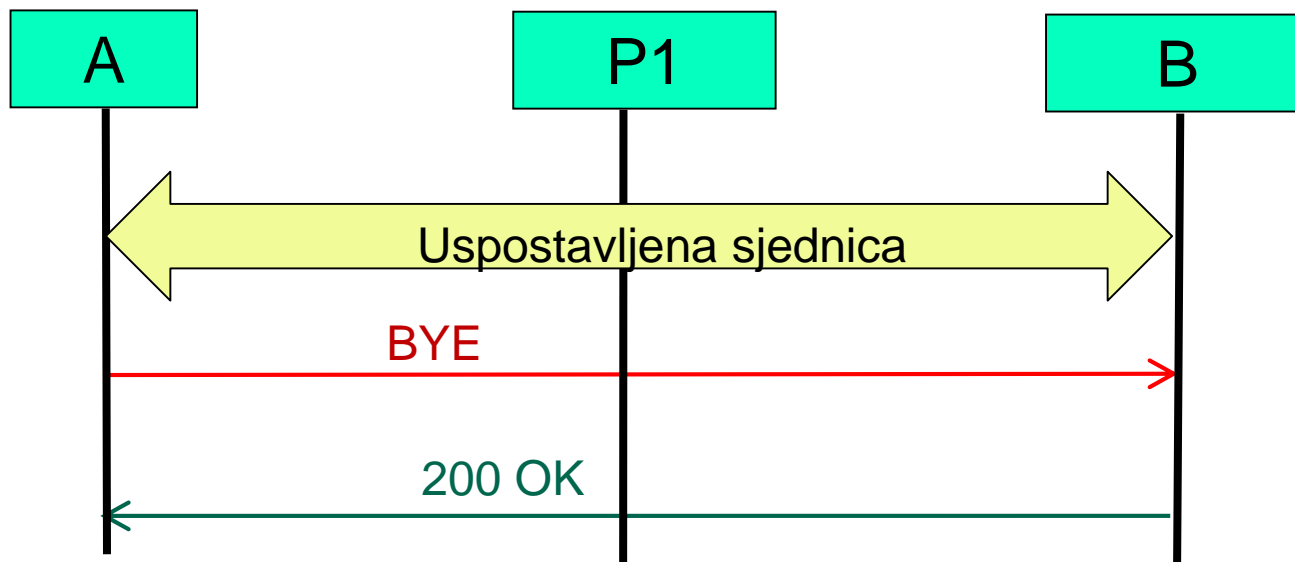


Zavod za telekomunikacije

- šalje se **re-INVITE** s novim opisom sjednice (novi SDP)
- referencira se postojeći dialog
- ukoliko pozvani korisnik ne prihvaća promjene, parametri sjednice ostaju nepromijenjeni

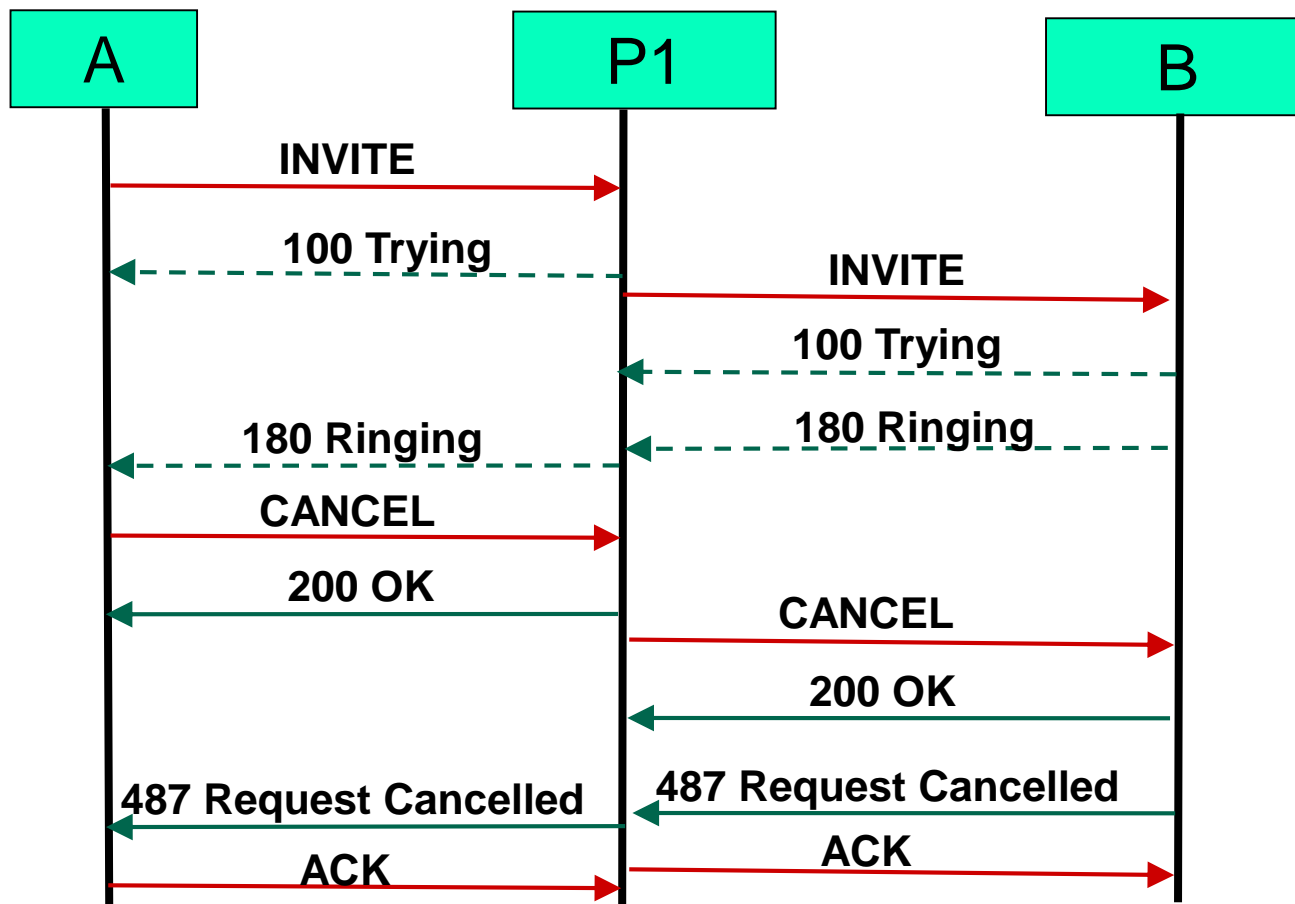


- Raskid sjednice: jedan od korisničkih agenata šalje zahtjev **BYE** nakon što je sjednica uspostavljena; zahtjev **s kraja na kraj**





- Prekid sjednice: iniciran od korisničkih agenata ili posredničkog poslužitelja; šalje se zahtjev **CANCEL** tijekom uspostave sjednice; zahtjev **od točke do točke**

