



# Voice over IP Protocol의 이해 (H.323 / SIP)

우병수

# Outline

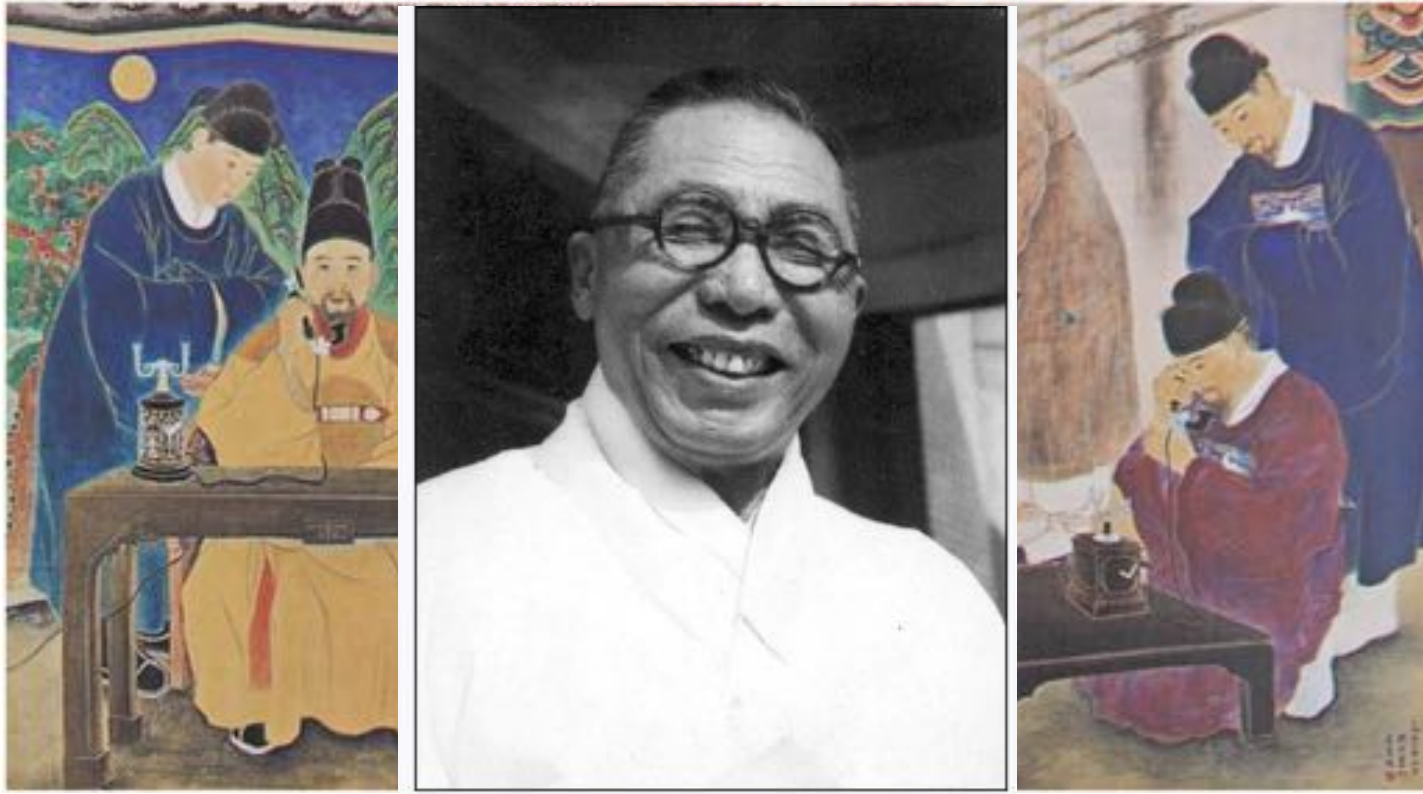
- **VoIP Protocols**
- **H.323**
- **SIP**
- **RTP**
- **QoS**

# 한국 최초의 전화기



- 1896년 10월 덕수궁에 전화기 설치
- 1902년 3월 20일 서울과 인천 사이에 전화 개통 (덕률풍, 전이기, 어화통)

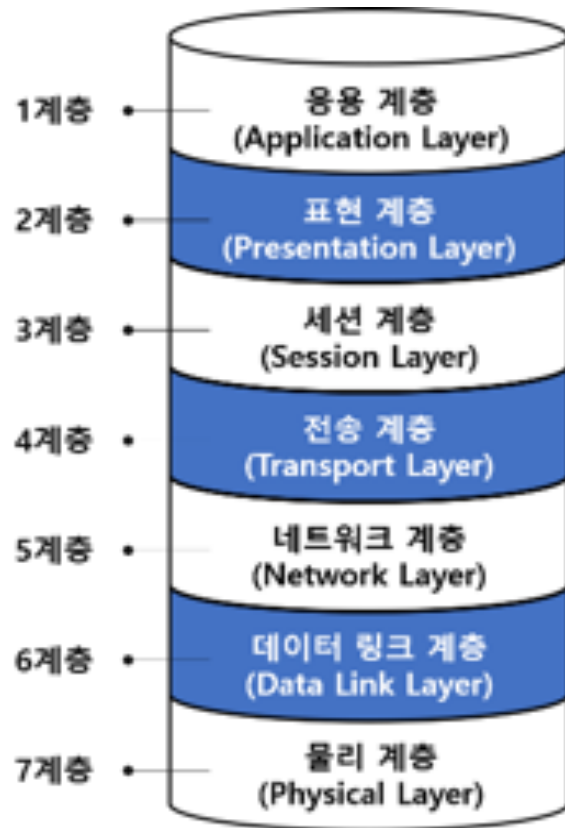
# 고종이 전화로 어명 전달



- 고종은 인천 감옥에 수감중인 김창수에 대한 사형을 전화로 사면
- 민비시해사건이후 조선인으로 변장한 일본인을 주막에서 살해

# VoIP Protocols

# Voice over IP Protocol Stack

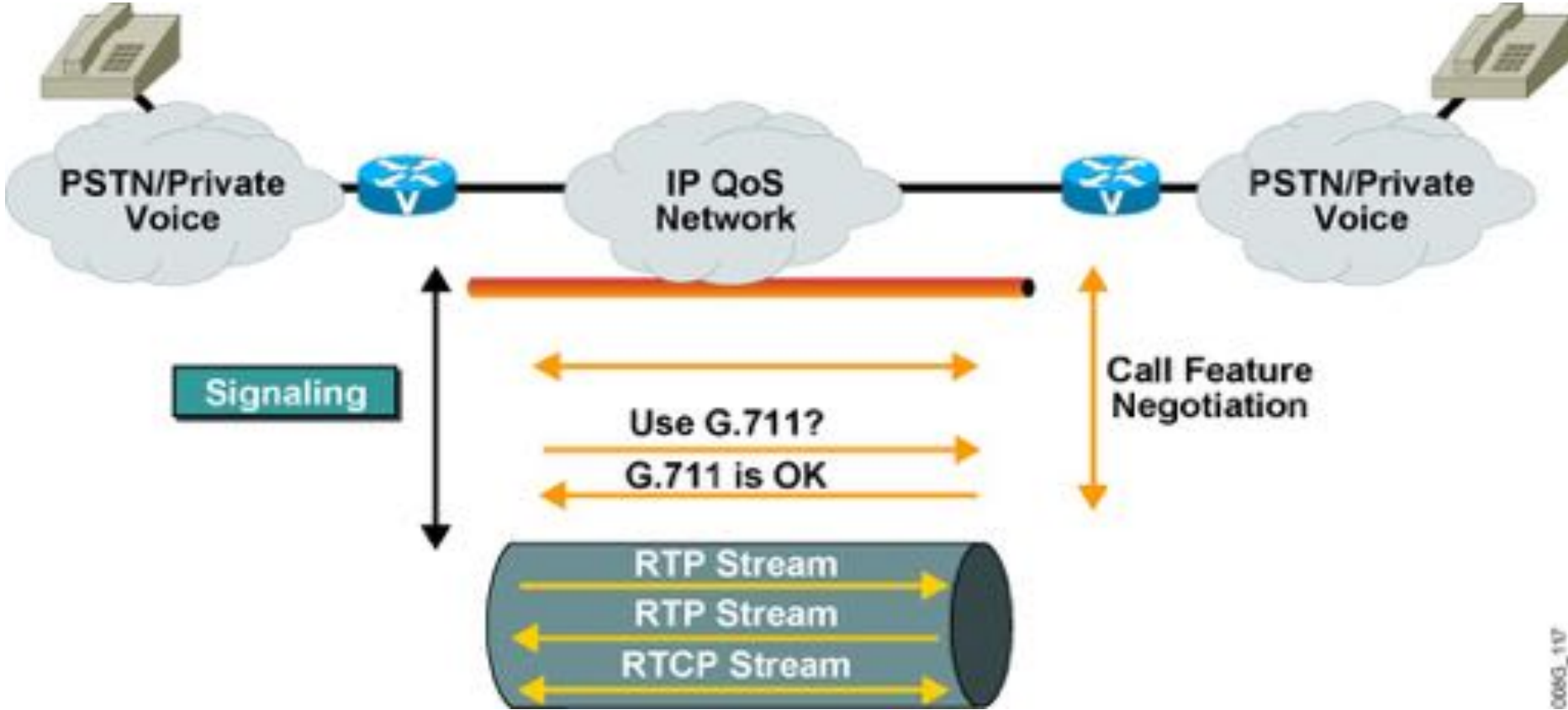


G.729 / G.711
H.323 / SIP / SDP / MGCP / MEGACO / H.248 / SIGTRAN
UDP / TCP
IP
Ethernet
UTP

- \*. TCP : Transmission Control Protocol)
- \*. UTP : Unshielded twisted pair cable
- \*. MGCP : Media Gateway Control Protocol
- \*. SIGTRAN : SIGnaling TRANsport

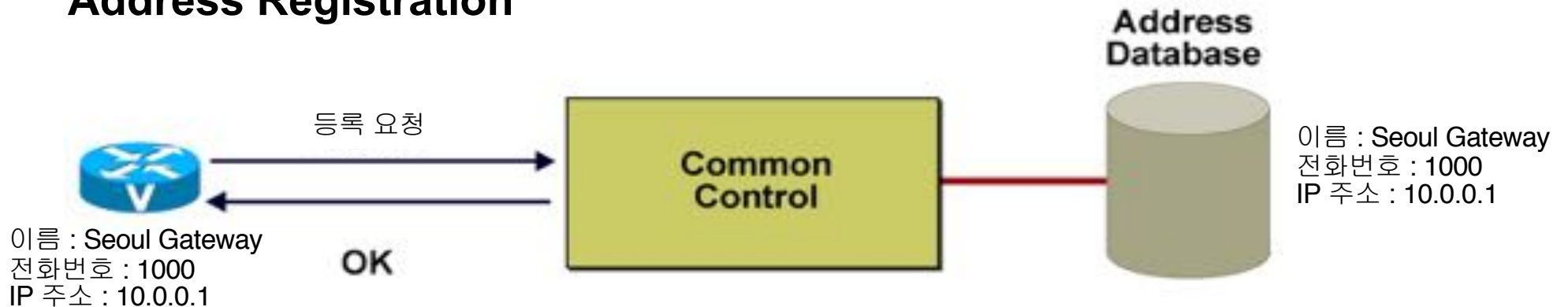
- \*. UDP : User Datagram Protocol
- \*. SIP : Session Initiate Protocol
- \*. MEGACO : MEdia GATeway COntrol protocol

# Signaling & RTP



# Signaling의 목적 : 주소 등록 및 주소 번역

## Address Registration



## Address Resolution





# H.323

- ITU 에서 1996년 승인
- Packet-based multimedia communications systems
- 피어 투 피어 프로토콜 (Peer-to-peer)
- 광범위하게 활용된 VoIP 프로토콜
- Q.931 프로토콜의 Call Signaling을 모방
- ITU recommendation
  - 1996년 H.323 version1
  - 1998년 H.323 version2
    - Fast Connect / H.235 security / H.450 부가서비스
  - 1999년 H.323 version3
    - Real-time Fax (Annex D) / GK-GK Communications(Annex G)
  - 2009년 H.323 version7



\*. ITU : International Telecommunication Union, 국제전기통신연합

# SIP

- IETF 에서 1999년 승인
  - 1999년 RFC 2543 Session Initiation Protocol
  - 2002년 RFC 3261 Session Initiation Protocol
  - 2003년 RFC 3665 SIP Call Flow Examples
- 피어 투 피어 프로토콜 (Peer-to-peer)
- H.323을 대체하여 광범위하게 사용중
- ASCII 텍스트 기반으로 쉬운 구현과 디버깅
- TCP 및 UDP를 사용



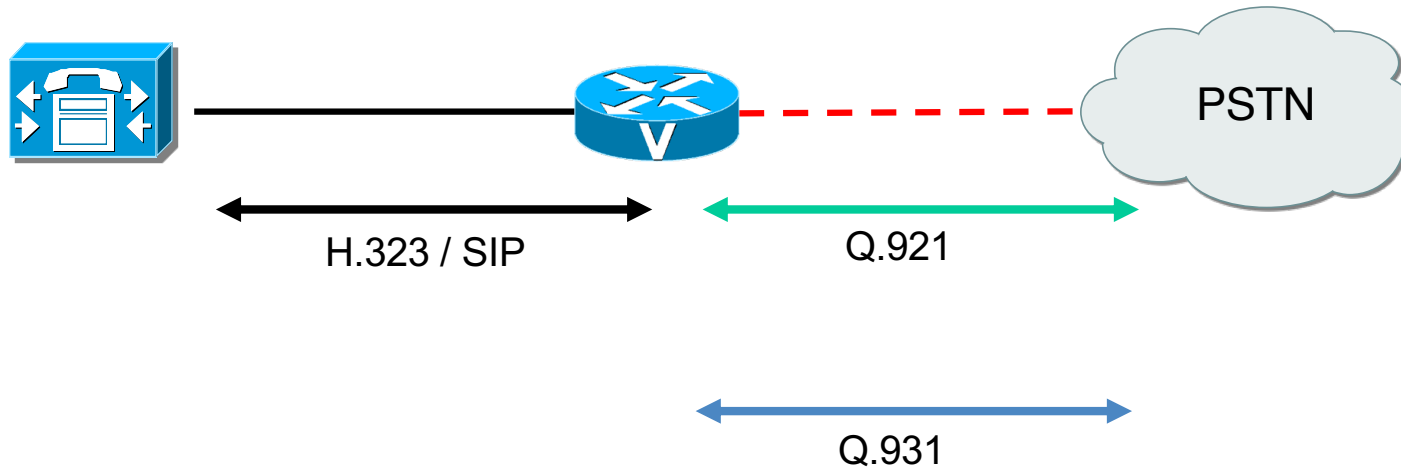
- \*. IETF : Internet Engineering Task Force 국제인터넷표준화기구
- \*. RFC : Request for Comments (IETF에서 승인한 문서)
- \*. ASCII : American Standard Code for Information Interchange

