



Voice over IP의 이해

우병수

강사 소개

20년 경력의 직장인



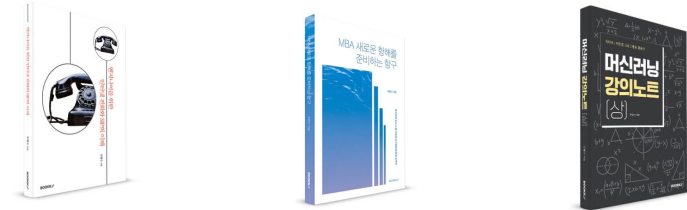
글을 쓰는 블로거



IT 엔지니어



책을 쓰는 작가



두 아들의 아빠



일하면서 공부하는 셀러던트



Outline

- **History of Voice Communications**
- **Telephony System**
- **VoIP System**
- **Codec**
- **Voice Call Type**
- **Fax & DTMF**

전화기 발명의 역사

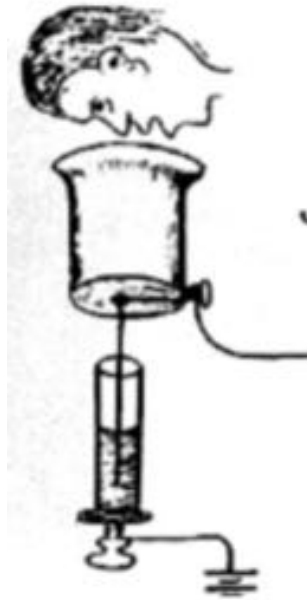


알렉산더 그레이엄 벨
(Alexander Graham Bell, 1847 ~ 1922)



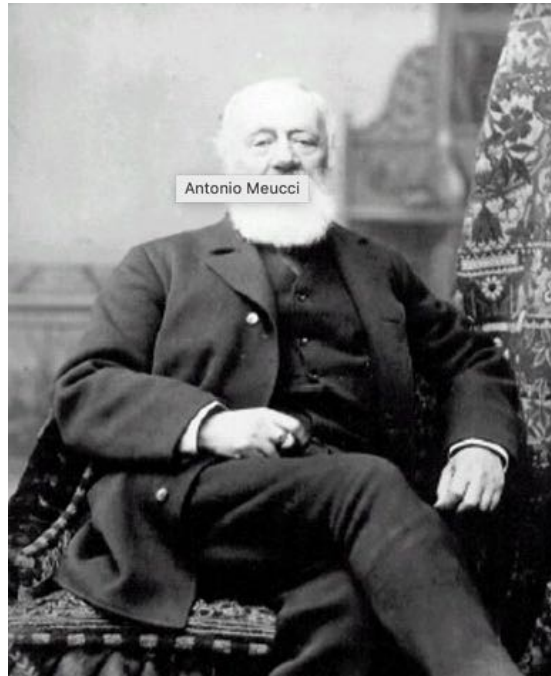
엘리샤 그레이
(Elisha Gray, 1835 ~ 1901)

전화기 발명의 역사



- 1876년 2월 14일 벨이 전화기 특허를 신청 “Improvement in Telegraphy” (구현 설명 없음)
- 1876년 2월 14일 그레이도 2시간 후 특허를 신청 (왼쪽 그림)
- 1876년 2월 29일 벨은 최종 버전의 특허 신청서 제출 (시제품 없음)
- 1876년 3월 7일 벨은 특허를 인정 받음
- 1876년 3월 8일 벨의 실험노트에 구현 그림을 설계 (오른쪽 그림)
- 1976년 3월 10일 벨은 전화기 모형을 완성 시연 성공

전화기 발명의 역사

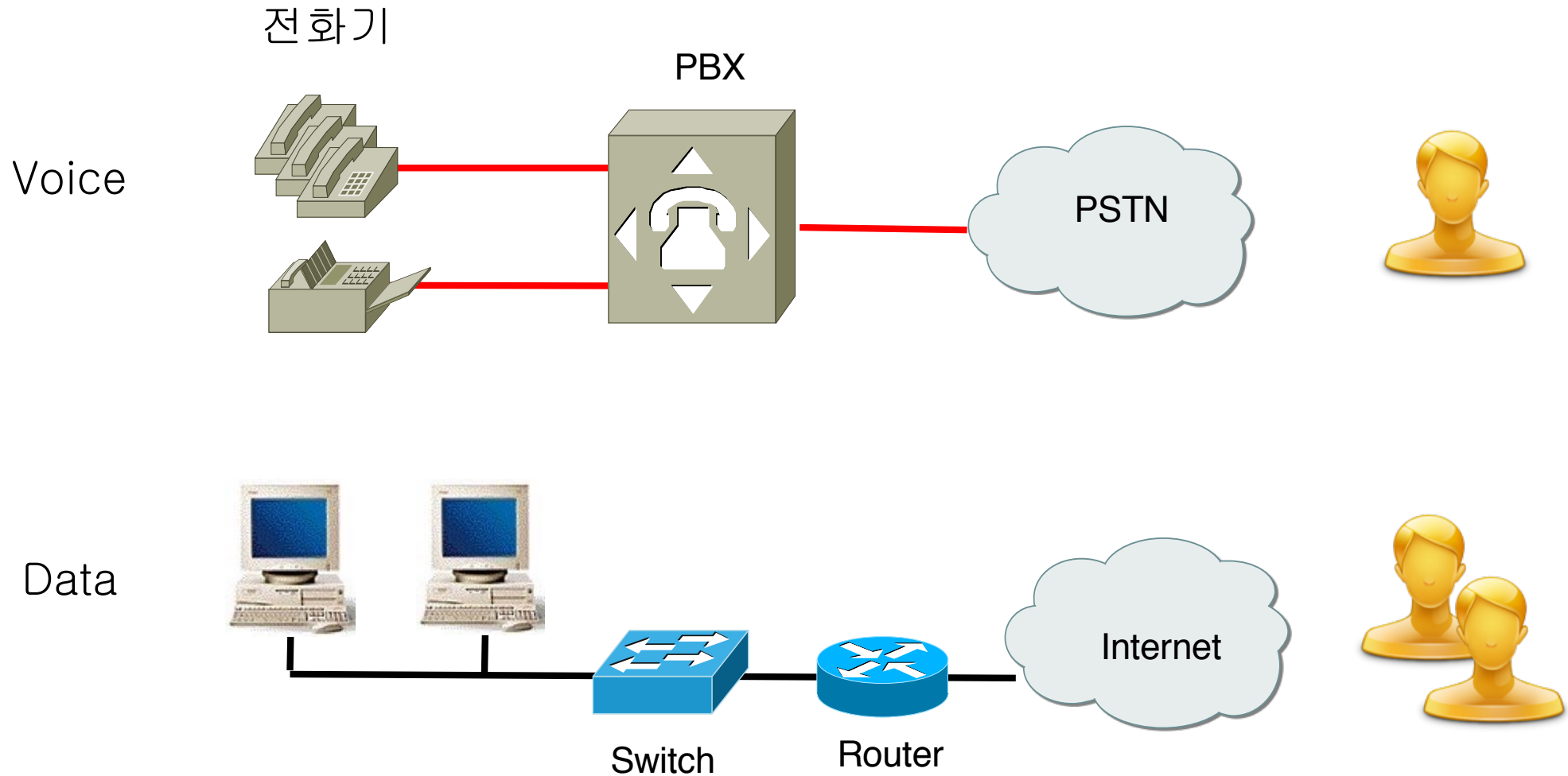


안토니오 산티 주세페 메우치
(Antonio Santi Giuseppe Meucci, 1808 ~ 1889)

- 자석식 전화기를 발명한 뒤 특허 신청을 위해 웨스턴유니언전신회사와 협상 중 자료 분실
- **2002년 6월** 미국 의회는 안토니오 무치를 최초의 전화 발명자로 인정

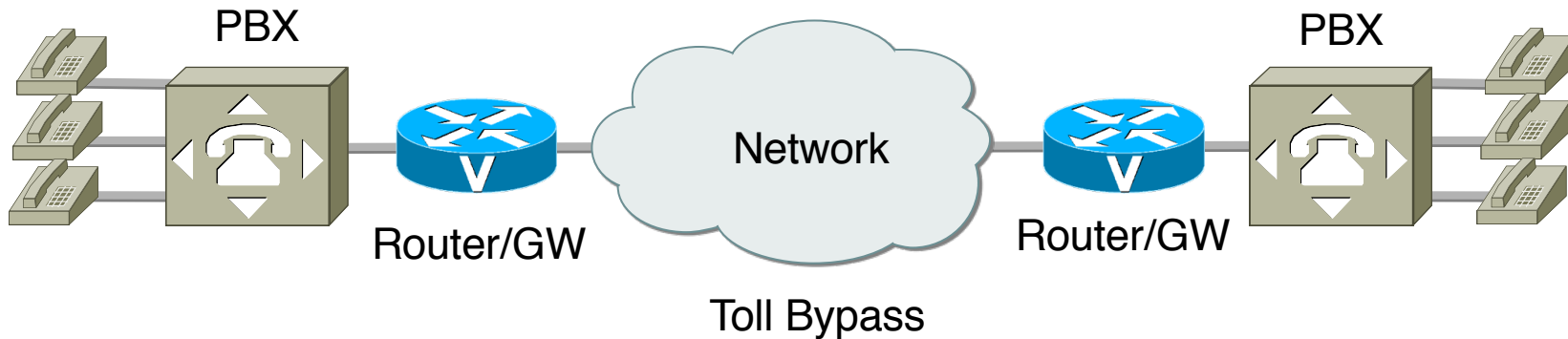
History of Voice Communications

2000년 초반까지 일반 기업의 통신 환경



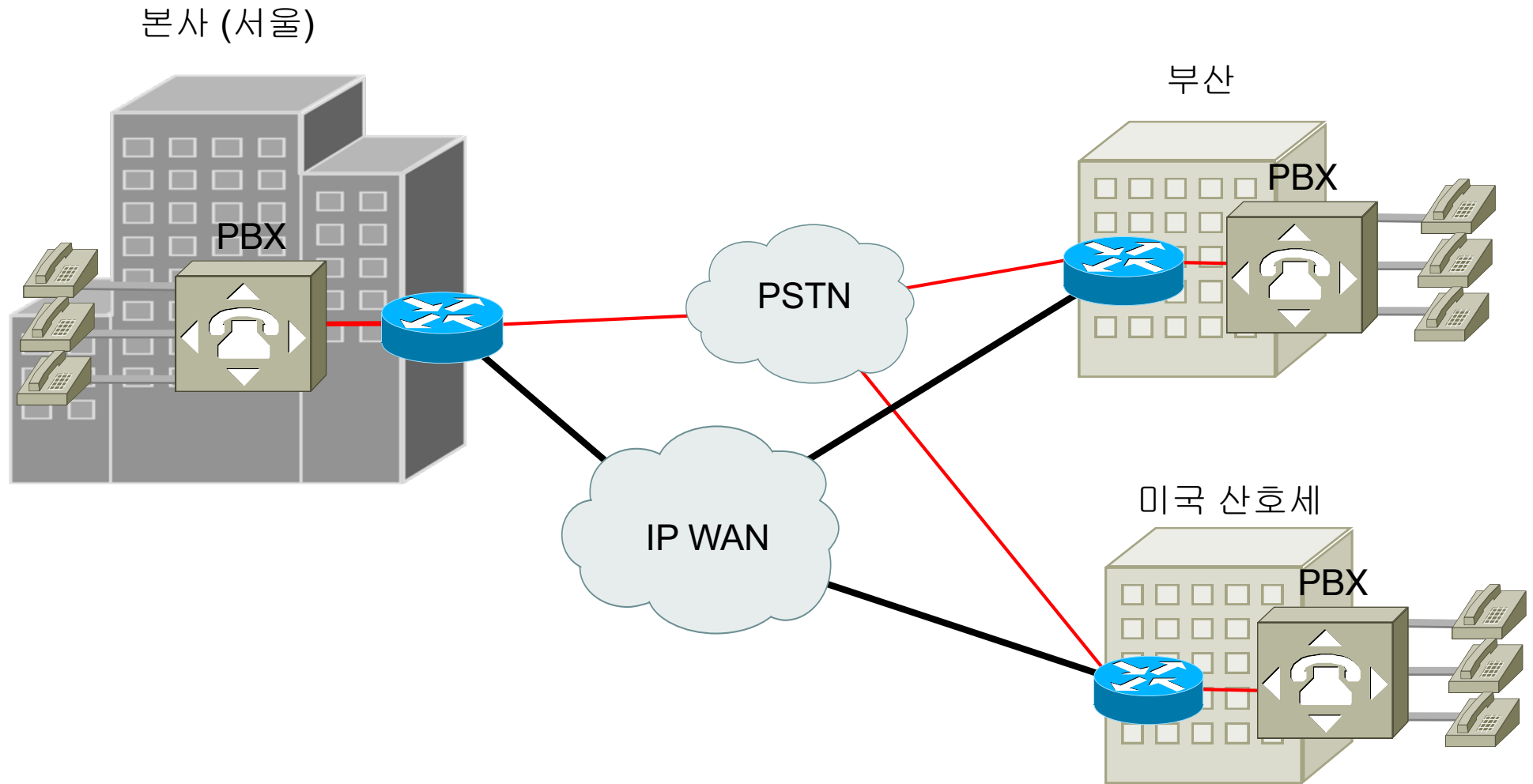
*. PBX : Private Branch Exchange

PSTN에서 VoIP 망으로 진화

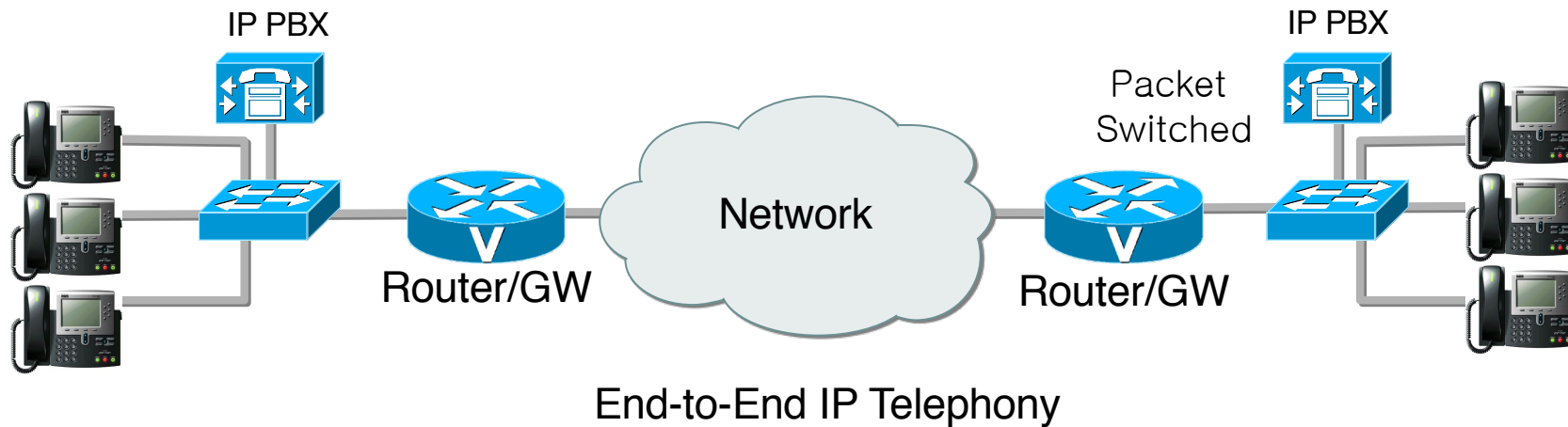
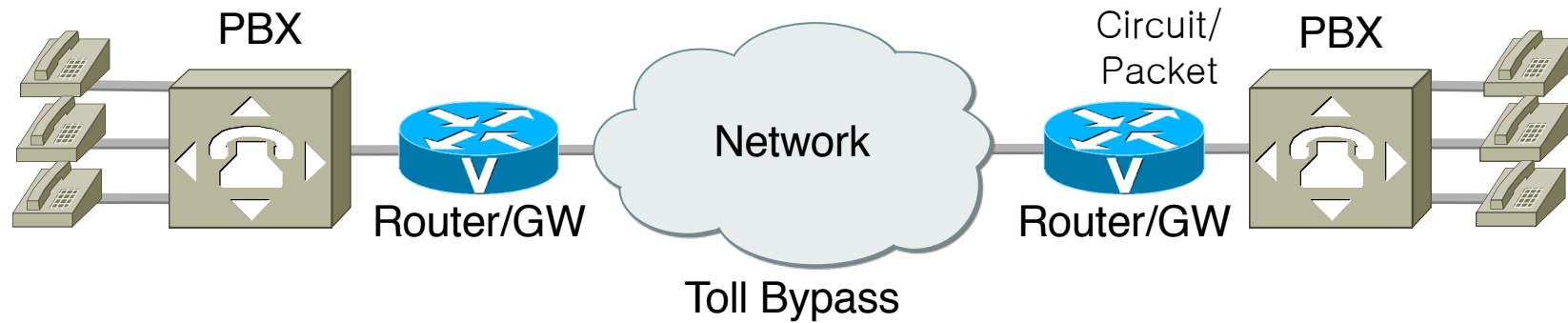


- * . PBX : Private Branch eXchange
- * . POTS : Plain Old Telephone System, 구형 전화망
- * . PSTN : Public Switched Telephony Network, 공중 전화 교환망

VoIP를 적용한 기업의 망 구조



Toll Bypass에서 IP Telephony로 진화



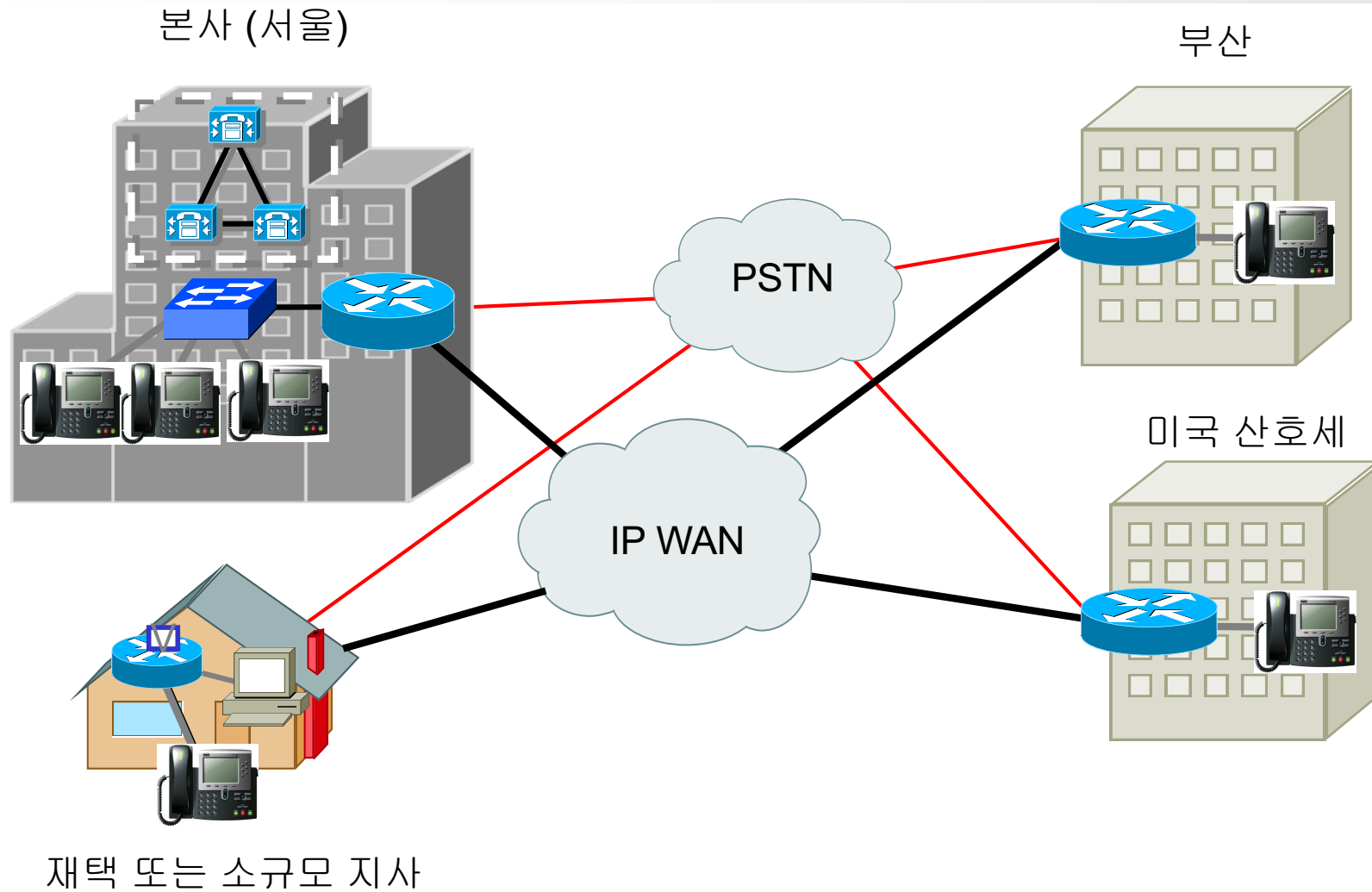
새롬 기술의 다이얼 패드



- 전세계 최초의 무료 인터넷 전화 서비스
- 미국까지 진출
- 2000년대 초반 주가 최대 300만원
- 닷컴 버블로 사라짐



기업들의 전화망 구조



IP Telephony의 도입 효과

편리성	LAN, 인터넷과 연결만 되면 언제 어디서나 착신과 발신이 가능 친숙한 Web Interface를 통하여 이용자 스스로 전화서비스를 제어 일원화된 관리 (과금 및 통계) 부서 재배치 및 인사 이동 시에도 쓰던 번호를 그대로 유지
경제성	음성과 데이터 네트워크를 통합함에 따라 통신 회선 및 관리/운영비 감소 사업장간의 통화, 시외통화 및 국제전화 비용 감소 각 사업장 마다 PBX 또는 키폰 시스템 설치 불필요 잡은 부서 재배치 및 이동 시에도 비용이 들지 않음
다양한 부가 서비스	음성 뿐만 아니라 영상, 문자 등 다양한 통신 서비스를 제공함 발신자 정보 / 디렉토리 / 통화 호로그 등을 확인 PC 소프트웨어 및 그룹웨어와의 연동을 통한 다양한 응용 서비스 제공 소프트폰, UC Client 연동
미래 환경 대비	웹미팅 솔루션, 음성 사서함, 영상회의 솔루션, FMC 수용 차세대 네트워크 서비스(NGN/BCN)의 핵심 All IP 환경에서 다양한 서비스와의 손쉬운 결합으로 새로운 차세대 서비스를 대비함