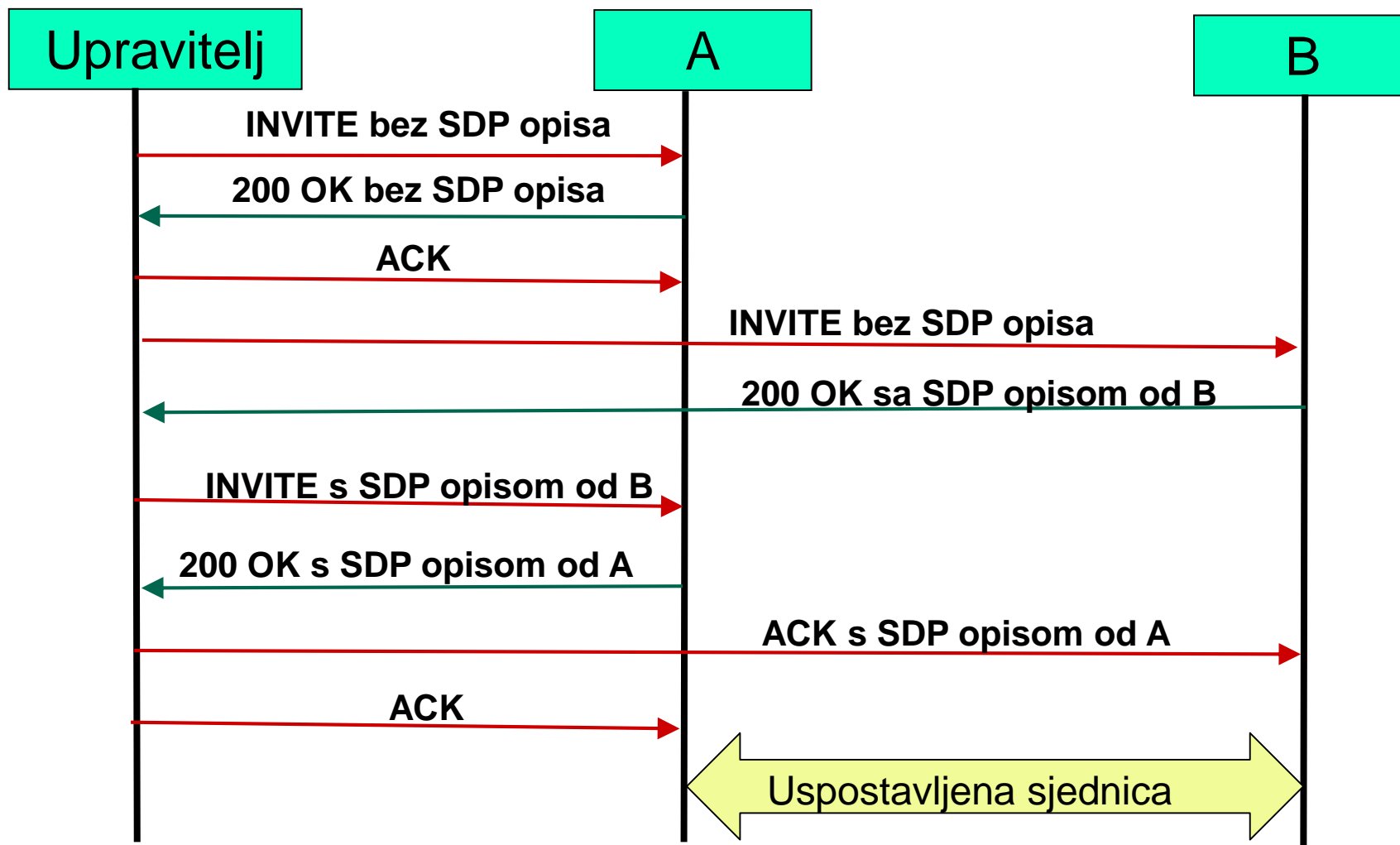


# Upravljanje pozivom od treće strane



Zavod za telekomunikacije

- Engl.: *Third Party Call Control (3PCC)*

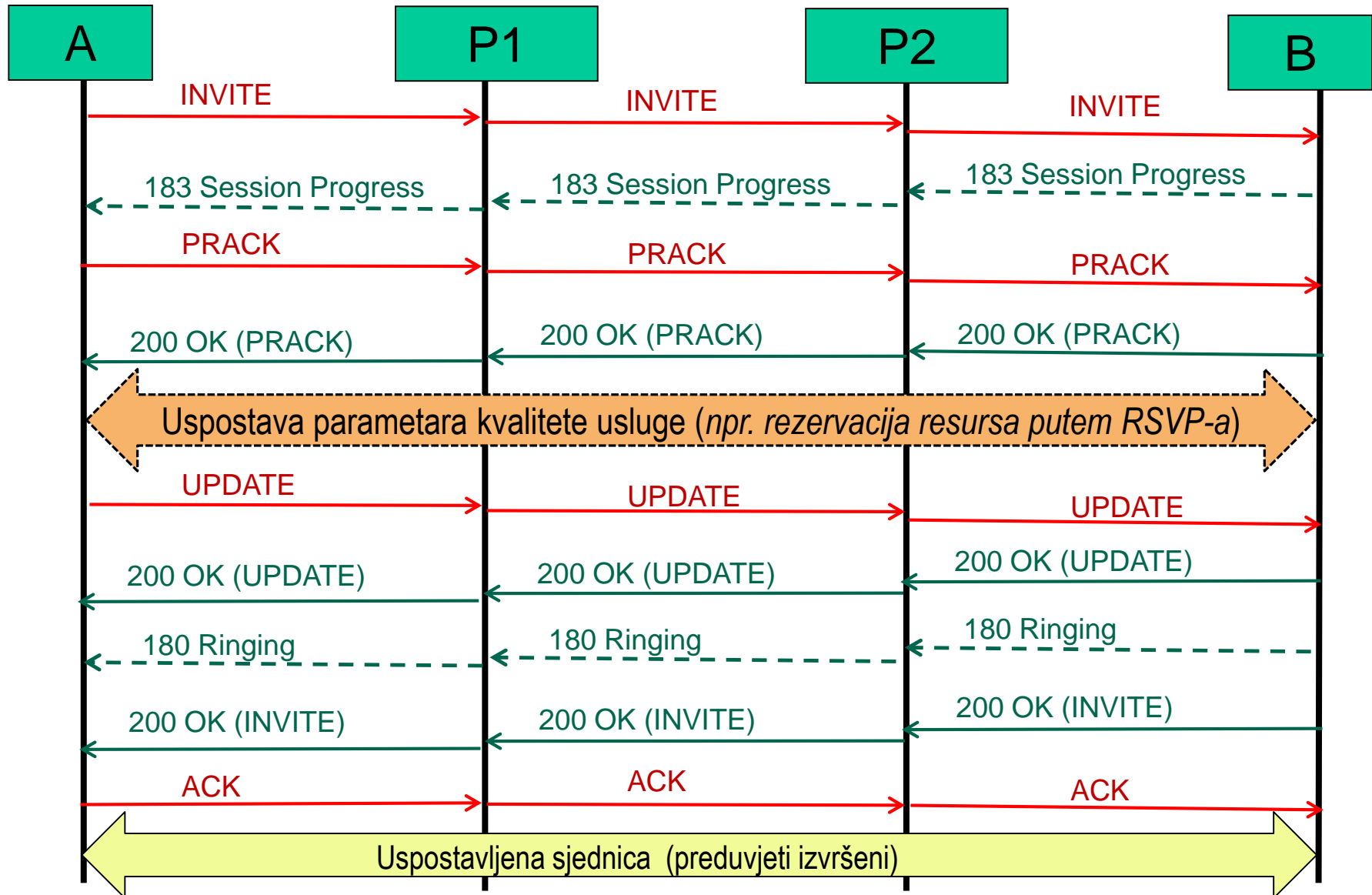


- RFC 3312: *Integration of Resource Management and SIP*
- Specificiraju se **preduvjeti** za uspostavu poziva (engl. *preconditions*)
- **Preduvjeti** zahtjevaju rezervaciju mrežnih resursa prije uspostave sjednice → osigurava se **kvaliteta usluge**
- Dodatna signalizacija potrebna
- Koristi se metoda **PRACK** (**P**rovisional **R**esponse **ACK**, RFC 3262):
  - osigurava pouzdanost privremenih odgovora
  - isto kao ACK, ali se šalje nakon primitka privremenog odgovora (183 Session Progress)
- Pozvanom korisniku ne “zazvoni” telefon dok preduvjeti (rezervacija mrežnih resursa) nisu uspješno izvršeni

