

VoIP



Sadržaj

- * VoIP komunikacioni modeli
 - * VoIP protokoli i arhitekture
 - * Kodiranje i prenos glasa kroz paketne mreže
 - * SIP
 - * Cisco Unified Communication Manager
-
- * Literatura: Samrat Ganguly, Sudeept Bhatnagar, "VoIP: Wireless, P2P and New Enterprise Voice over IP", John Wiley & Sons, 2008.
 - * Joshua Finke, Dennis Hartmann, "Implementing Cisco Unified Communications Manager, Part 1", Cisco Press., 2012.

POTS

- * POTS je uobičajena oznaka za
 - **Plain Old Telephone Service**
- * POTS prenosi i kontrolni i audio signal preko iste parice.
- * Oprema sadrži tri komponente:
 - **podsystem za indicaciju dolaznog poziva (**ringer**)**
 - zvono ili svetlosna indicacija koja obaveštava korisnika o dolaznom pozivu
 - **podsystem za povezivanje korisnika na centralu (**hookswitch**)**
 - podsystem koji detektuje da je korisnik podigao slušalicu bilo da se javi na dolazni poziv ili da inicira poziv
 - **podsystem za biranje brojeva (**dial**)**
 - do 1960. godine u upotrebi je bio pulsni sistem baziran na rotacionim delovima. Broj impulsa je određivao cifru, a cifre su bile odvojene kratkim pauzama.
 - DTMF je zamenio pulsni sistem biranja brojeva (dual tone multi-frequency) kod koga se svaka cifra predstavlja sa po dva (čista) tona
 - Prednost DTMF u odnosu na pulsni sistem je brzina biranja brojeva

VoIP

- * Voice over Internet Protocol (VoIP), odnosno Internet telefonija ili IP telefonija, predstavlja popularni naziv za više tehnologija koje omogućavaju prenos glasa preko Internet mreže korišćenjem IP protokola.

Komunikacioni modeli

* Postoje nekoliko tipova komunikacionih modela:

- *Internet-to-Internet:*

- Ovaj tip poziva uključuje one čiji je telefon povezan na internet i koji pozivaju one čiji je telefon takođe povezan sa internetom, gde se takođe celokupan poziv rutira unutar interneta.

- *Internet-to-PSTN:*

- Ovi pozivi zahtevaju da korisnik koji poziva ima telefon priključen na internet, dok korisnik koji prima poziv ima telefon povezan na PSTN. U ovom slučaju pozivi prolaze kroz segmente PSTN mreže i kroz segmente interneta.

- *PSTN-to-Internet:*

- U ovom slučaju, korisnik koji poziva ima telefon u PSTN mreži dok korisnik koji prima poziv ima telefon povezan na internet. Kao i u prethodnom modelu, ovde takođe pozivi prolaze i kroz segmente PSTN mreže i kroz internet segmente.

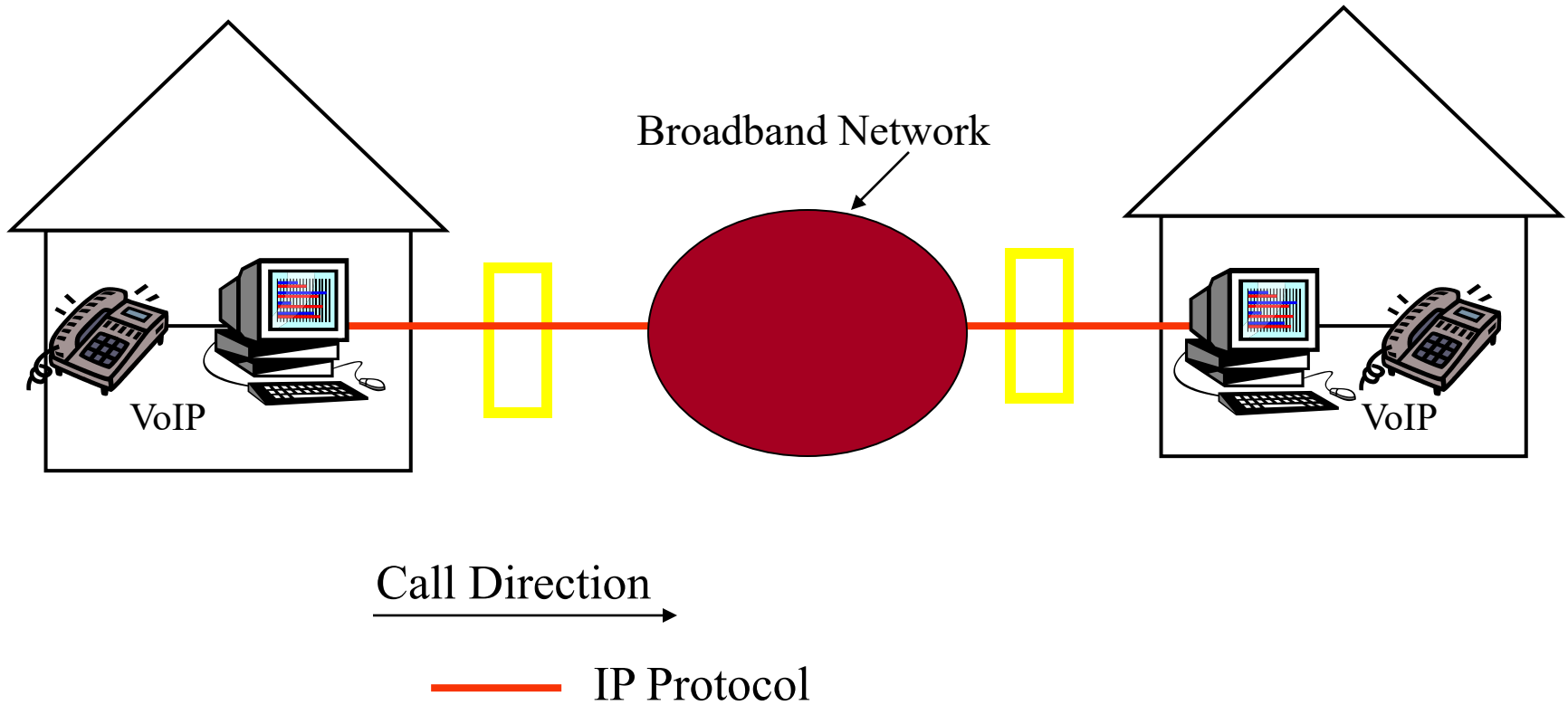
- *PSTN-to-PSTN preko interneta:*

- Ovo je slučaj gde se poziv stvara i završava na uređajima koji su povezani na PSTN mrežu, ali se samo rutiranje poziva obavlja preko interneta. Ovo se radi jer je komunikacija preko interneta jeftinija i obično se koristi za internacionalne pozive.