# MGCP

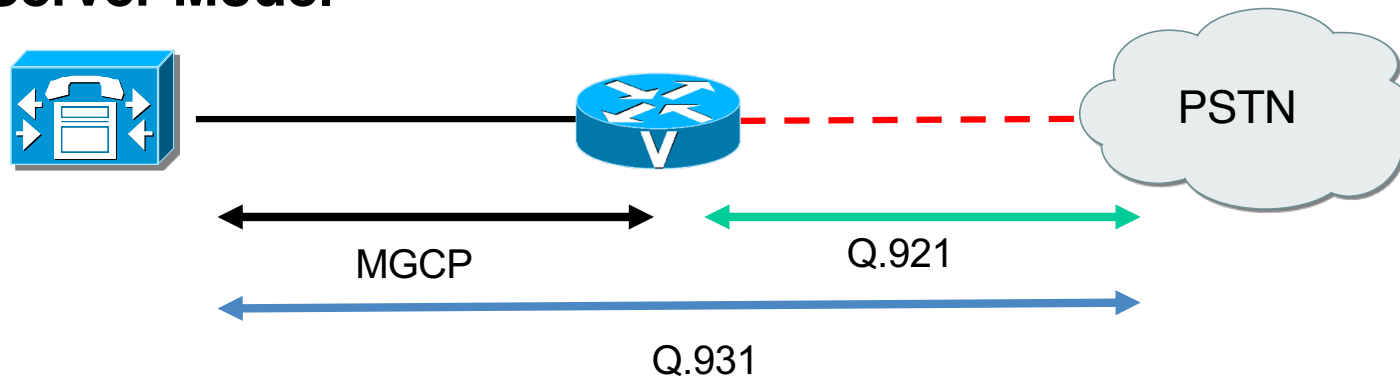
- IETF에서 1999년 승인
  - 1999년 RFC 2705 Media Gateway Control Protocol Version 0.1
  - 2003년 RFC 3435 Media Gateway Control Protocol Version 1.0
- Client / Server Protocol (Master / Slave)
- ASCII 텍스트 기반으로 쉬운 구현과 디버깅
- 게이트웨이의 포트를 직접 제어

# Peer-to-peer vs. Client-Server

## Peer-to-peer Model



## Client / Server Model



# 프로토콜 비교

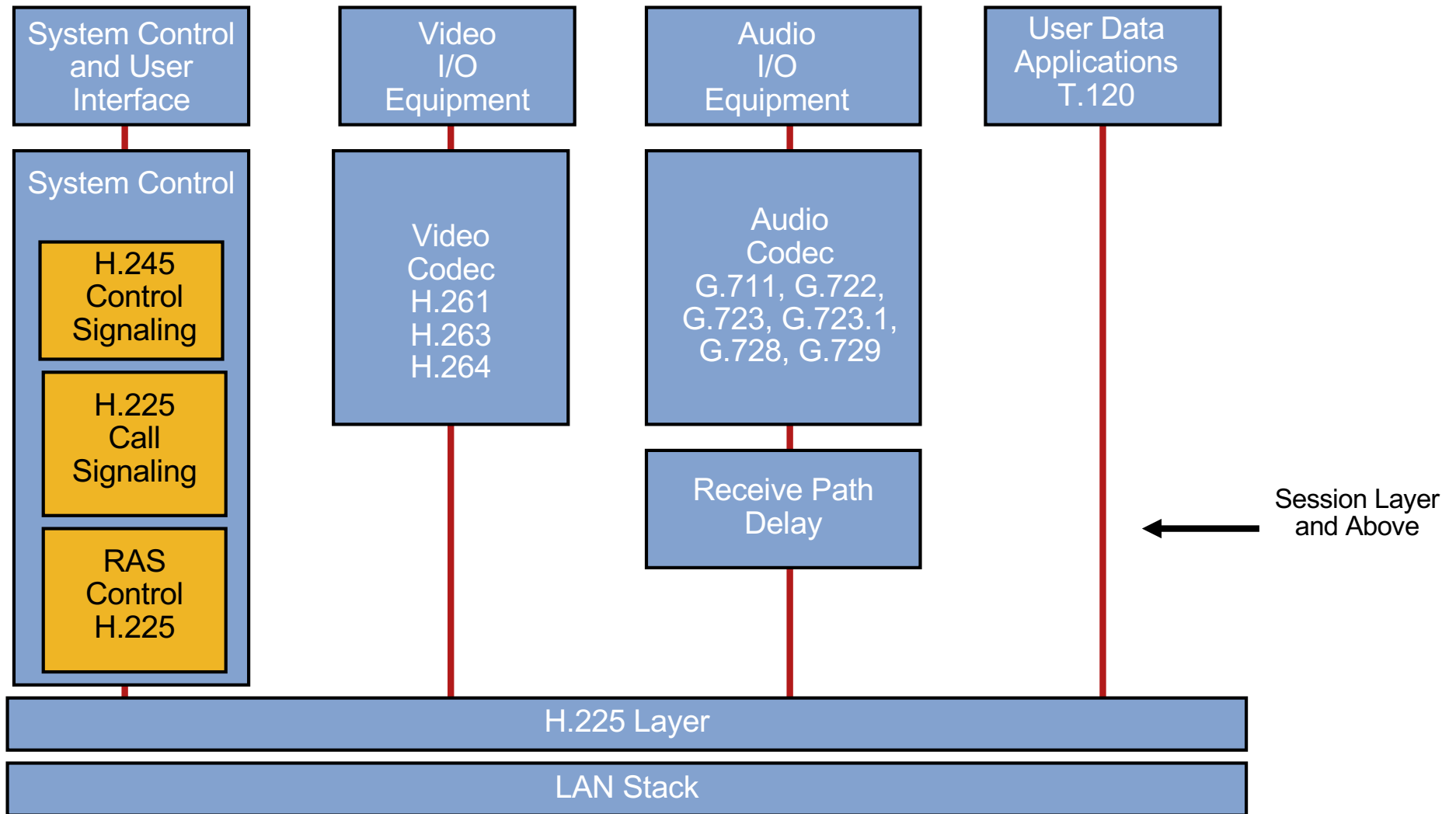
구분	H.323	SIP	MGCP
표준기관	ITU-T	IETF	IETF
Architecture	분산	분산	중앙집중식
최신버전	H.323 v5	SIP 2.0 (RFC 3261)	MGCP 1.0 (RFC 3015)
전송 프로토콜	TCP	TCP or UDP	UDP
Encoding	ASN.1	텍스트	텍스트
확장성	뛰어남	매우 뛰어남	뛰어남
코덱협상	H.245	SDP	SDP
방화벽 투과	다수 프로토콜로 복잡	단순	단순
보안 프로토콜	TLS	H.235 IPSEC, TLS	
호 제어 장비	GateKeeper	Proxy Server	Call Agent
단말	Gateway Terminal	Gateway IP Phone	Gateway

# RTP

- IETF 에서 1996년 승인
  - 1996년 RFC 1889 RTP : A Transport Protocol for Real-Time Applications
  - 2003년 RFC 3550 RTP : A Transport Protocol for Real-Time Applications
- 실시간 음성 및 영상을 전송
- 시그널링 경로와 RTP 경로는 다름
- RTCP (Real-time Transport Control Protocol)
  - RTP 플로우에 대한 제어 정보를 전달
  - 네트워크 상태에 대한 피드백
- cRTP (Compressed RTP)
  - RFC 3545 Enhanced Compressed RTP for Links with High Delay, Packet Loss and Reordering
  - 40 바이트 헤더를 2 ~ 4 바이트로 줄임
- sRTP (Secure RTP)
  - 암호화 통신에 사용