# Integracija SIP-a i mehanizama upravljanja resursima (2/2)



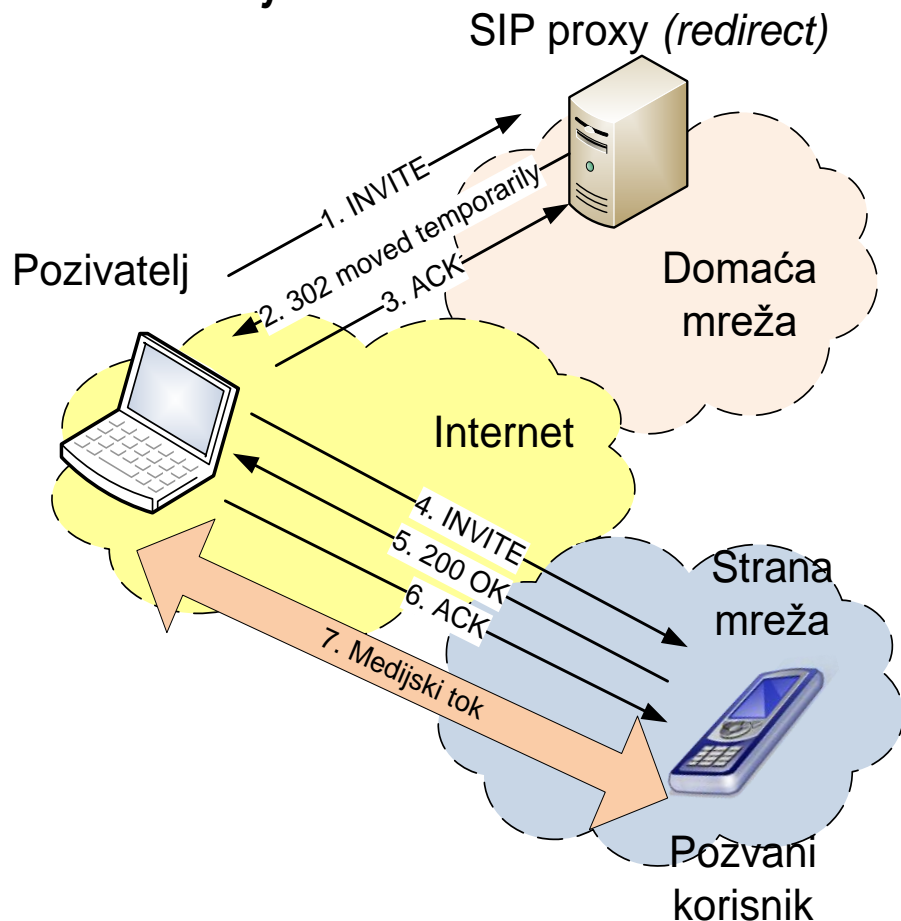
Zavod za telekomunikacije



- SIP pruža podršku za pokretljivost na **aplikacijskom** sloju

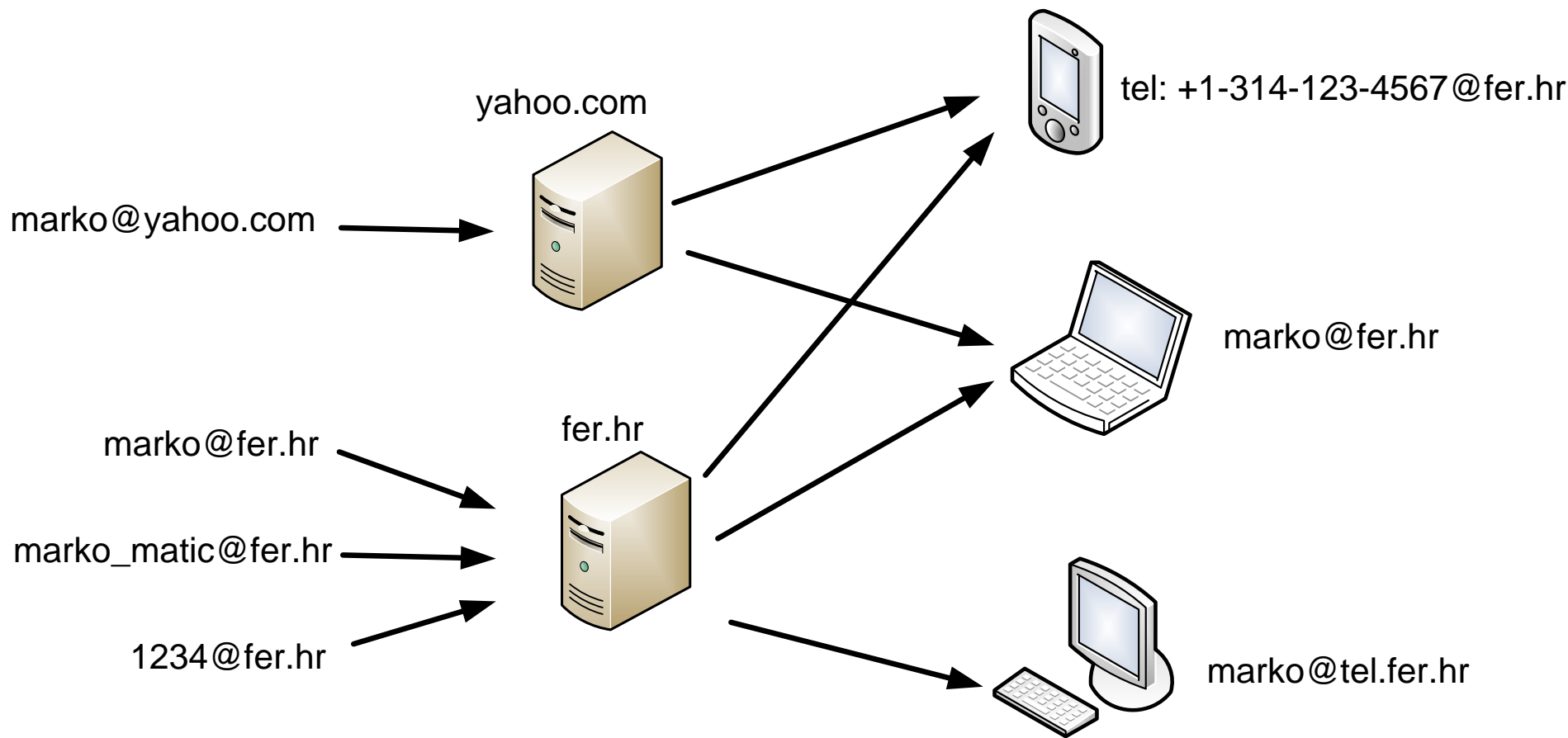
<b>pokretljivost uređaja/terminala</b> (engl. <i>terminal mobility</i> )	uređaj mijenja položaj i/ili pristupnu točku u mreži
<b>pokretljivost osobe</b> (engl. <i>personal mobility</i> )	osoba koristi različite uređaje za pristup uslugama; adresiranje korisnika pomoću jedinstvene adrese
<b>pokretljivost usluge</b> (engl. <i>service mobility</i> )	korisnik ostvaruje usluge „u pokretu” (pristup uslugama neovisan o promjeni uređaja i/ili mreže )
<b>pokretljivost sjednice</b> (engl. <i>session mobility</i> )	korisnik mijenja uređaje za vrijeme odvijanja komunikacije