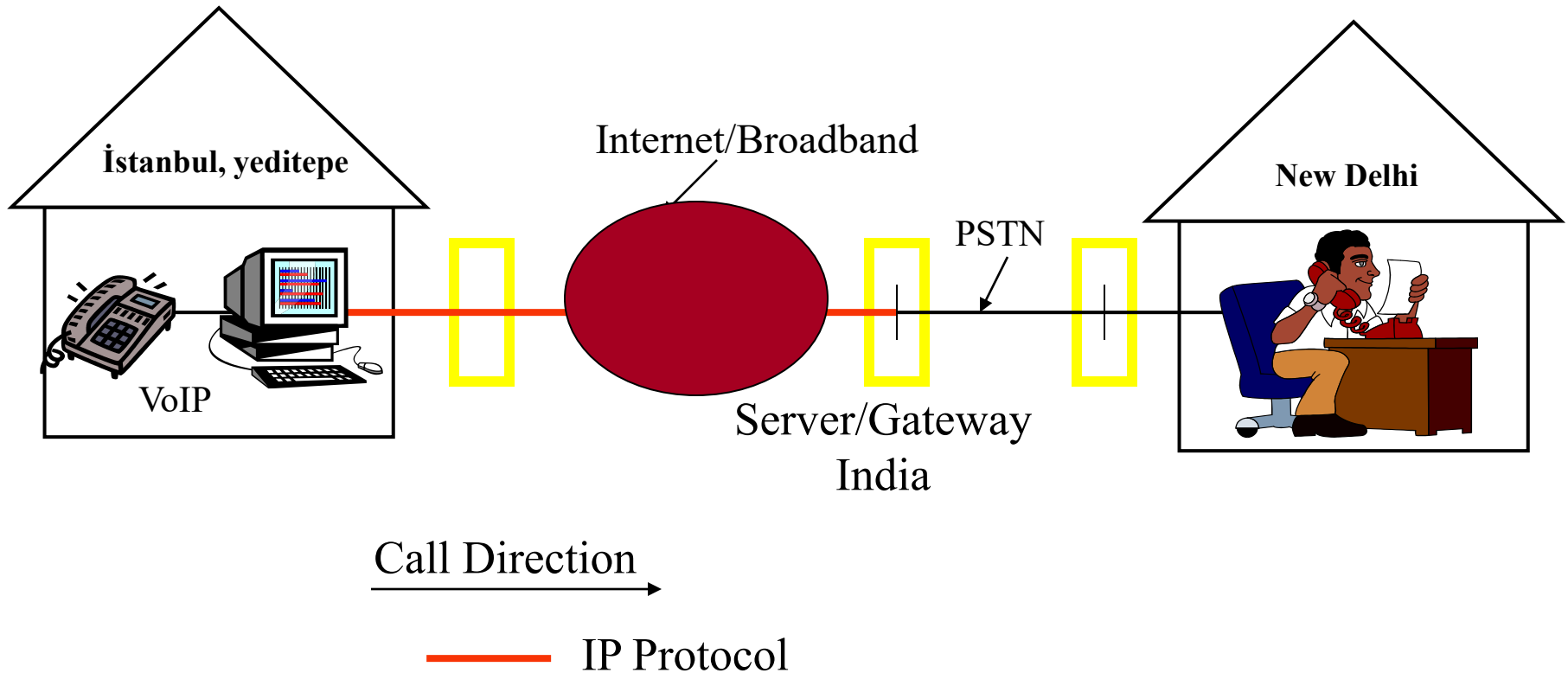
- *Internet-to-internet preko PSTN-a:*

- Poslednji model, gde se pozivi stvaraju i završavaju na uređajima koji su povezani na internet, ali se deo rutiranja poziva vrši preko PSTN mreže. Ovo se radi kada se zna da PSTN mreža smanjuje kašnjenje u komunikaciji u odnosu na internet.

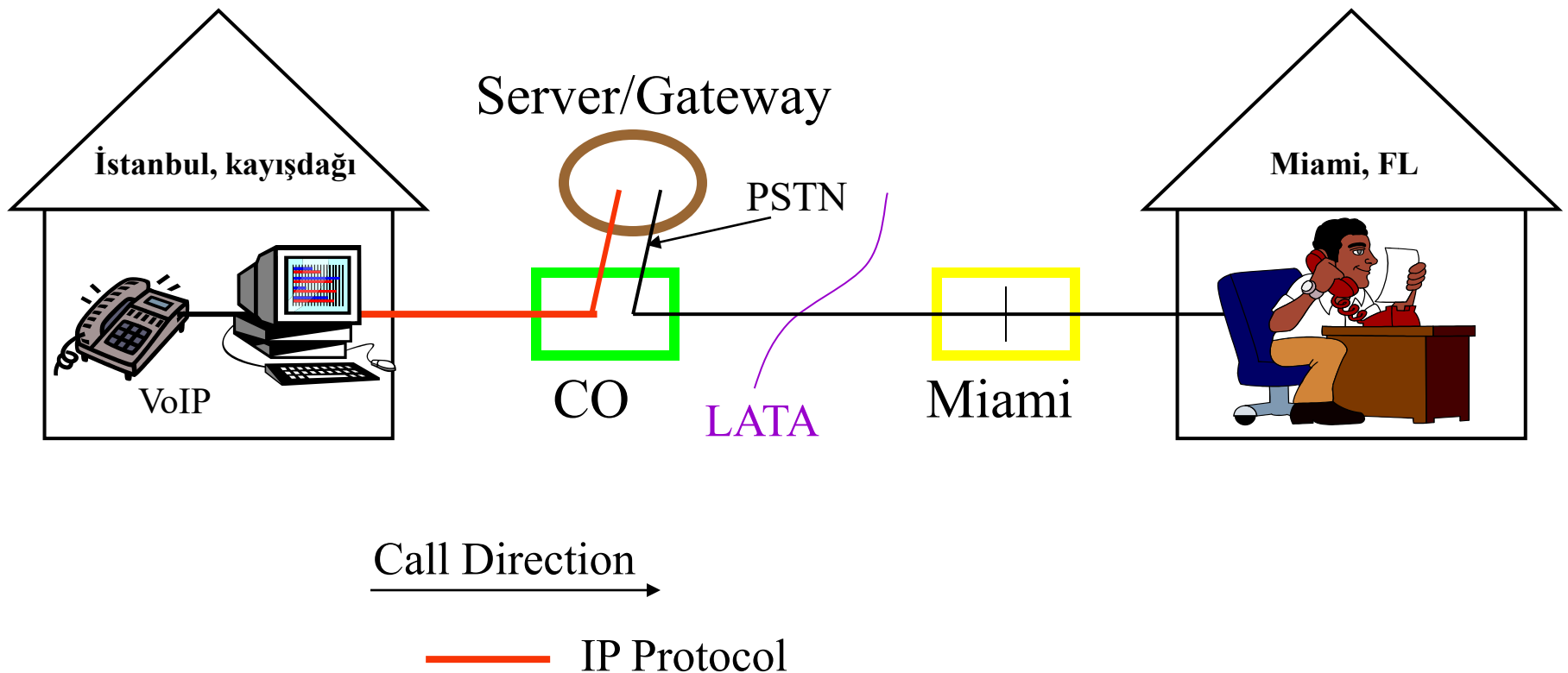
VoIP to VoIP



VoIP to POTS with Internet



VoIP to POTS without Internet



Arhitekturni zahtevi

* Kako bi podržala ove modele, arhitektura mora da zadovolji sledeće funkcionalne zahteve:

- *Pronalaženje adrese:*

- Kada je poziv iniciran, potrebno je pronaći lokaciju odredišta. Odredište može da bude neki IP telefon čija adresa može biti IP adresa, ili internet URI (Uniform Resource Identifier). Adresa takođe može biti jedinstveni userID, kao što je slučaj u mnogim P2P VoIP aplikacijama. Za podržavanje PSTN telefona, odredište treba da bude broj telefona.

- *Interoperabilnost uređaja:*

- VoIP uređaj treba da bude interoperabilan sa drugim uređajima korišćenjem istog protokola.

- *Interoperabilnost sa PSTN telefonima:*

- Potrebno je omogućiti komunikaciju VoIP mreže i PSTN

- *Kontrola nivoa sesija:*

- Autorizacija, autentifikacija, itd., na nivou sesije.

- *Funkcionalnosti nivoa medijuma:*

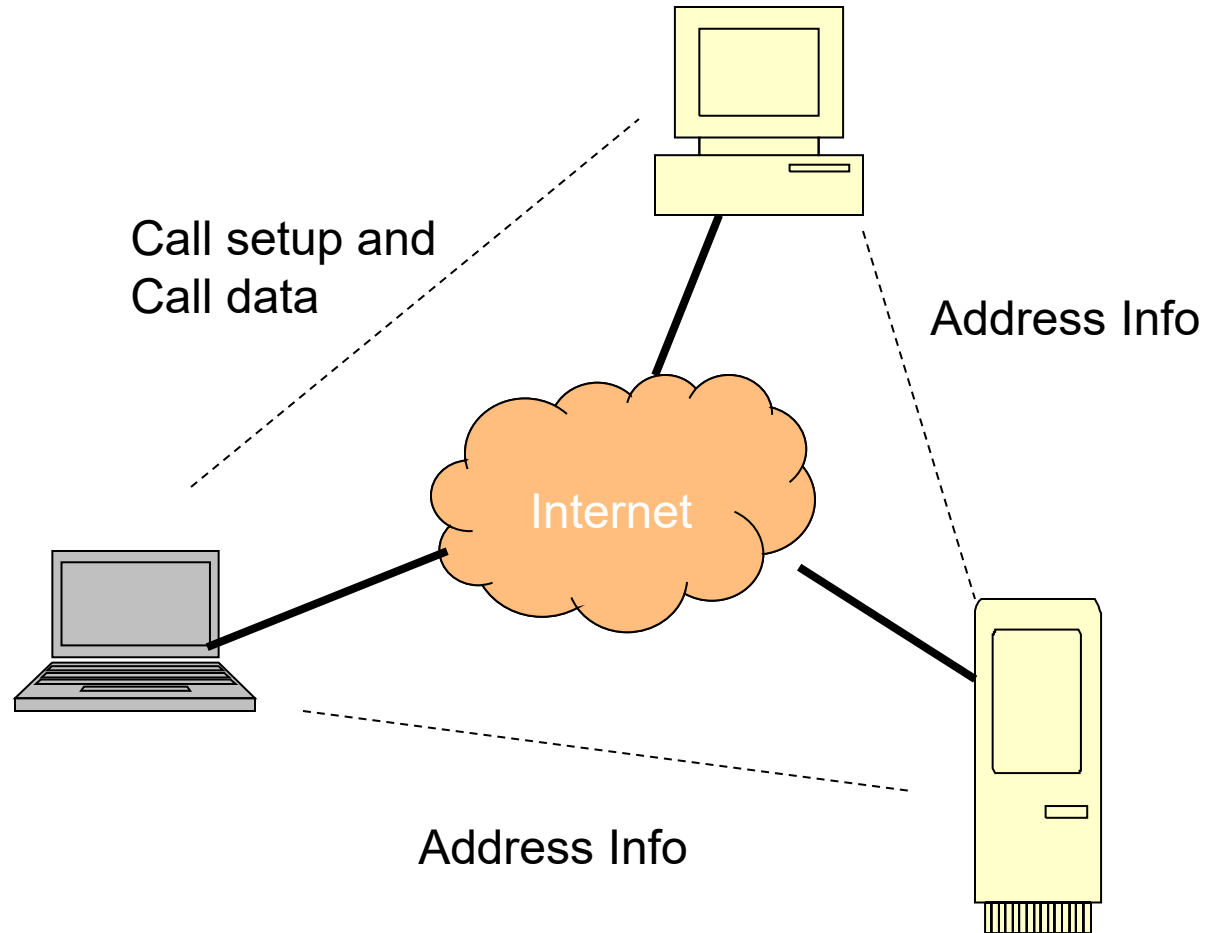
- Odnosi se na servise omogućene protokolima kao što je RTP, npr. miksovanje poziva u konferencijskom pozivu.