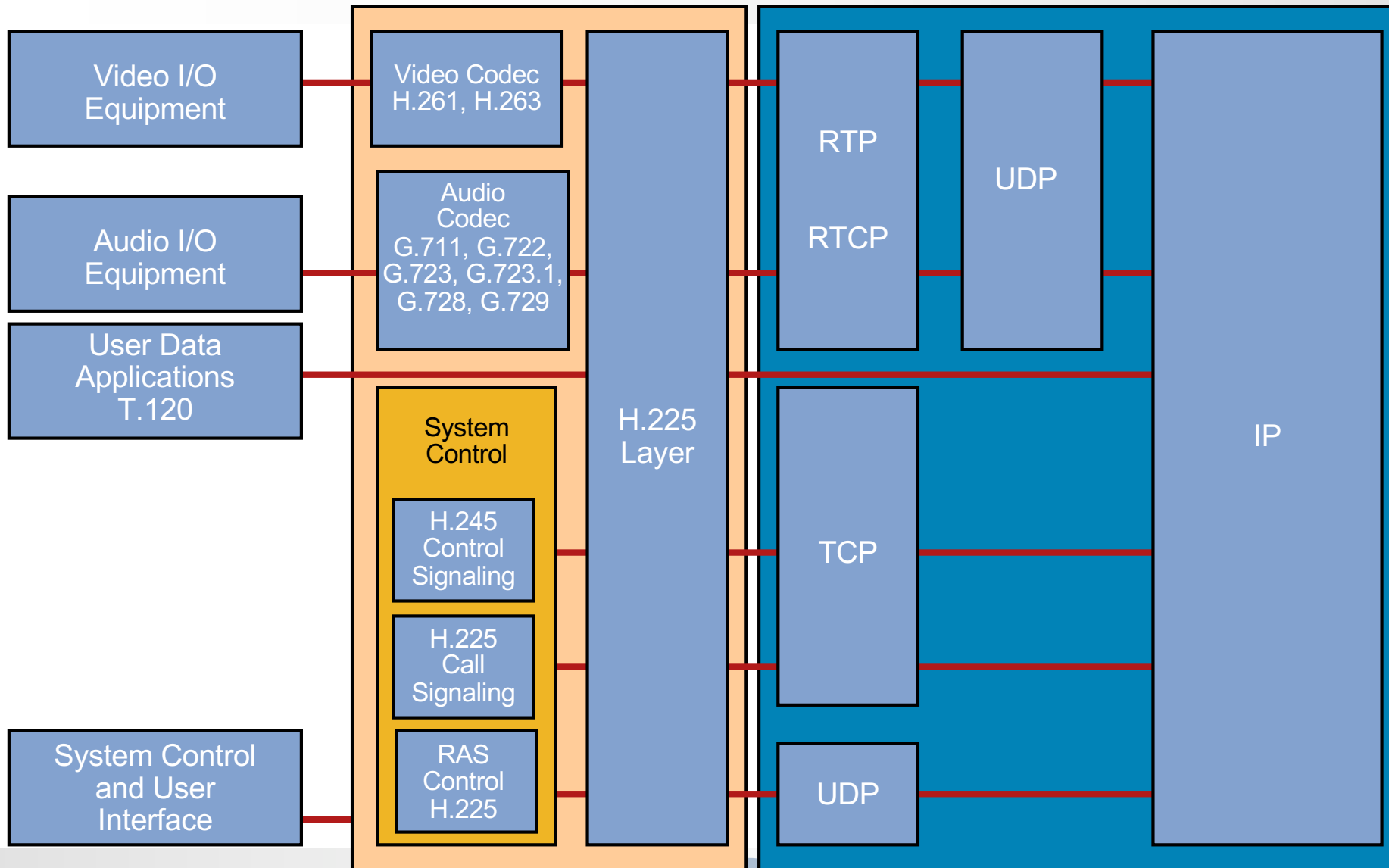
**H.323**

# H.323 Recommendations

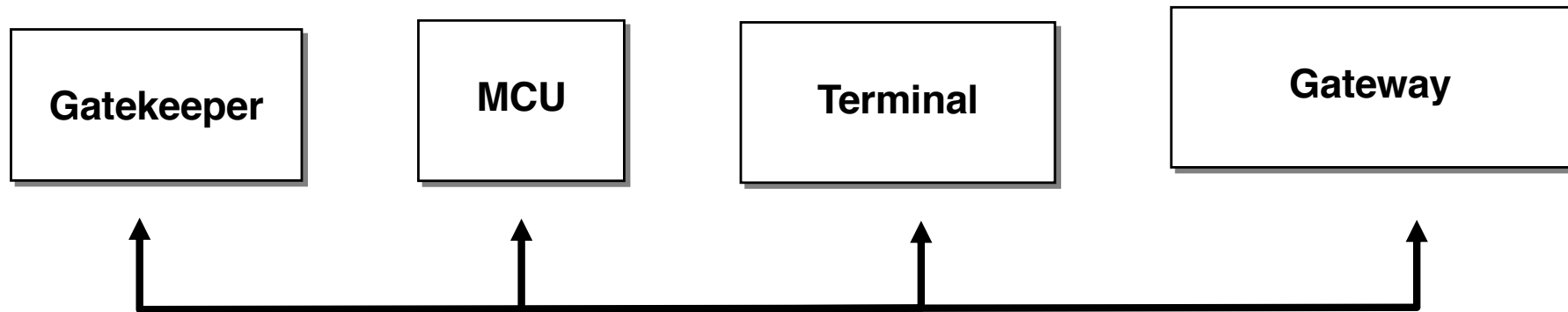




# H.323 Protocol Stack



# H.323 Components



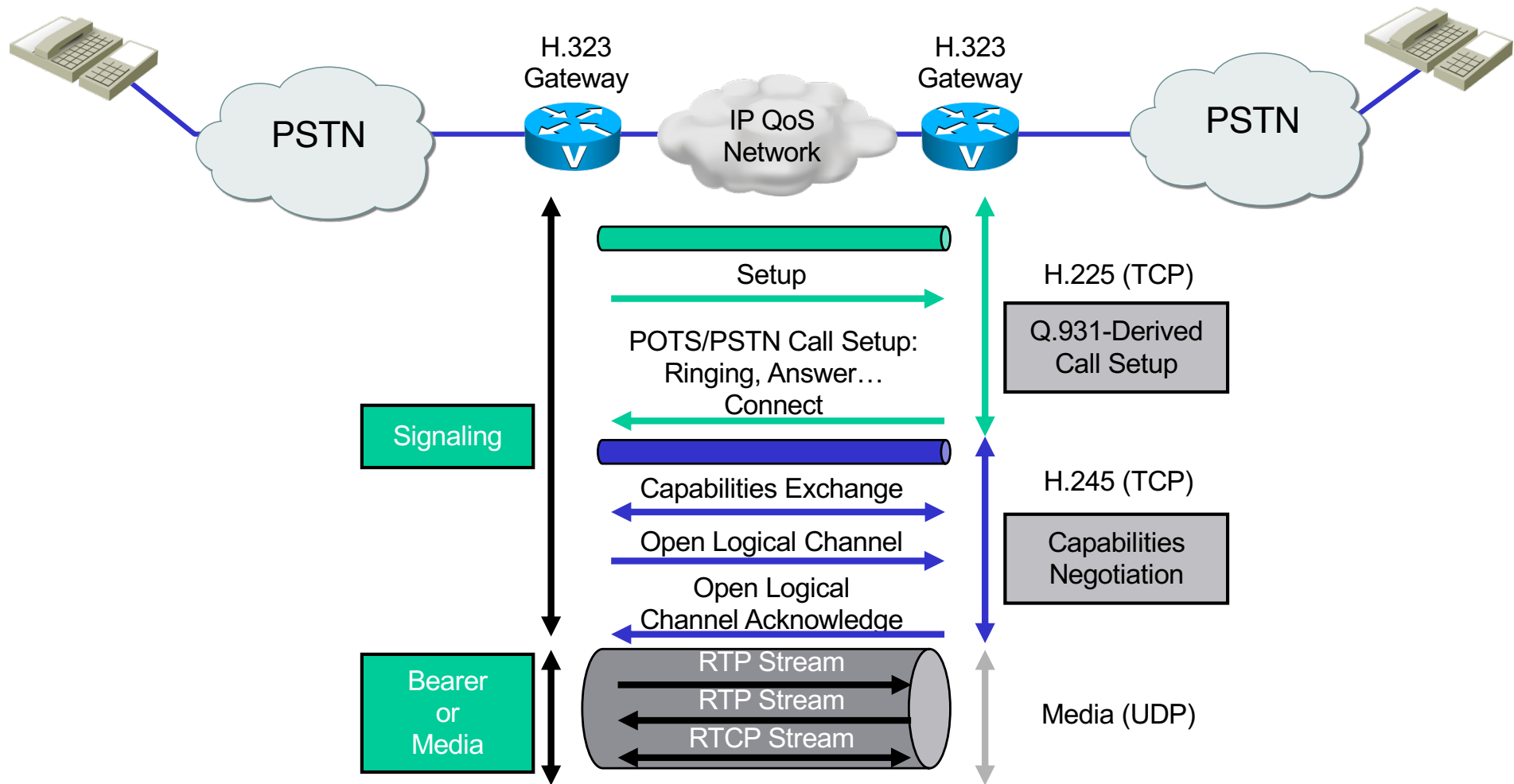
## Gatekeeper

- 옵션 장비
- 주소 번역
- Admission Control
- Bandwidth Control
- Zone Management

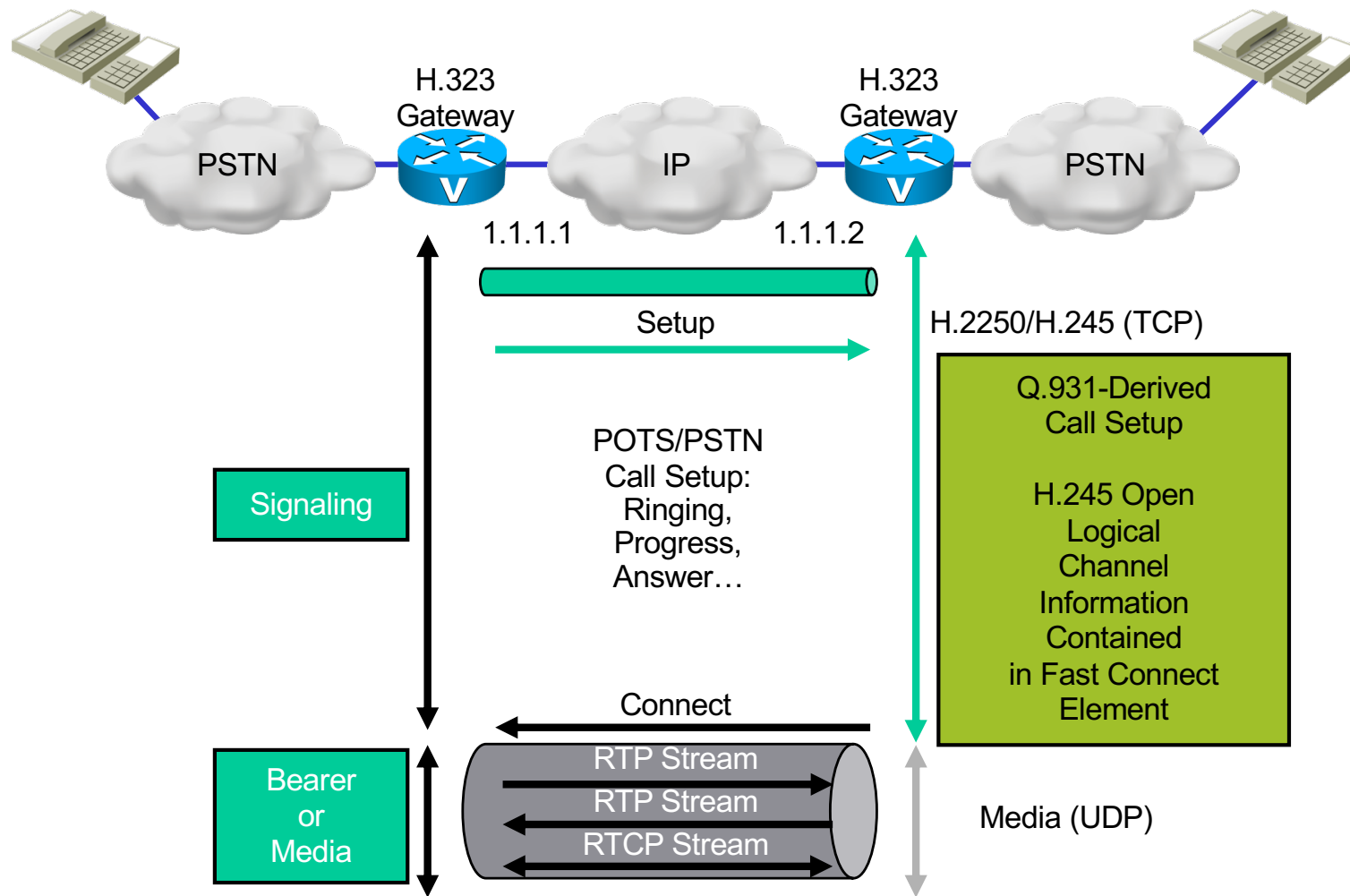
## MCU

- 다자간 음성 또는 영상 회의를 지원하기 위한 Endpoints
- MCU의 구성요소
  - MC (Multipoint Controller)
  - MP (Multipoint Processors)
- 단말은 MC와 point-to-point 연결을 설립

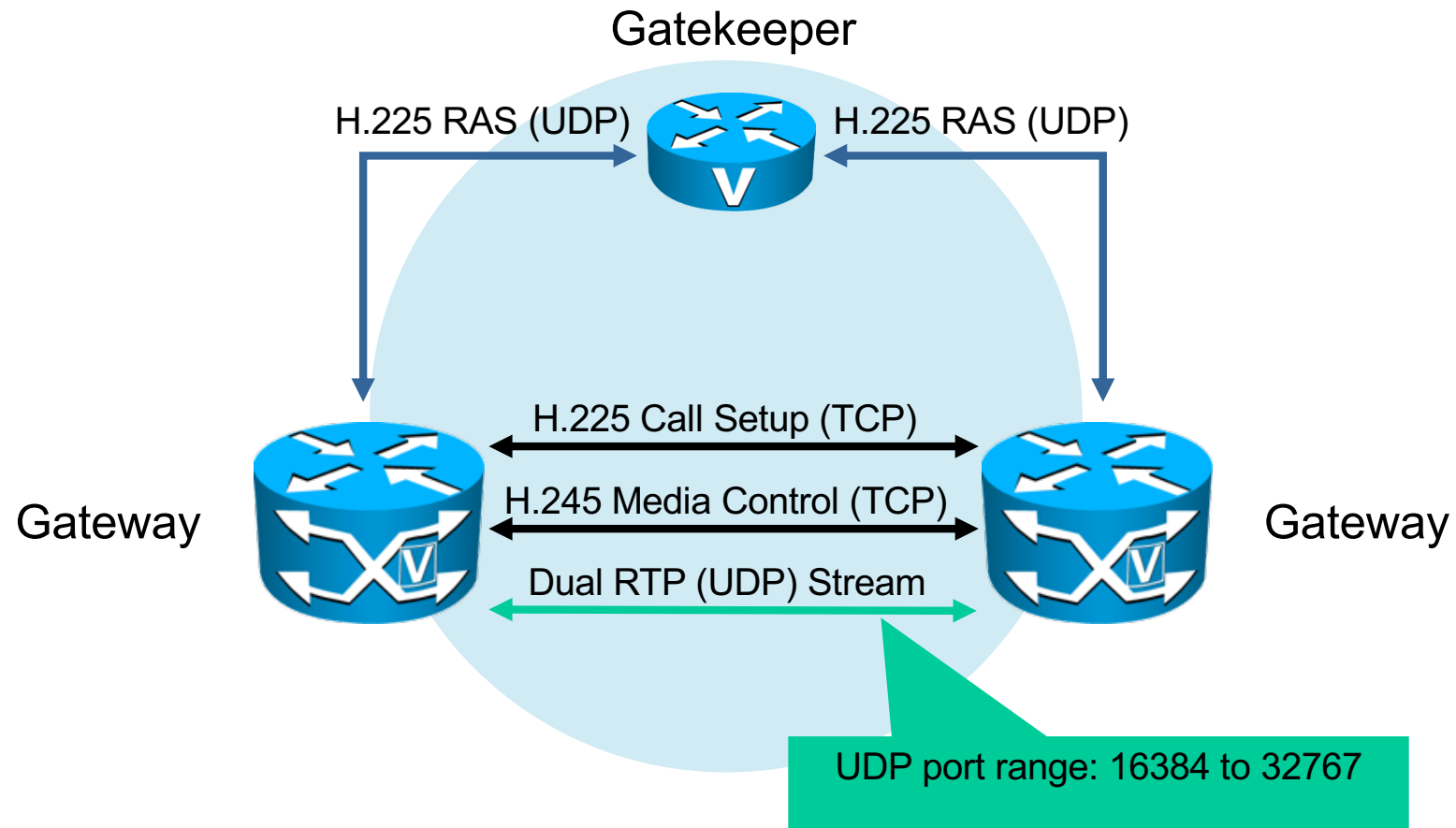
# H.323 Basic Call Setup



# H.323 v2 Fast Connect Call Setup



# Gatekeeper Signaling

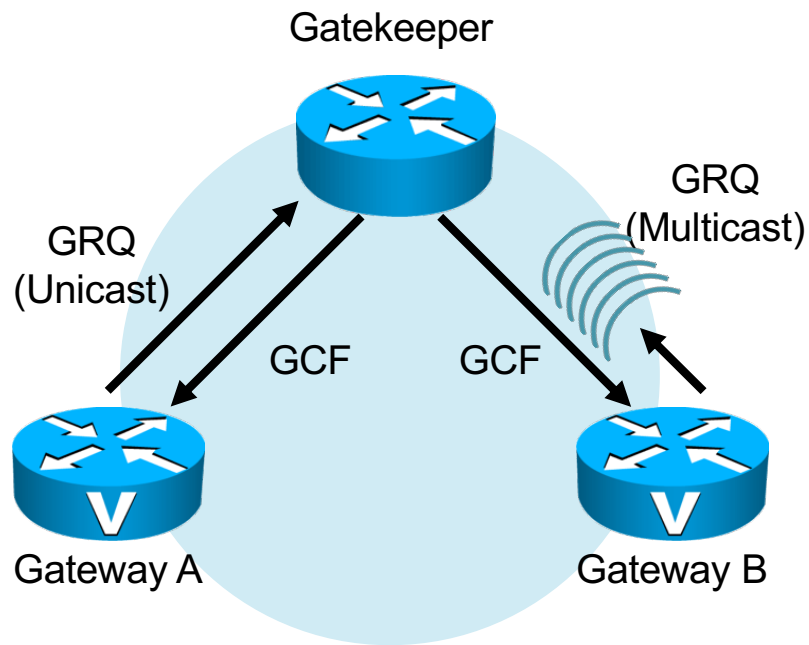


# H.225 RAS Messages

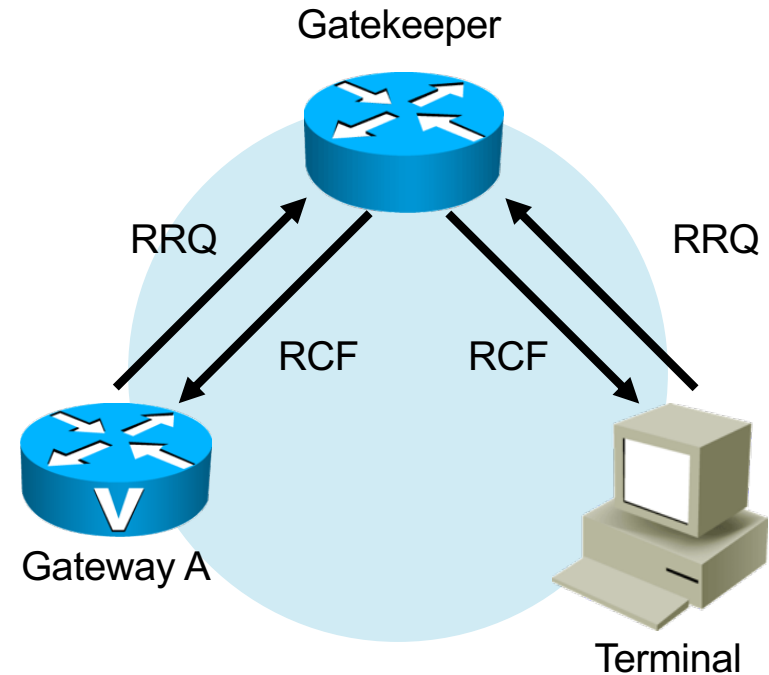
Gatekeeper Discovery	Location	Bandwidth
Gatekeeper Request (GRQ)	Location Request (LRQ)	Bandwidth Request (BRQ)
Gatekeeper Confirmation (GCF)	Location Confirmation (LCF)	Bandwidth Confirmation (BCF)
Gatekeeper Reject (GRJ)	Location Reject (LRJ)	Bandwidth Reject (BRJ)
Terminal and Gateway Registration	Call Admission	Status
Registration Request (RRQ)	Admission Request (ARQ)	Info Request (IRQ)
Registration Confirmation (RCF)	Admission Confirmation (ACF)	Info Request Response (IRR)
Registration Reject (RRJ)	Admission Reject (ARJ)	Info Request Acknowledge (IACK)
Terminal and Gateway Unregistration	Disengage	Info Request Neg Acknowledge (INAK)
Unregistration Request (URQ)	Disengage Request (DRQ)	
Unregistration Confirmation (UCF)	Disengage Confirmation (DCF)	
Unregistration Reject (URJ)	Disengage Rejection (DRJ)	
Resource Availability	Request in Progress	
Resource Availability Indicator (RAI)	Request in Progress (RIP)	
Resource Availability Confirmation (RAC)		