## Pokretljivost prije uspostave sjednice



## Pokretljivost tijekom uspostavljene sjednice (re-INVITE)

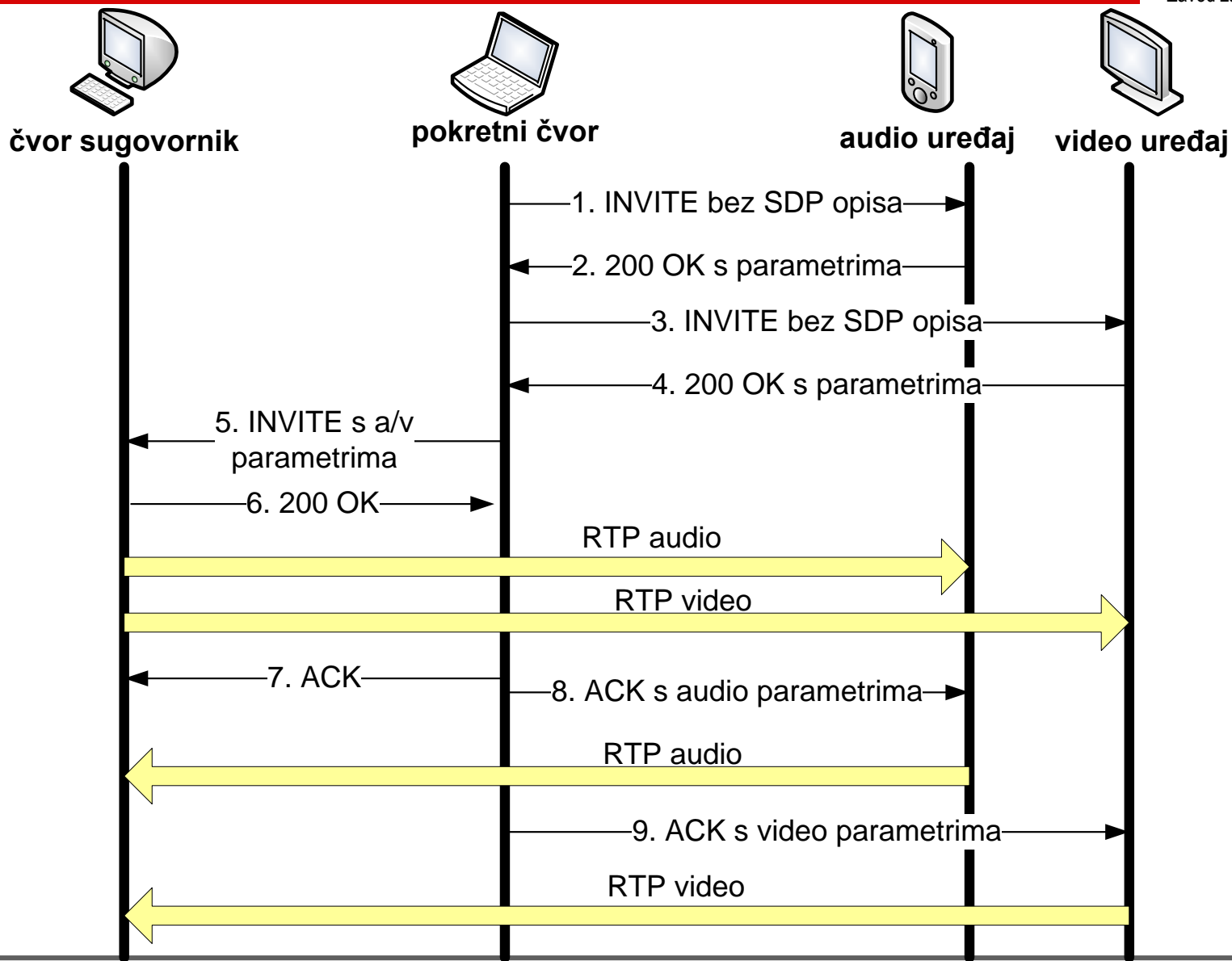




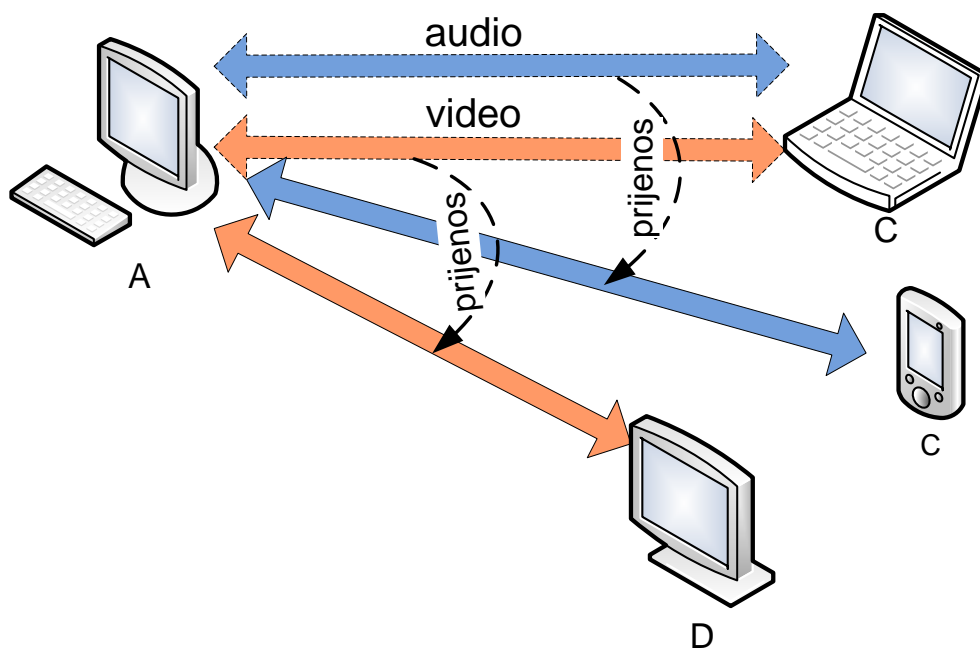
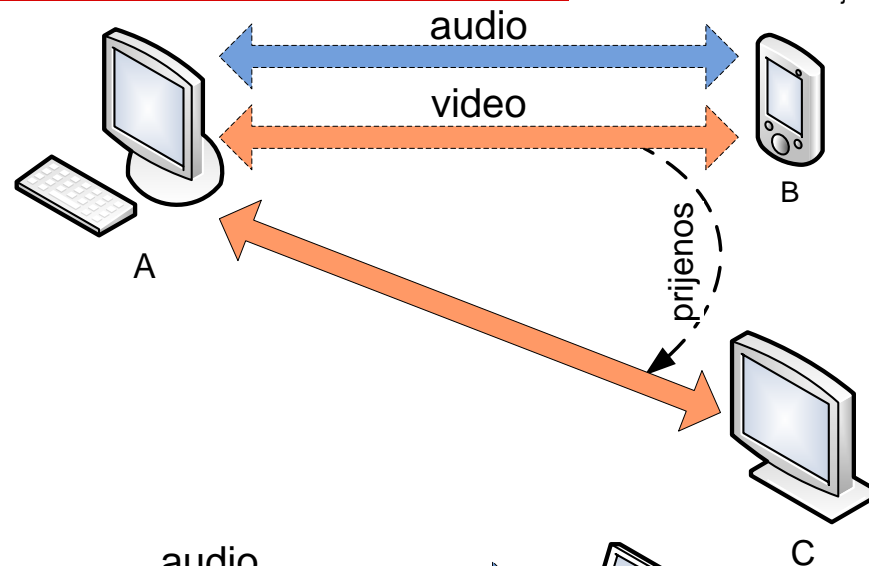
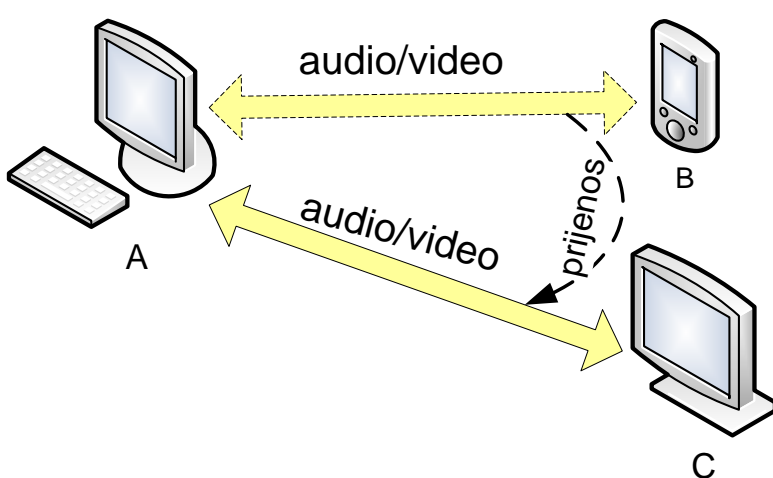
- RFC 5631 (2009): *SIP Session Mobility*
- Moguće prenijeti sjednicu (engl. *transfer*) na drugi uređaj, te ju ponovnu vratiti na početni uređaj (engl. *retrieval*)
- Dva načina prijenosa sjednice:
  - **Metoda upravljanja pomoću pokretnog čvora** (engl. *Mobile Node Control*, MNC): pokretni čvor koristi mehanizam upravljanja pozivom treće strane (3PCC) te kontrolira signalizaciju
  - **Metoda preuzimanja sjednice** (engl. *Session Handoff*, SH): pokretni čvor prenosi sjednicu slanjem SIP zahtjeva *REFER*; potpuno se prenosi signalizacija i medijski tokovi