- *Interoperabilnost među komponentama:*

- Sve funkcionalne komponente VoIP arhitekture treba da budu interoperabilne ako koriste standardne protokole kao što su SIP/H.323.

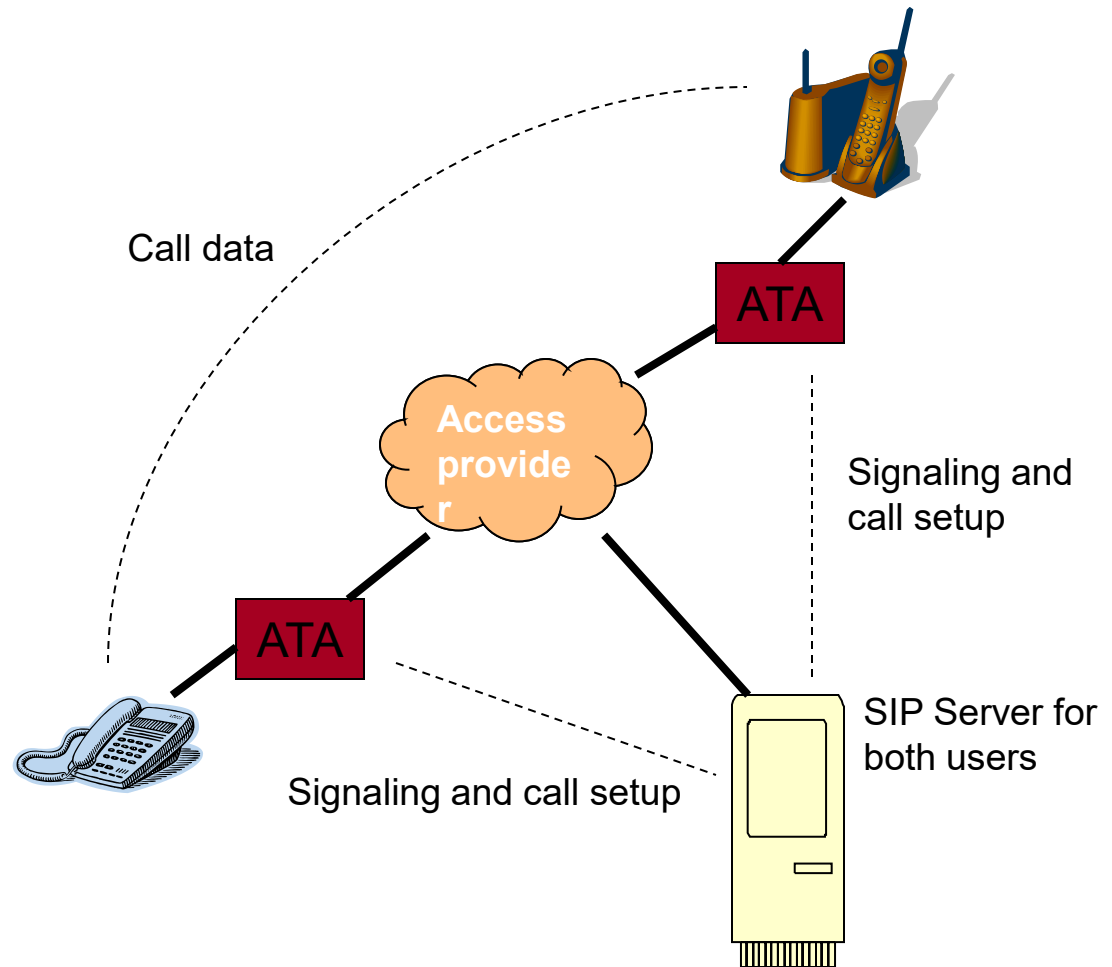
VoIP signalizacija: Direktan pristup

- * IP connection
- * Voice-enabled device
- * Examples: Skype, MSN



VoIP signalizacija: preko registra

- * Customer in agreement with IP telephony company with is also ISP
- * Uses gateway to connect to PSTN
- * Provider is in control of the network so offer quality guarantees
- * Analogue terminal adapters are provided
- * Example: Yahoo!BB (Japan)



VoIP standardi

* H.323—ITU-T

* Session Initialization Protocol (SIP)—IETF

Voice Coding Methods (ITU-T G series, etc.)		Application Layer
Call Control/Session Initialization (H.225, H.245, SIP)		
Timing (RTP)	Gateway/Gatekeeper Control (GLP, MGCP)	Transport Layer
Reliable/Unreliable Transport services (TCP/UDP)		
Internet Protocol (IP)		Network Layer
Packet Network Infrastructure		Network interface Layer

VoIP protokoli i standardi

Protocol	Description
H.323	ITU standard protocol for interactive conferencing; evolved from H.320 ISDN standard; flexible, complex
MGCP	IETF standard for PSTN gateway control; thin device control
SIP	IETF protocol for interactive and noninteractive conferencing; simpler, but less mature, than H.323
SCCP or “Skinny”	Cisco proprietary protocol used between Cisco Unified Communications Manager and Cisco VoIP phones

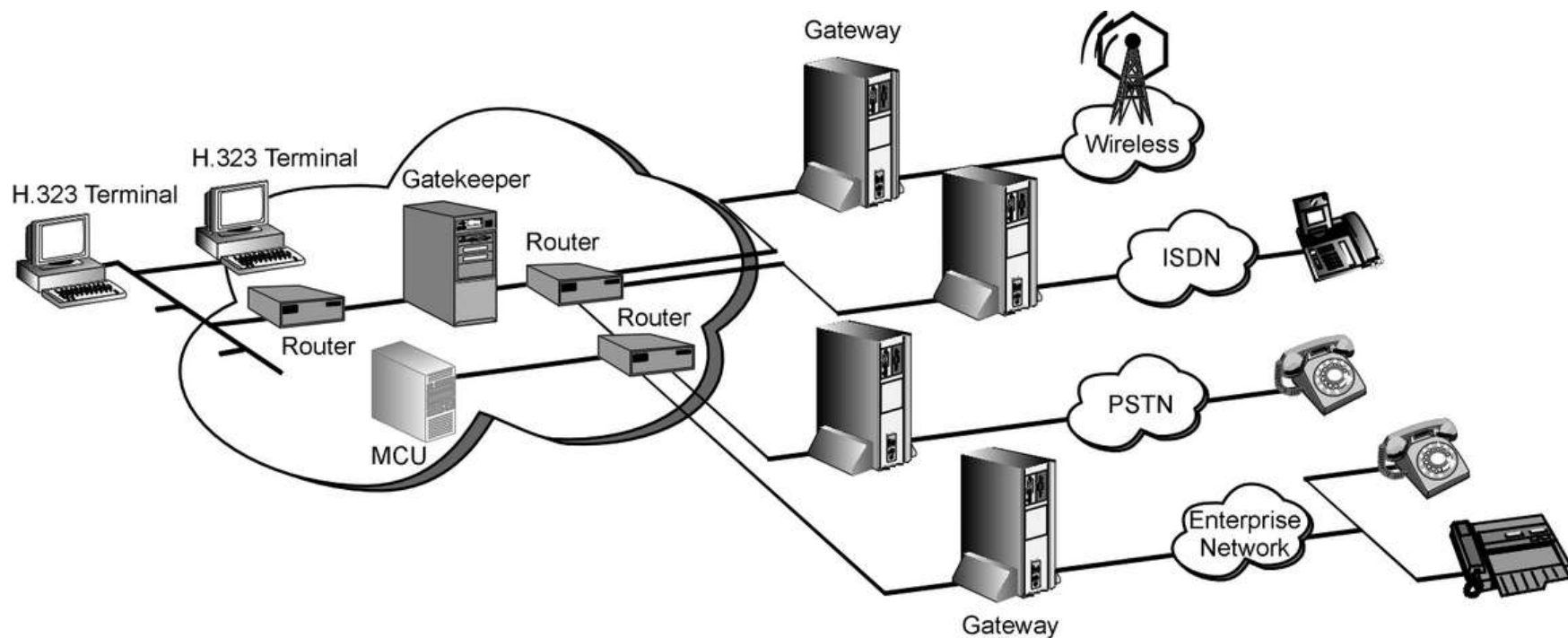
H.323 za IP telefoniju

Video		Audio		Control			Data
H.261 H.263 (video coding)		G.711 G.722 G.723 G.728 G.729		H.225 Terminal to gatekeeper signaling	H.225 Call signaling	H.245	T.120 (Multipoint data transfer)
RTP (Real- time Protocol)	RTCP (Real- time Control Protocol)	RTP (Real- time Protocol)	RTCP (Real- time Control Protocol)				
Unreliable transport (UDP)					Reliable transport (TCP)		