\*. RAS : Registration, Authentication, Status

# Gatekeeper Discovery & Registration

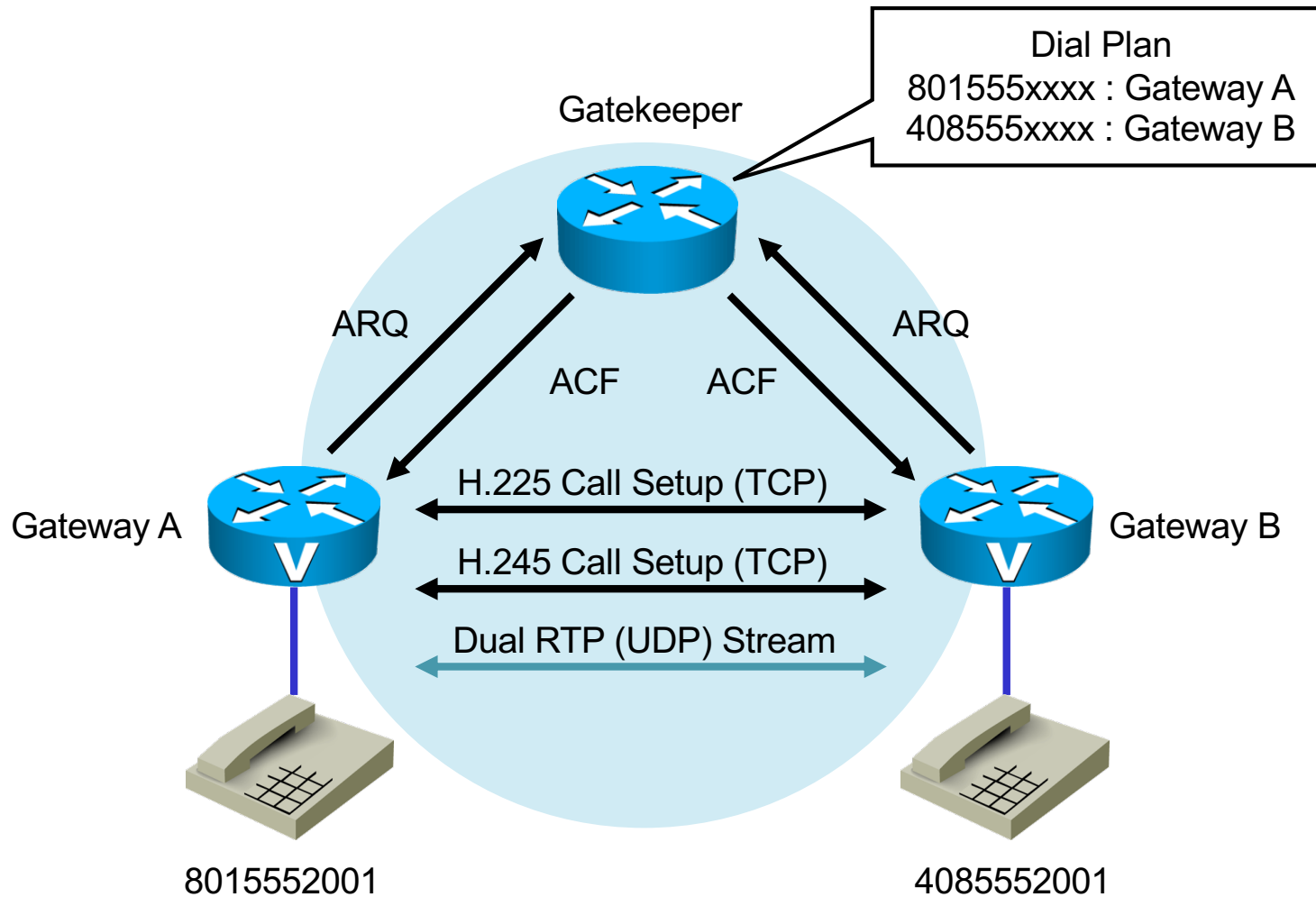


H.323 단말 및 Gateway는 게이트키퍼를 찾음



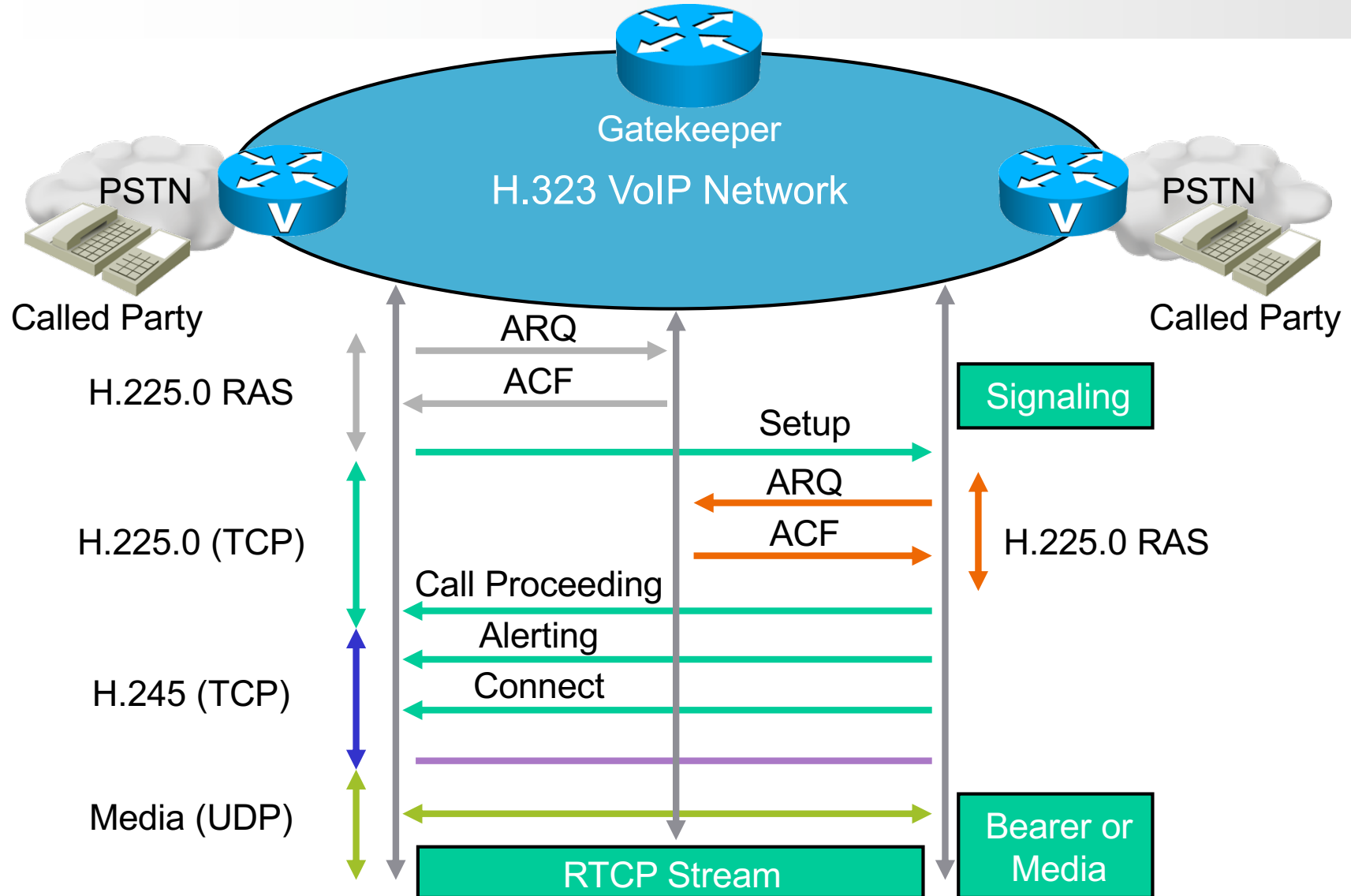
등록 : 게이트키퍼에게 IP 주소와 alias 주소를 알려주는 과정  
H.323 Gateway : H.323 ID 또는 E.164 주소 등록

# Admission Request



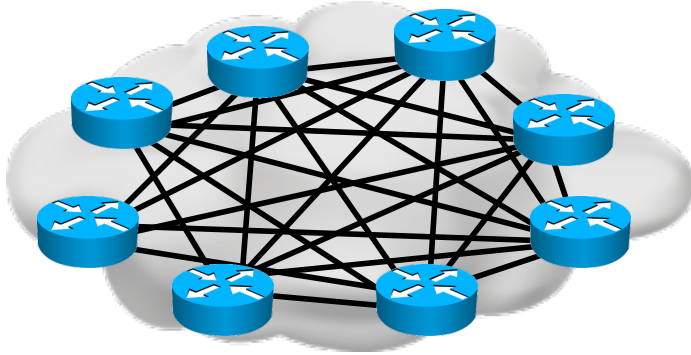


# Call Flow with a Gatekeeper

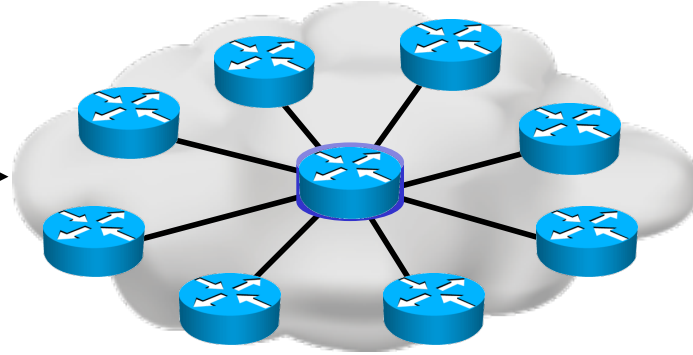


# 계층 구조를 가진 Gatekeeper

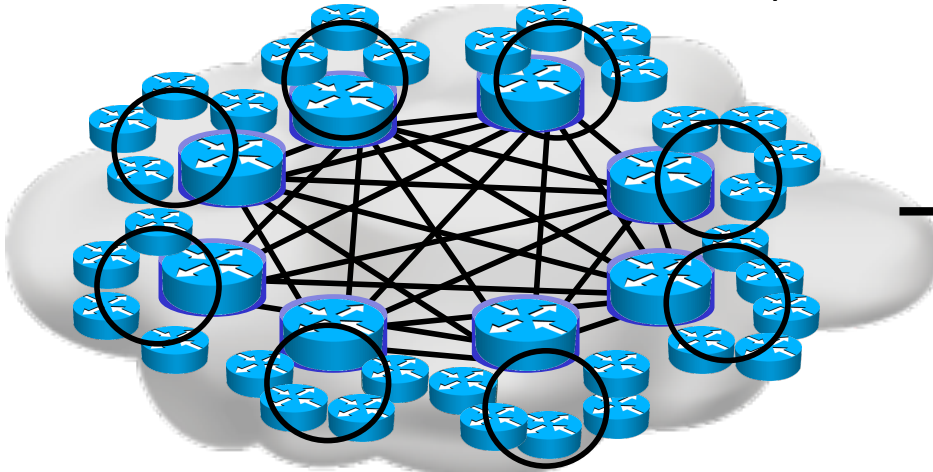
1. Small Network—Gateways Only



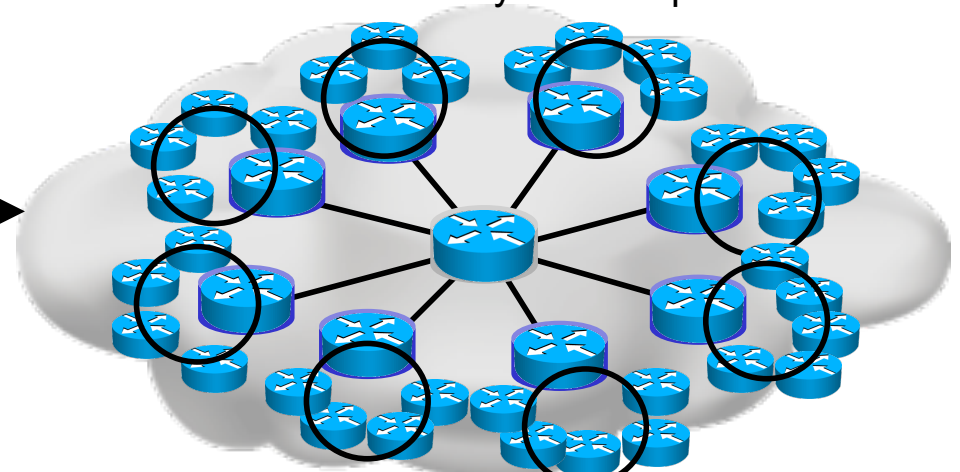
2. Small Network—Simplified with a Gatekeeper



3. Medium Network—Multiple Gatekeepers



4. Medium to Large Network—Multiple Gatekeepers and a Directory Gatekeeper



Gateway



Gatekeeper

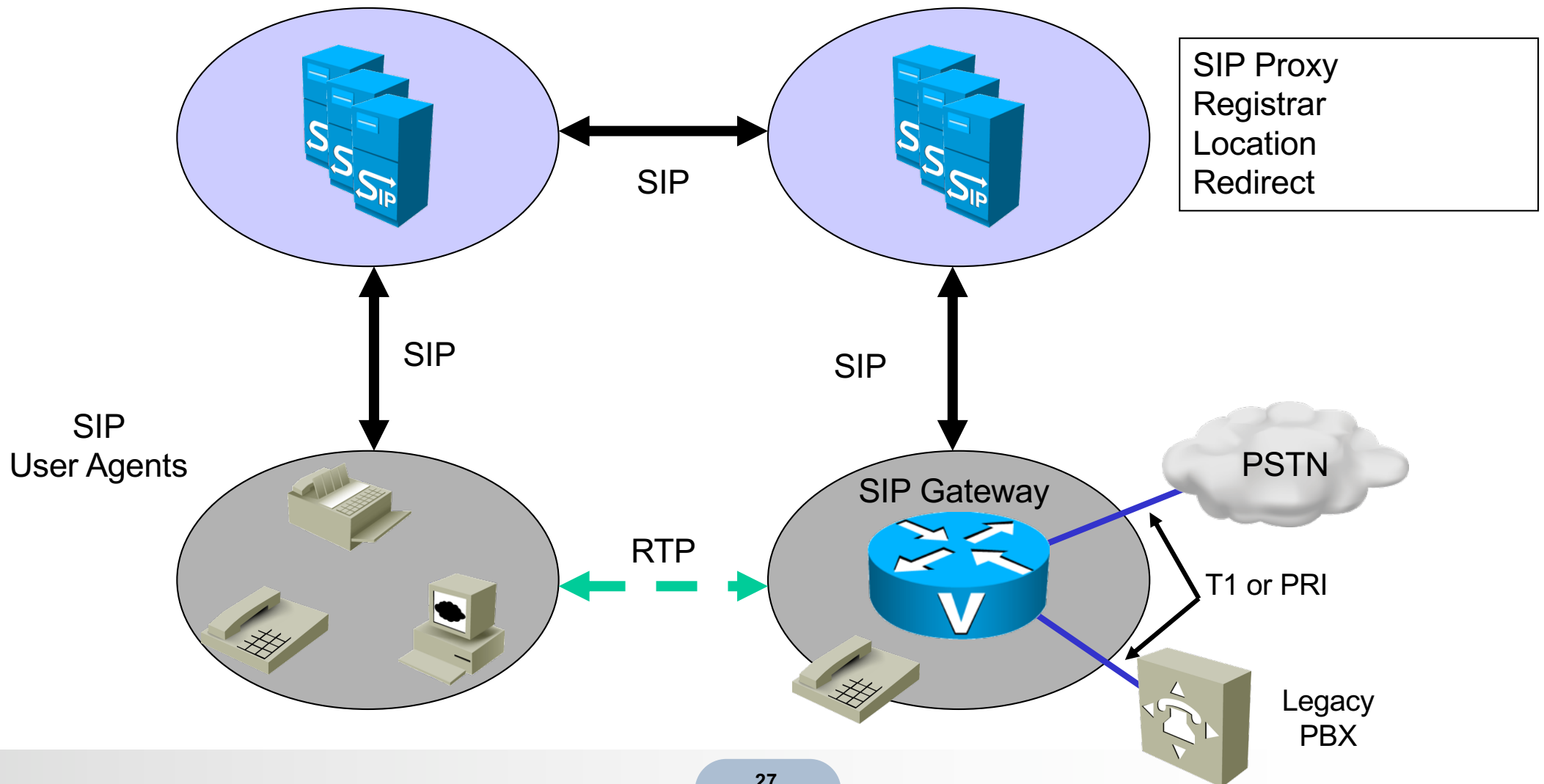


Directory Gatekeeper



**SIP**

# SIP Architecture



# SIP의 5 Components

- User Agent [Mandatory]
  - UAC (User Agent Client) : 세션을 요청하는 단말
  - UAS (User Agent Server) : 세션을 응답하는 단말
- SIP Gateway
  - IP 네트워크와 PSTN 네트워크를 연동
- Registrar Server
  - SIP UA의 등록 메시지만을 처리 (SIP REGISTER)
  - SIP UA의 상태정보(PRESENCE)를 관리
- Proxy Server
  - SIP 메시지를 목적지로 라우팅 또는 메시지를 제한적으로 추가/변경/삭제
- Redirect Server
  - 3XX redirect SIP 메시지를 전달

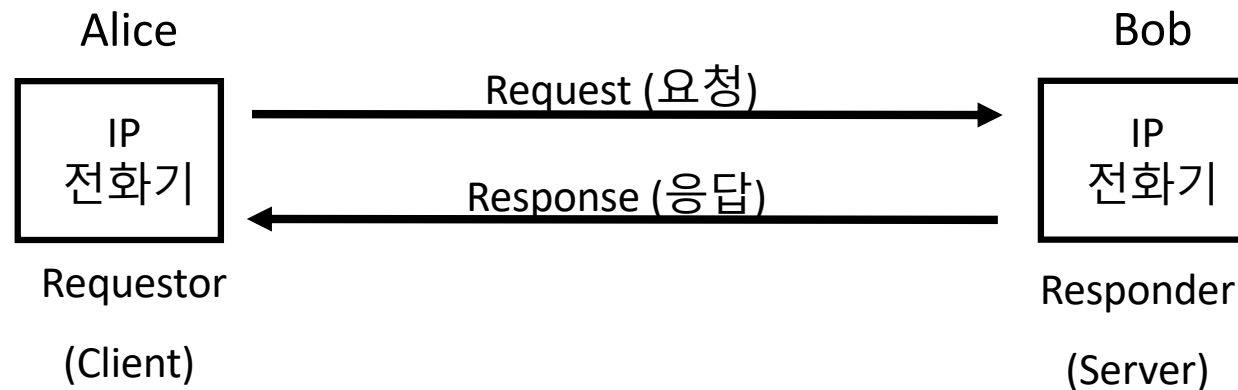
# SIP Address

---

- FQDN (Fully-Qualified Domain Names)
  - sip:ceo@abc.com
- E.164 address & FQDN
  - sip:821012345678@abc.com;user=phone
- Mixed address
  - sip:821012345678@10.1.1.1;user=phone
  - sip:ceo@10.1.1.1
- E.164 address
  - tel:821012345678

# SIP Request Method in RFC 3261

- INVITE - 세션 설립 요청 메소드
- ACK - 세션 설립 요청에 대한 200 OK 응답에 대한 최종 응답 메소드
- BYE - 세션 종료 요청 메소드
- CANCEL - 세션 설립 요청 취소 메소드 / 200 OK 수신 전 취소만 가능
- OPTIONS - UAS의 Capabilities 정보 요청 메소드 / Keep alive 역할
- REGISTER - UA 등록 메소드