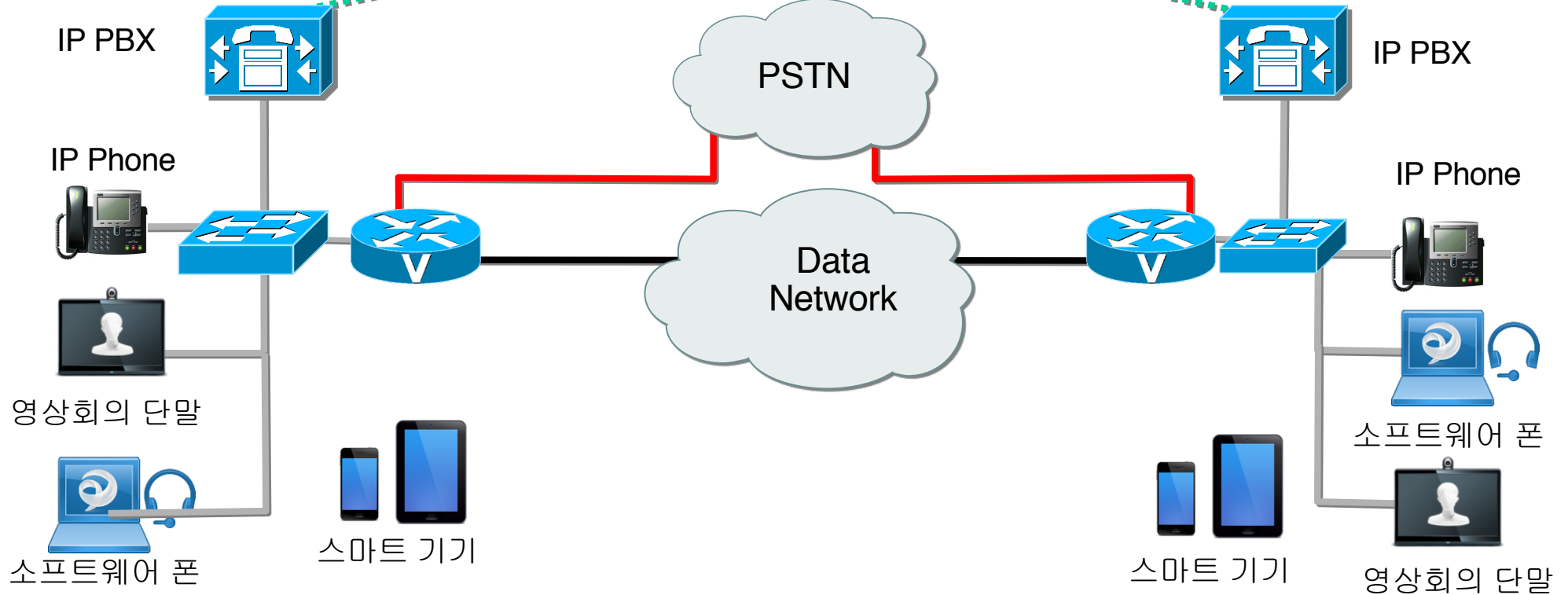
오늘날 기업 전화 서비스

멀티미디어
발신자 표시

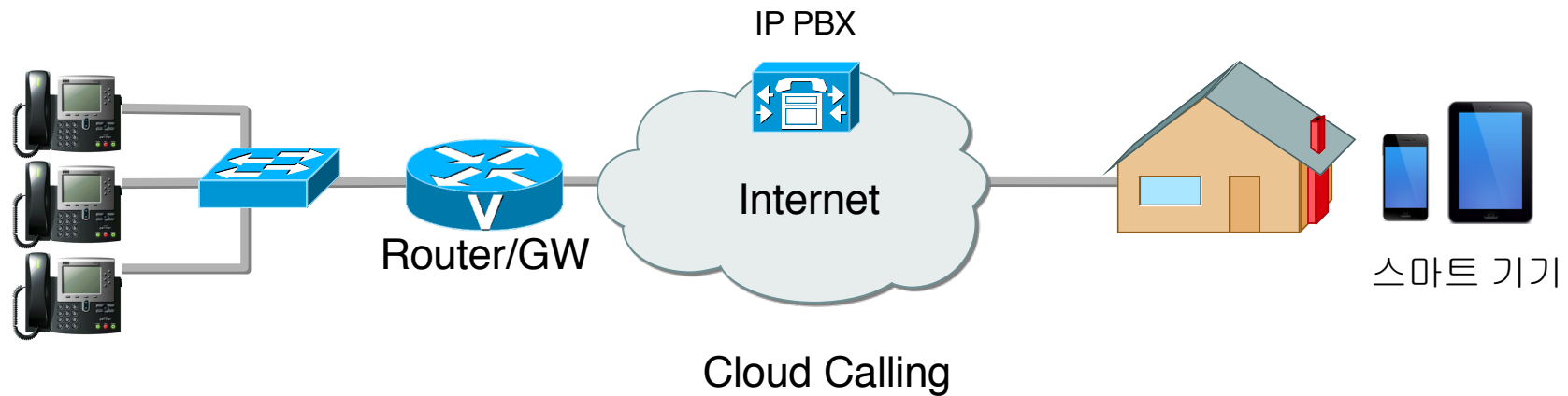
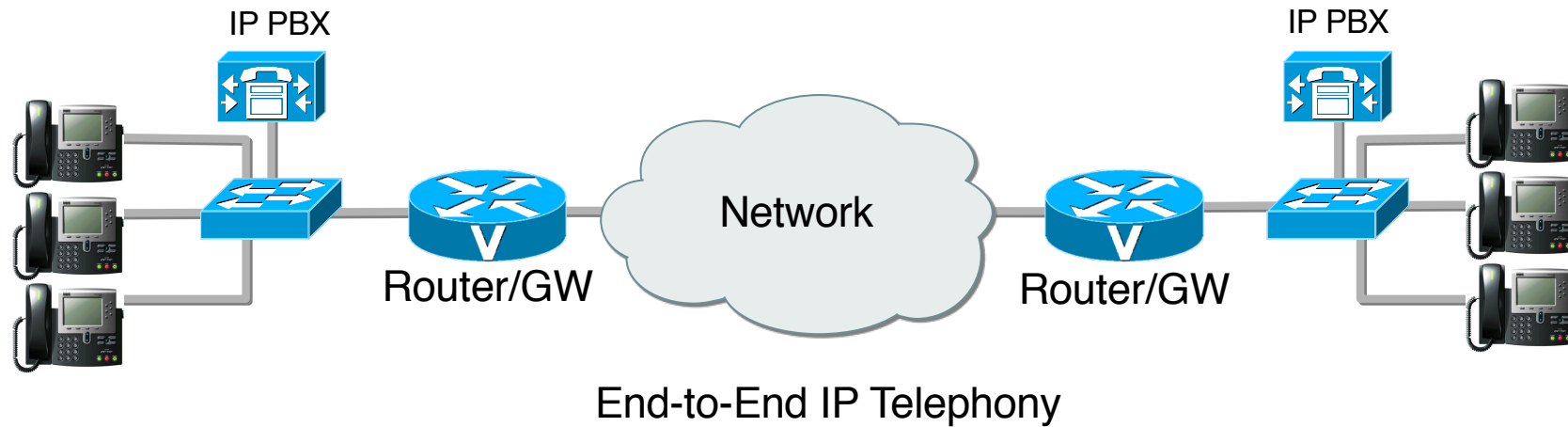
인사 정보

Voice mail
Fax Mail
Email

Click to Call

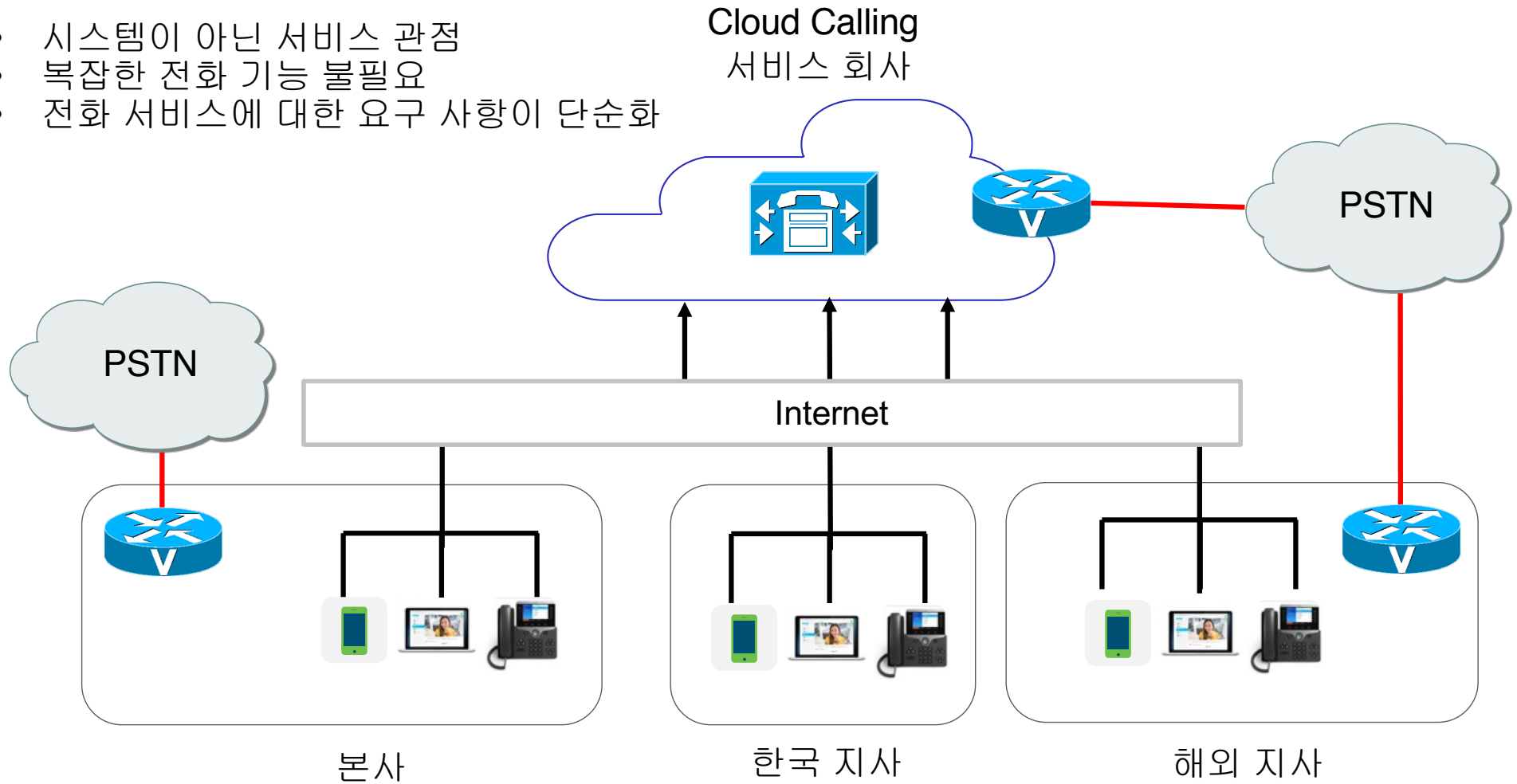


IP Telephony에서 Cloud Calling으로 진화



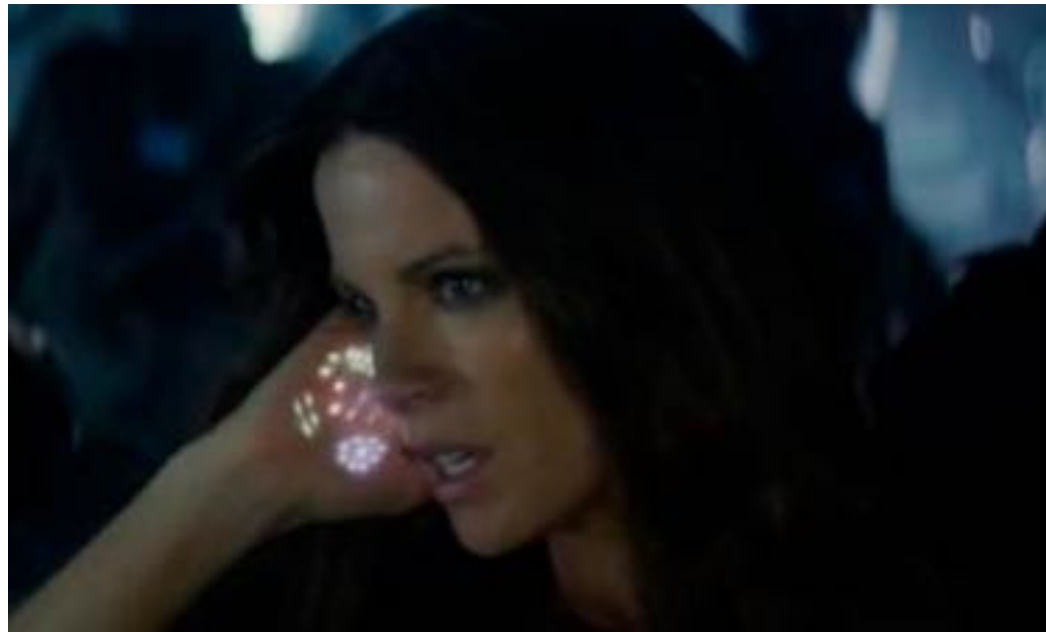
Cloud Calling

- 시스템이 아닌 서비스 관점
- 복잡한 전화 기능 불필요
- 전화 서비스에 대한 요구 사항이 단순화



What's the Next?

- 전화기
- PBX



토탈리콜

Telephony System

E.164 주소 체계



- 1996년 12월 31일을 기준으로 ITU-T E.164 기준을 적용
- 최대 12자리를 사용하는 E.163 권고안에 추가 주소 공간 확보, 16자리
- 주소 체계
 - CC (Country Code) : 국가 코드
 - AN (Area Number) : 지역 번호
 - LN (Local Number) : 국번호
 - SN (Subscriber Number) : 가입자 번호

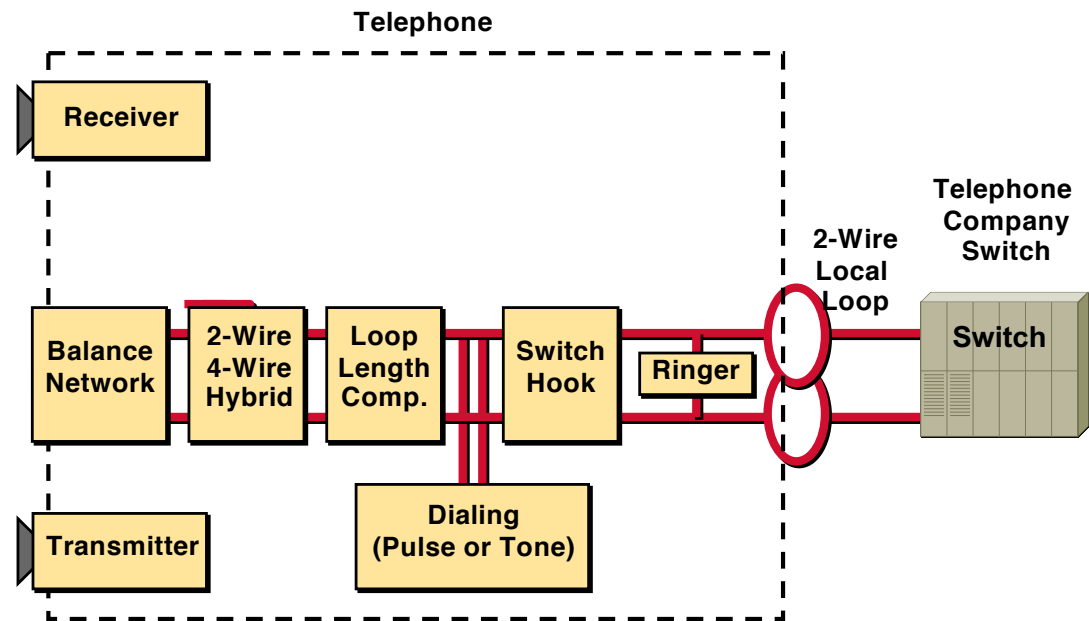
아날로그 전화기

- 전화번호를 전달하는 방식
 - Pulse : 1개의 주파수로 숫자를 전달
 - DTMF (Dual Tone Multifrequency) : 2 개의 주파수로 숫자를 전달



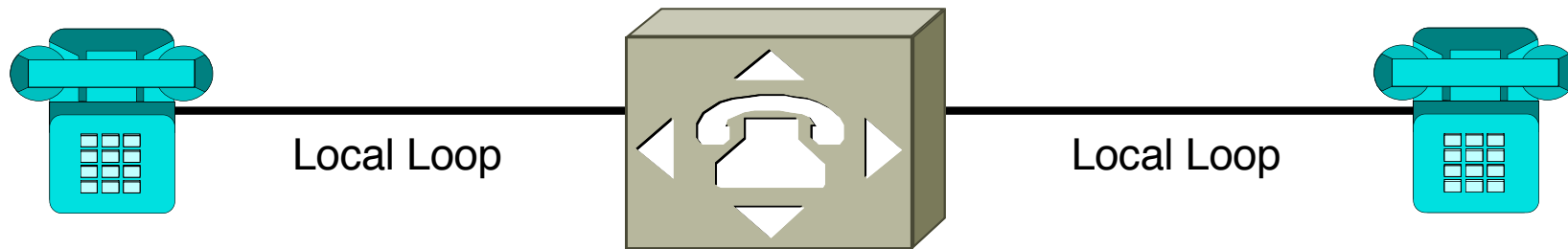
아날로그 전화기의 구조

- Handset (마이크와 스피커 또는 수신기와 발신기)
- Switch hook
- Hybrid (2-to-4 wire converter)
- Sidetone (측음)
- Dialer
- Ringer



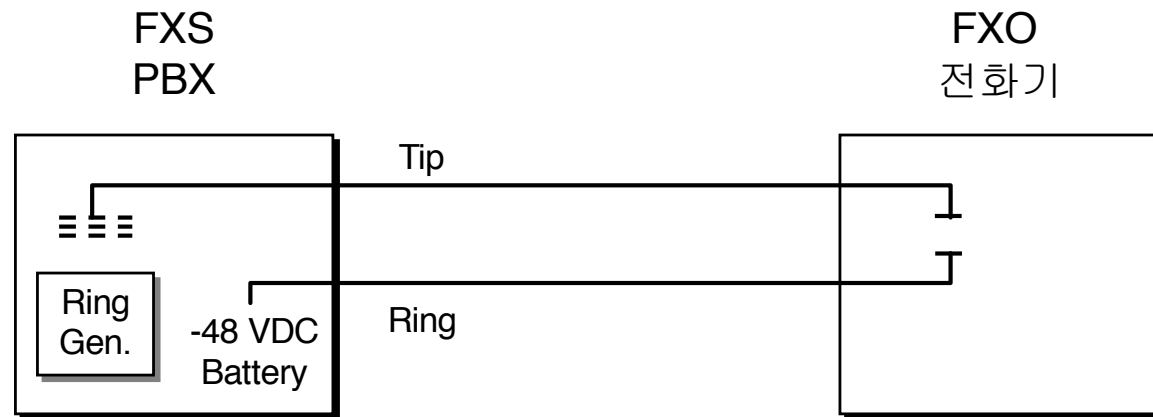
전화기 상태 – On hook & Off-hook

On-Hook : 수화기가 올려져 있는 상태



-48 DC 전압 (전류가 흐르지 않음)