# Metoda upravljanja pomoću pokretnog čvora

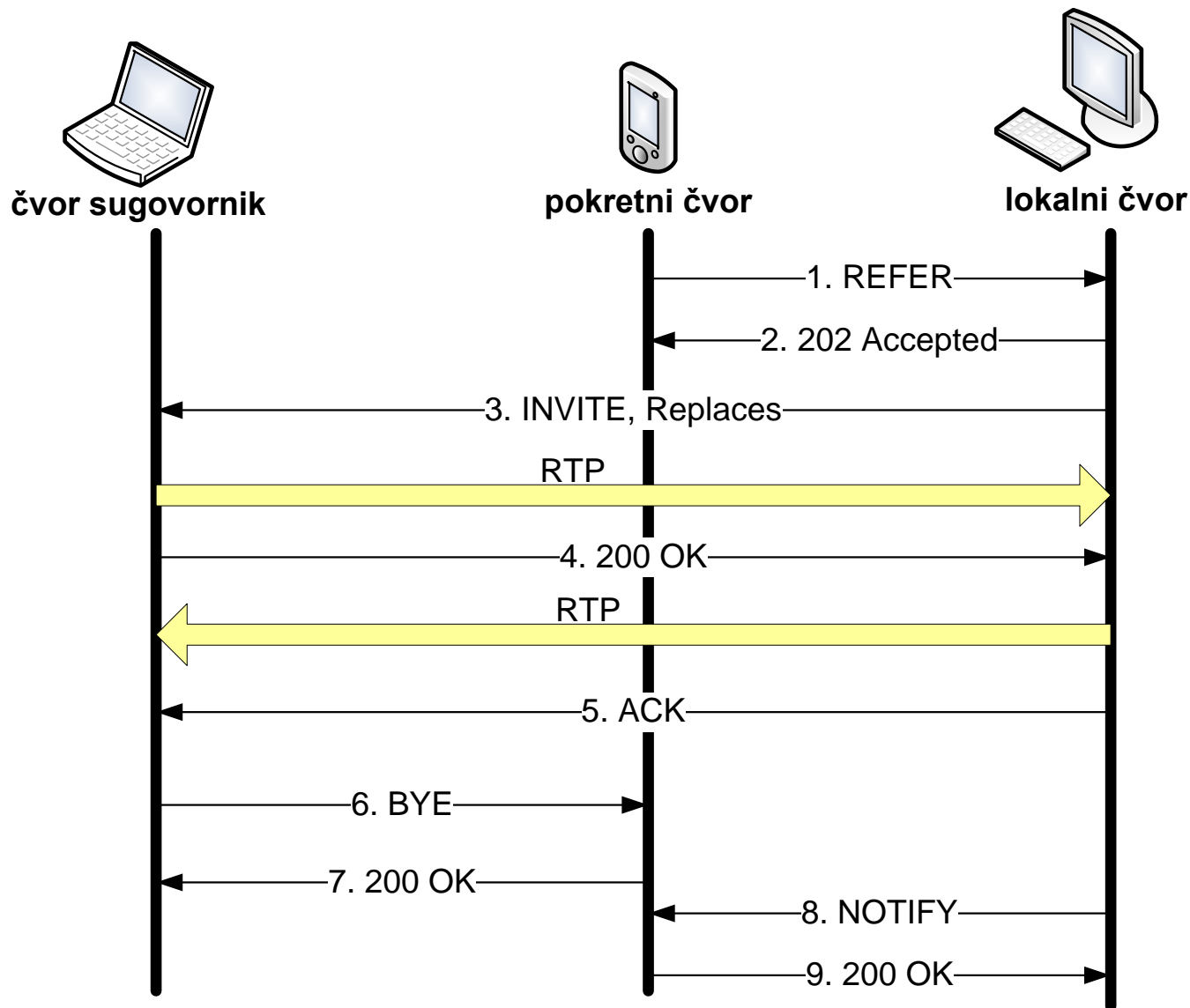


# Metoda preuzimanja sjednice (1/2)



Prijenos cijele  
sjednice ili  
prijenos pojedinih  
komponentata

# Metoda preuzimanja sjednice (2/2)

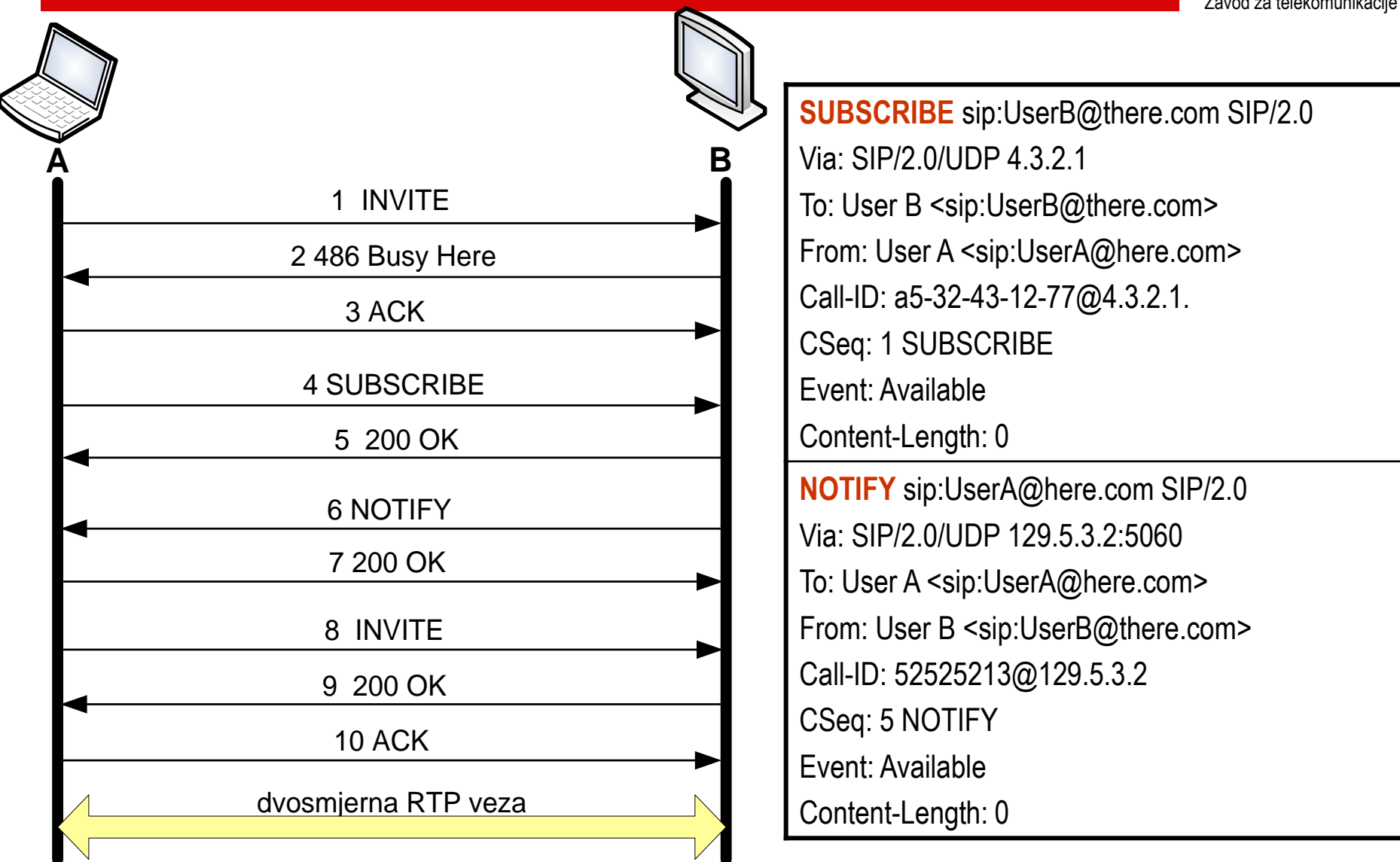


# SIP PROŠIRENJA

# Obavijest o događajima (3265)

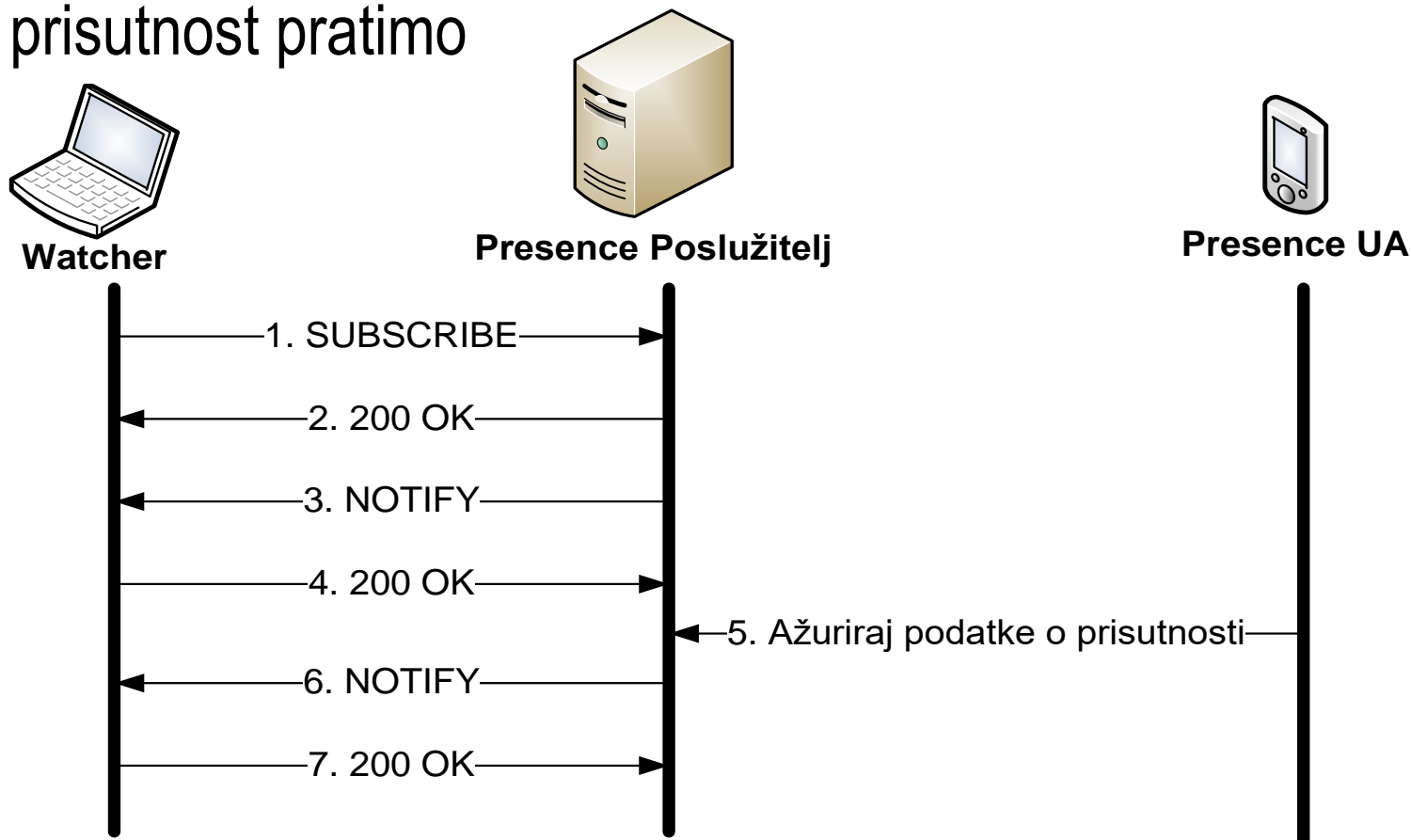


Zavod za telekomunikacije

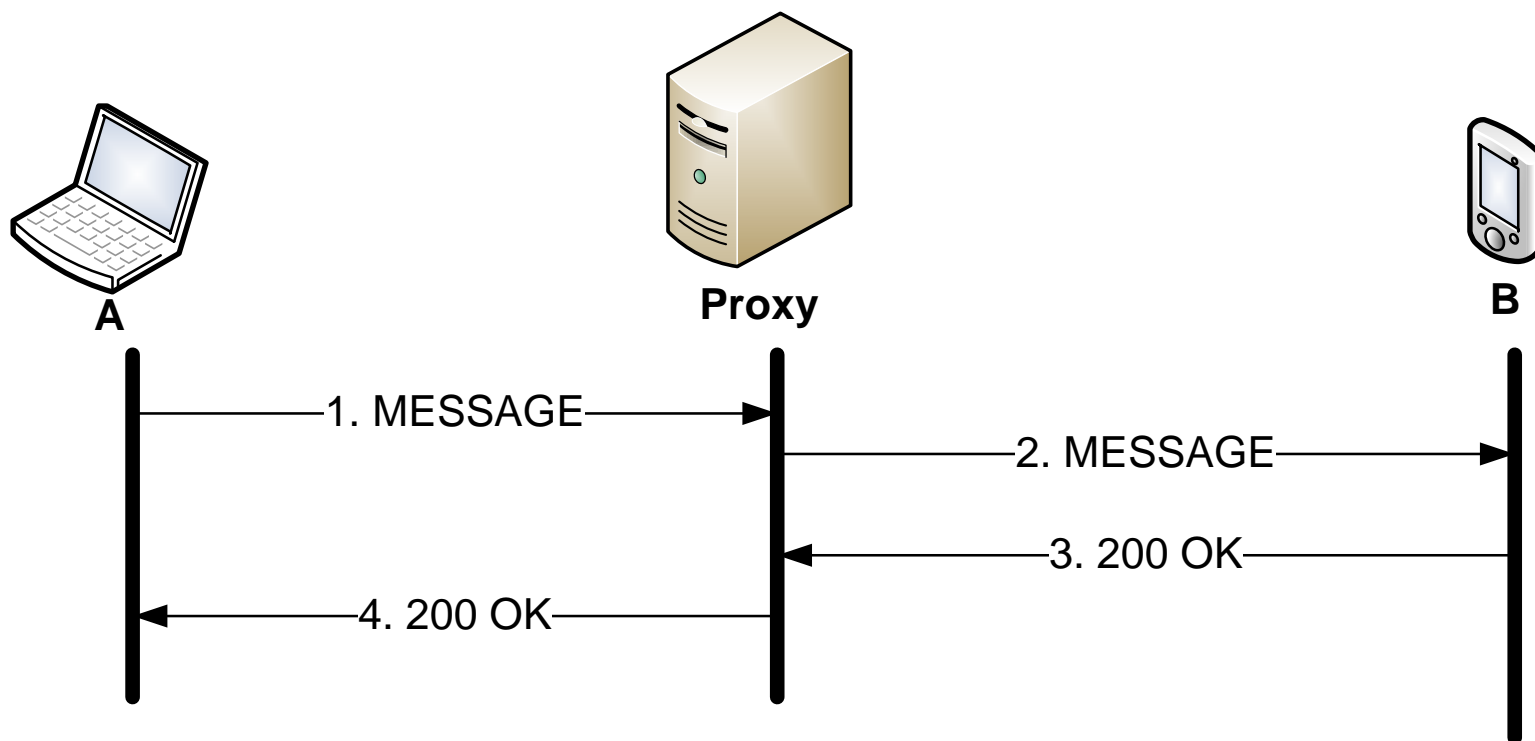


- SIP for Instant Messaging and Presence Leveraging Extensions (SIMPLE)