# 추가적인 SIP Request Method

- INFO (RFC 2976) - 설립된 다이얼로그에서 정보 요청
- PRACK (RFC 3262) - provisional response 에 대한 확인
- SUBSCRIBE (RFC 3265) - 특정 이벤트를 원격 노드에 알림 요청
- NOTIFY (RFC 3265) - 특정 이벤트 발생 알림
- UPDATE (RFC 3311) - 세션 설정 파라미터 업데이트
- MESSAGE (RFC 3428) - 채팅과 같은 단순 메시지 전송
- REFER (RFC 3515) - 호 전환을 위한 메소드
- PUBLISH (RFC 3903) - 프레즌스 서버에 UA의 상태정보 전달



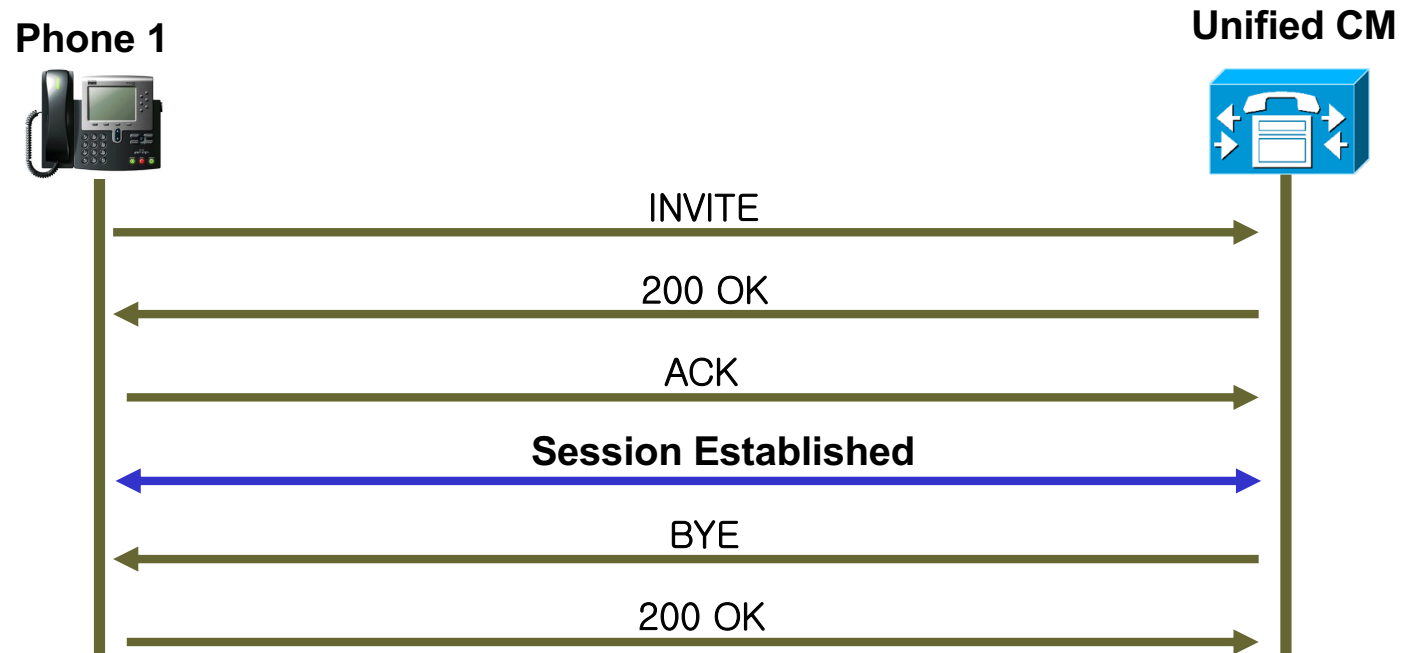
# SIP Responses

Response Code	Description	Example
1xx	Informational (요청 수신 및 처리)	100 Trying 180 Ringing 183 Session Progress
2xx	Success (성공적으로 요청 처리)	200 OK 202 Acceptable
3xx	Redirection (요청을 처리하기 위해 다른 SIP 컴포넌트가 필요)	300 Multiple Choices 301 Moved Permanently 302 Moved Temporarily
4xx	Client Error (문법 오류 또는 요청 처리 불가)	401 Unauthorized 404 Not Found 406 Not Acceptable 486 Busy Here 488 Not Acceptable Here
5xx	Server Error (서버 에러)	503 Service Unavailable
6xx	Global Failure (요청 처리 불가)	600 Busy Everywhere 603 Decline

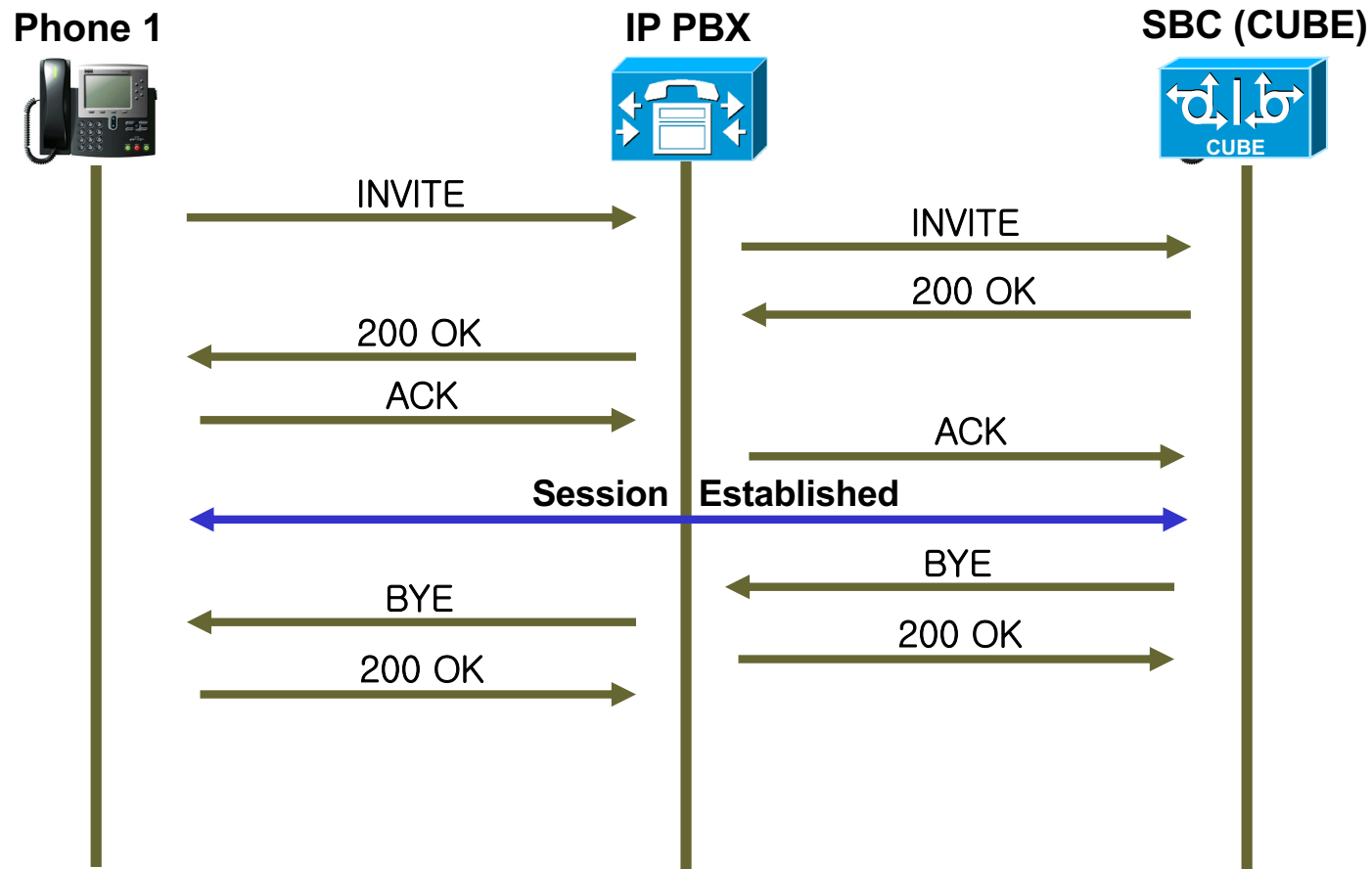
# SIP INVITE Method

```
INVITE sip:+18775551234@172.18.159.231:5060 SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 172.18.106.59:5060;branch=z9hG4bK1515b3154665
From: "Test User 1" <sip:9195551111@172.18.106.59>;tag=97903bc0-43adcd-45510543
To: <sip:+18775551234@172.18.159.231>
Call-ID: 7c0ca800-bb01baf9-1468e-3b6a12ac@172.18.106.59
Supported: timer,resource-priority,replaces
User-Agent: Cisco-CUCM8.6
Allow: INVITE, OPTIONS, INFO, BYE, CANCEL, ACK, PRACK, UPDATE, REFER
CSeq: 101 INVITE
Expires: 180
Allow-Events: presence, kpml
Session-ID: 52c41df700105000a00074a02fc0cf3b;remote=00000000000000000000000000000000
Supported: Geolocation
Call-Info: <sip:172.18.106.59:5060>;method="NOTIFY;Event=telephone-event;Duration=500"
Cisco-Guid: 2081204224-3137452793-0000000466-0996807340
Session-Expires: 1800
P-Asserted-Identity: "Test User 1" <sip:9195551111@172.18.106.59>
Contact: <sip:9195551111@172.18.106.59:5060>;video;audio
Max-Forwards: 69
Content-Length: 864
Content-Type: application/sdp
```

# Basic SIP Call Setup

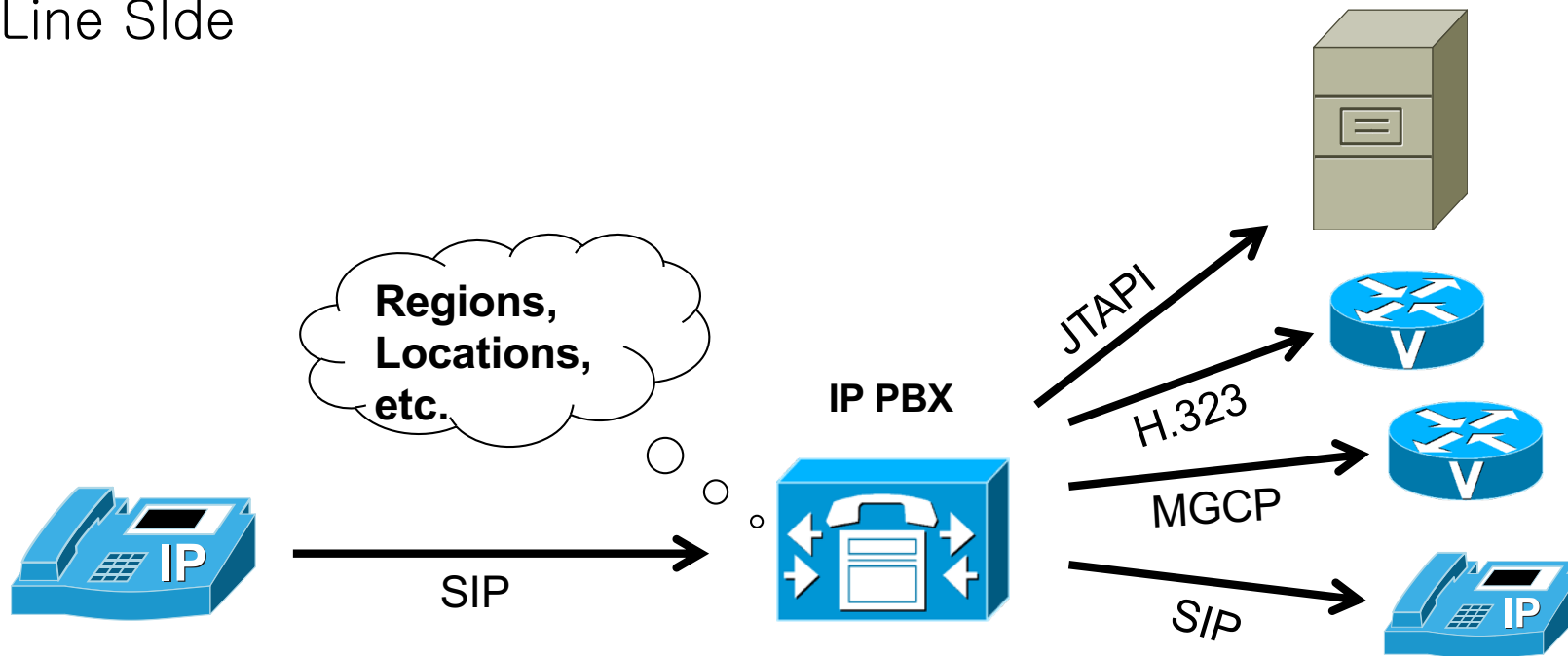


# Basic SIP Call Setup with B2BUA

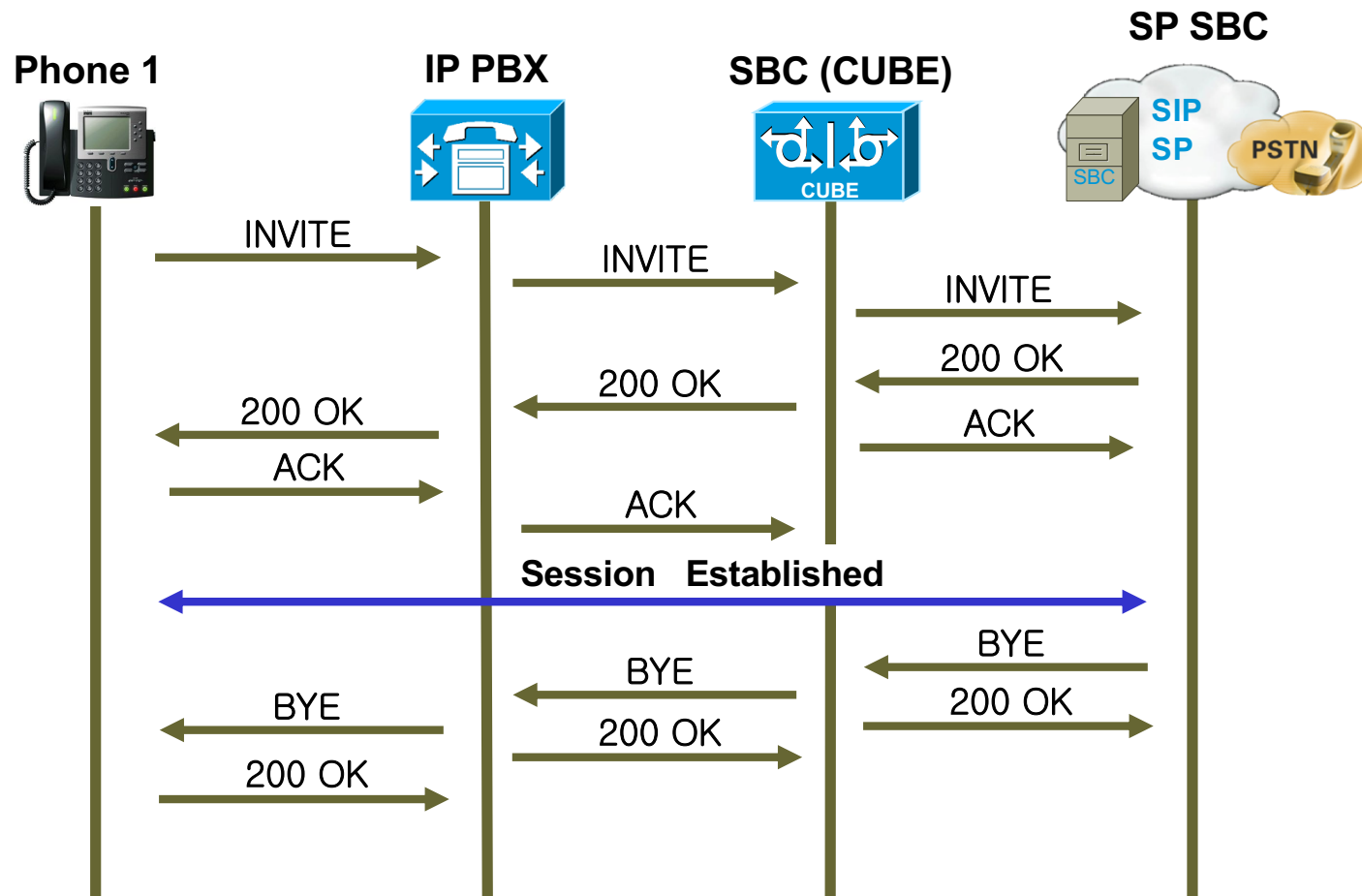


# B2BUA

- Back-to-back User Agent
- 일반적으로 IP PBX는 B2BUA 모델로 구현
  - Trunk Side
  - Line Side