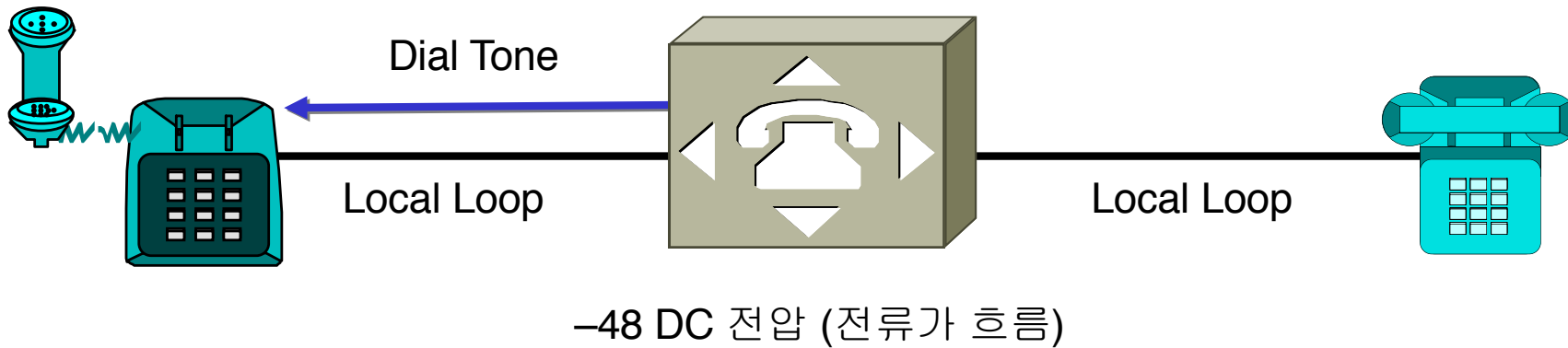
Loop-Start Signaling



*. Local Loop : 2 선 (tip & ring)이 연결되면 교환기가 루프를 형성

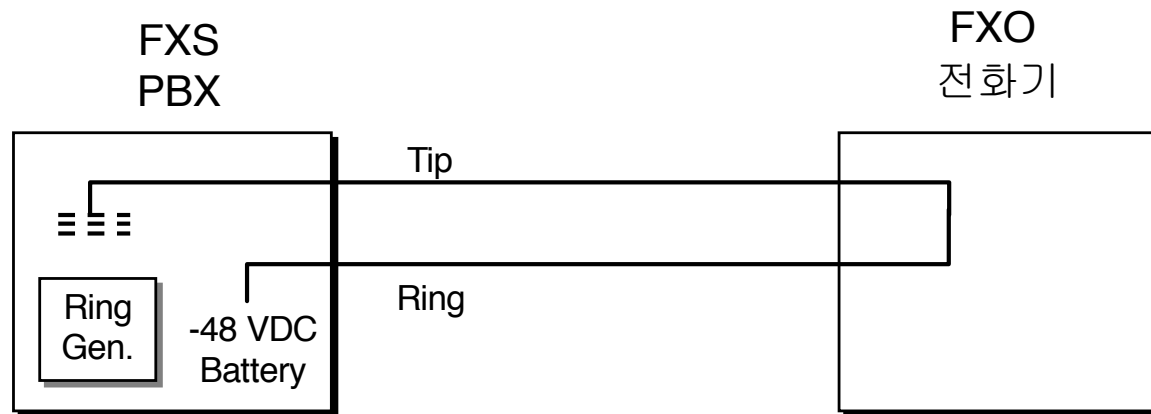
전화기 상태 – On hook & Off-hook

Off-Hook : 수화기를 든 상태

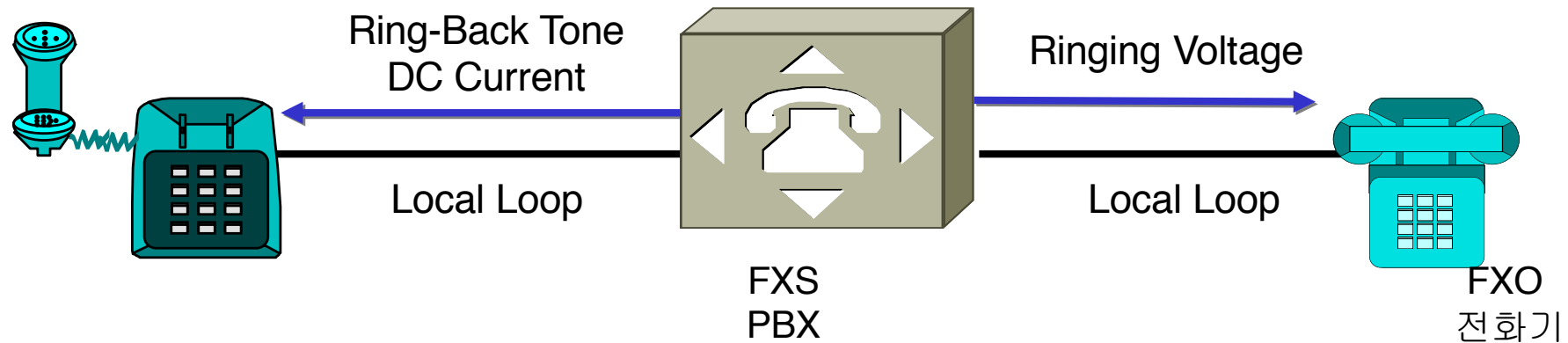


Loop-Start Signaling

전류를 감지하면 PBX는
다이얼 톤을 전달



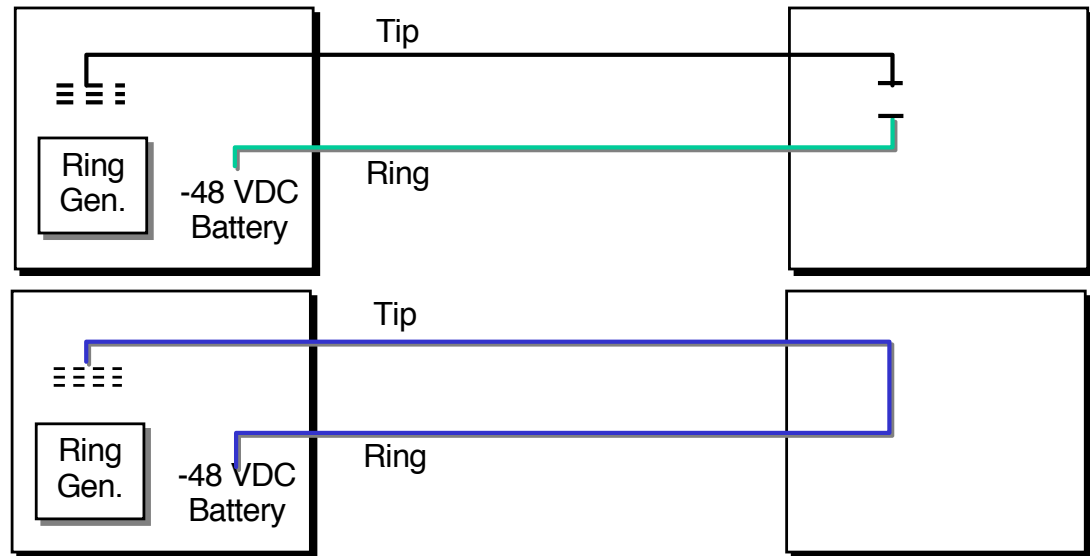
전화기 상태 - Ringing



Loop-Start Signaling

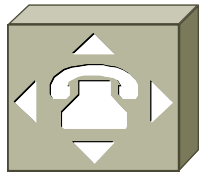
PBX가
전화기로 링 전압을 적용

수신측이 수화기를 들면
링전압을 제거하고 회선 연결

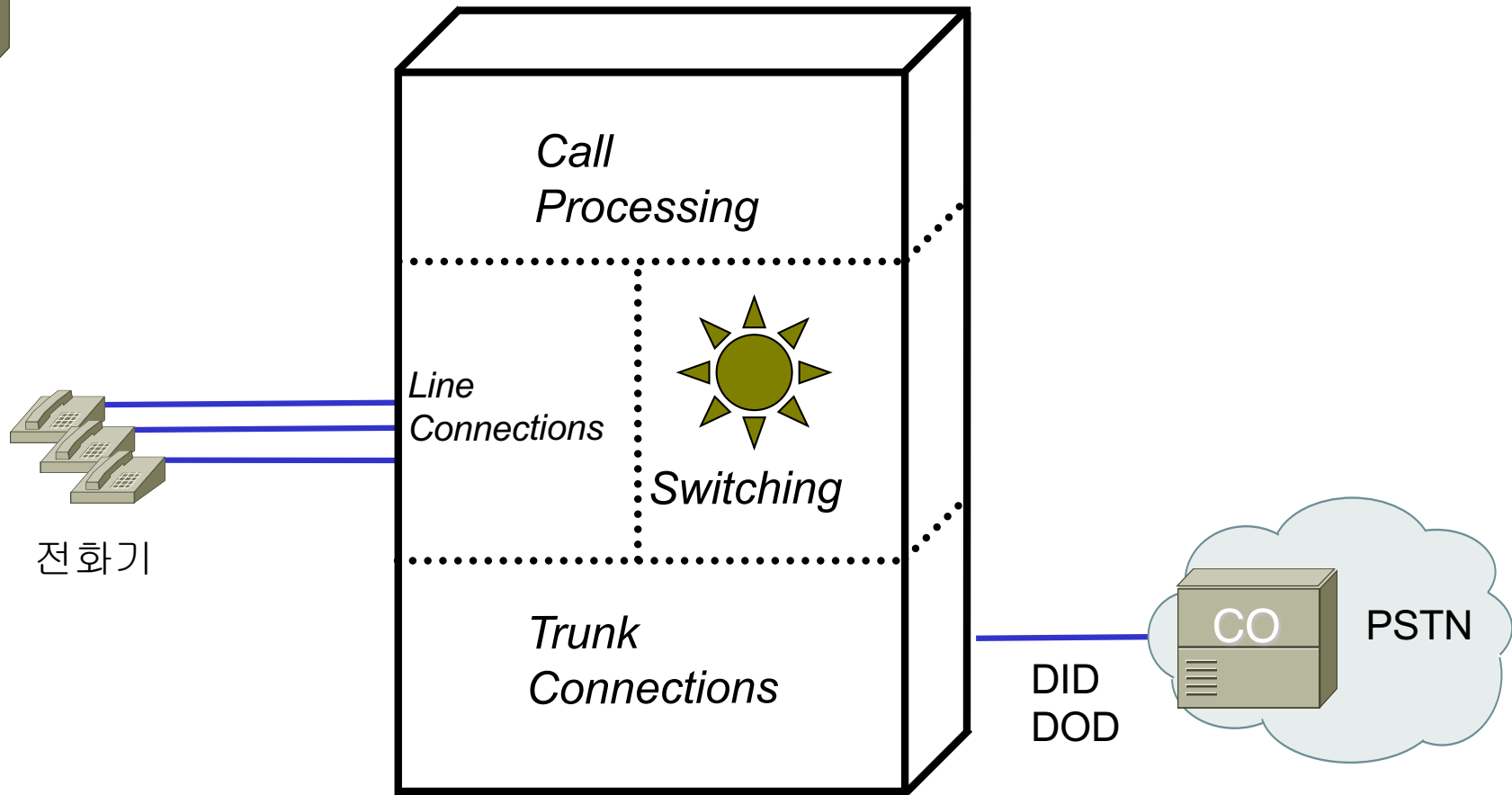


*. Glare 현상 : 수신측이 통화중이거나 수화기를 들고 있을 때 Ground Start Signaling으로 해결

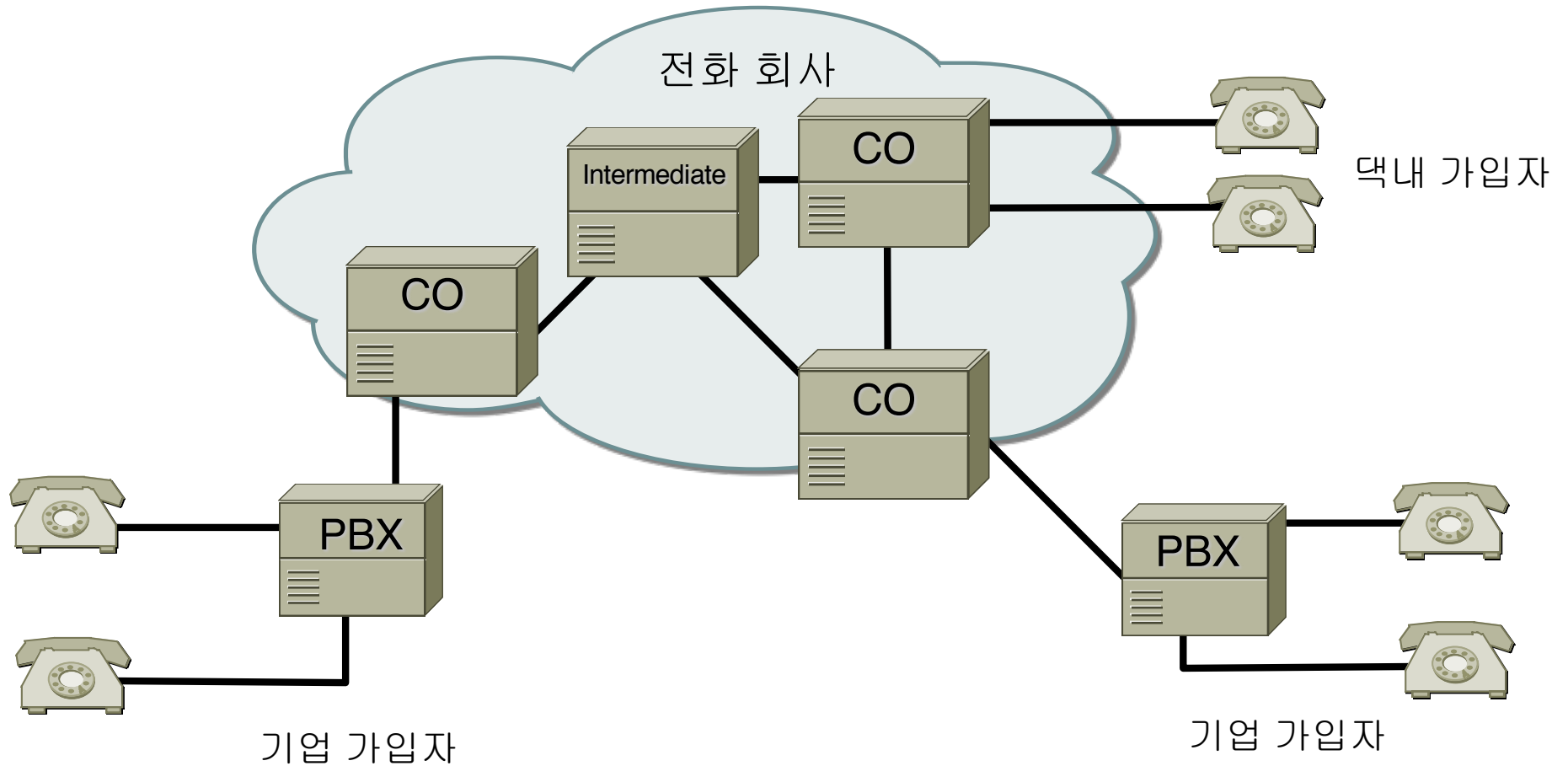
PBX의 기능



PBX



전화망의 구조

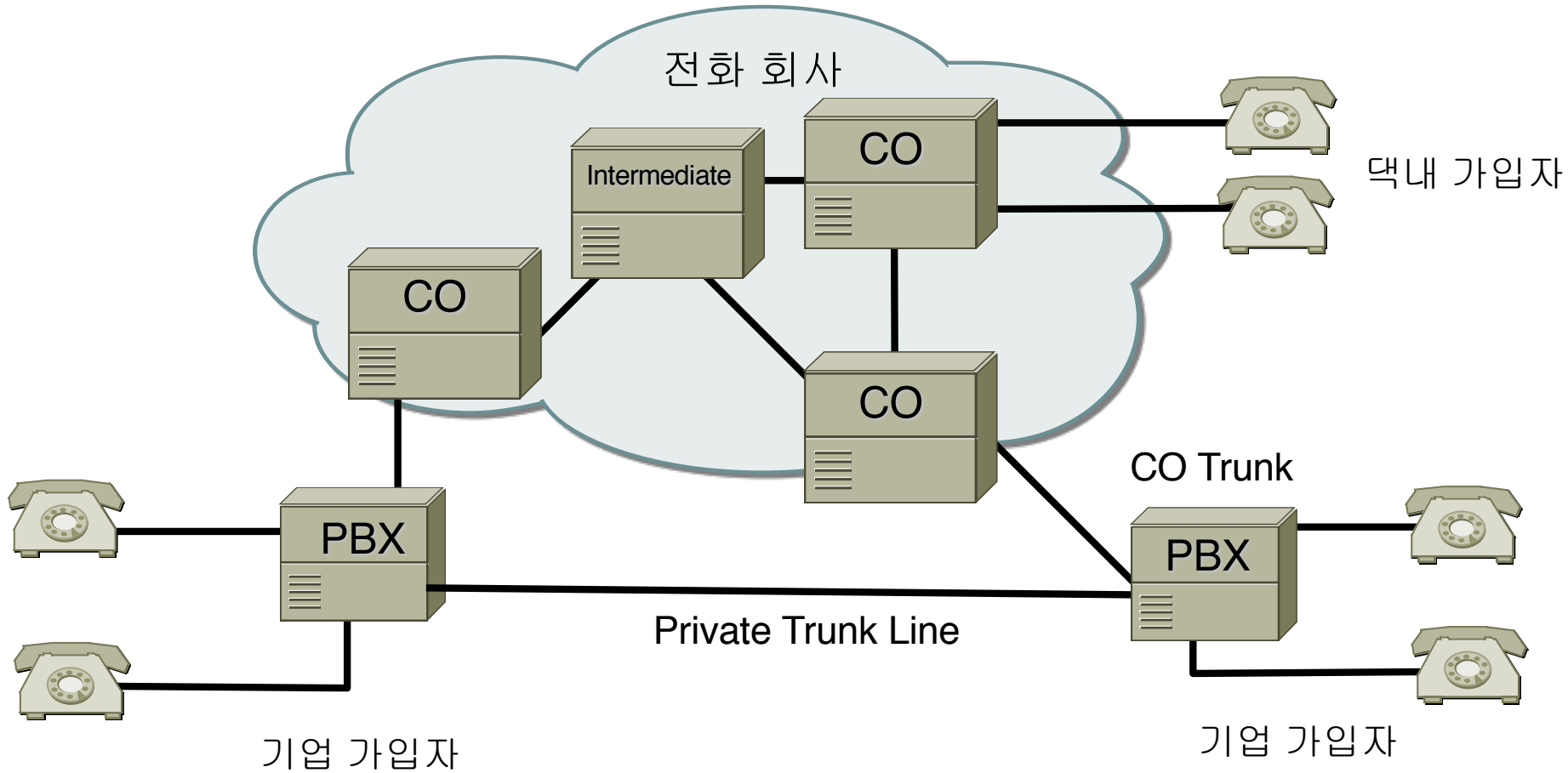


*. Intermediate Switch (tandem switch) : 교환기들의 교환기

PBX의 종류

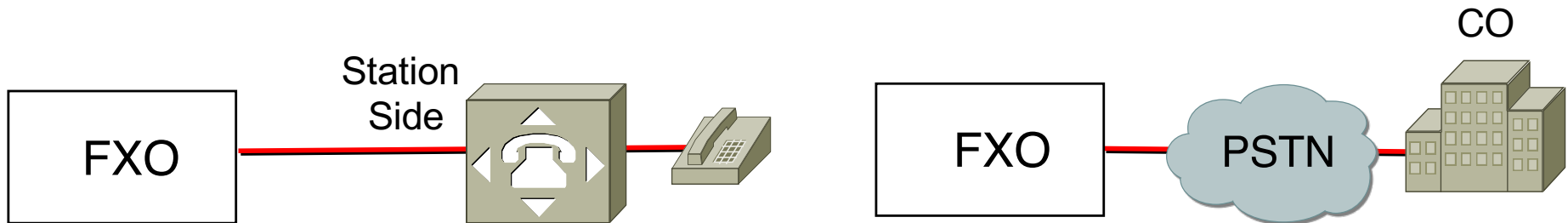
구 분	교환기
Class 4	<ul style="list-style-type: none">• 전화 회사의 망 내부에 위치• Trunk to Trunk interface• SS7 or R2 시그널링 등을 사용• Call routing, 080, Calling card, etc
Class 5	<ul style="list-style-type: none">• 전화 회사의 망 에지에 위치• Trunk to Line / Line to Line interface• DTMF signaling (Dial Tone) 제공• CallerID, Call waiting, Voice mail, E119, Billing, etc

전화망의 구조 - Trunk



Foreign Exchange Trunk

Foreign Exchange Office



- 전화기 역할
- PBX의 내선 카드에 연결

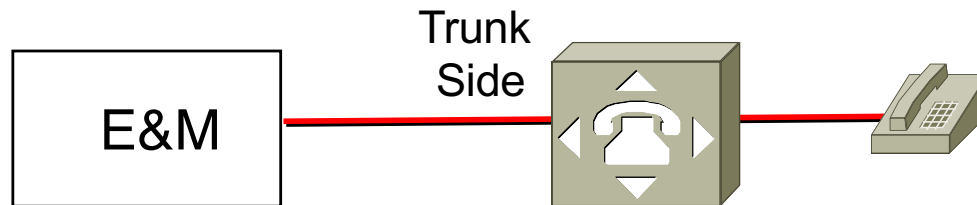
Foreign Exchange Station



- PBX 역할
- 전화기 및 팩스를 연결

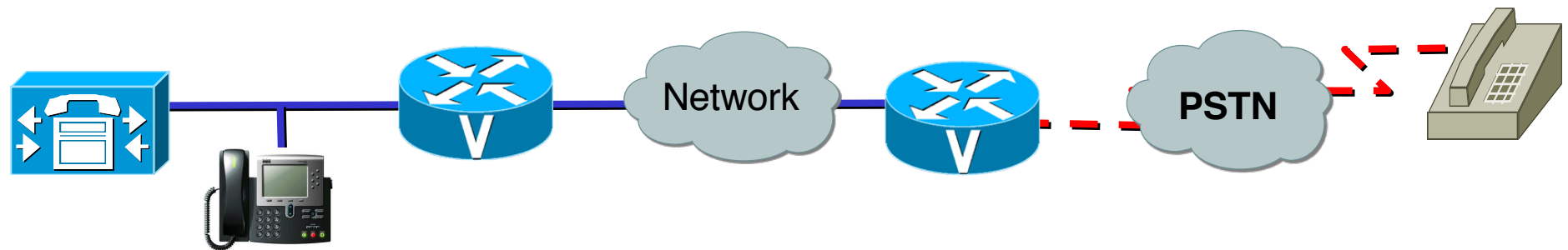
PBX to PBX Trunk : E&M

Earth and Magneto 또는 Ear and Mouth

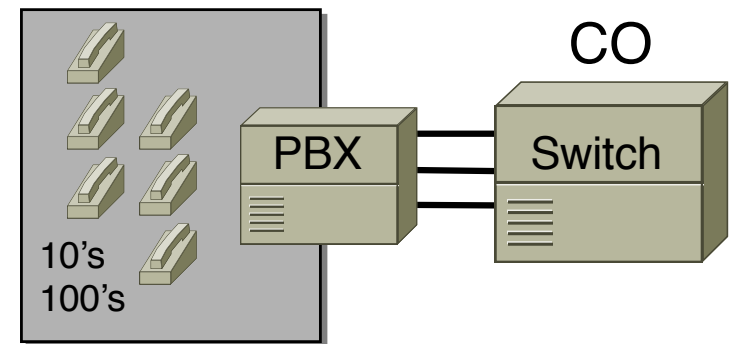
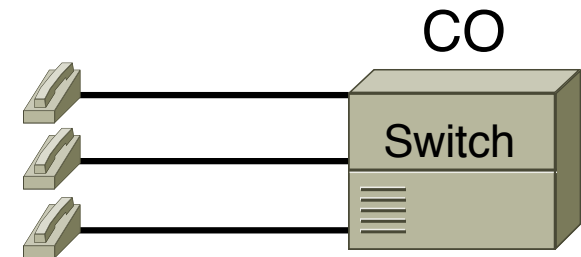
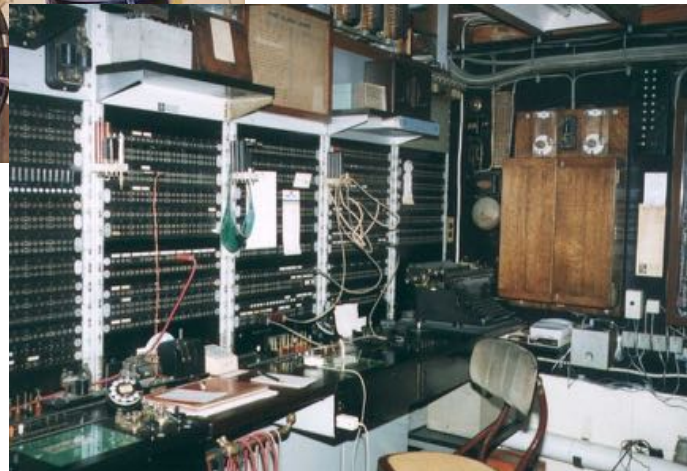


- PBX와 PBX간 연결
- E 는 수신, M은 송신
- Wink Start / Delay Start / Immediate Start

Voice Gateway에 적합한 인터페이스는?