  - Radna skupina IETF-a koja definira proširenja protokola SIP za prisutnost i trenutno poručivanje
- SIP poruke:
  - SUBSCRIBE i NOTIFY za prisutnost [RFC 3856]
  - MESSAGE za trenutno poručivanje [RFC 3428]

- *Watcher*: korisnik koji prati prisutnost
- *Presence UA*: manipulira podacima o prisutnosti za korisnika čiju prisutnost pratimo



- Razmjena kratkih tekstualnih poruka između grupe korisnika u gotovo stvarnom vremenu
- MESSAGE poruke same po sebi ne uspostavljaju SIP dialog

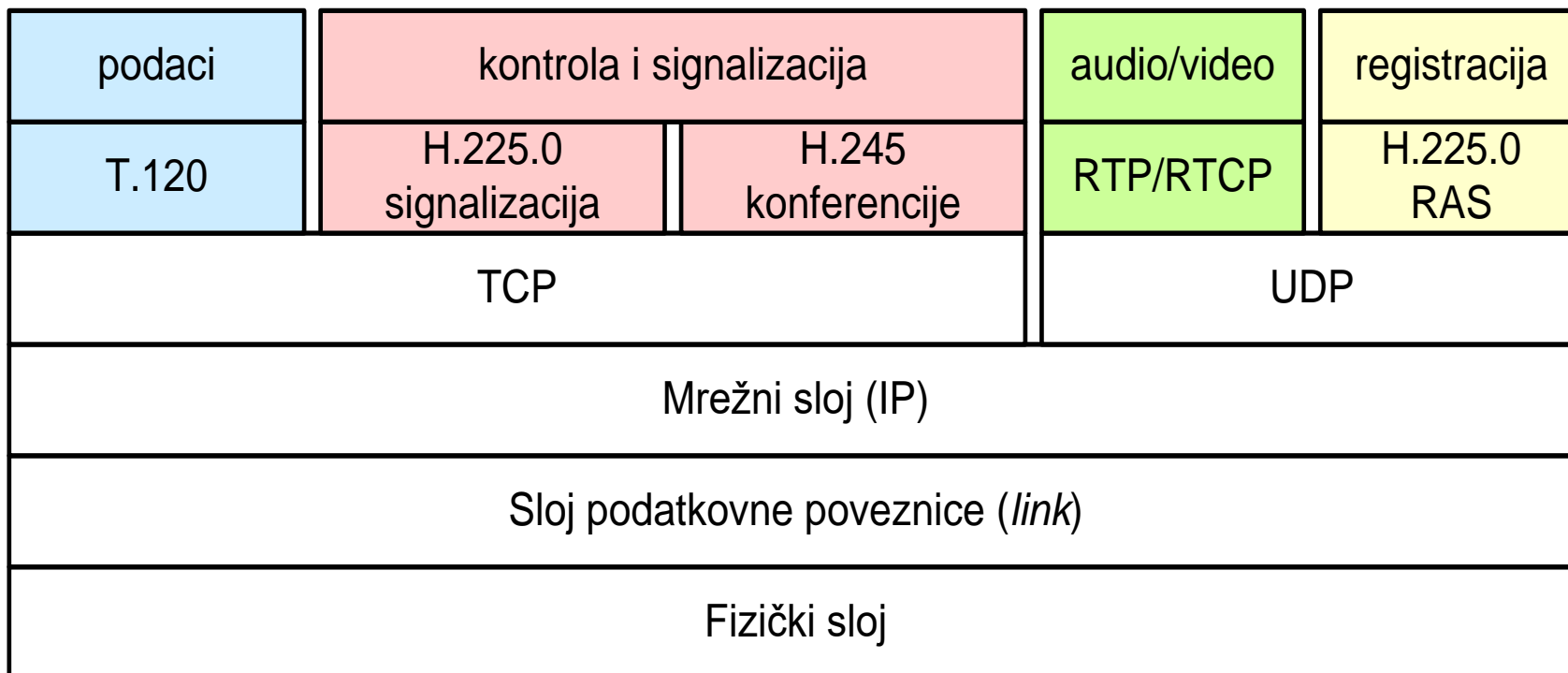




- Za izvedbu usluga koriste se sljedeće tehnologije:
  - CPL (*Call Processing Language*)
  - SIP CGI (*Common Gateway Interface*)
  - SIP API (*Application Programming Interface*):
    - JAIN (*Java APIs for Integrated Networks*) SIP protokolni složaj
    - SIP servleti (IETF i JAIN)
  - SIP i VoiceXML

- Pojmovi i terminologija
- Arhitektura za VoIP zasnovana na protokolu SIP
- **Arhitektura za VoIP zasnovana na standardu H.323**