# Basic SIP Call Setup



# SDP

- Session Description Protocol
  - IETF 2327
  - IETF 4566
- Offer / Answer 모델
- H.323의 H.245와 비슷한 기능으로 실제 미디어의 코덱과 전송할 위치를 협상
- SDP 메시지 전송 방법에 따른 구분
  - Early Offer : Invite with SDP
  - Delay Offer : Response with SDP

# SDP - Offer

```
v=0
o=Cisco-SIPUA 26964 0 IN IP4 172.18.159.152
s=SIP Call
t=0 0
m=audio 29254 RTP/SAVP 0 8 18 102 9 116 124 101
c=IN IP4 172.18.159.152
a=crypto:XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
a=rtpmap:0 PCMU/8000
a=rtpmap:8 PCMA/8000
a=rtpmap:18 G729/8000
a=fmtp:18 annexb=no
a=rtpmap:102 L16/16000
a=rtpmap:9 G722/8000
a=rtpmap:116 iLBC/8000
a=fmtp:116 mode=20
a=rtpmap:124 ISAC/16000
a=rtpmap:101 telephone-event/8000
a=fmtp:101 0-15
a=sendrecv
m=video 25466 RTP/AVP 97
c=IN IP4 172.18.159.152
b=TIAS:1000000
a=rtpmap:97 H264/90000
a=fmtp:97 profile-level-id=42801E
a=recvonly
```

: SDP 버전 표시  
: SDP를 생성한 Owner/Creator 를 표시  
: 세션 이름 표시  
: 타이밍 표시 (시작 시간과 종료 시간, 0 0은 고정)

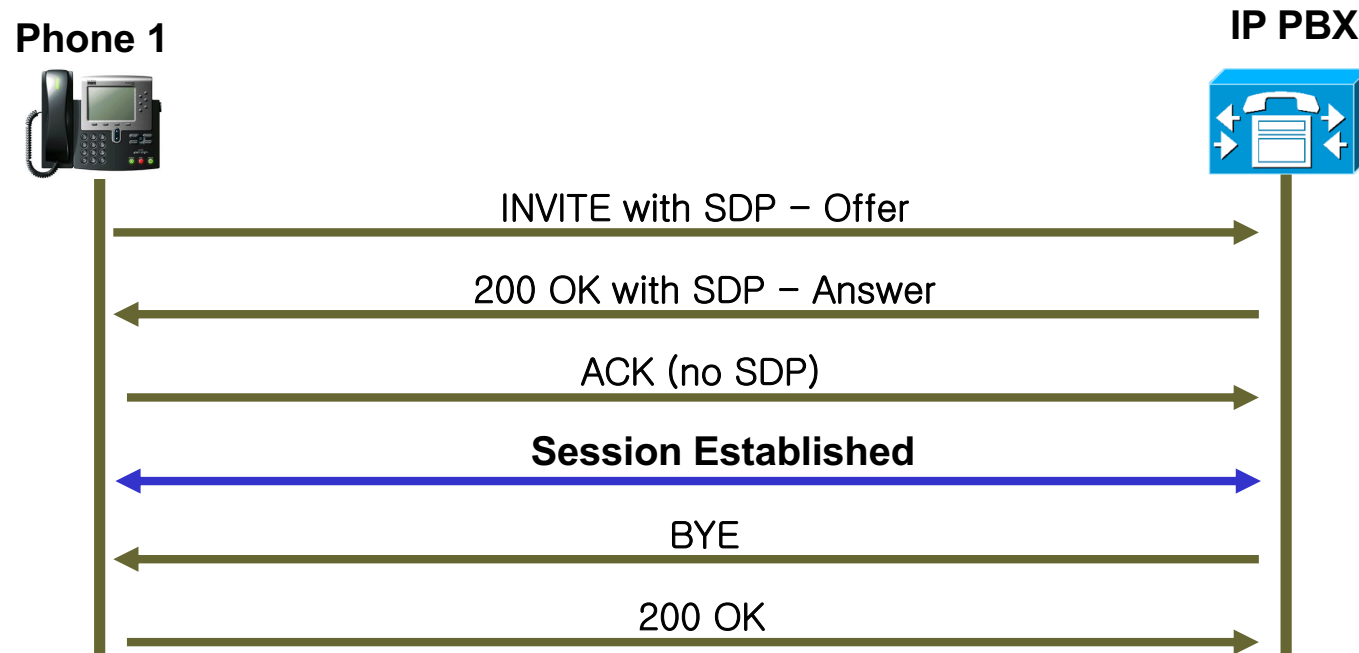


# SDP - Answer

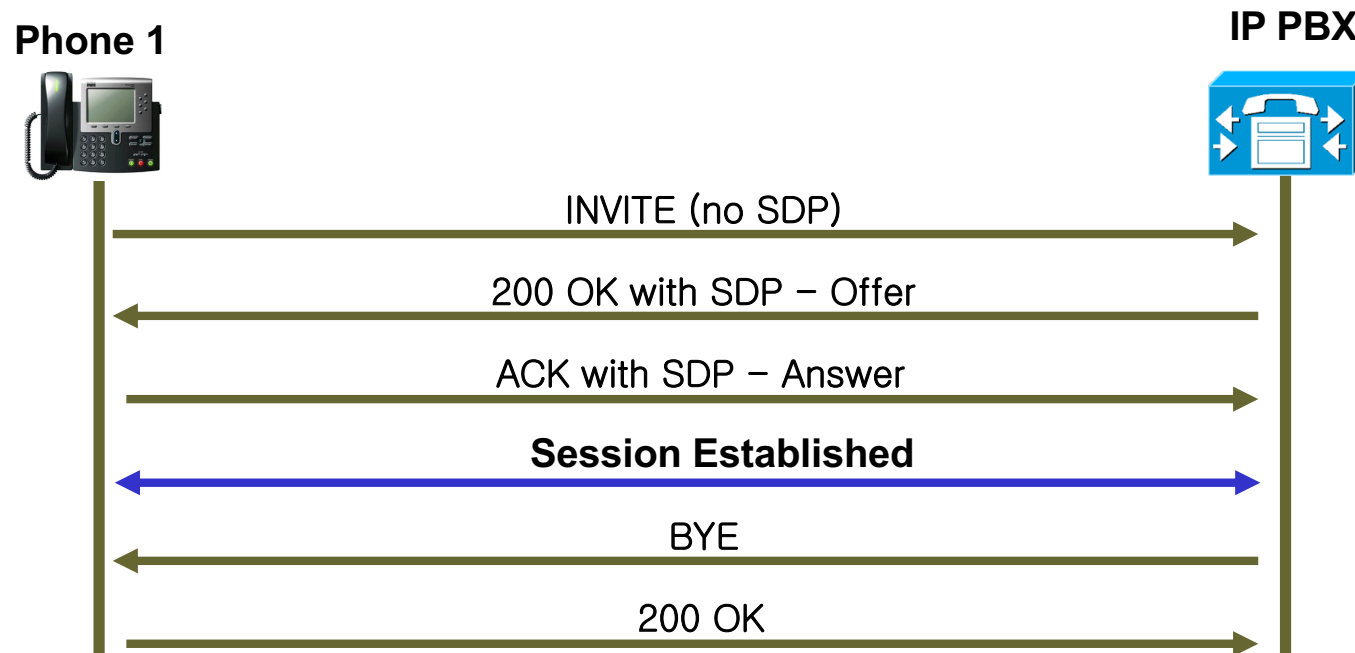
---

```
v=0
o=CiscoSystemsCCM-SIP 2000 1 IN IP4 172.18.106.59
s=SIP Call
c=IN IP4 172.18.159.152
t=0 0
m=audio 30308 RTP/AVP 0 101
a=rtpmap:0 PCMU/8000
a=ptime:20
a=rtpmap:101 telephone-event/8000
a=fmtp:101 0-15
m=video 0 RTP/AVP 97
```

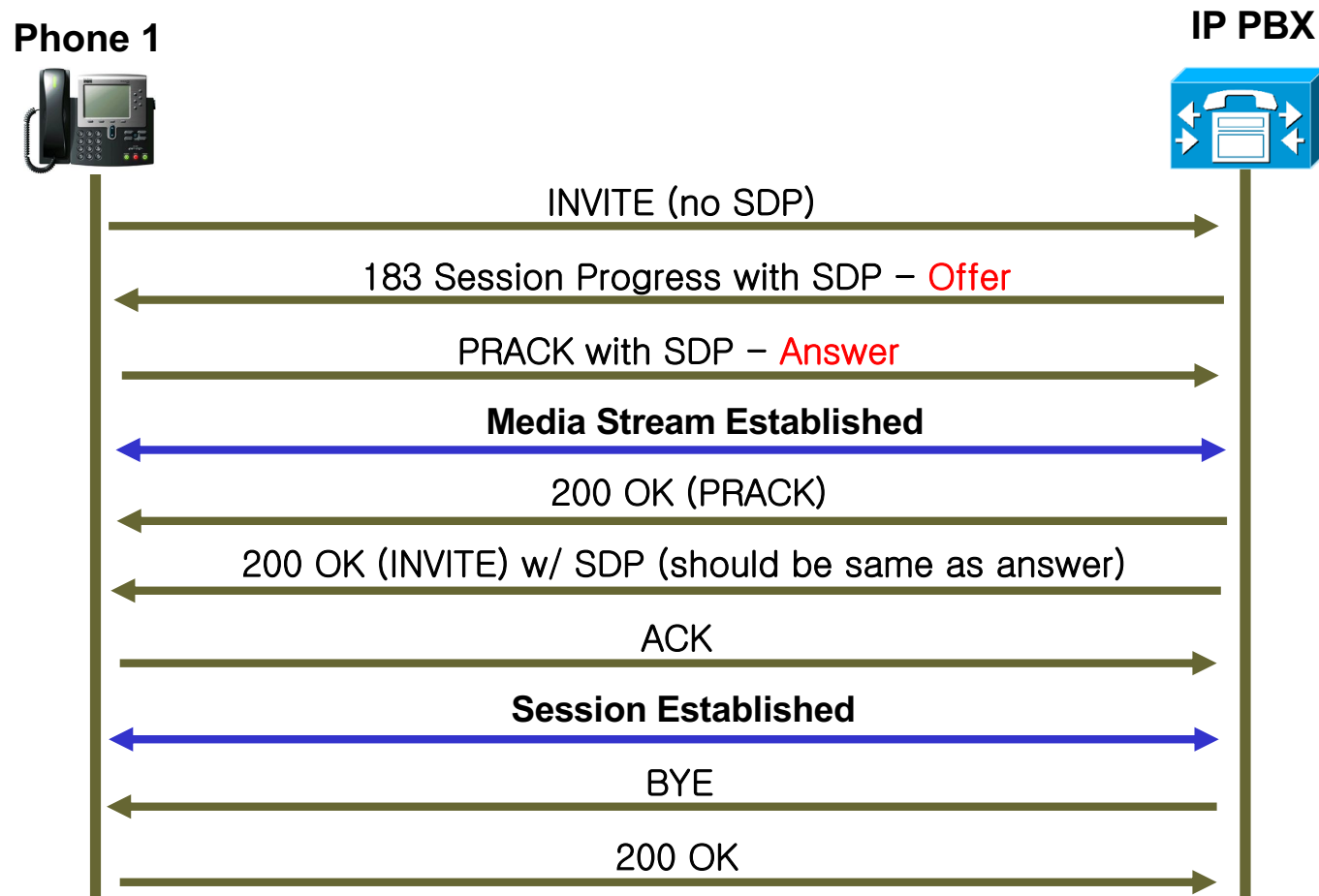
# Early Offer



# Delayed Offer



# Early Media



# DTMF Relay : RFC 2833

- RFC 2833
- payload type의 RTP 스트림으로 전달
- 다른 코덱 협상과 마찬가지로 Capability 협상

## Offer

```
m=audio 30414 RTP/AVP 0 8 116 18 100 101
c=IN IP4 172.18.106.231
a=rtpmap:0 PCMU/8000
a=rtpmap:8 PCMA/8000
a=rtpmap:116 iLBC/8000
a=fmtp:116 mode=20
a=rtpmap:18 G729/8000
a=fmtp:18 annexb=no
a=rtpmap:100 X-NSE/800
a=fmtp:100 192-194
a=rtpmap:101 telephone-event/8000
a=fmtp:101 0-16
```

## Answer

```
m=audio 17236 RTP/AVP 0 101
a=rtpmap:0 PCMU/8000
a=ptime:20
a=rtpmap:101 telephone-event/8000
a=fmtp:101 0-15
```

# DTMF Relay

- SIP NOTIFY
- SIP NOTIFY 메시지로 전달( telephone-event Event)
- Call-Info header로 협상

## Offer

```
INVITE sip:+19195553333@172.18.106.231:5060 SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 172.18.106.59:5060;branch=z9hG4bK9843c455840434
From: "Paul Giralt" <sip:9195551234@172.18.106.59>;tag=14902469~0d0d25d7-4931-4a07-83c6
To: <sip:+19195553333@172.18.106.231>
Date: Mon, 13 May 2013 14:48:00 GMT
Call-ID: 1a189580-1901fd20-962c99-3b6a12ac@172.18.106.59
... snip ...
Call-Info: <sip:172.18.106.59:5060>;method="NOTIFY;Event=telephone-event;Duration=500"
Call-Info: <urn:x-cisco-remotecc:callinfo>;x-cisco-video-traffic-class=DESKTOP
... snip ...
Max-Forwards: 69
Content-Length: 0
```

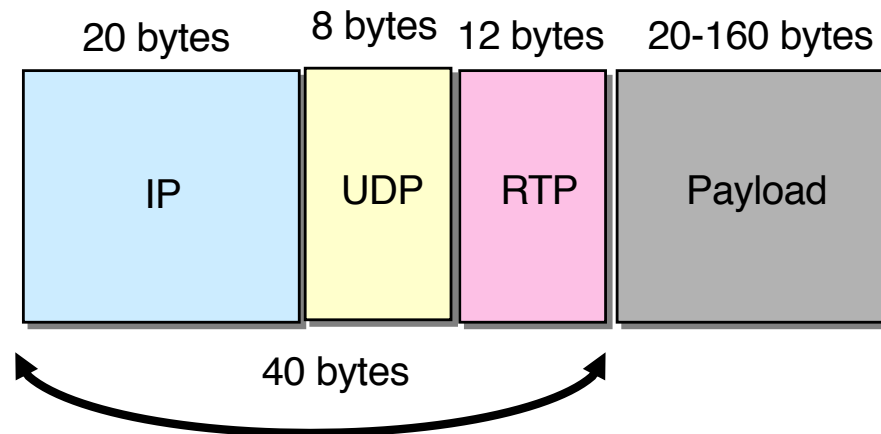
## Answer

```
...
Allow-Events: telephone-event
Call-Info: <sip:172.18.106.231:5060>;method="NOTIFY;Event=telephone-event;Duration=500"...
```