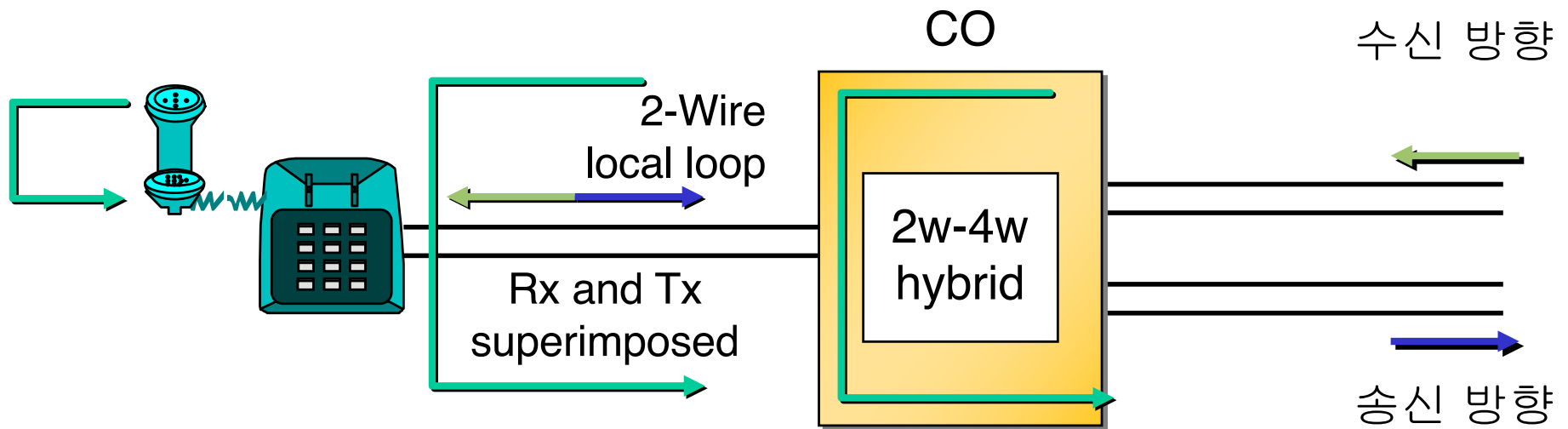


건물의 통신실 구조



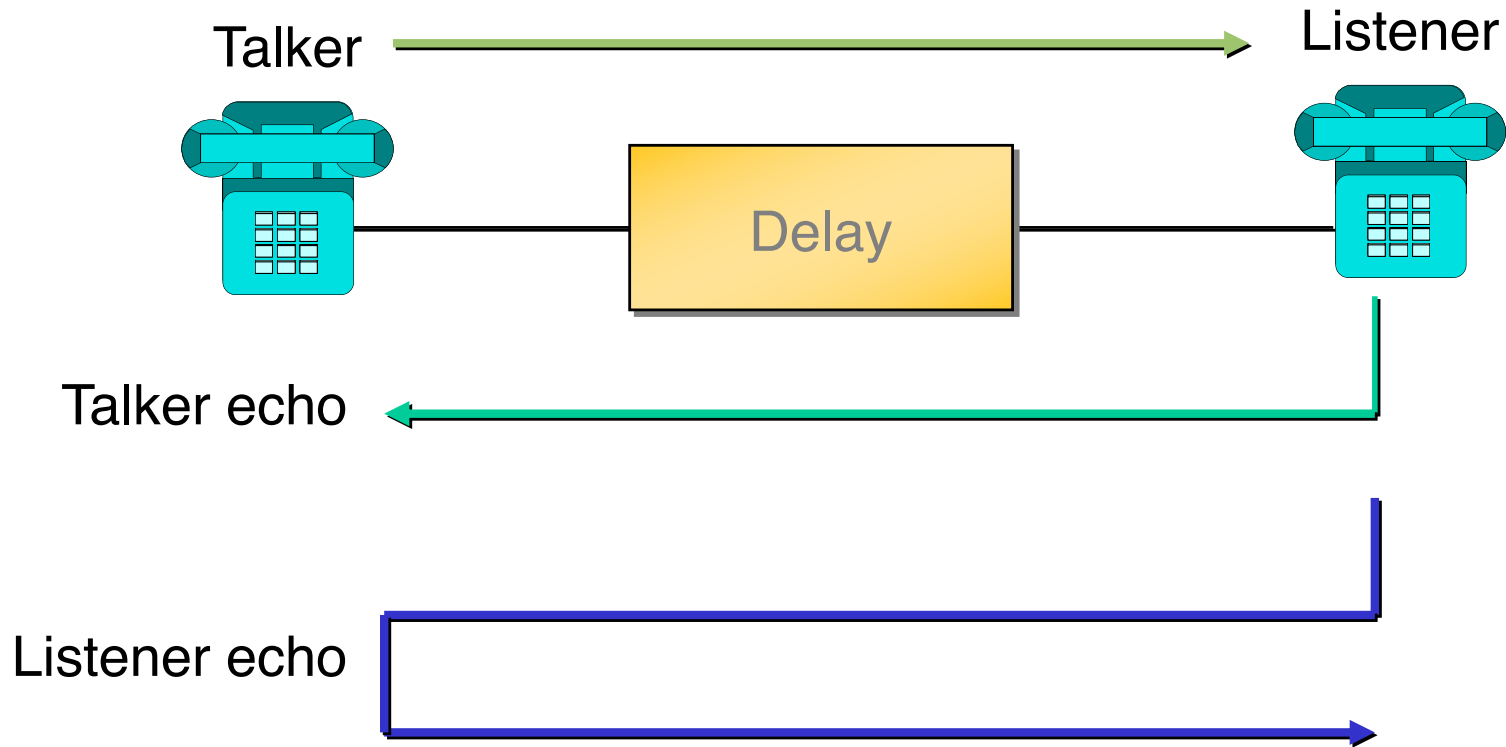
- * . MDF : Main Distribution Frame
- * . IDF : Intermediate Distribution Frame
- * . CO : Central Office

Echo : 2- to 4-Wire Conversion



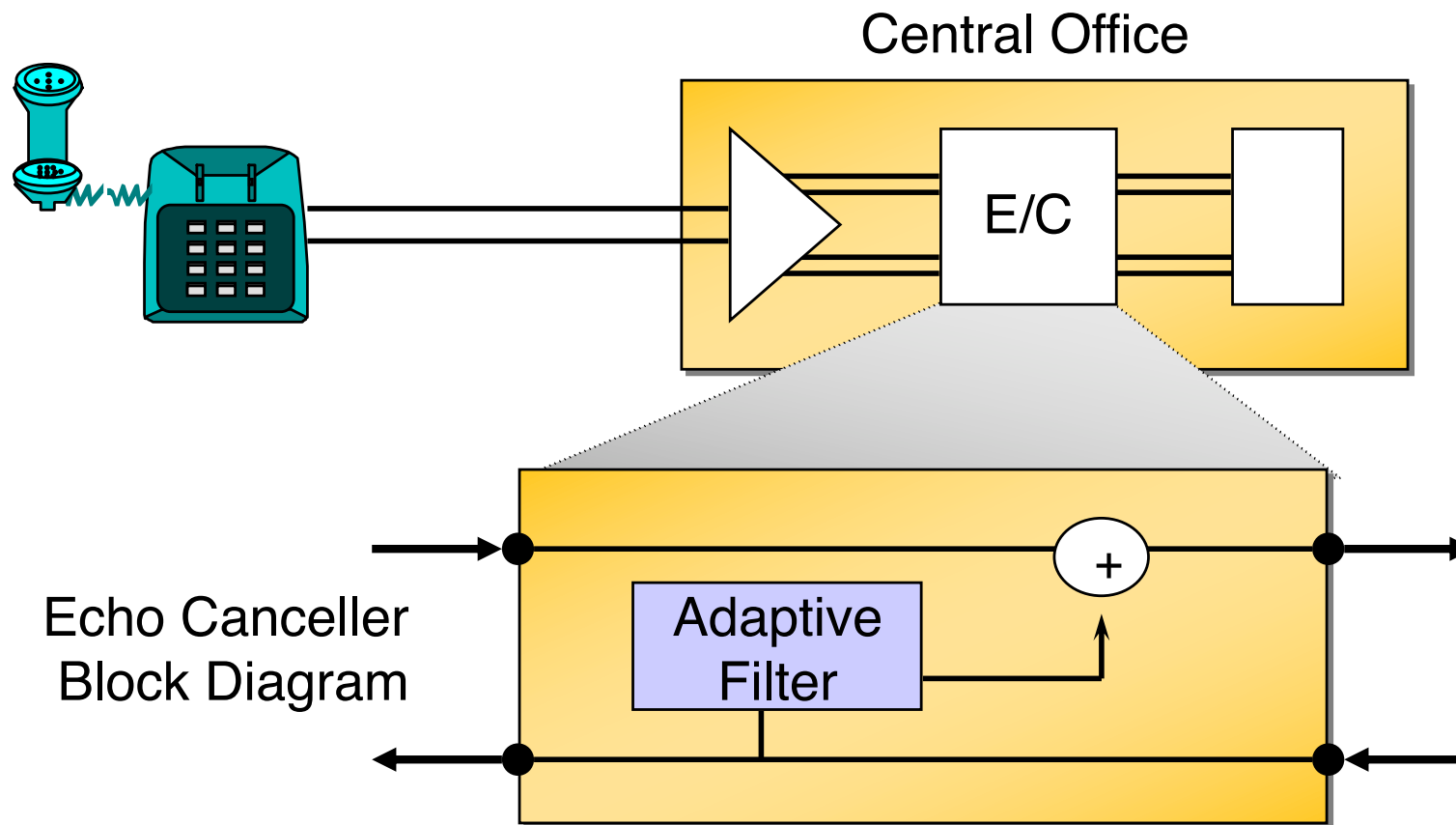
- 에코는 2w가 4w로 변환될 때 발생 (거리가 멀수록 증폭을 위해 4w 사용)
- 2w-4w hybrid에서 임피던스 미스매치로 발생한다.

Echo : 전화망의 지연



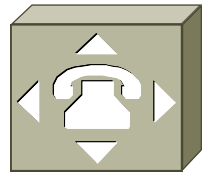
- 네트워크 지연이 길수록 에코 발생

Echo : Echo Cancellation



VoIP Systems

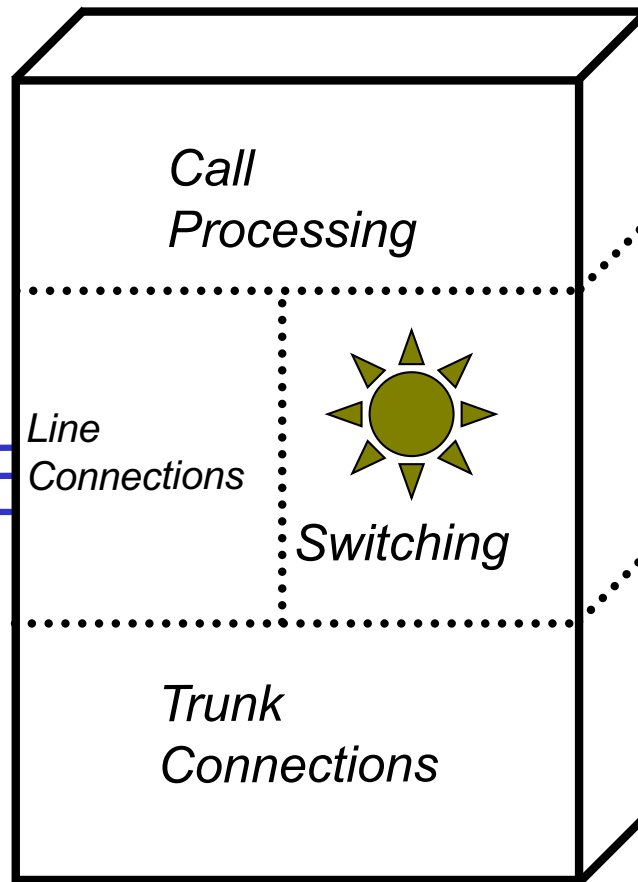
IP Telephony 의 구성요소



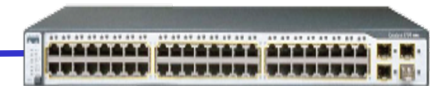
PBX



전화기



IP PBX

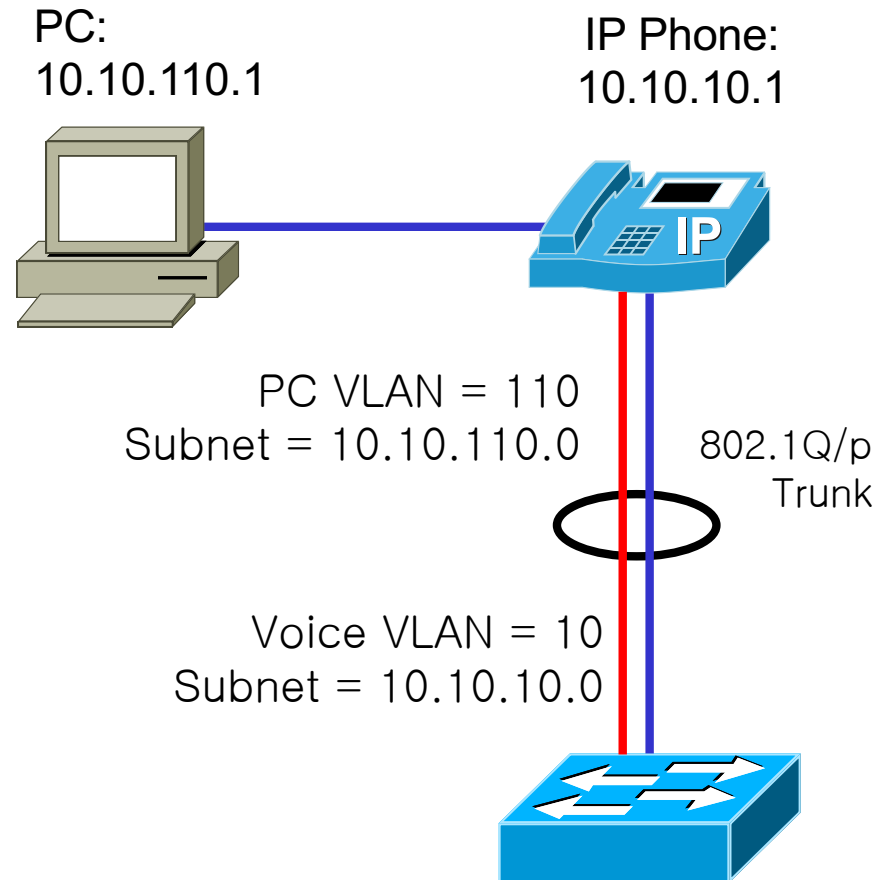
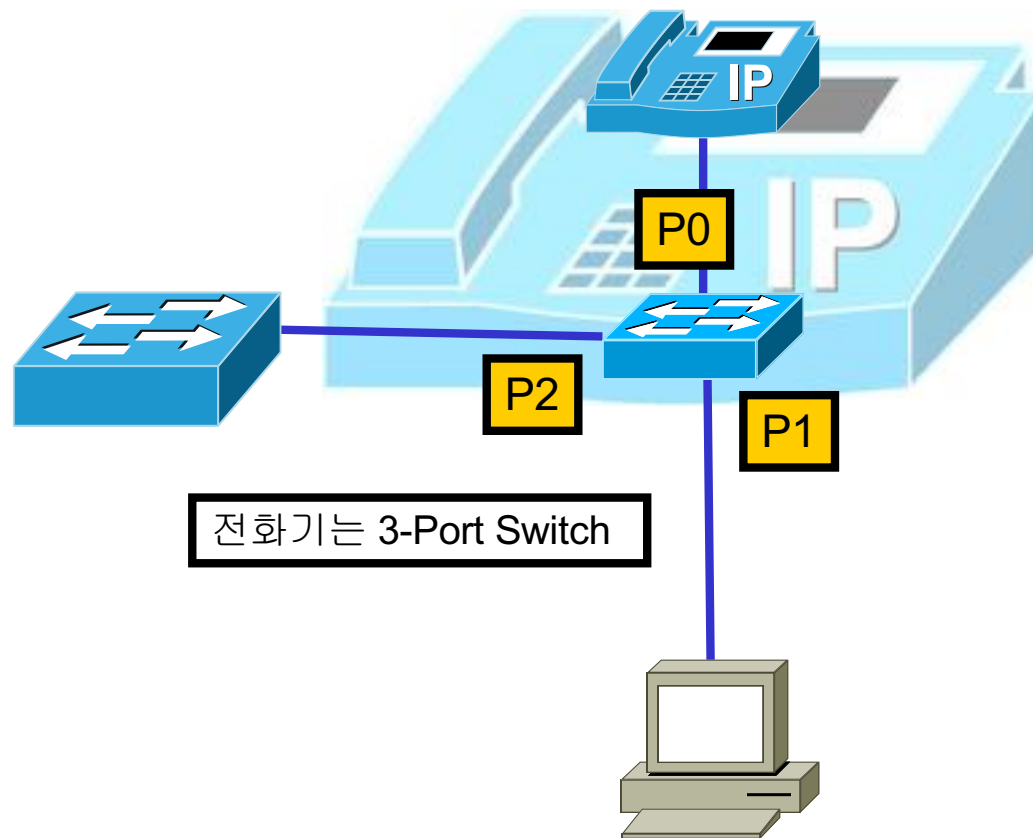