Protokoli za signalizaciju

- * H.323 je skup protokola koji omogućuju osnove za audio, video i prenos podataka kroz mreže bazirane na IP protokolu.
 - H.323 je mrežno, platformski i aplikacijski zavisan. To je signalni standard koji je baziran na paketima i on omogućuje interoperabilnost između H.323 uređaja.
- * SIP je protokol koji omogućuje krajnjim tačkama uspostavljanje sesije.
 - SIP radi upravo ono što mu ime i pokazuje: omogućuje da dve (ili više) krajnje tačke iniciraju sesiju, kao što je telefonski poziv ili video konferencija.
 - SIP koristi media-description jezik i ima strukturu sličnu HTTP-u (HyperText Transfer Protocol), što znači da se lako čita i razume.

Glavne komponente VoIP-a (H.323 okruženje)



Komponente H.323 arhitekture

* Media gateway

- konvertuje jedan medijum u drugi; na primer, konvertovanje digitalnog paketa glasa u analogni signal.

* H.323 gateway

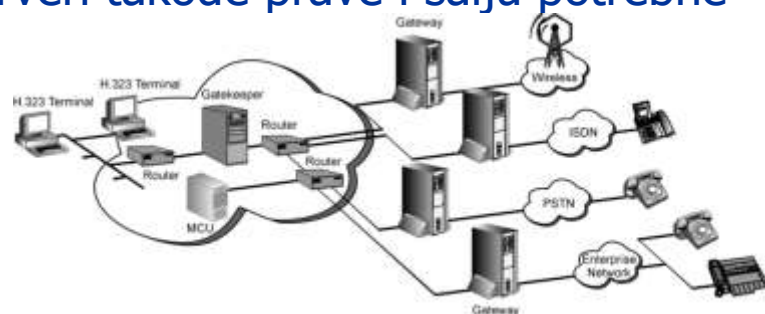
- H.323 gateway se ponaša kao most između PSTN i IP mreže. Ima mogućnost da izabere CODEC za glasovnu kompresiju.

* Pozivni serveri

- primaju poruke za uspostavljanje poziva, utvrđuju status odredišnih uređaja i proverava autorizaciju korisnika. Pozivni serveri takođe prave i šalju potrebne poruke kako bi obradili zahteve za poziv.

* Gatekeeper

- ima nekoliko funkcija u VoIP mrežama:
 - Omogućuje kontrolu poziva,
 - Pristup medijumu, i
 - upravljanje propusnim opsegom između dve krajnje tačke.
 - Takođe izvršava prevođenje adrese, kontrolu pristupa i kontrolu zone. Gatekeeper koordiniše pristupom ka drugim serverima i upravlja rutiranjem poziva. Takođe **mapira brojeve telefona odredišta u njihove IP adrese.**



* IP terminali i klijenti

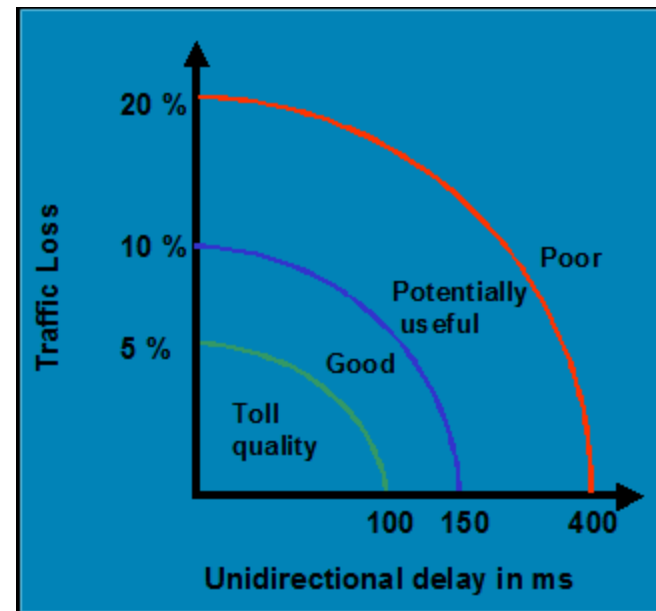
- su krajnje tačke na mreži, kao što su „hard“ ili „soft“ telefoni.

Real-Time Transport Control Protocol

- * RTP je protokol koji se koristi za prenos sadržaja VoIP poziva
- * Protokol aplikativnog nivoa
- * Koristi UDP za prenos
- * Prati kvalitet prenosa
- * Daje odziv kojim opisuje stanje mreže
- * Omogućava razmenu informacija o kvalitetu mreže između krajnjih tačaka koje komuniciraju
- * Enkapsulira govorni signal kodiran nekim kodekom za kompresiju audio signala

Izazovi kod VoIP mreža

- * Kašnjenje (latency)
- * Odstupanje (jitter)
- * Propusni opseg (bandwidth)
- * Gubitak paketa (packet loss)
- * Pouzdanost (reliability)
- * Bezbednost (security)



Semplovanje i paketizacija

- * Kod PSTN glas se prenosi u formi analognih signala.
- * Kod VoIP-a signali treba da budu digitalizovani kako bi bilo omogućeno njihovo transportovanje u paketima.
- * Čovek može da čuje zvuk u opsegu 20Hz do 20kHz. Analogna PSTN prenosi od 300 Hz do 3kHz.
- * Semplovanje radi digitalizacije analognog signala za telefoniju obično se vrši na 8000 Hz. Poređenja radi, audio zapis u CD kvalitetu ima bolji "sampling-rate" koji iznosi 44.1 kHz
- * Semplovi (uzorci) se zatim digitalizuju, predstavu u određenom standardnom formatu korišnjem **kodeka**, i enkapsuliraju u pakete, pre nego što se pošalje na odredište.

Mean Opinion Score

Mean Opinion Score (MOS)

MOS	Quality	Impairment
5	Excellent	Imperceptible
4	Good	Perceptible but not annoying
3	Fair	Slightly annoying
2	Poor	Annoying
1	Bad	Very annoying

Codec	Data rate [kbit/s]	Mean opinion score (MOS)
G.723.1 r53	5.3	3.62
G.723.1 r63	6.3	3.9
G.729a	8	3.7
G.729	8	3.92
GSM FR	12.2	3.5
GSM EFR	12.2	3.8
AMR	12.2	4.14
iLBC	15.2	4.14
G.728	16	3.61
G.726 ADPCM	32	3.8
G.711 (ISDN)	64	4.3



Sintaksa SIP poruka

- * SIP poruke su u plain-tekstu

- Slične su kao HTTP poruke

- * SIP poruka:

- message = start-line

- *message-header CRLF

- [message-body]

- start-line = request-line | status-line

Tipovi SIP zahteva

* Metodi

- INVITE, ACK, OPTIONS, BYE, CANCEL, REGISTER
 - extensions: INFO, REFER, UPDATE, ...
- INVITE
 - Initiate a session
 - Information of the calling and called parties
 - The type of media
 - ~IAM (initial address message) of ISUP
 - ACK only the final response

- BYE

- Terminate a session
- Can be issued by either the calling or called party

- Options

- Query a server as to its capabilities
 - A particular type of media
 - The response if sent an INVITE

- CANCEL

- Terminate a pending request
- E.g., an INVITE did not receive a final response

● REGISTER

- Log in and register the address with a SIP server
- "all SIP servers" – multicast address (224.0.1.1750)
- Can register with multiple servers
- Can have several registrations with one server

● INFO

- RFC 2976
- Transfer information during an ongoing session
 - DTMF digits
 - account balance information
 - midcall signaling information generated in another network