# Real Time Transport Protocol



# RTP 헤더 설명



- RTP (Real-time Transport Protocol)
  - 음성 및 영상 트래픽을 전달
- RTCP (Real-time Transport Control Protocol)
  - 현재 네트워크 상황에 대한 피드백을 제공



# RTP Packet Header

V	P	X	CC	M	PT	Sequence Number
Timestamp						
Synchronization source (SSRC) identifier						
Contributing source (CSRC) identifier (optional)						
Header Extension						
Payload (음성 및 영상)						

필수  
(12 바이트)

- V (Version) / P (Padding) / X (Extension) / CC (CSRC Count) / M (Marker)
- PT (Payload Type) : 7 bit (코덱 표시)
- Sequence Number : 16 bit, 초기값은 랜덤으로 1씩 증가
- Timestamp : 32bit, 초기값은 랜덤 (샘플링 크기만큼 증가)
- SSRC : 32 bit , 동기화 소스로 랜덤 넘버 표시
- CSRC : 32 bits, 음원의 소스 표시 (다수의 음원이 믹싱될 때)

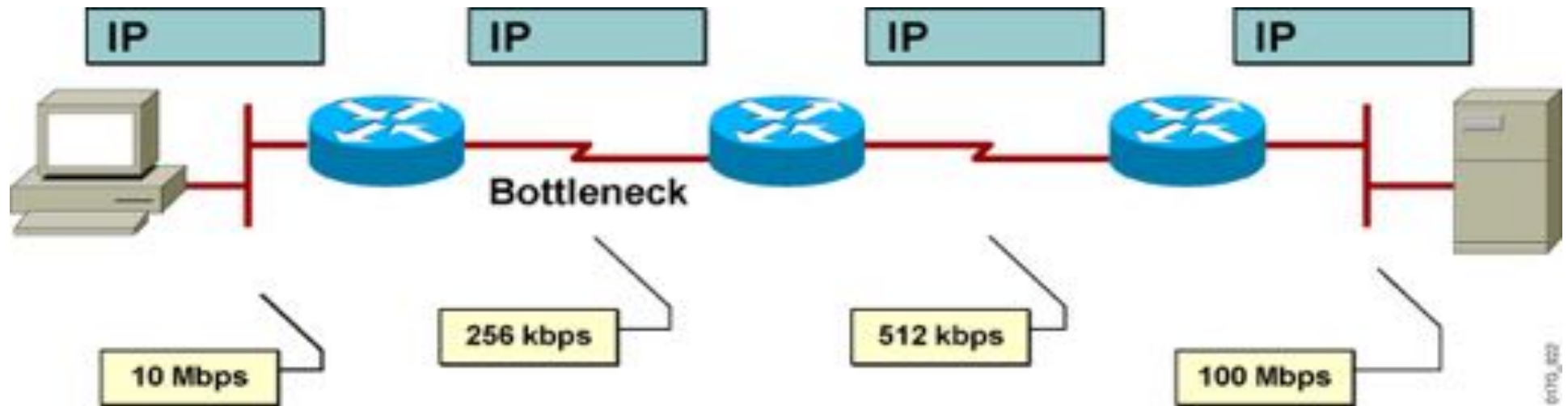
**QoS**

# Why QoS needs?

---

- 대역폭의 부족 (Lack of bandwidth)
- 양단간 지연 시간 (End-to-end Delay)
- 지연 시간의 편차(Jitter)
- 정보의 손실 (Packet loss)

# 대역폭의 부족

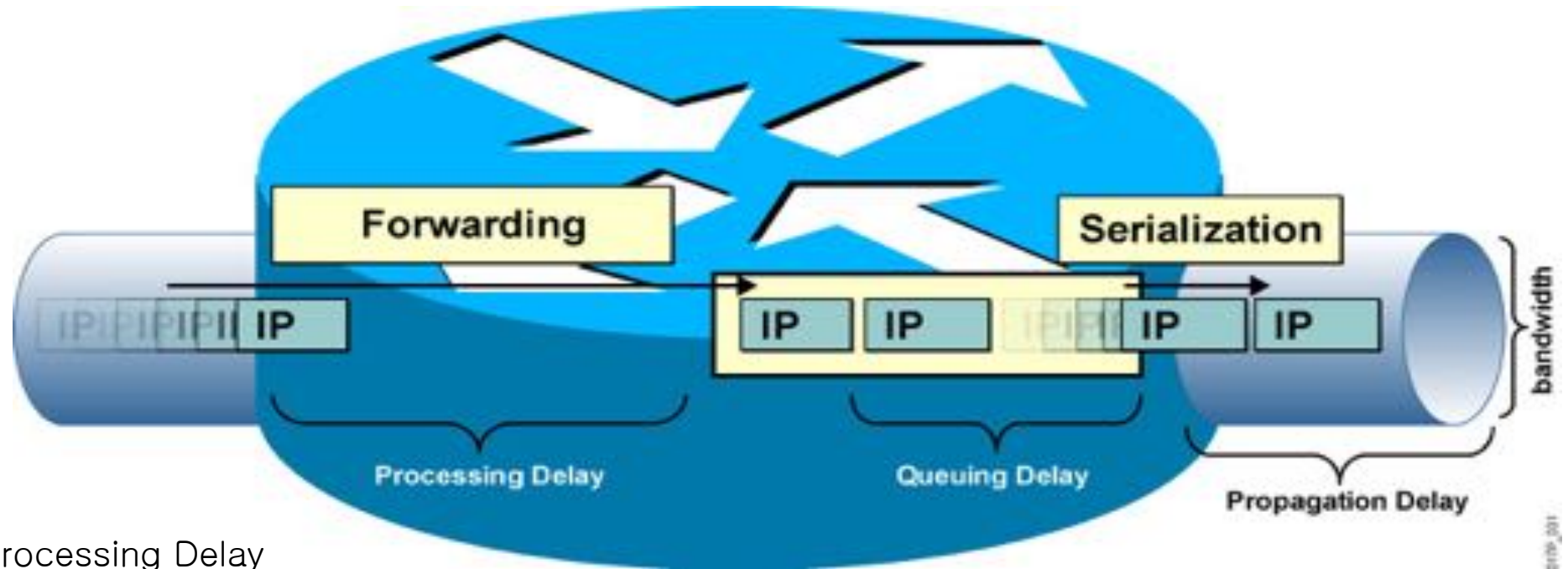


$\text{Bandwidth}_{\max} = \min(10 \text{ Mbps}, 256 \text{ kbps}, 512 \text{ kbps}, 100 \text{ Mbps}) = 256 \text{ kbps}$

$\text{Bandwidth}_{\text{avail}} = \text{bandwidth}_{\max} / \text{flows}$

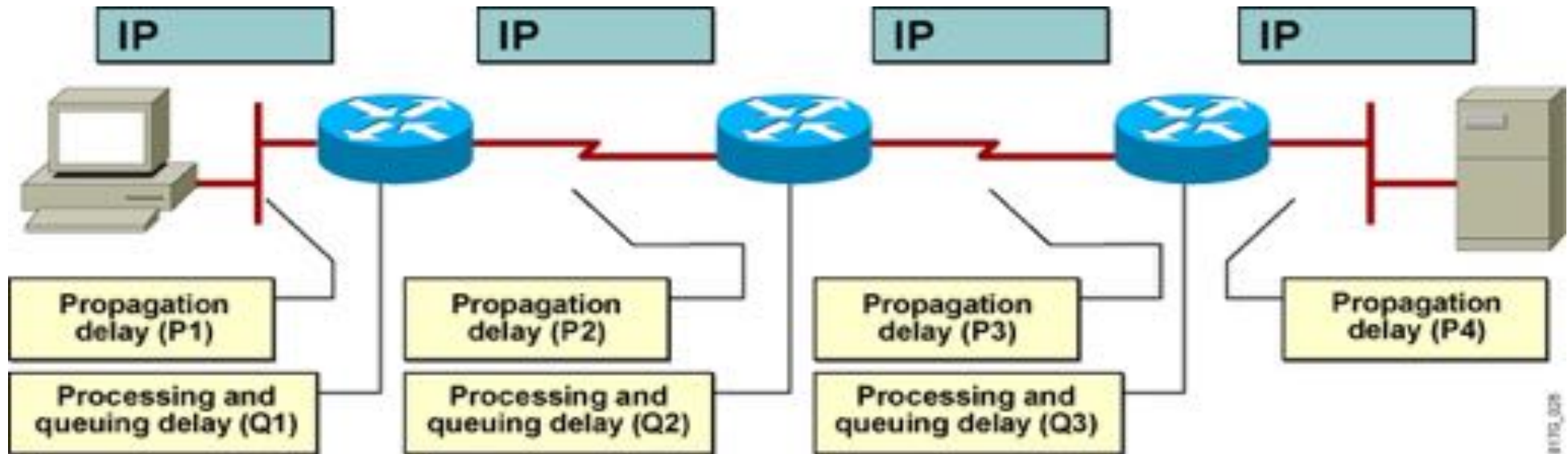
- 회선 용량을 증가 시킴 → 비싸지만 가장 좋은 솔루션
- 중요한 Packet을 먼저 처리
- Layer 2 payload를 압축
- IP Packet Header를 압축

# 지연(Delay)의 요소



- Processing Delay
  - 입력된 인터페이스에서 Packet을 처리하여 Outgoing 인터페이스의 Output Queue에 등록하기 위한 지연 시간
- Queuing Delay
  - 라우터의 Output Queue에서 대기하는 시간
- Serialization Delay
  - 전송 매체로 전달하기 위해 전송 차를 정하기 위한 시간
- Propagation Delay
  - 전송 매체로 Packet을 전달하기 위한 시간

# 지연(Delay) 시간



$$\text{Delay} = P1 + Q1 + P2 + Q2 + P3 + Q3 + P4 = X \text{ ms}$$

- 양단간 지연 시간은 모든 장비 및 구간의 Propagation, Processing, Queuing Delay의 합과 같다.
- 라우팅 환경에서는 Propagation delay는 고정되지만 Processing과 Queuing delay는 가변적이다.

# Jitter (지연 편차)

안정적인 네트워크 (발신측)



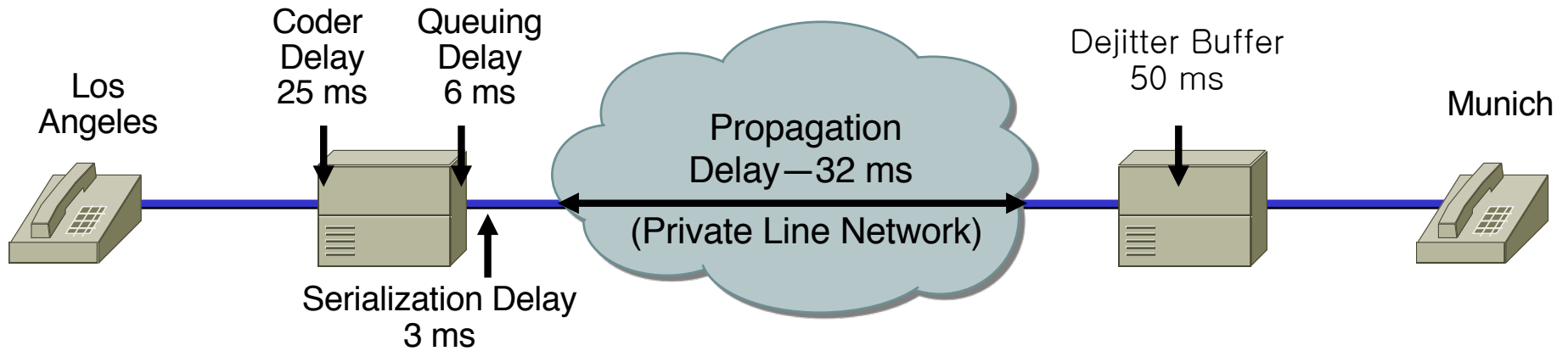
Time



네트워크 혼잡 또는 지연이 많은 네트워크 (수신측)



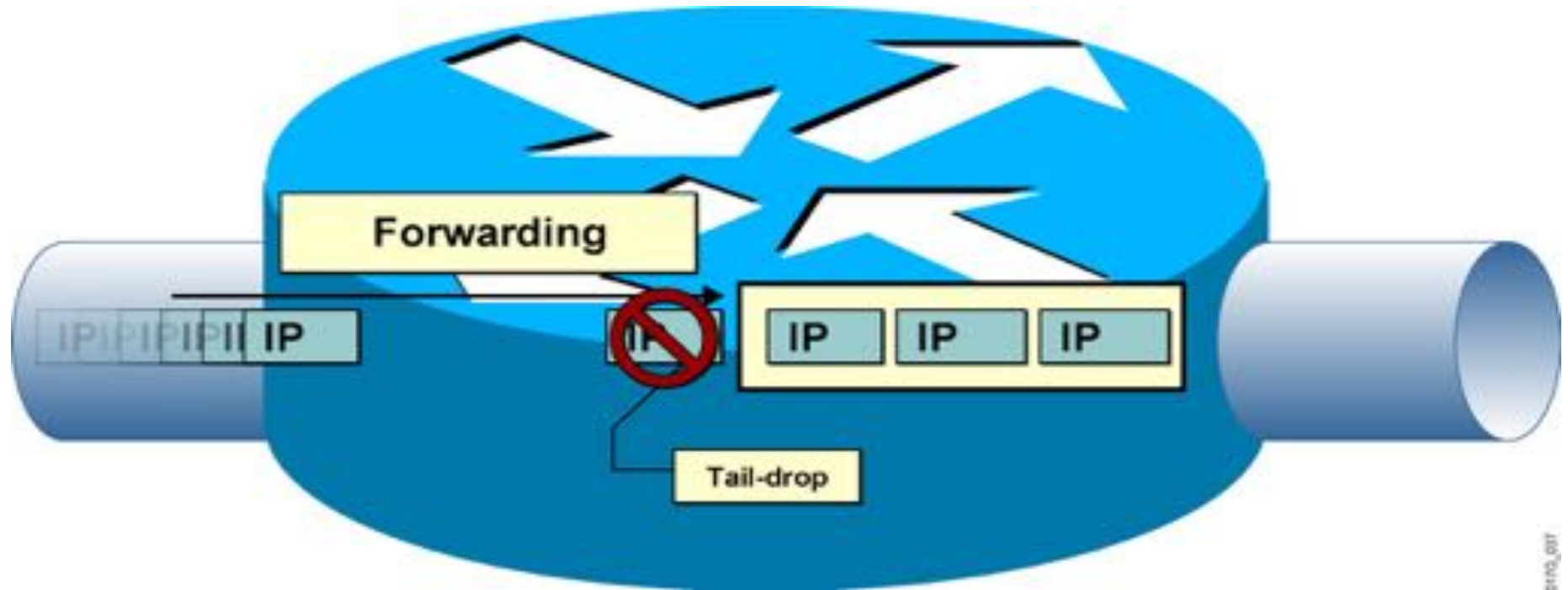
# 전송 시간의 계산



지연	고정 지연	가변 지연	비고
Coder delay	5 ms		입력 지연
Packetization delay	20 ms		프레임 당 2개
Queuing delay		6ms	
Serializatin delay 64kbps	3 ms		
Propagation delay	32ms		
Dejitter buffer	50ms		