In-line Power Switch



Voice Gateway

IP 전화기



In-line power switch



Cisco Catalyst 9200 Series



Cisco Catalyst 9300 Series



PoE

PoE+



Cisco Catalyst 9400 Series



Cisco Catalyst 9500 Series



Cisco Catalyst 9600 Series



Cisco Catalyst 9800 Series

IP 전화기에 전원을 공급 방법

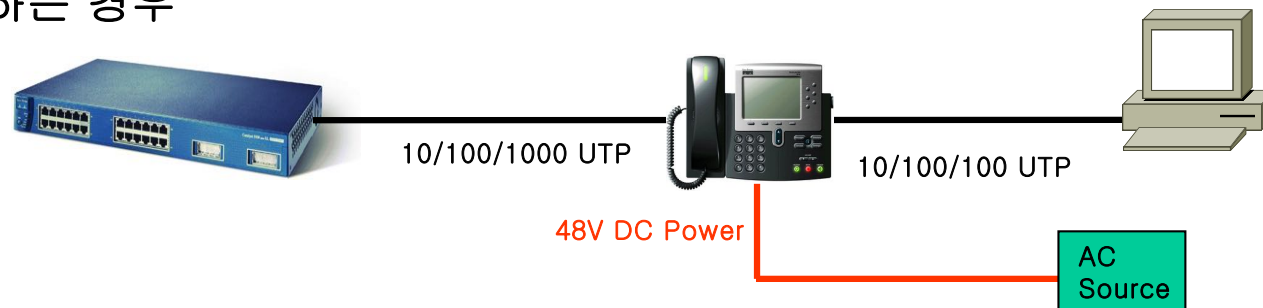
전원을 제공하는 Switch를 사용하는 경우



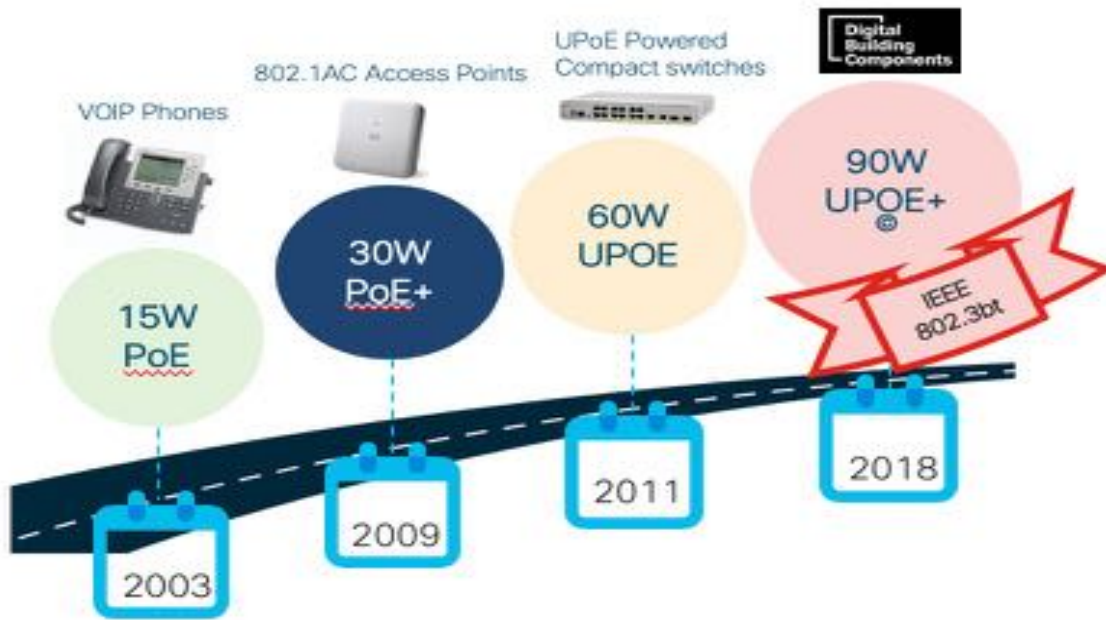
전원을 제공하지 않는 Switch를 사용하는 경우



직접 전원을 공급하는 경우

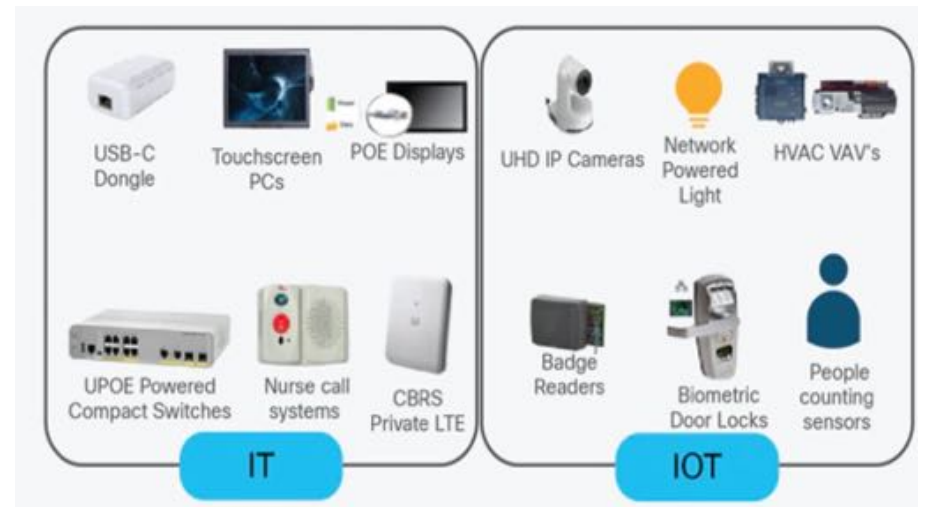


전원 공급 표준

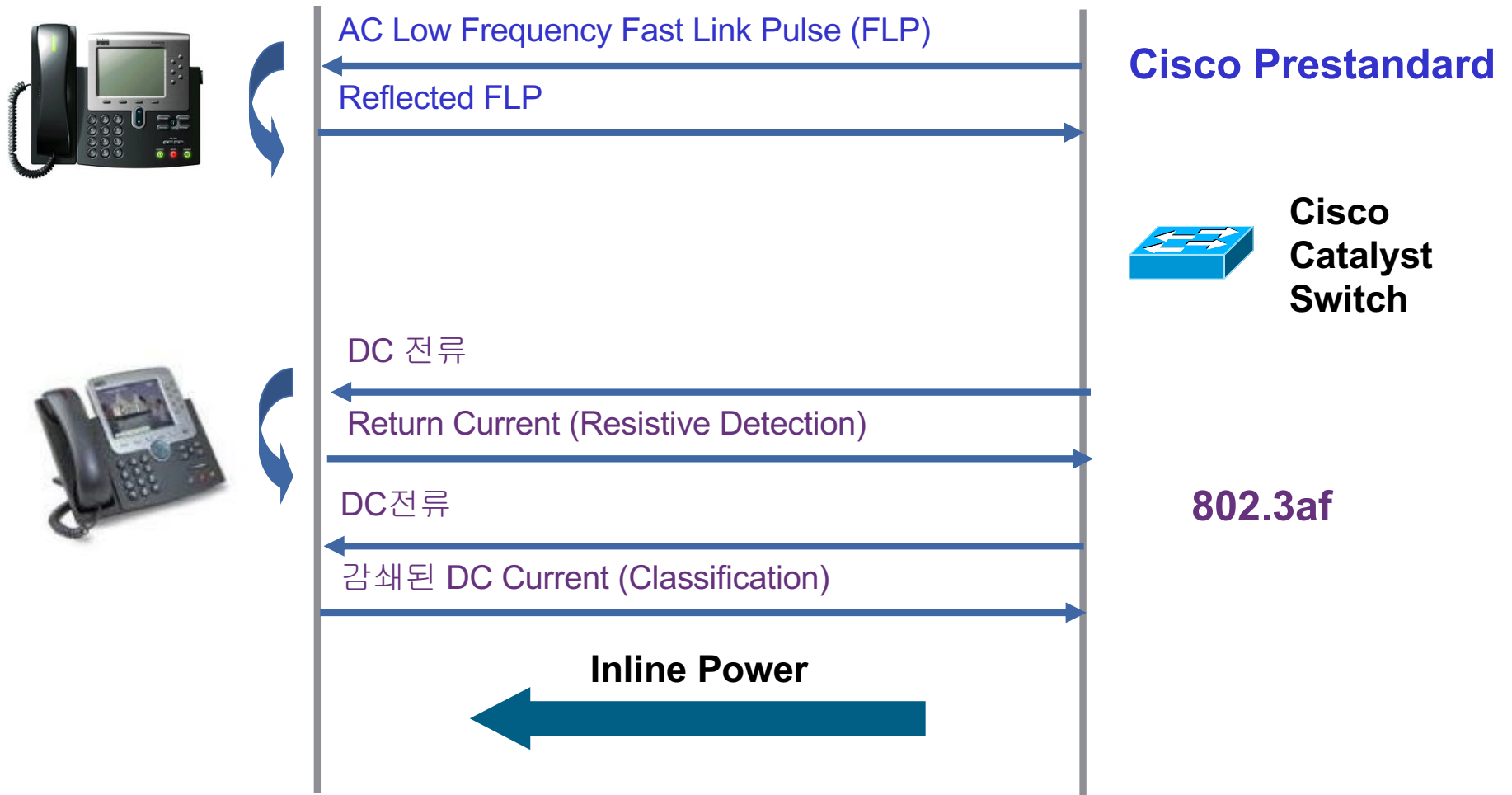


- IEEE 802.3af PoE (Power over Ethernet) 15.4 watts
- IEEE 802.3at PoE+ 30 watts
- Cisco UPOE (Universal Power over Ethernet) 60 watts
- IEEE 802.3bt UPOE+ 90watts

*. IEEE 802 : Institute of Electrical and Electronics Engineers 전기전자 학회 802 위원회
근거리 통신망과 도시권 통신망 표준을 담당

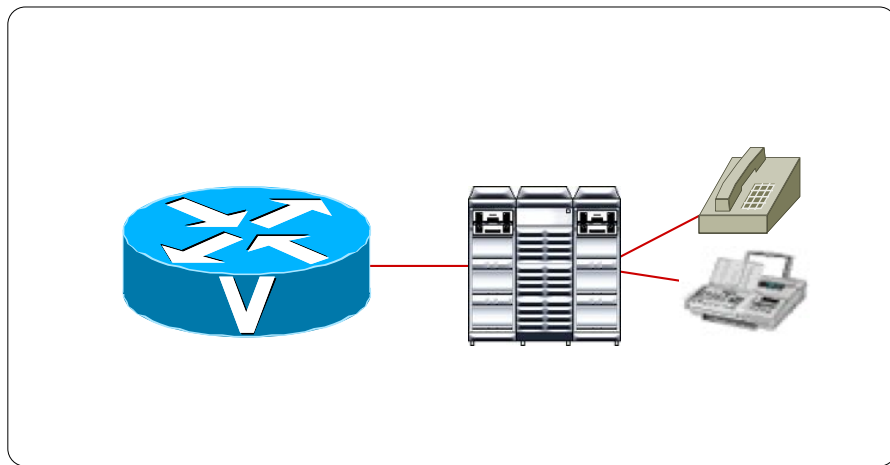


전원 공급 방식

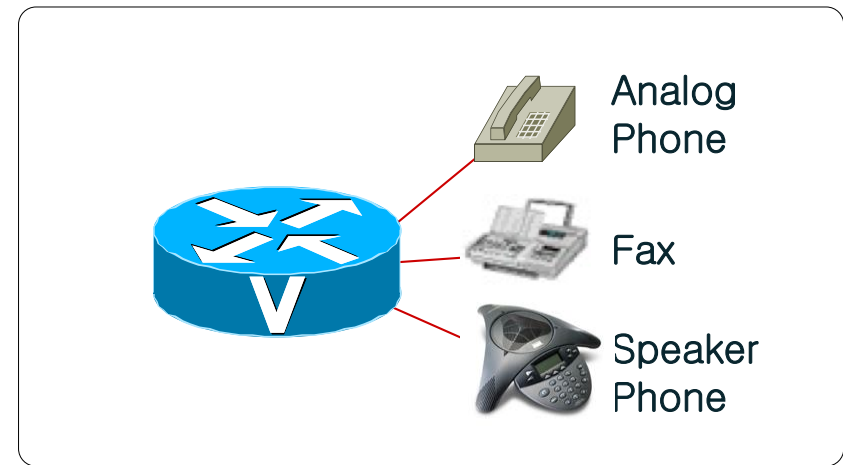


Voice Gateway

- PSTN 망과 IP 망을 서로 연결
- 아날로그 음성을 IP 패킷으로 코딩 또는 디코딩
- DSP는 트랜스코딩, 음성 변환 (아날로그에서 디지털) 역할



E1 or T1 으로 연결
E&M 또는 FXS to FXO로 연결

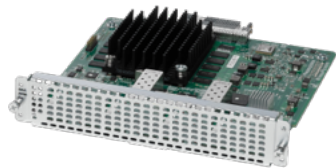


FXS ports 로 연결

Voice Gateway



Cisco ISR 4300 & 4400 Series



DSP 모듈



T1/E1 보이스 모듈

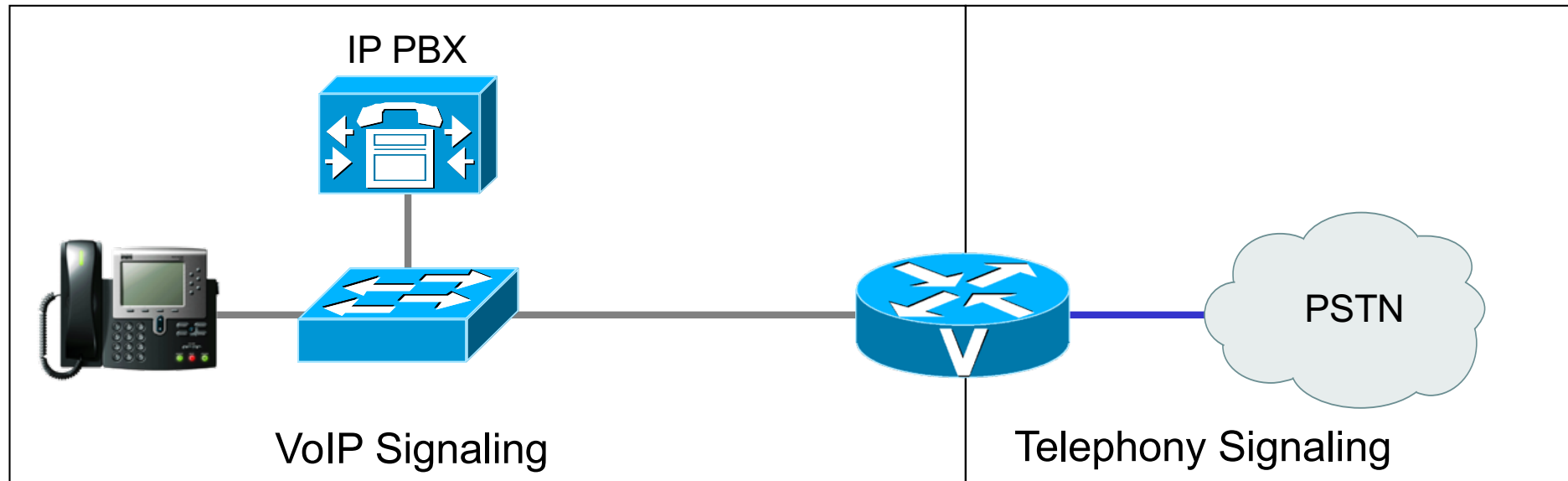


아날로그 보이스 모듈



RJ-21 텔코 케이블

Voice Gateway Protocol

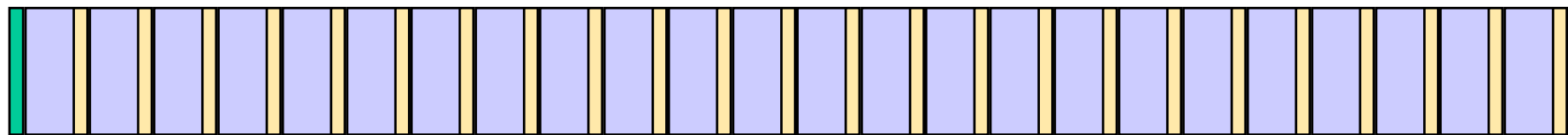


H.323
MGCP
H.323 RAS
SIP

Analog Signaling :
FXS/FXO/E&M
Digital Signaling
T1/E1 PRI
T1/E1 CAS

CAS (Channel Associated Signaling)

Extended Super Frame



Audio
Address Signaling
(DTMF)



Supervision
On/Off Hook



Address Signaling
(Dial Pulse)

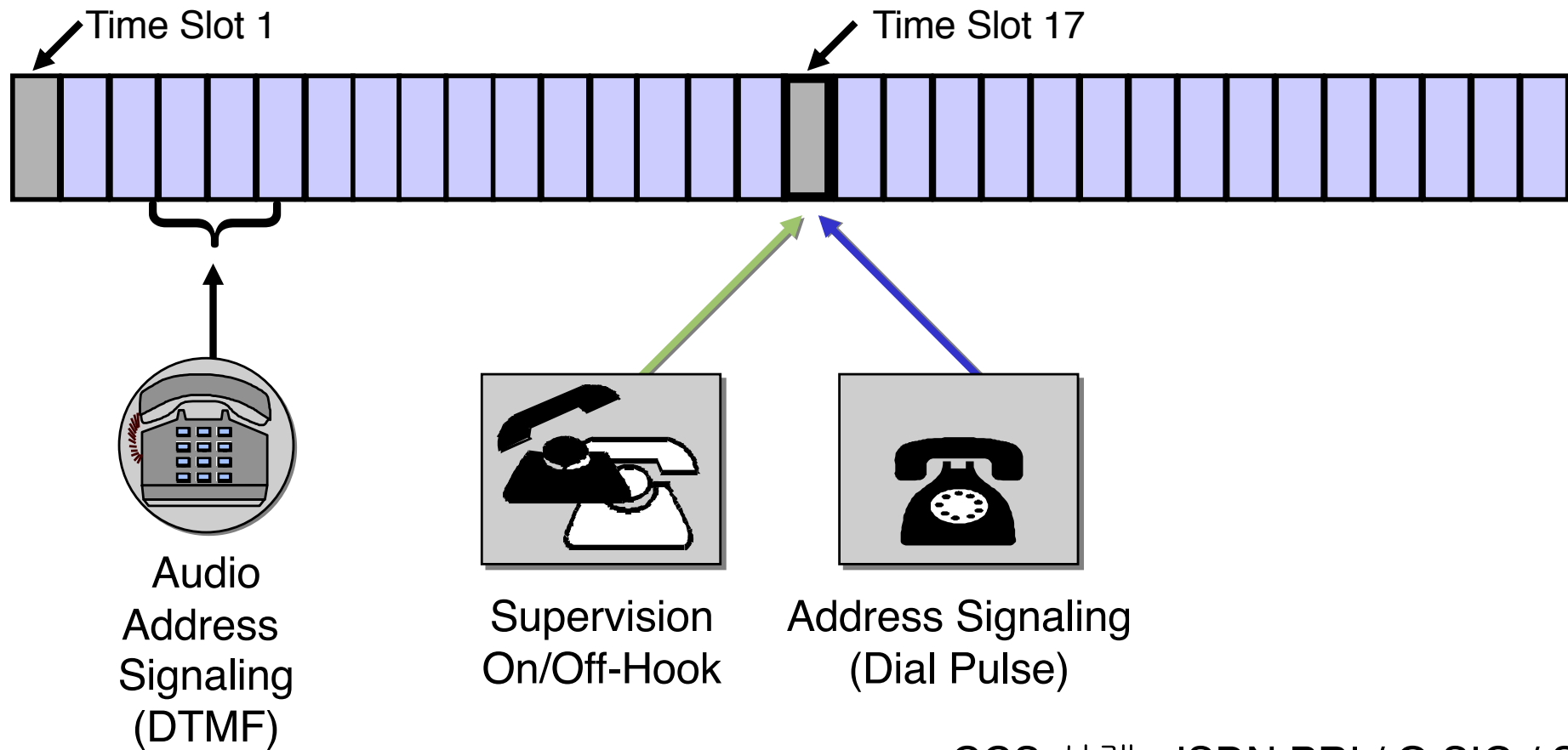
Bit Frame

A	6th
B	12th
C	18th
D	24th

CAS 사례 : T1

CCS (Common Channel Signaling)

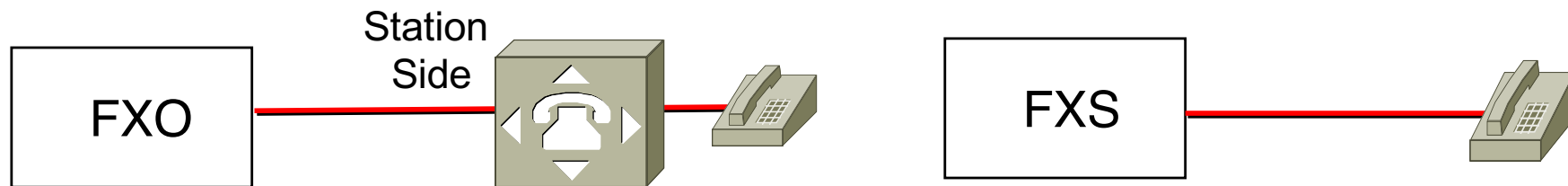
E1



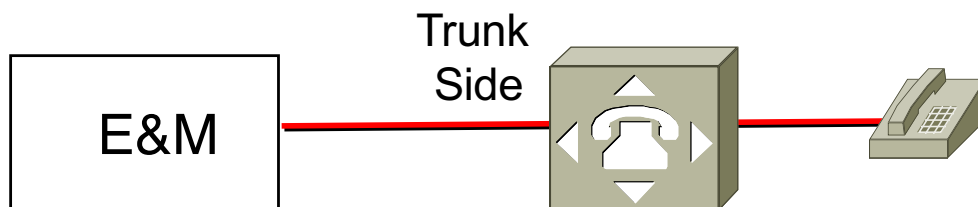
CCS 사례 : ISDN PRI / Q.SIG / SS7

Voice Interface Card (VIC)

Foreign Exchange Office / Foreign Exchange Station

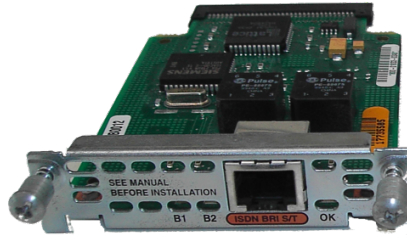


Earth and Magneto 또는 Ear and Mouth

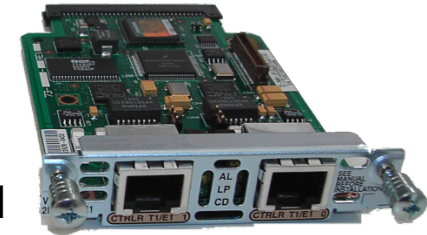


T1 / E1 Trunk Cards

1 포트 T1/E1



2 포트 T1/E1

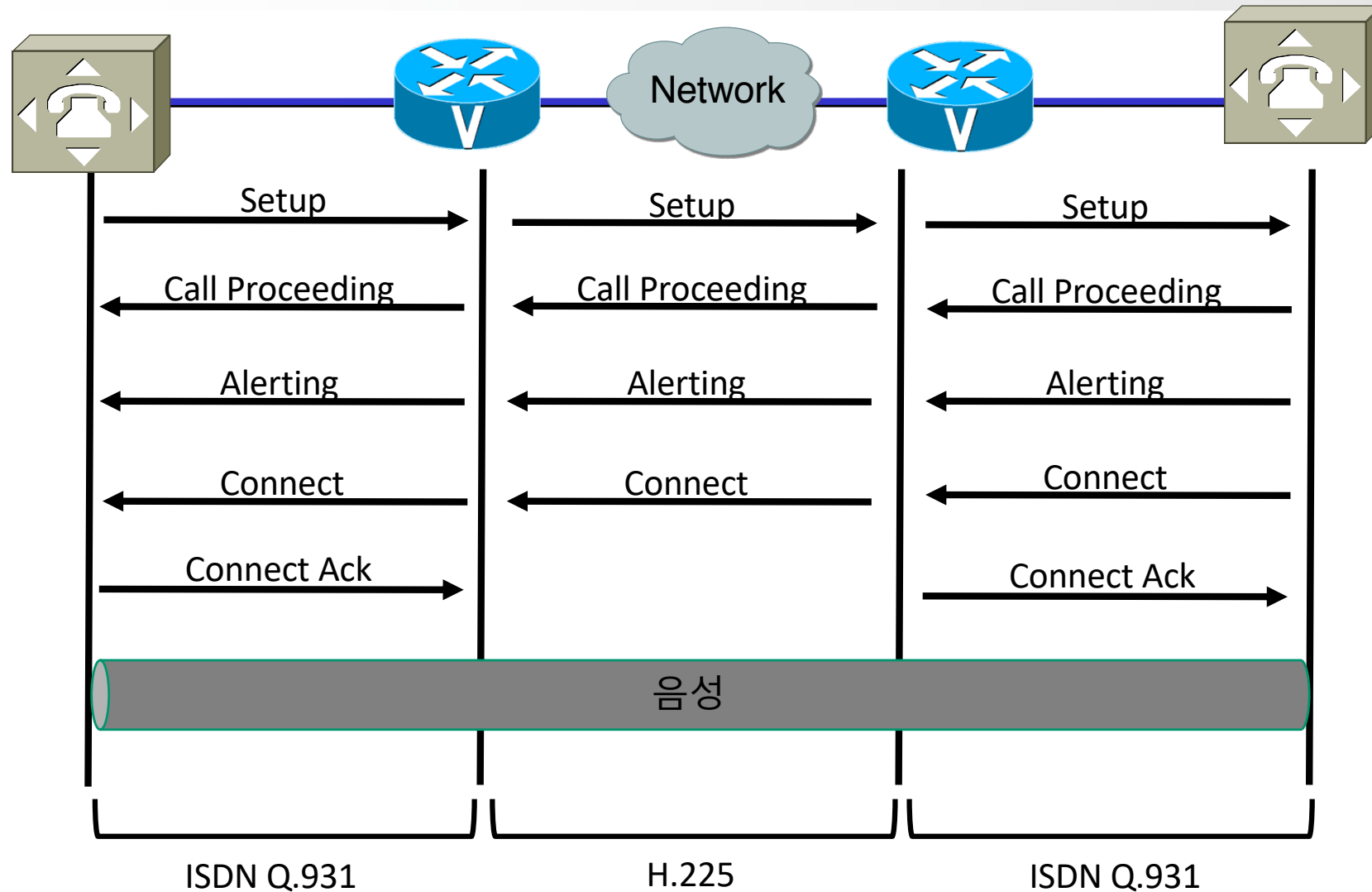


	T1 PRI	E1 PRI
B Channels	23 x 64 kb/s	30 x 64 kb/s
D Channels	1 x 64 kb/s	1 x 64 kb/s
Framing	8 kb/s	64 kb/s
Total Data Rate	$8000 * 193(24*8+1)$ = 1.544 Mb/s	$8000 * 256(32*8)$ = 2.048 Mb/s
Framing	SF, ESF	Multiframe
Line Coding	AMI or B8ZS	HDB3
Country	North America, Japan	Europe, Australia