SIP odgovori

* SIP version SP status code SP reason-phrase CRLF

* reason-phrase

- A textual description of the outcome
- Could be presented to the user

* status code

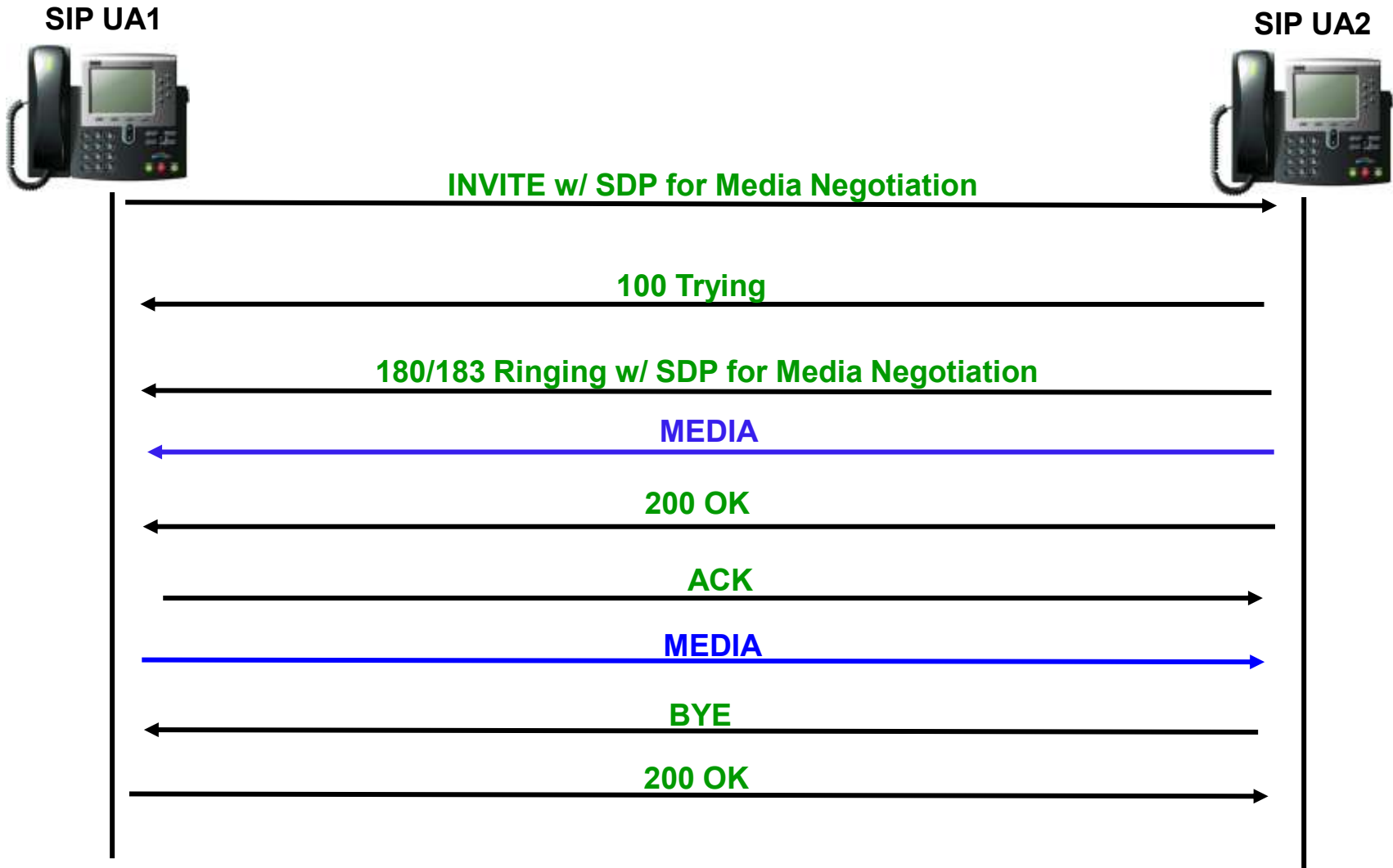
- A three-digit number
- 1XX Informational
- 2XX Success (only code 200 is defined)
- 3XX Redirection
- 4XX Request Failure
- 5XX Server Failure
- 6XX Global Failure
- All responses, except for 1XX, are considered final
 - Should be ACKed

* SIP u svom radu koristi niz drugih protokola aplikativnog nivoa da identifikuje uređaje i prenosi poruke.

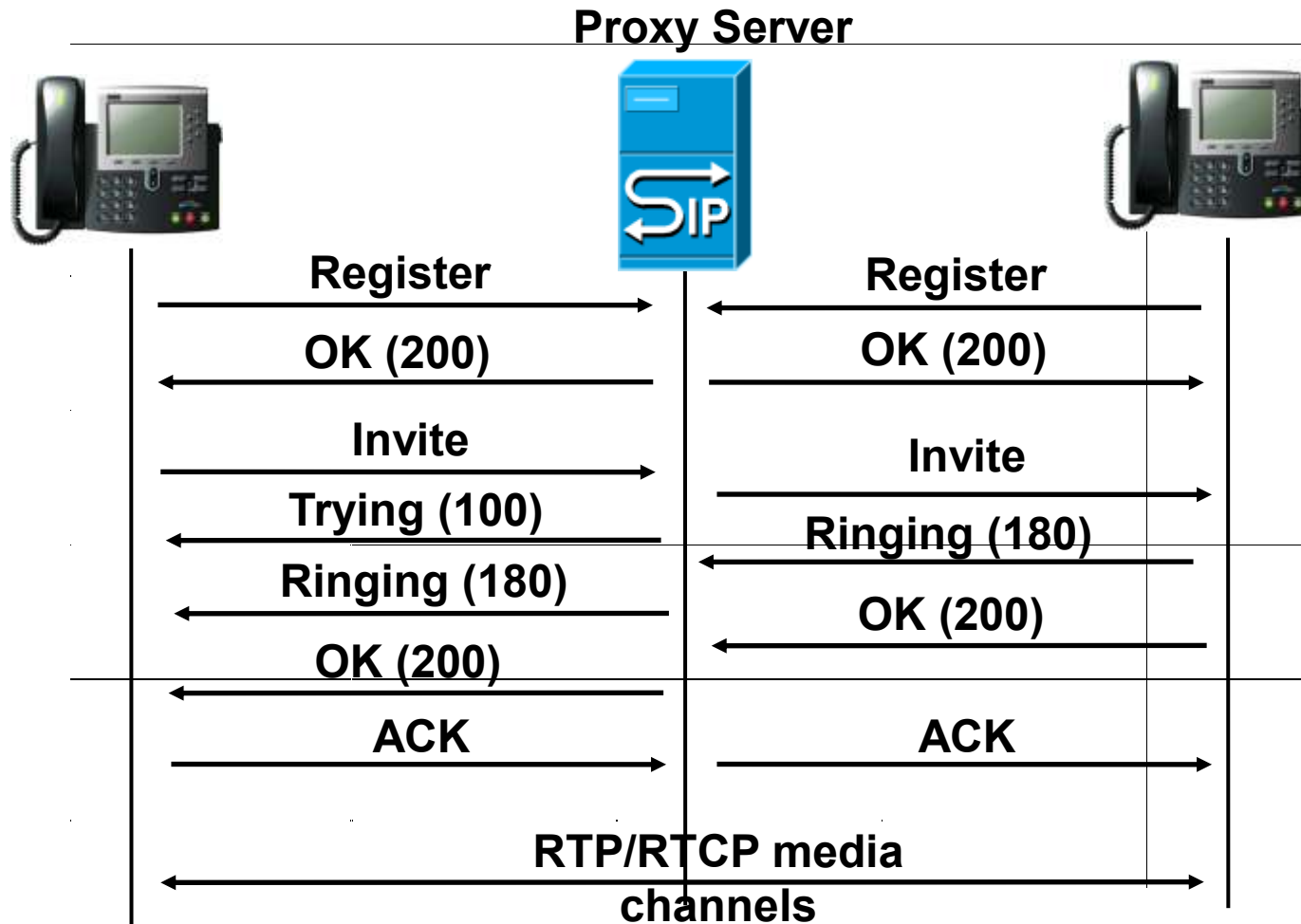
- Identifikacija i pregovaranje o vezi postiže se pomoću protokola **Session Description Protocol** (SDP).
- Za prenos govora koristi se **Real-time Transport** Protocol (RTP), a za uspostavljanje bezbednih veza Secure Real-time Transport Protocol (SRTP).
- Za bezbedan prenos SIP poruka enkripcija se vrši pomoću protokola **Transport Layer Security** (TLS).