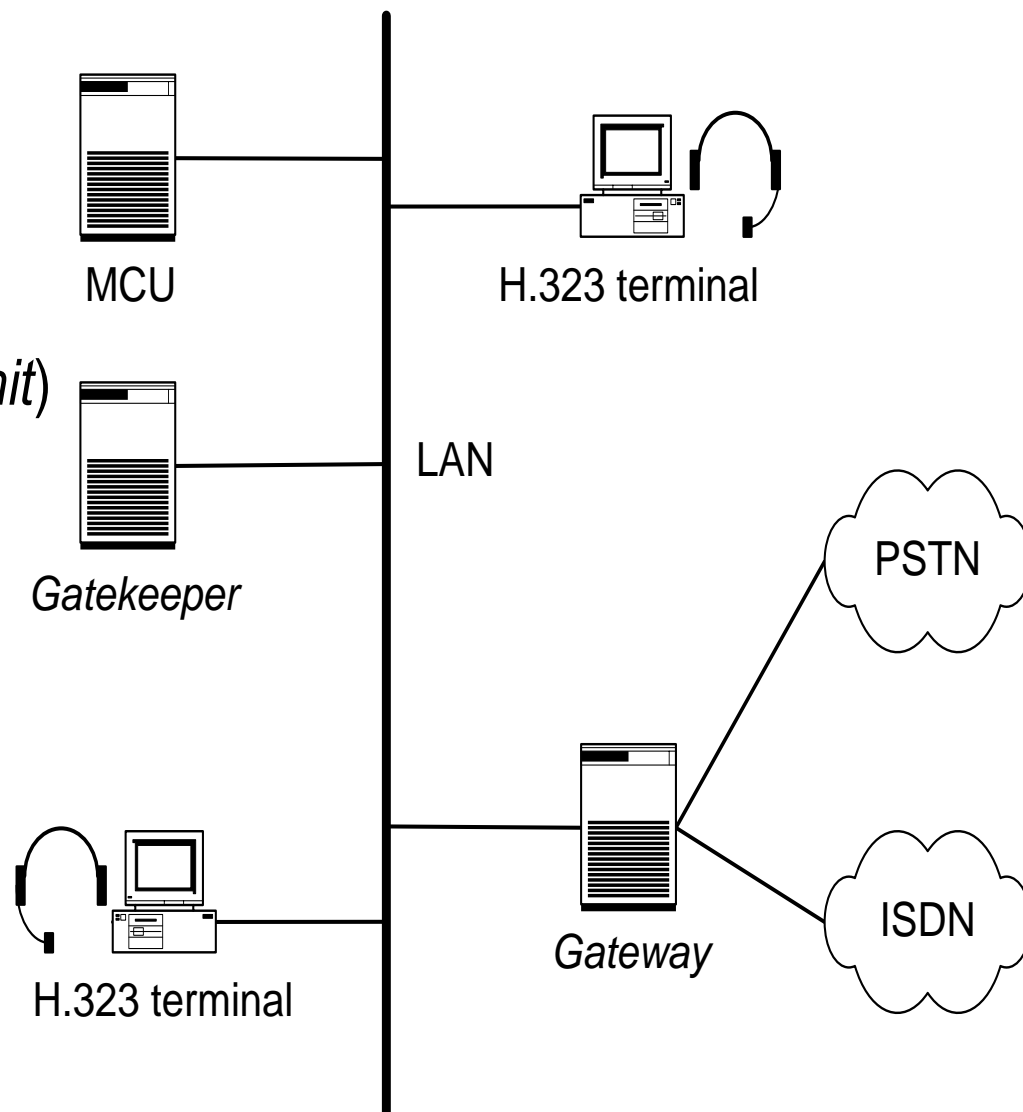
- ITU-T preporuka H.323 opisuje terminale i druge entitete te definira protokole za pružanje višemedijskih komunikacijskih usluga u paketskim mrežama bez garantirane kvalitete usluge (primjerice, u Internetu)
- specifikacija (okvirne) arhitekture za višemedijsku komunikaciju - obuhvaća niz drugih specifikacija
- svojstva:
  - standardna kompresija/dekompresija
  - povezivanje različite opreme
  - neovisnost o mreži
  - neovisnost o opremi i aplikacijama
  - podrška za konferencijsku vezu
  - nadzor mreže
  - podrška za komunikaciju s više krajnjih točaka

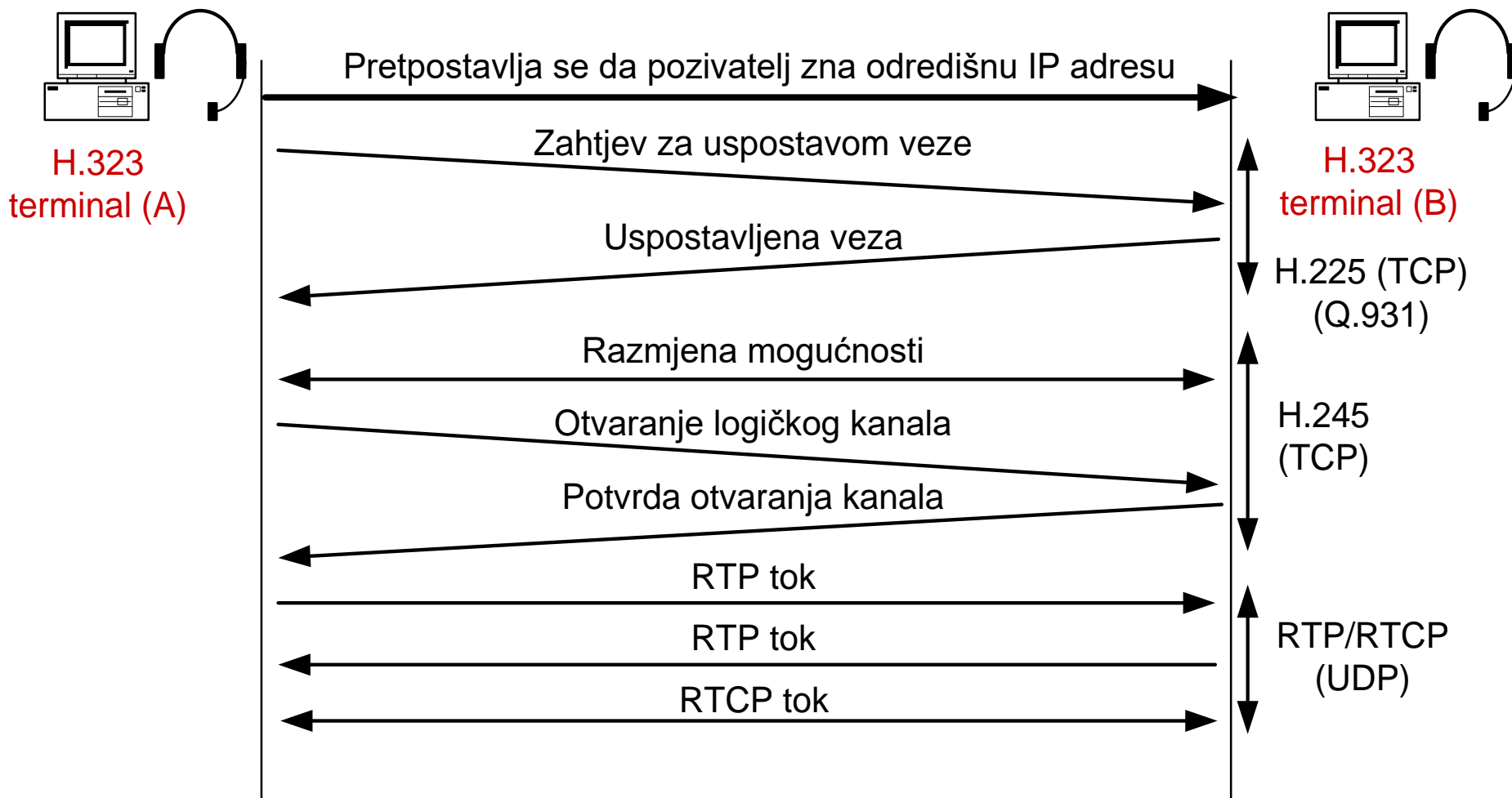


- H.225.0 Registration, Admission, and Status (RAS)
  - upravljanje prijavom krajnje točke, kontrola pristupa krajnjim uređajima, razlučivanje adresa
- H.225.0 Call Signaling
  - signalizacija između krajnjih točaka kod uspostave veze
- H.245 (Control Signaling)
  - kontrola višemedijske veze/komunikacije
- Real-time Transport Protocol (RTP)
- RTP Control Protocol (RTCP)
- T.38, T.120, V.150, itd.

# Komponente standarda H.323

- Terminal
- *Gateway*
- *Gatekeeper*
- MCU (*Multipoint Control Unit*)





- Omogućava vezu s različitim vrstama ne-H.323 terminala:
  - analogni PSTN terminali, ISDN terminali, B-ISDN terminali
- Obavlja pretvorbu protokola za uspostavu i raskidanje veze/poziva
- Obavlja pretvorbu formata medija između različitih mreža
- Obavlja prijenos podataka između H.323 i ne-H.323 mreža