ISDN PRI Signaling

- ITU-T Recommendation Q.921
 - LAPD (Link Access Procedure on the D channel)
 - Lay 2 ISDN Signaling Protocol
 - Terminal Endpoint Identifier(TEI)
- ITU-T Recommendation Q.931
 - Layer 3 ISDN Signaling protocol
 - 호 설립 절차, 호 종료 절차, 정보 교환 절차 등

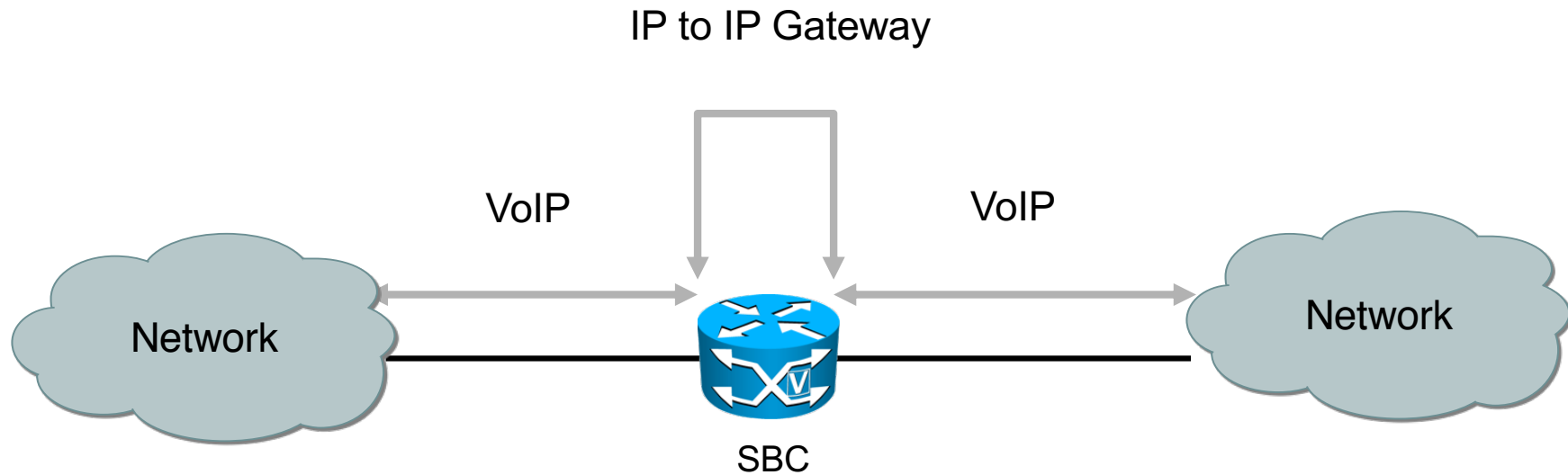
Q.931 Signaling



Q.931 Debug Output

```
*Mar 27 15:11:40.472: ISDN Se0/0:23 Q931: TX -> SETUP pd = 8 callref = 0x0006
  Bearer Capability i = 0x8090
    Standard = CCITT
    Transer Capability = Speech
    Transfer Mode = Circuit
    Transfer Rate = 64 kbit/s
  Channel ID i = 0xA98397
    Exclusive, Channel 23
  Calling Party Number i = 0x2181, 'XXXXXXXXXX'
    Plan:ISDN, Type:National
  Called Party Number i = 0x80, 'XXXXXXXXXXXX'
    Plan:Unknown, Type:Unknown
*Mar 27 15:11:40.556: ISDN Se0/0:23 Q931: RX <- CALL_PROC pd = 8 callref = 0x8006
  Channel ID i = 0xA98397
    Exclusive, Channel 23
*Mar 27 15:11:42.231: ISDN Se0/0:23 Q931: RX <- PROGRESS pd = 8 callref = 0x8006
  Progress Ind i = 0x8488 - In-band info or appropriate now available
*Mar 27 15:11:45.697: ISDN Se0/0:23 Q931: TX -> DISCONNECT pd = 8 callref = 0x0006
  Cause i = 0x8090 - Normal call clearing
*Mar 27 15:11:45.733: ISDN Se0/0:23 Q931: RX <- RELEASE pd = 8 callref = 0x8006
*Mar 27 15:11:45.757: ISDN Se0/0:23 Q931: TX -> RELEASE_COMP pd = 8 callref = 0x0006
```

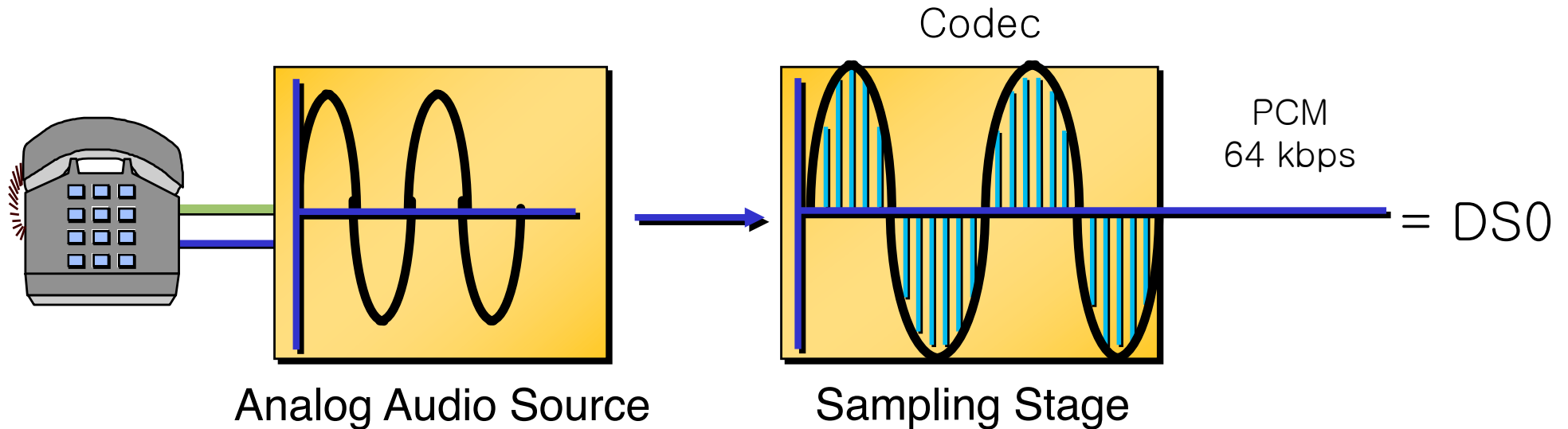
Session Border Controller



- Protocol Interworking
 - H.323-to-SIP, SIP-to-SIP, H.323-to-H.323
- Topology Hiding (Address Hiding)
- VoIP 사업자 연동

Codec

표본화 (Sampling)



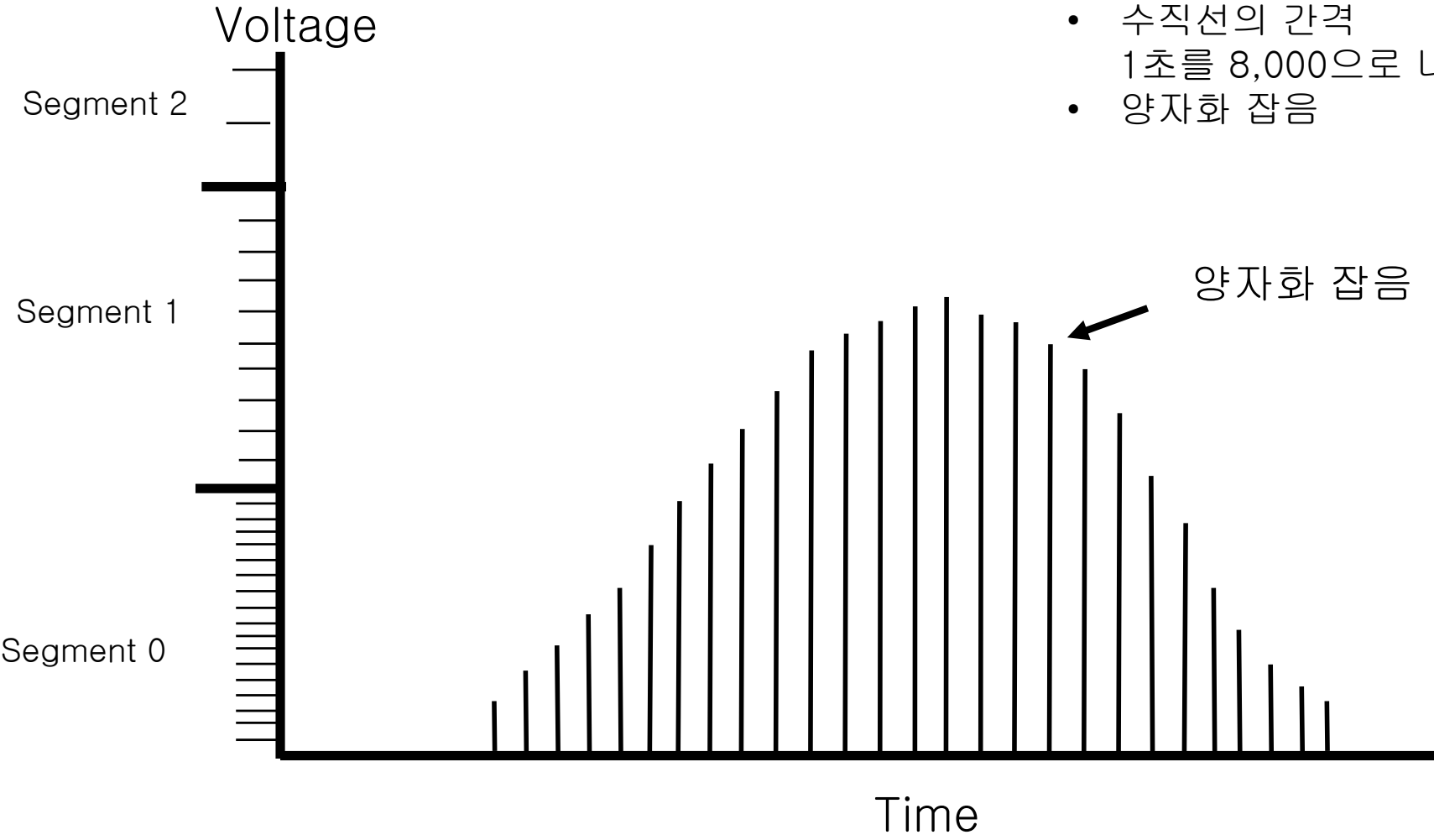
나이퀴스트 표본화 주파수 정리

“디지털 전송에서 부호 간 견섭을 없애는 조건으로 입력 신호의 최고 주파수의 2 배 이상의 속도로 균일한 간격으로 표본화를 하면 원 신호를 충실히 복원할 수 있다”

$$f_s = 2f_m$$

*. PCM : Pulse Code Modulation

양자화 (Quantization)



- 수직선의 간격
1초를 8,000으로 나눈 125us
- 양자화 잡음

부호화 (Coding)



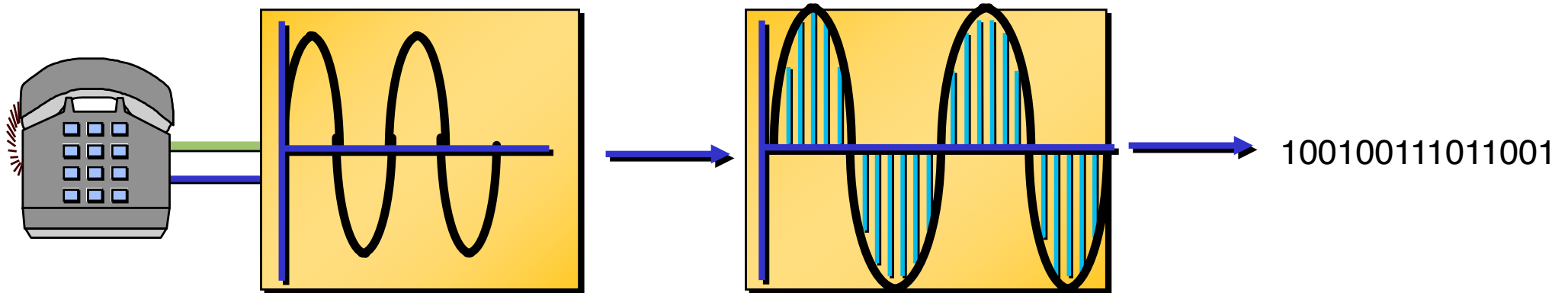
- Polarity, one bit
- Segment, 3 bits
- Step, 4 bits

ITU standards:

G.721 rate: 32 kbps = (2 x 4 kHz) x 4 bits/sample

G.723 rate: 24 kbps = (2 x 4 kHz) x 3 bits/sample

G.726 rate: 16 kbps = (2 x 4 kHz) x 2 bits/sample



Codec

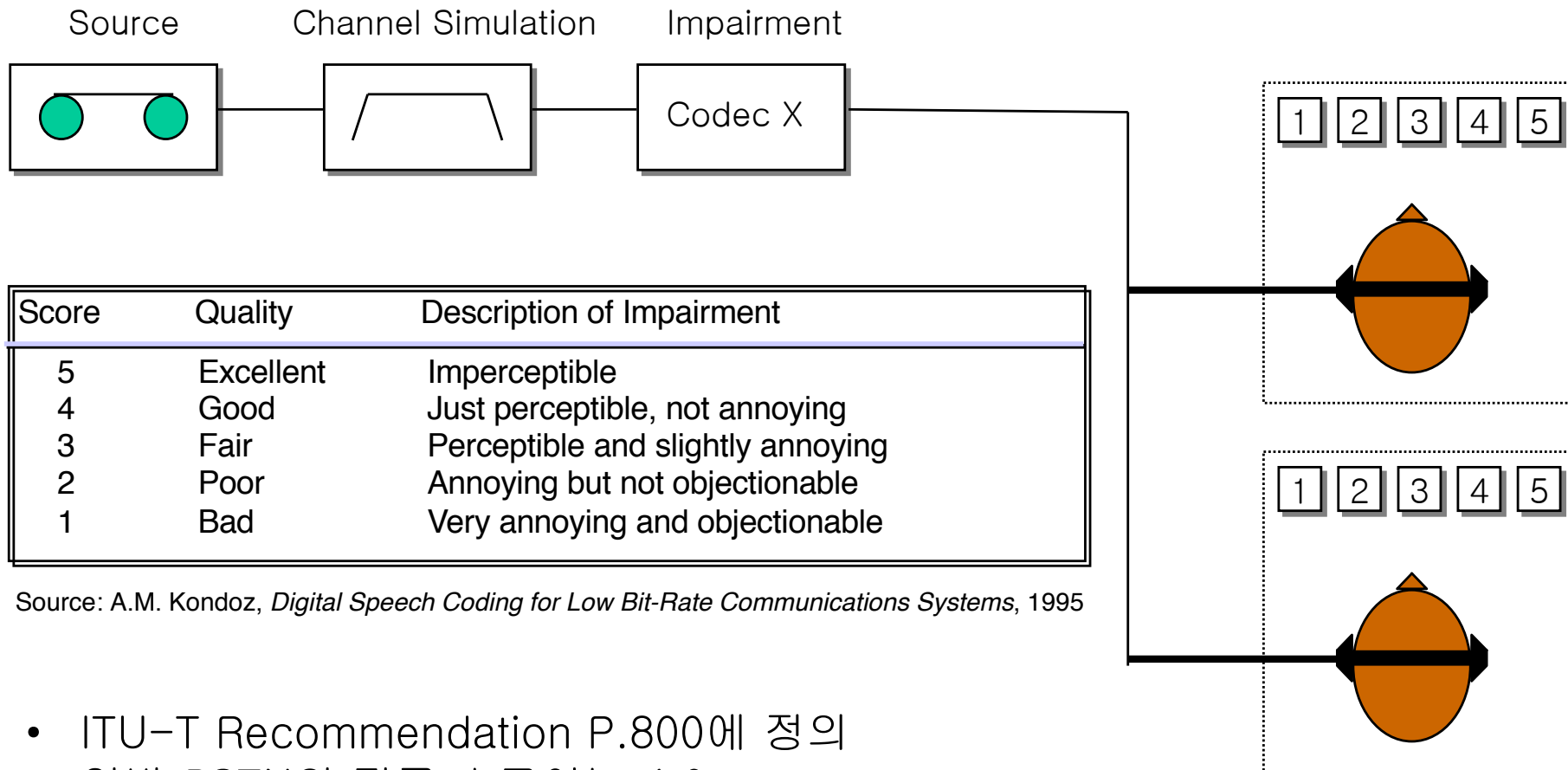
- 코덱은 VoIP 미디어 스트림을 변환
 - Analog to Digital , Digital to Digital, Digital to Analog

Codec	Bandwidth	Sample (Bytes)	Packets	Codec	Bandwidth	Sample (Bytes)	Packets
G.711	64 kb/s	240	33	G.728	16 kb/s	80	13
G.711	64 kb/s	160	50	G.728	16 kb/s	40	25
G.726r32	32 kb/s	120	33	G.729	8 kb/s	40	25
G.726r32	32 kb/s	80	50	G.729	8 kb/s	20	50
G.726r24	24 kb/s	80	25	G.723r63	6.3 kb/s	48	16
G.726r24	24 kb/s	60	33	G.723r63	6.3 kb/s	24	33
G.726r16	16 kb/s	80	25	G.723r53	5.3 kb/s	40	17
G.726r16	16 kb/s	40	50	G.723r53	5.3 kb/s	20	33

Codec – 요구 대역폭

Codec	Bandwidth	Sample (Bytes)	이더넷	Codec	Bandwidth	Sample (Bytes)	이더넷
G.711	64 kb/s	240	79,467	G.728	16 kb/s	80	27,600
G.711	64 kb/s	160	87,200	G.728	16 kb/s	40	39,200
G.726r32	32 kb/s	120	47,467	G.729	8 kb/s	40	19,600
G.726r32	32 kb/s	80	55,200	G.729	8 kb/s	20	31,200
G.726r24	24 kb/s	80	41,400	G.723r63	6.3 kb/s	48	13,913
G.726r24	24 kb/s	60	47,200	G.723r63	6.3 kb/s	24	21,525
G.726r16	16 kb/s	80	27,600	G.723r53	5.3 kb/s	40	12,985
G.726r16	16 kb/s	40	39,200	G.723r53	5.3 kb/s	20	20,670

MoS (Mean opinion Score)