* Korisnici mogu komunicirati **sa, ili bez prethodne registracije**

Osnovni tok uspostavljanja SIP veze



Registracija korisnika



SIP adresiranje adredišta

* SIP URL (Uniform Resource Locators) zavisi od toga da li je korisnik registrovan ili se poziv uspostavlja direktno između krajnjih tačaka

- registrovani korisnik može imati numeričku ili alfanumeričku ekstenziju (format je sip:ekstenzija@registrator):

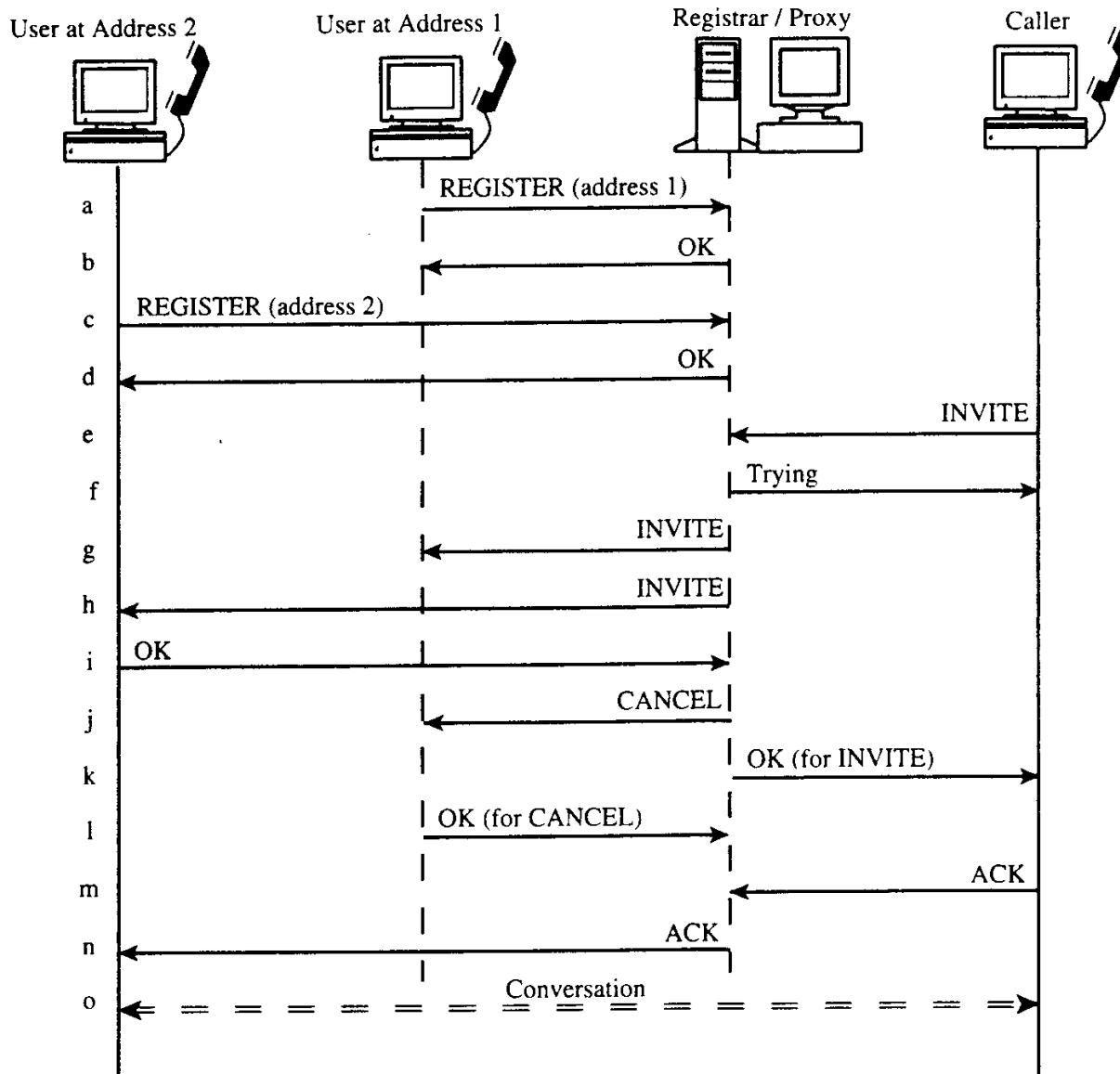
- sip:collins@home.net
- sip:3344556789@telco.net
- URL sa dodatni opcijama:
 - Supplement the URL
 - sip:3344556789@telco.net;user=phone
 - sip:user:password@host:port;uri-parameters?headers

- **Neregistrovani poziv (format sip:ip-adresa)**

- sip:200.5.32.1

* Prednost registrovanih korisnika je da je za njih postojanje IP mreže i adresa transparentno

Pozivanje broja



Primer SIP poruka

* Registracija

- Via:
- Call-ID:
 - host-specific
- Content-Length:
 - Zero, no msg body
- Cseq:
 - Avoid ambiguity
- Expires:
 - TTL
 - 0, unreg
- Contact:
 - *

Collins@station1.work.com



Registrar



a

```
REGISTER sip:registrar.work.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP station1.work.com; branch=z9hG4bK123
Max-Forwards: 70
From: sip:Collins@work.com; tag=123456
To: sip:Collins@work.com
Call-ID: 123456@station1.work.com
CSeq: 1 REGISTER
Contact: sip:Collins@station1.work.com
Expires: 7200
Content-Length: 0
```

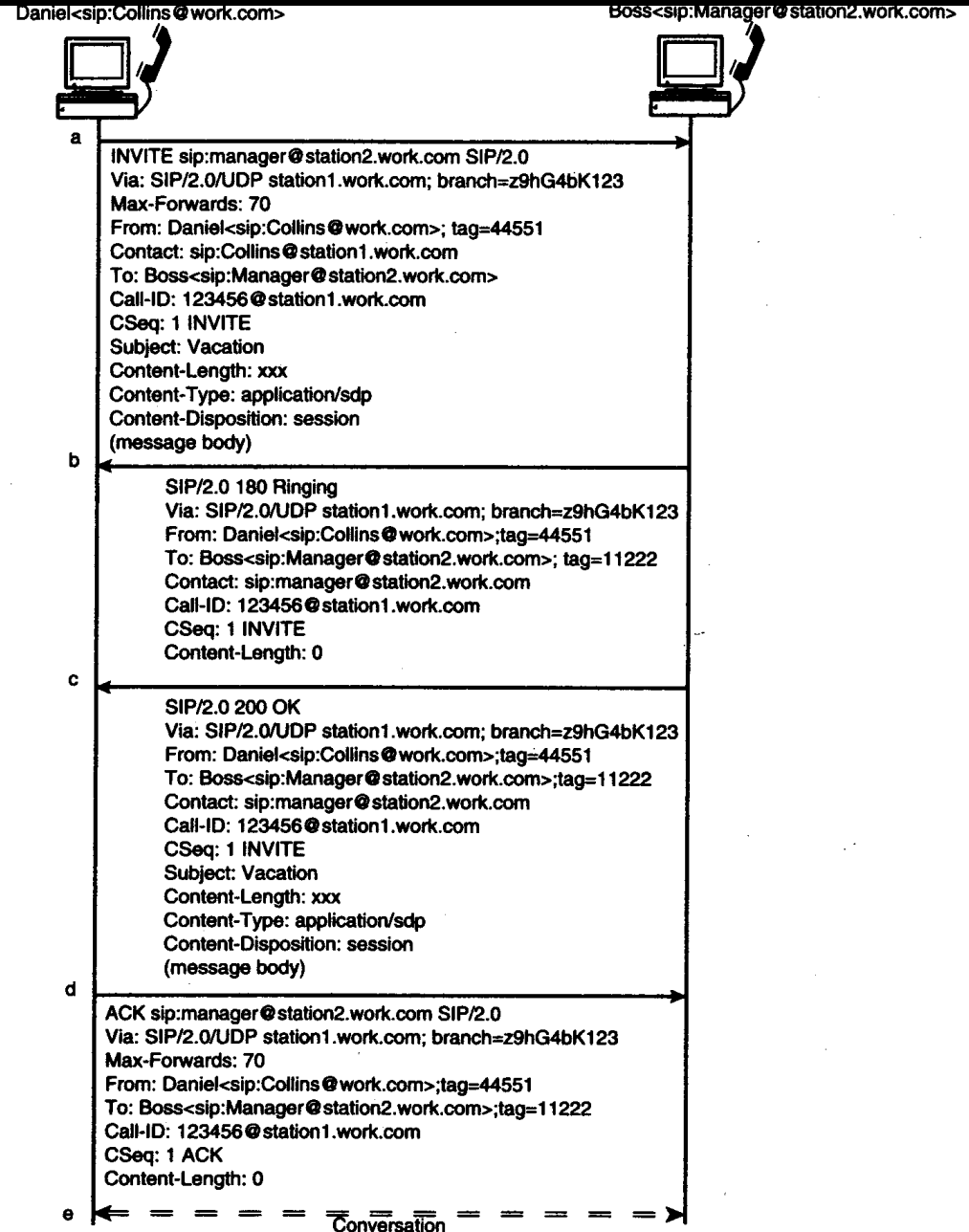
b

```
SIP/2.0 200 OK
Via: SIP/2.0/UDP station1.work.com; branch=z9hG4bK123
From: sip:Collins@work.com,tag=123456
To: sip:Collins@work.com
Call-ID: 123456@station1.work.com
CSeq: 1 REGISTER
Contact: sip:Collins@station1.work.com
Expires: 3600
Content-Length: 0
```