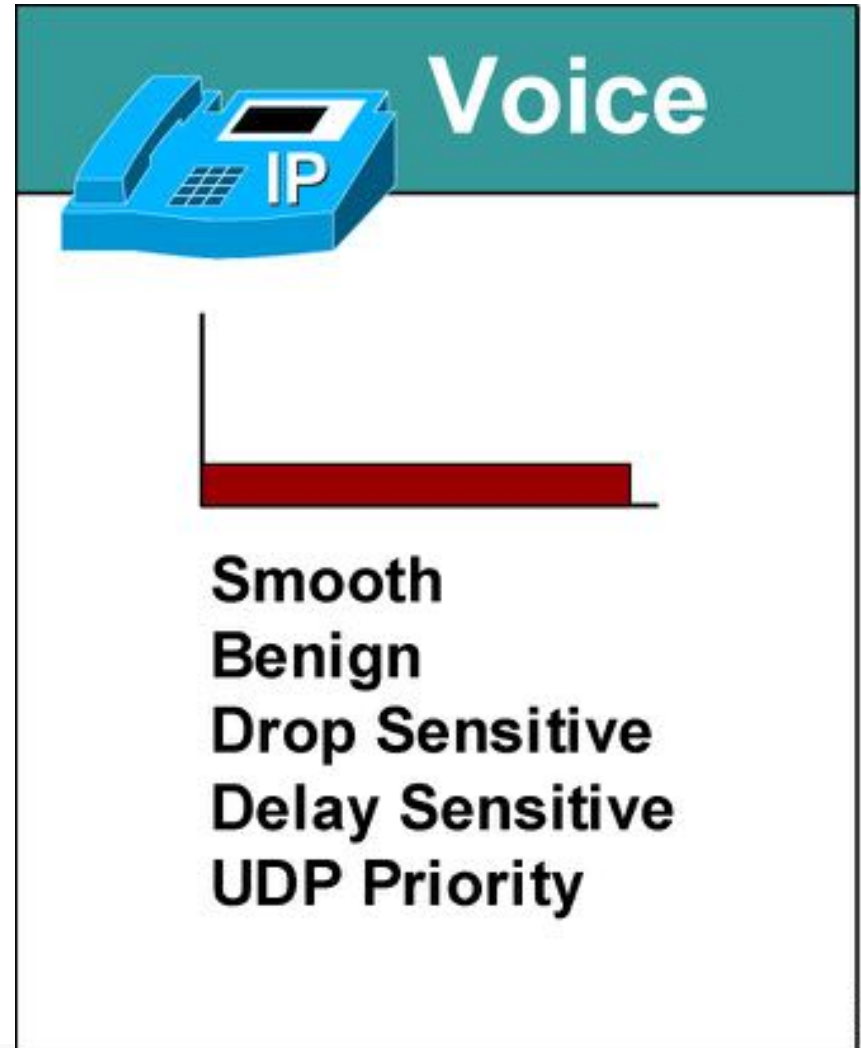
# Packet 손실



- 회선 용량을 증설 (회선 병목 현상으로 인해 Tail drop 발생)
- Sensitive 패킷 (패킷 손실에 민감한 패킷) 우선 전송
- 덜 중요한 패킷을 미리 버림으로써 Congestion 제거
- 일반적으로 대부분의 폐기는 라우터에 병목이 발생되면 생기지만 때때로 라우터 부품의 업그레이드를 통해 해결할 수 있다. (input drop, ignore, overrun, frame errors)

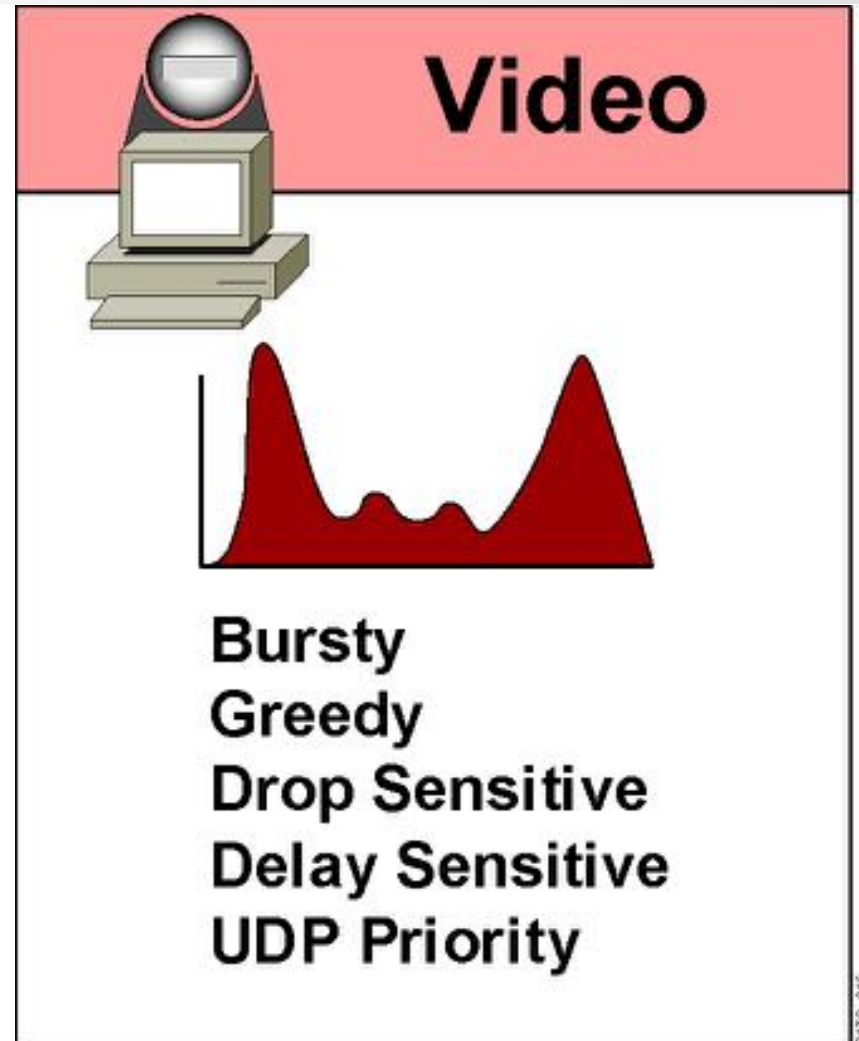
# 음성 트래픽의 특징

- QoS Factors
  - Latency < 150 ms\*
  - Jitter < 30 ms\*
  - Loss < 1%\*
  - 17–106 kbps guaranteed priority bandwidth per call
    - 150 bps (+ Layer 2 overhead) guaranteed bandwidth for voice-control traffic per call
- \*one-way requirements



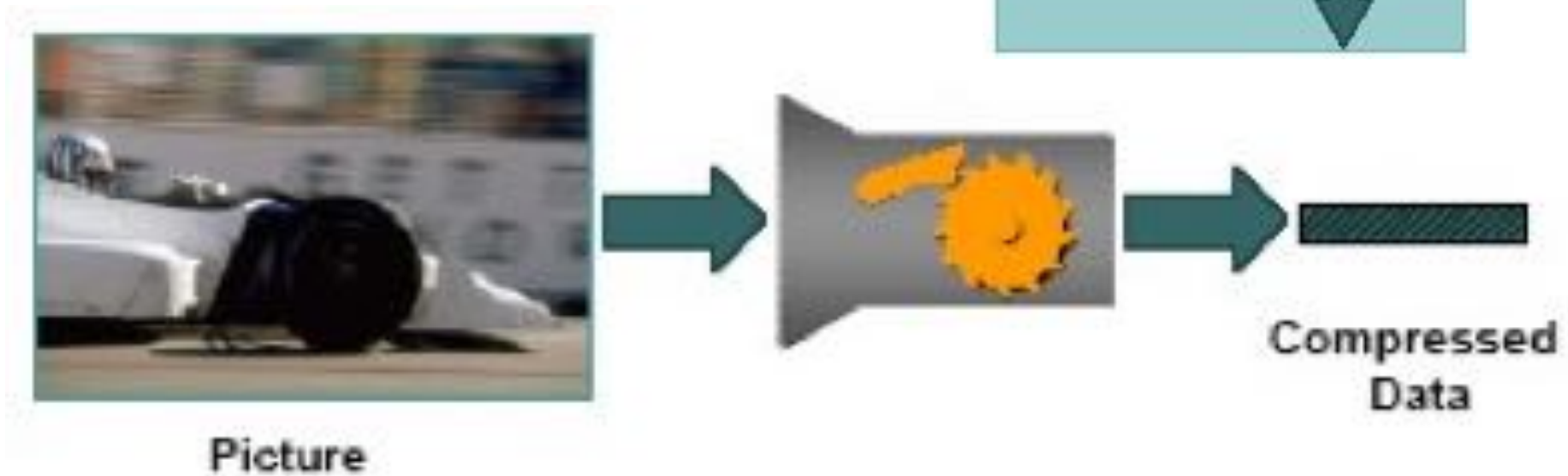
# 영상 트래픽의 특징

- Latency < 150 ms
- Jitter < 30 ms
- Loss < 1%
- Minimum priority bandwidth guarantee required is:
  - Video-Stream + 20%
  - For example, a 384 kbps stream would require 460 kbps of priority bandwidth
- \*one-way requirements



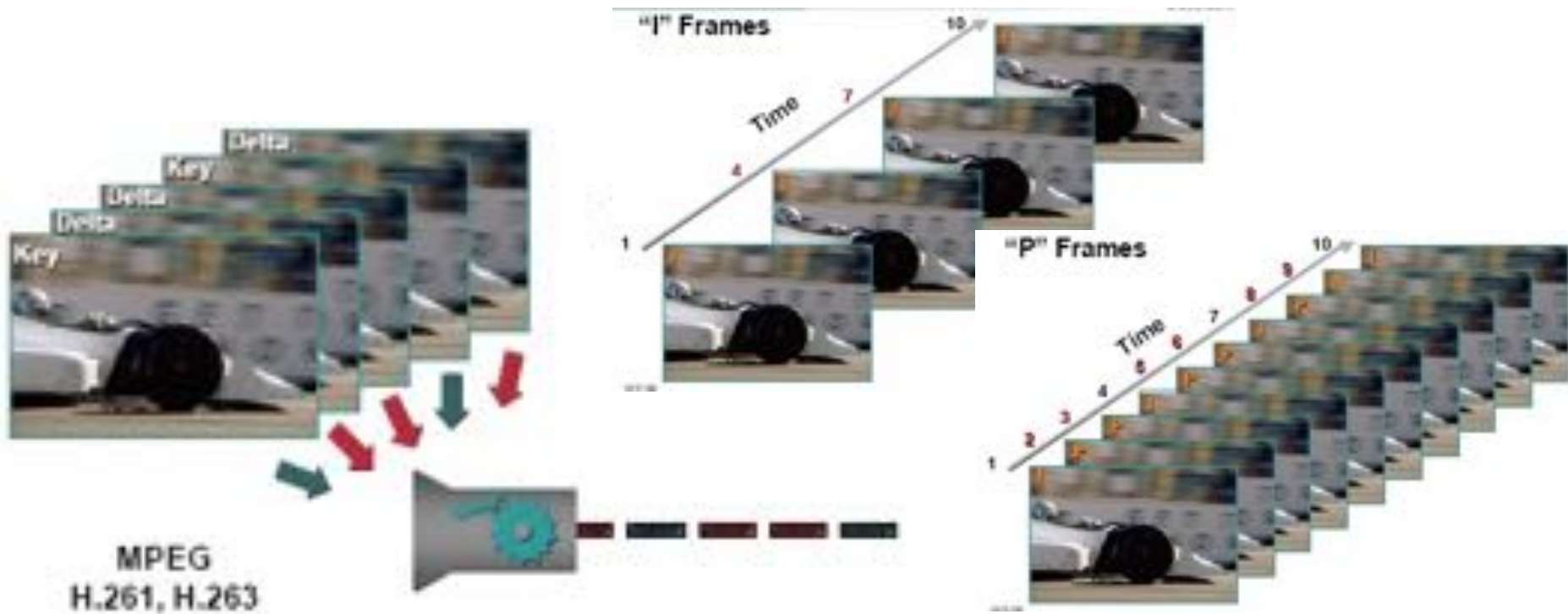
# Video 압축

- 352\*288 lines
- 8 bits per value
- 30 frames / second
- 총 39 Mbps



# Video 압축 (Cont.)

- I Frames
  - Intraframe coded without reference to other
- P Frames
  - Predictive, coded using motion compensation prediction based on previous I- and P-frames



# QoS Parameter at Layer 2 / Layer 3

- 차별화된 서비스 제공을 위해 여러 서비스 등급 제공
- 6 Bit의 DSCP 값을 이용하여 설정
- DSCP 값은 IP헤더의 TOS 필드에 속함.

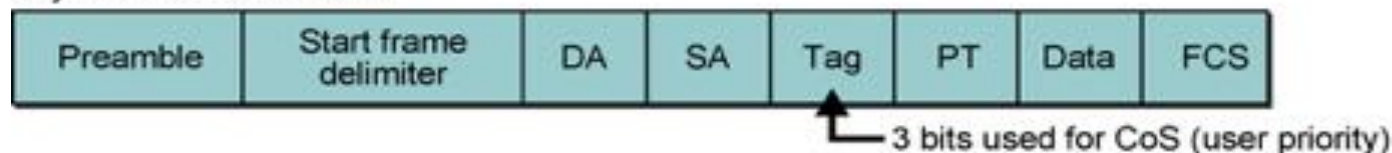
Encapsulated Packet



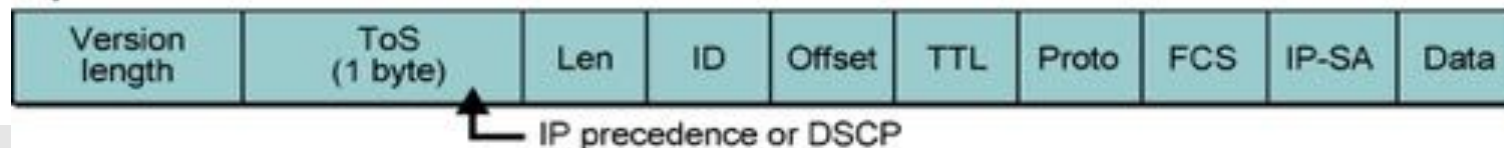
Layer 2 ISL Frame



Layer 2 802.1Q/P Frame

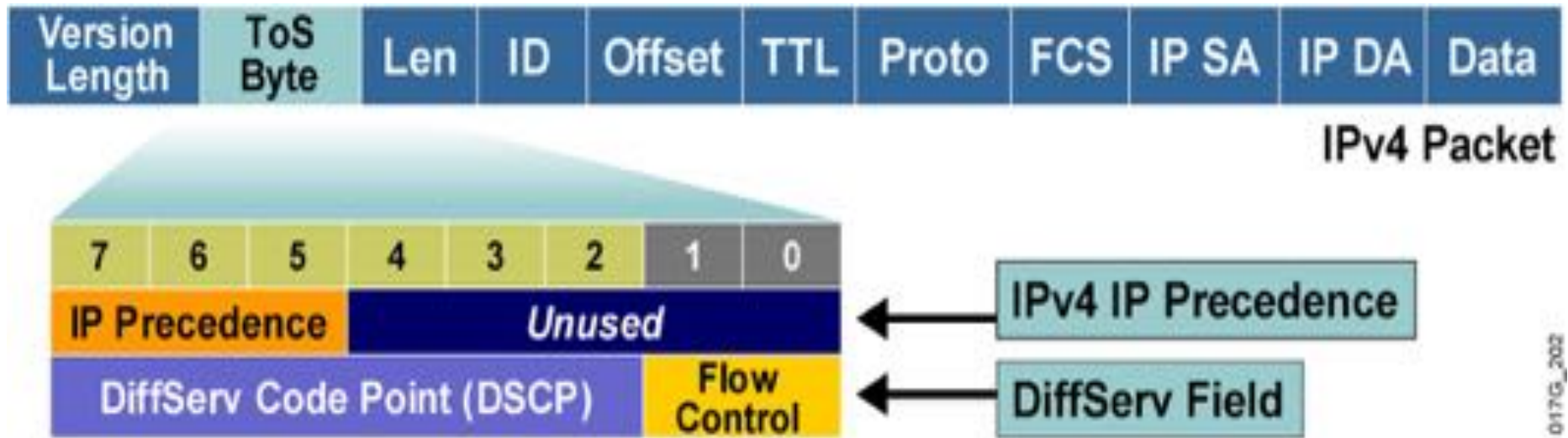


Layer 3 IPv\$ Packet





# DSCP



- DSCP: 패킷을 처리하는 방법(PHB, Per Hop Behavior)를 표시

The biggest risk is  
not taking any risk

Mark Zuckerberg