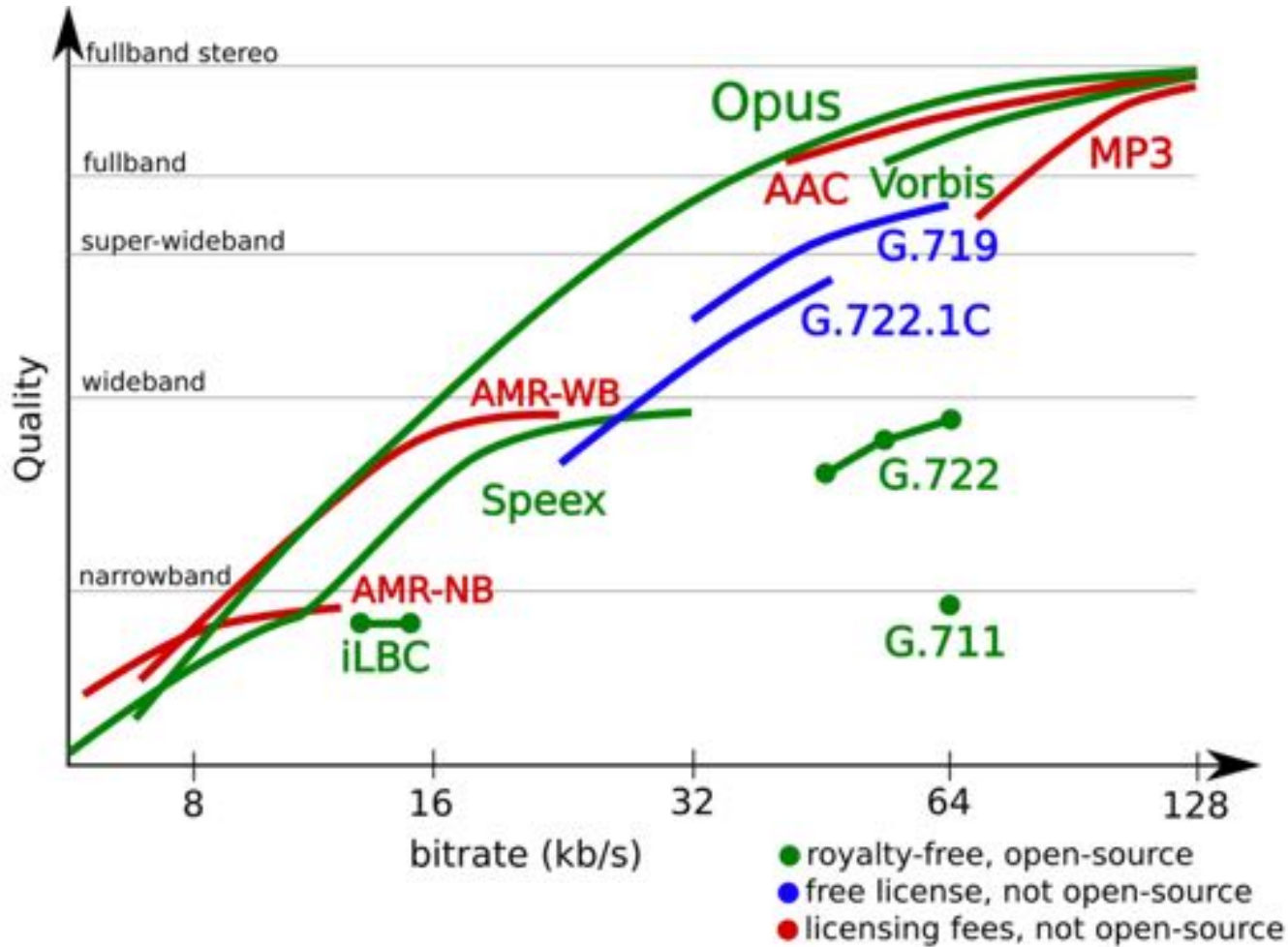
Source: A.M. Kondoz, *Digital Speech Coding for Low Bit-Rate Communications Systems*, 1995

- ITU-T Recommendation P.800에 정의
- 일반 PSTN의 평균 스코어는 4.0

Voice Quality

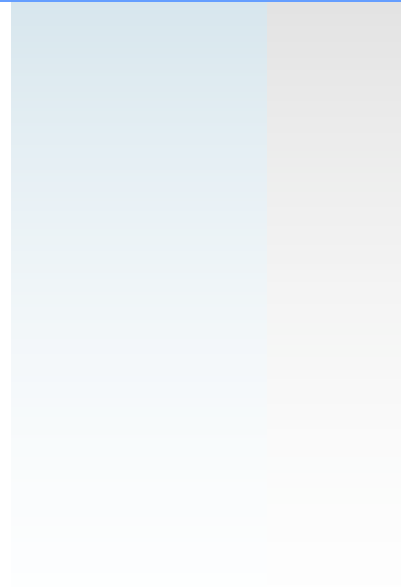
Codec		Bit Rate	압축 지연	Framing Size	MOS	비고
G.711	PCM	64 kbps	0.75 ms	0.125	4.10	
G.726	ADPCM	32 kbps	1 ms	0.125	3.85	
G.728	LD CELP	16 kbps	3-5 ms	10	3.61	
G.729	CS-ACELP	8 kbps	10 ms	10	3.92	
G.729a	CS-ACELP	8 kbps	10 ms	10	3.90	
G.723.1	MPMLQ	6.3 kbps	30 ms	30	3.90	
G.723.1	ACELP	5.3 kbps	30 ms	30	3.80	

Opus Codec

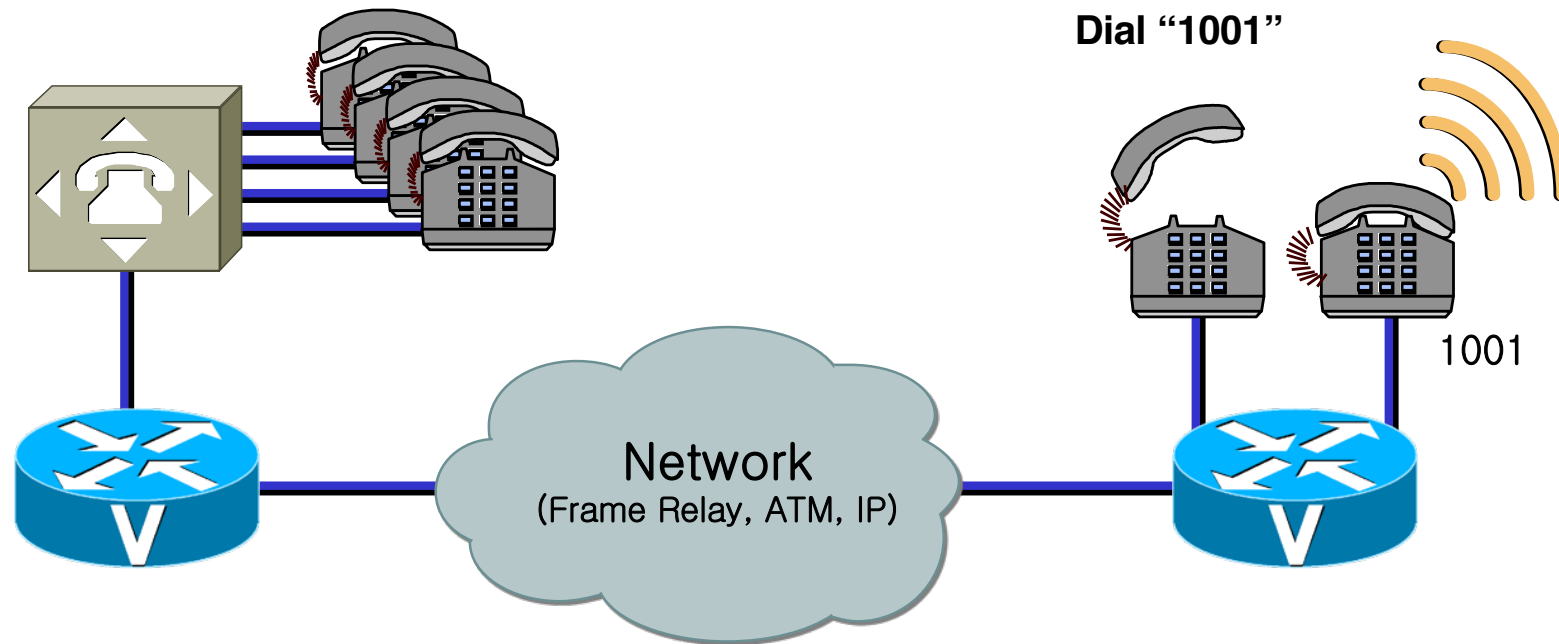


- 2012년 RFC 6716
- 오픈소스
- HD Voice
- 로열티 없음
- 뛰어난 품질

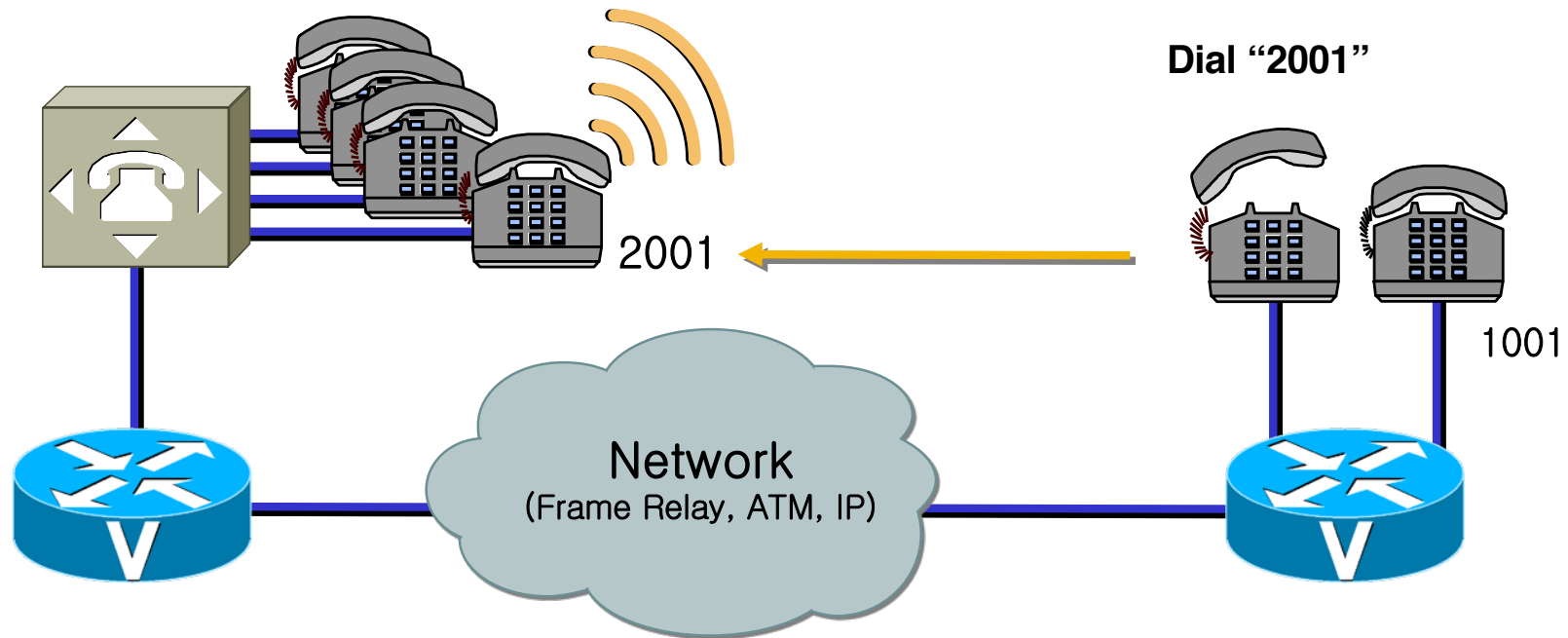
Voice Call Type



Local Calls (Intraoffice Calls)

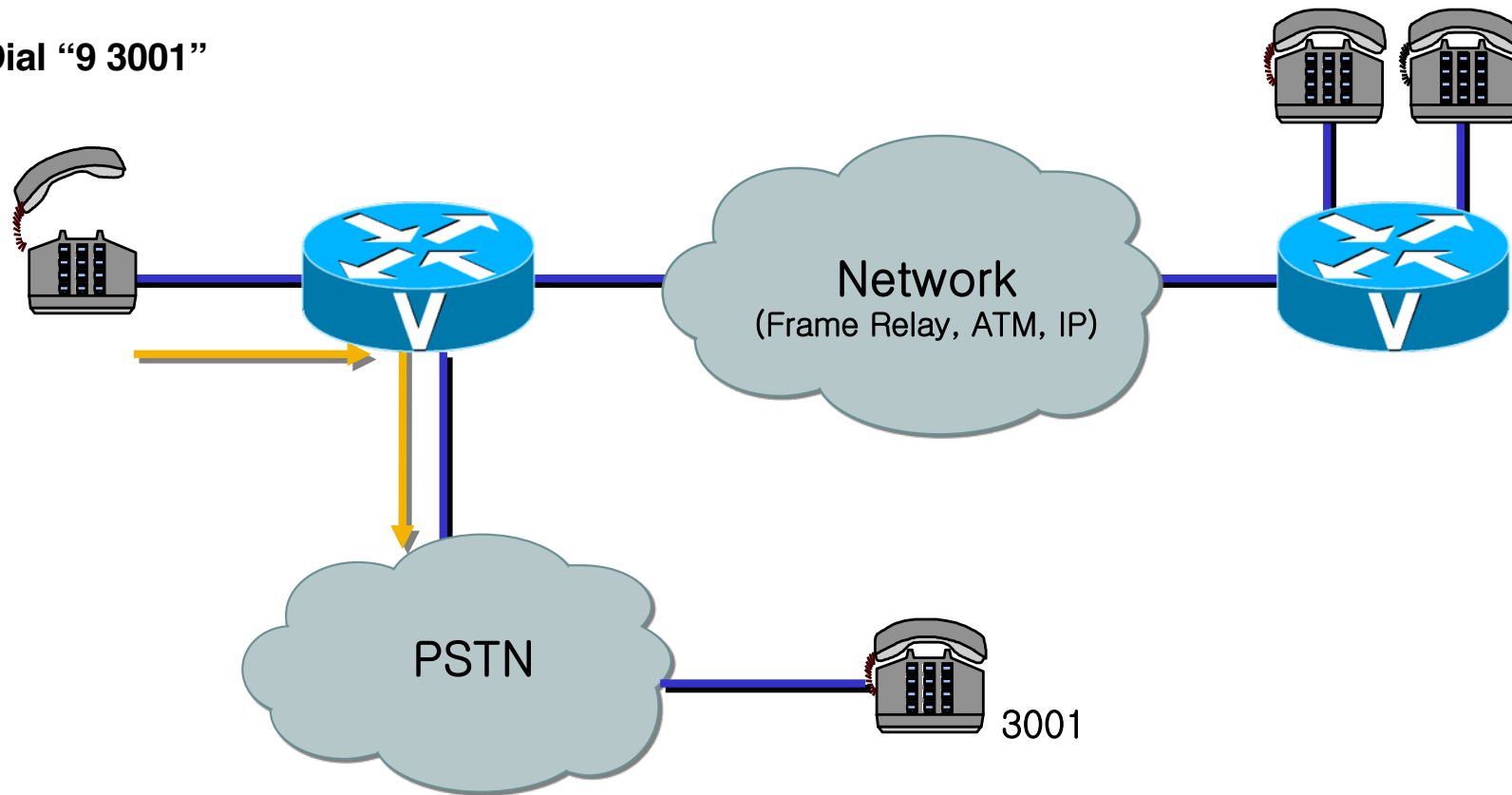


On-Net Call (Interoffice Calls)

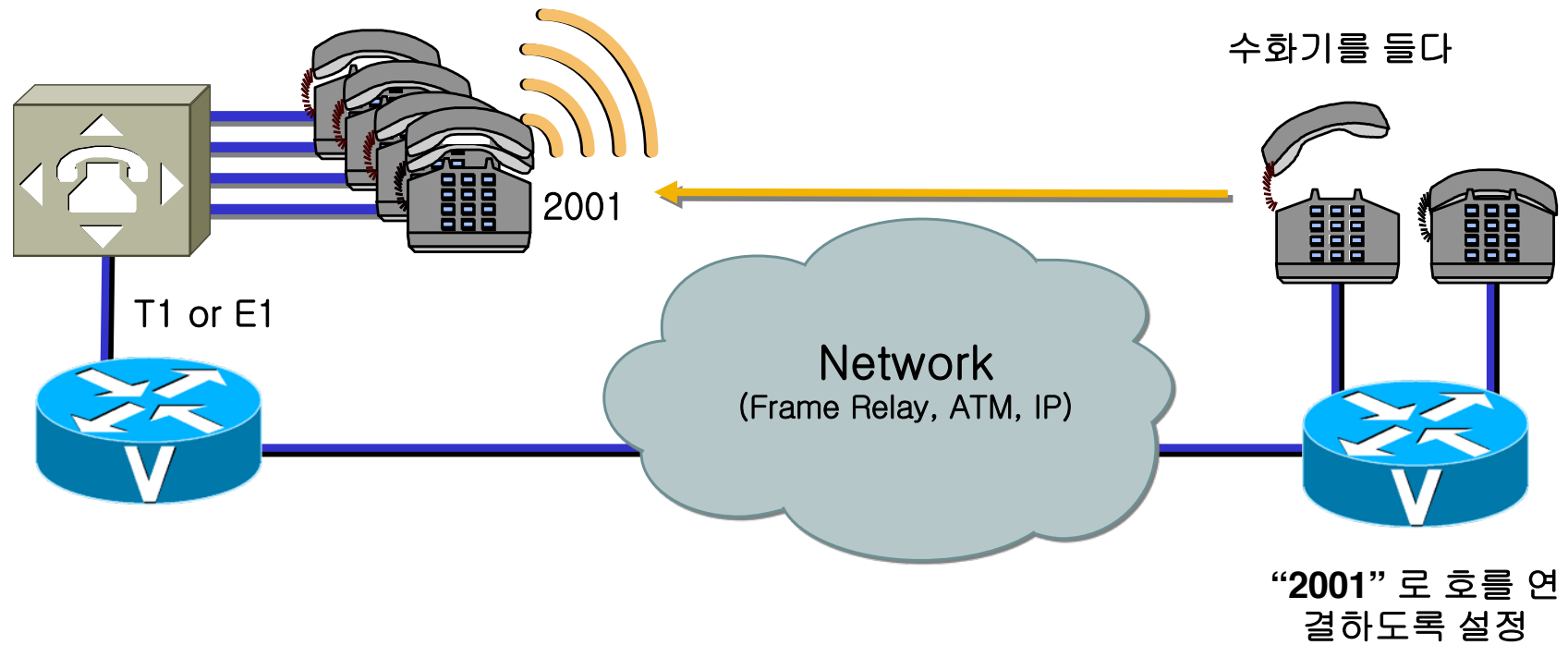


Off-Net Call

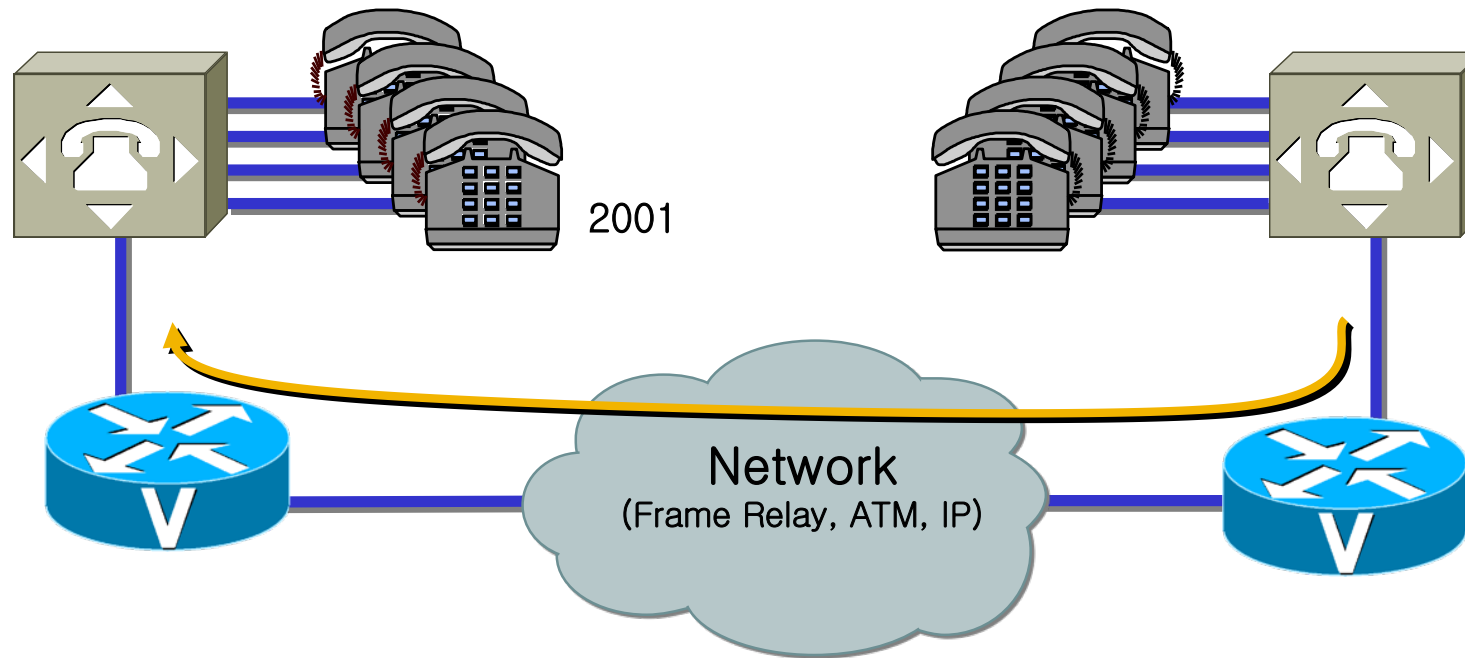
Dial "9 3001"



Private Line Automatic Ringdown (PLAR)