Direktni poziv bez registracije

* A two-party call

- Subject:
 - optional
- Content-Type:
 - application/sdp

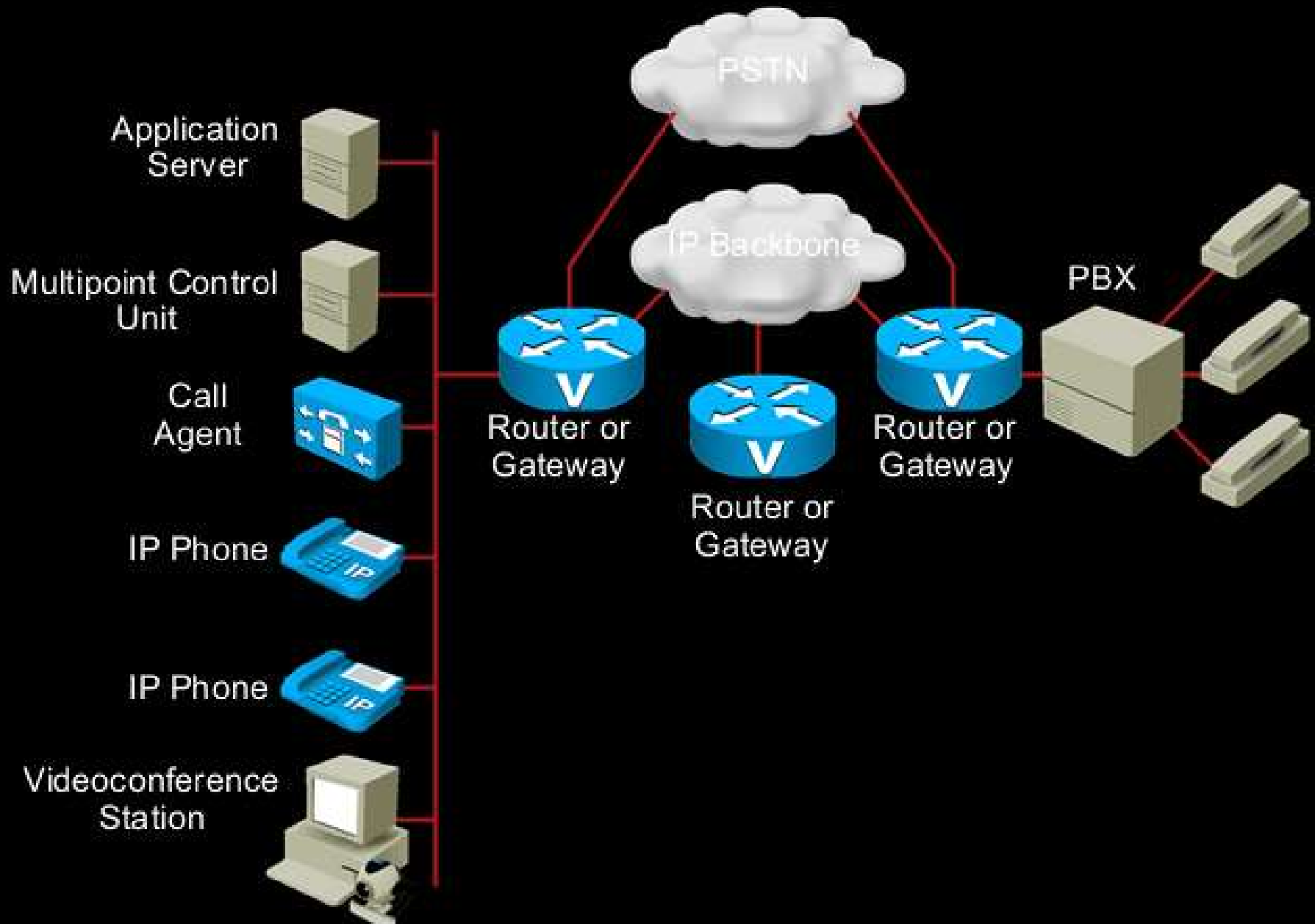


Cisco Unified Communication Manager

SCCP

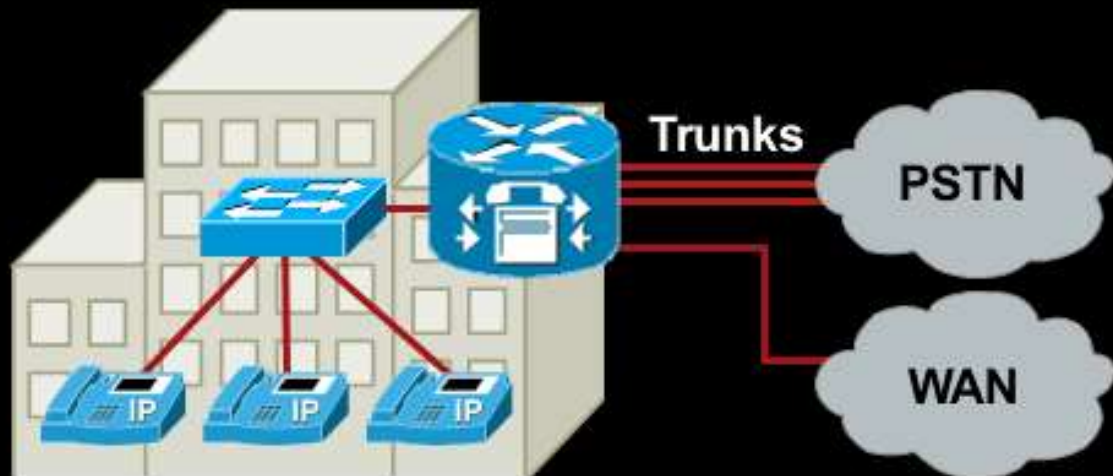
- * The **Skinny** Client Control **Protocol (SCCP)** is a proprietary network terminal control **protocol** originally developed by Selsius Systems, which was acquired by Cisco Systems in 1998.
- * **SCCP** is a lightweight IP-based **protocol** for session signaling with Cisco Unified Communications Manager, formerly named CallManager.

Komponente Cisco VoIP mreže



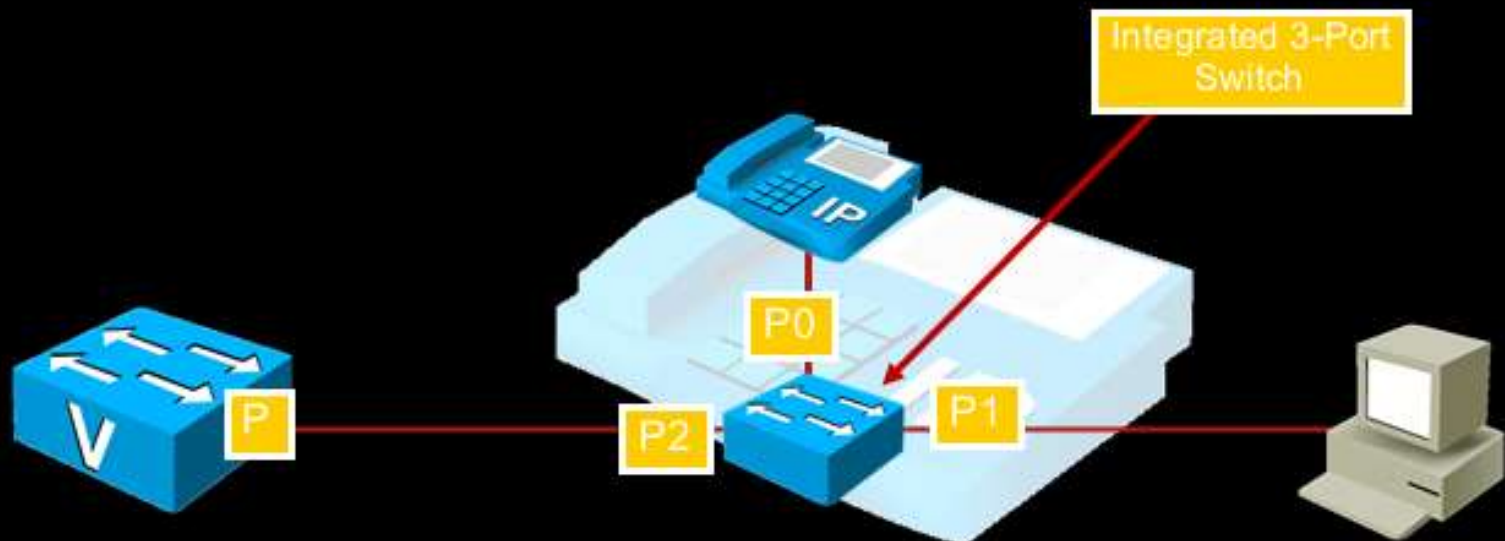
Cisco Unified Communication Manager Express (CUCME)

Cisco Unified Communication Manager Express



Call processing for small- to medium-sized deployments
VoIP integrated solution
Up to 240 IP Phones
IOS software-based solution

Cisco IP Phone Connected to the Network

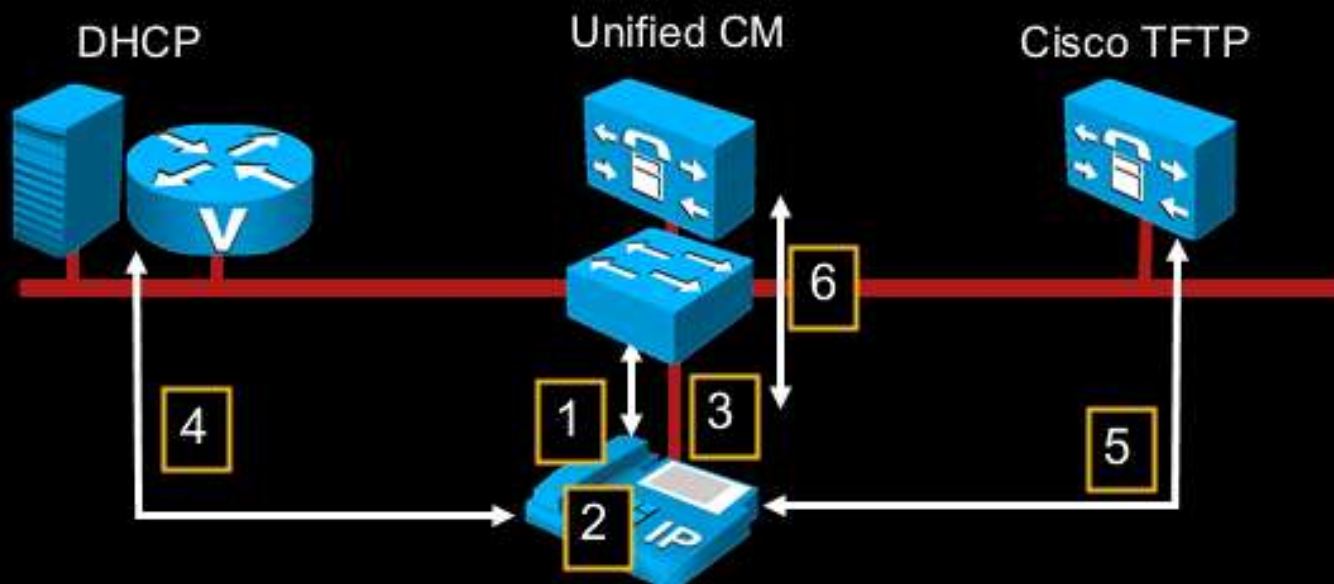


Multi-VLAN Access Port

```
Console(config)#interface FastEthernet0/1  
Console(config-if)#switchport mode access  
Console(config-if)#switchport voice vlan 261  
Console(config-if)#switchport access vlan 262
```

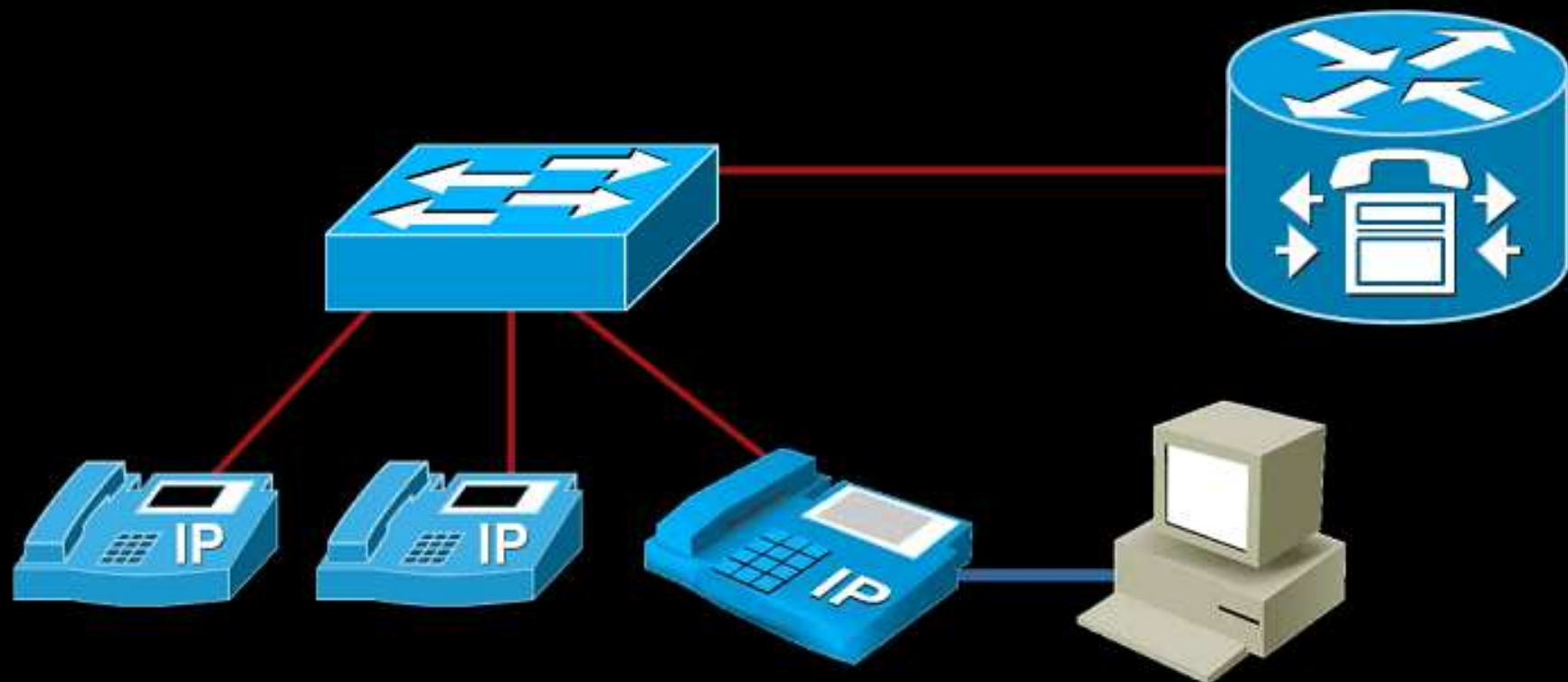


Cisco SCCP IP Phone Startup Process



1. Cisco IP phone obtains power from the switch
2. Cisco IP phone loads locally stored image
3. Switch provides VLAN information to Cisco IP phone using Cisco Discovery Protocol
4. Phone sends DHCP request; receives IP information and TFTP server address
5. Cisco IP phone gets configuration from TFTP server
6. Cisco IP phone registers with Cisco Unified Communications Manager server

Lab1: «Let's Make Some Telephony»



To Do List:

1. Switch: Data-VLAN, Voice-VLAN, Trunk to Router
2. Router: IP-addressing, Magic Command
3. IP-Phone: ... just call
4. PC: Spy games with WireShark

Konfiguracija rutera - DHCP

```
!
ip dhcp pool ITS
  network 172.17.0.0 255.255.0.0
  option 150 ip 172.17.0.1
  default-router 172.17.0.1
!
```

Konfiguracija ruteru - CUCME

```
!
!
!
!
telephony-service
max-ephones 10
max-dn 10
ip source-address 172.17.0.1 port 2000
auto assign 1 to 10
network-locale RU
create cnf-files version-stamp Jan 01 2002 00:00:00
max-conferences 8 gain -6
transfer-system full-consult
```

```
!
!
ephone-dn 1
number 1001
!
```

--More--

```
*Feb  1 15:54:36.307: %IPPHONE-6-REG_ALARM: 22: Name=SEP000A8AA216D
```

Konfiguracija za rutiranje poziva

- * **Ukoliko se broj ili grupa brojeva nalaze na drugom SIP gateway:**
 - **dial-peer voice 2 voip**
 - **destination-pattern 018T**
 - **session protocol sipv2**
 - **session target ipv4:160.99.13.102**
- * Destination-pattern zadaje broj ili patern, koji može da sadrži "džoker" karaktere 'T' ili '.'
- * **dial-peer voice 2 voip** – označava VoIP poziv, tako da sve ide preko rutera. Broj 2 je proizvoljni identifikator dial-peer-a.
- * **destination-pattern 018T** – ovo definiše da će se dial-peer prosleđivati pozive registru 160.99.13.102 ako birani broj telefona počinje sa 018.
- * **session protocol sipv2** – označava koji se protokol vrši za iniciranje. U ovom slučaju je SIP.
- * **session target ipv4:160.99.13.102** – označava da će se za otkucani broj 1002 proslediti na adresu 160.99.13.102