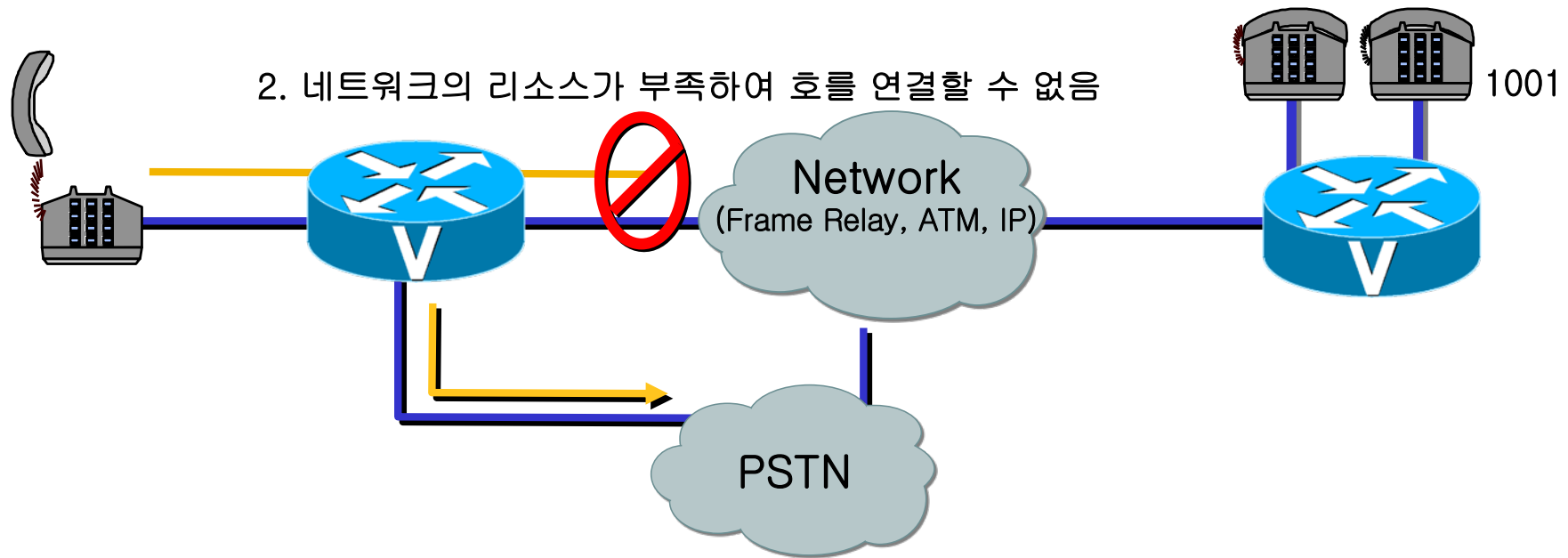
Tie-Line Type Connection (PBX to PBX)



PBX가 채널을 점유할 때,
다이얼링 전에 프리픽스를 자동으로
입력

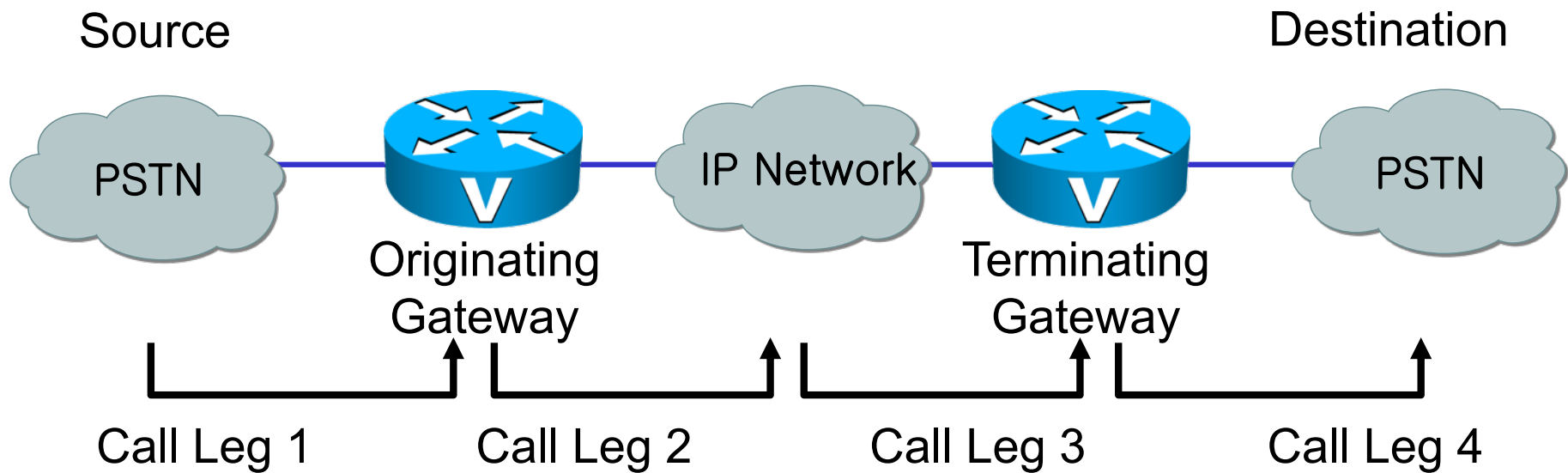
On-Net to Off-Net Call Rerouting

1. "1001"을 다이얼링



3. 게이트웨이는 자동으로 PSTN으로 호를 절체

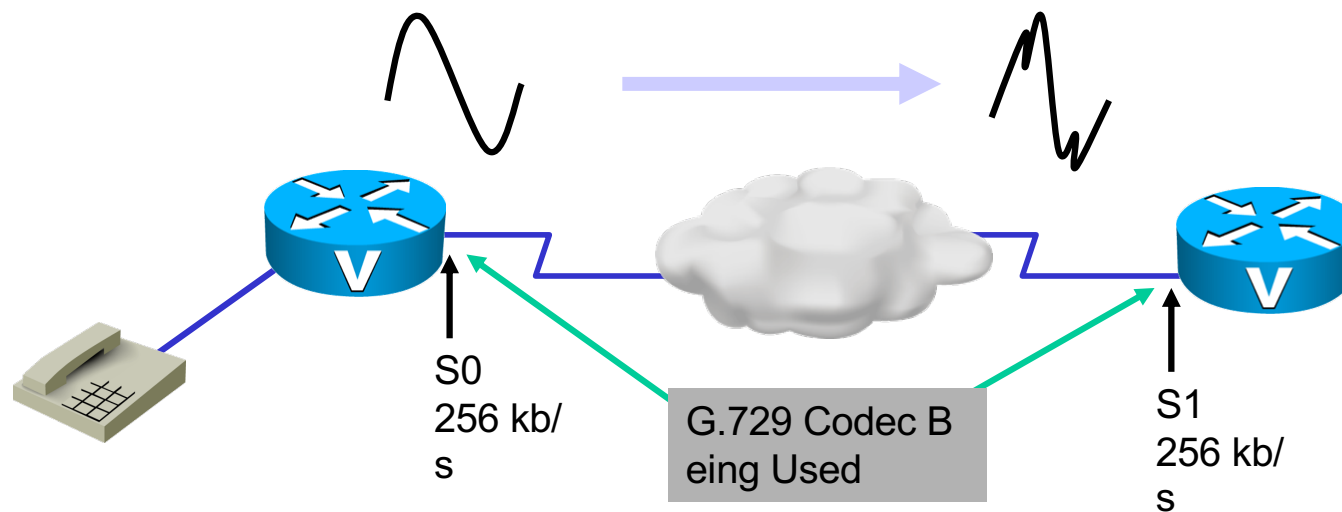
End-to-End Calls



FAX & DTMF

DTMF 전달

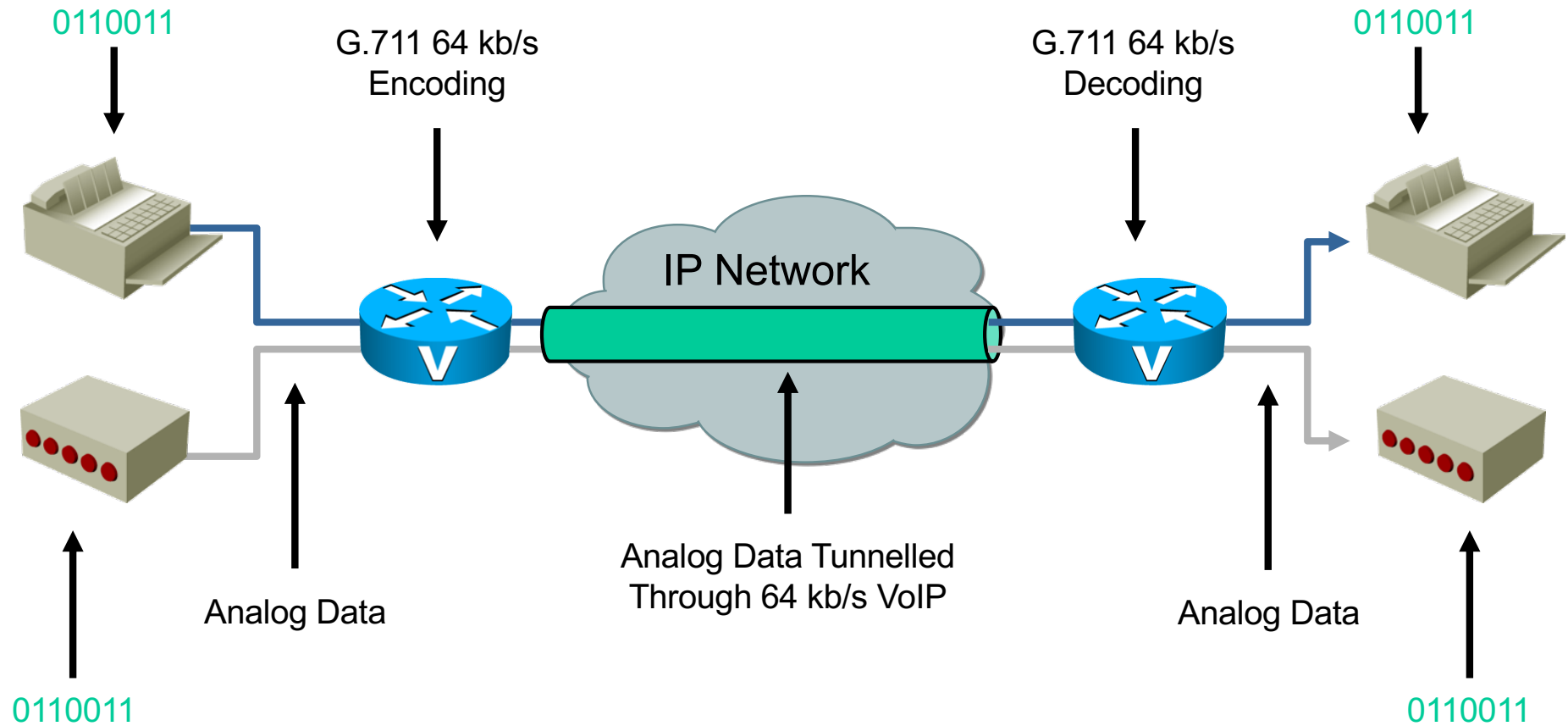
- Out-of-band
 - 시그널링 경로로 DTMF를 전달 (H.323의 H.245, SIP INFO)
 - 게이트웨이에서 주파수를 Digit으로 변환하여 전달
- In-band
 - 음성을 전달하는 미디어 경로로 DTMF를 전달
 - Bypass 방식 : Digit을 RTP가 사용하는 압축 코덱을 그대로 사용
 - RFC 2833 : RTP 패킷에 DTMF의 Digit과 크기 및 누르는 시간을 명시하여 전달



Fax over IP

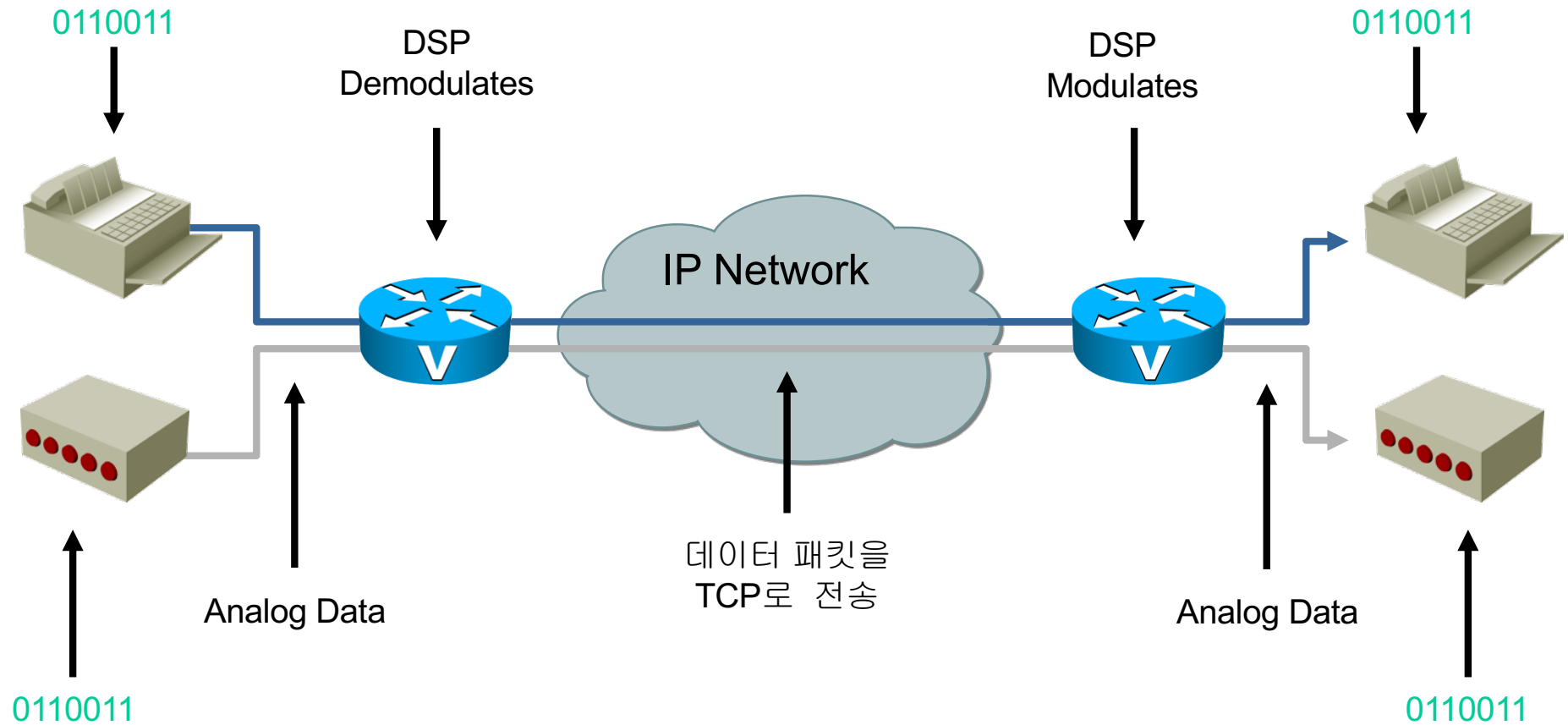
- VoIP 알고리즘은 음성 전달에 최적화되어 있어 팩스와 같은 데이터 트래픽에 적합하지 않음
- IP 상으로 팩스를 전달하는 방법
 - Fax relay : 게이트웨이에서 팩스를 인지하고 수신 및 전달
 - Fax pass-through : RTP 스트림에 데이터를 전달
 - Store and Forward : 팩스를 파일로 전환

Fax Pass-Through

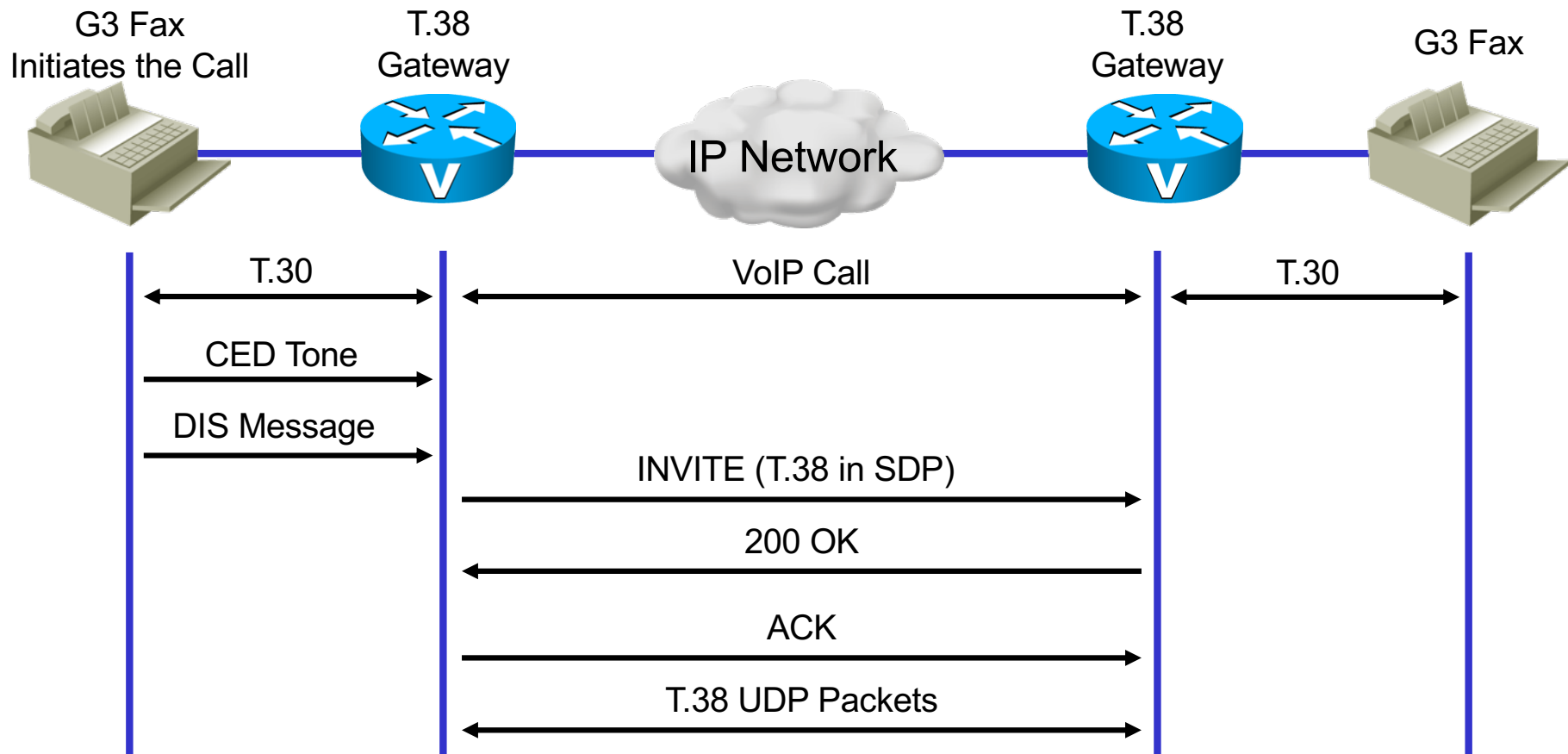


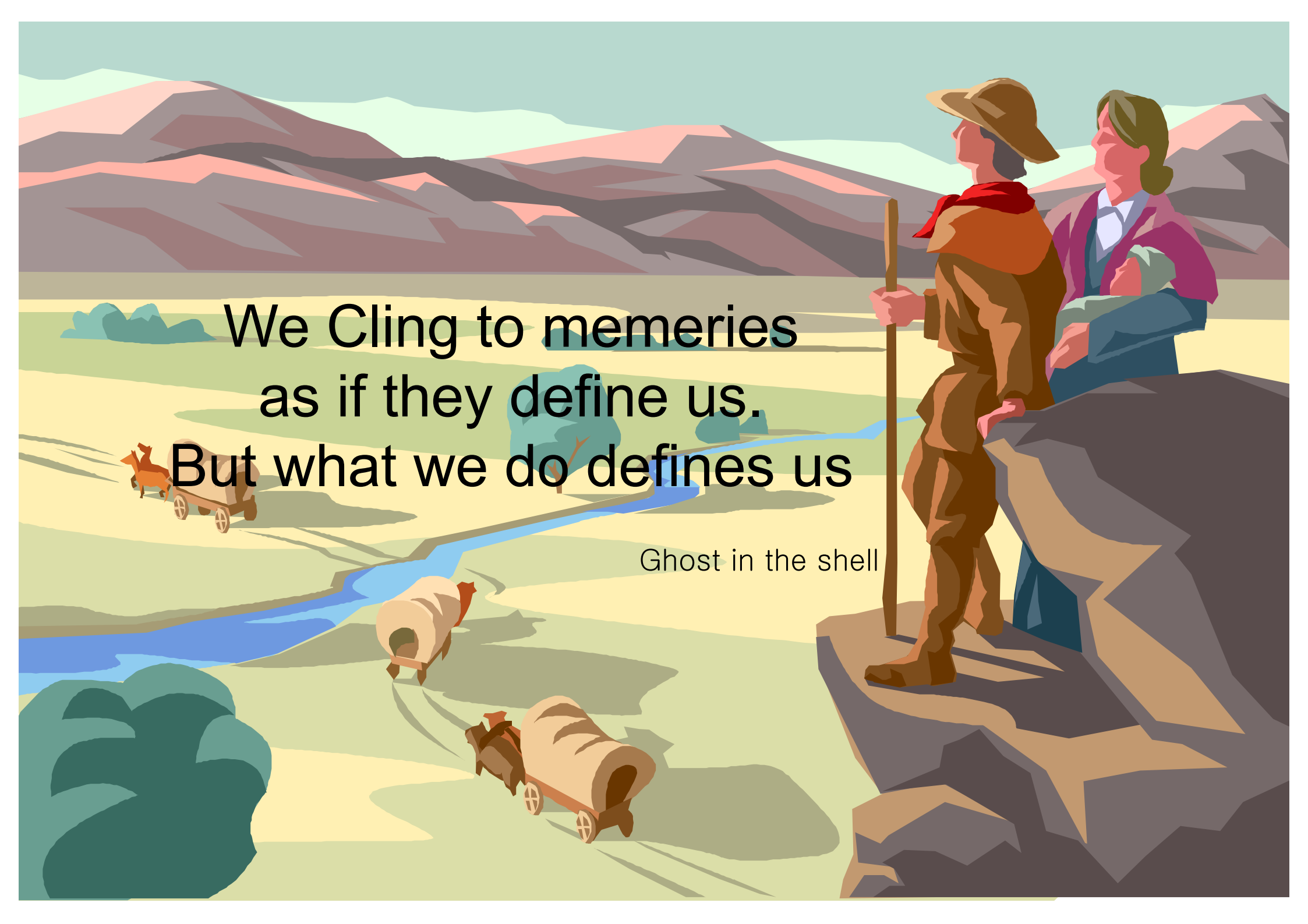
- G.711 코덱 사용
- VAD / Echo Cancellation 비활성화

T.38 Fax Relay



SIP T.38 Relay





We Cling to memories
as if they define us.
But what we do defines us

Ghost in the shell