

Tema 2: Transporte de Voz

Contenido

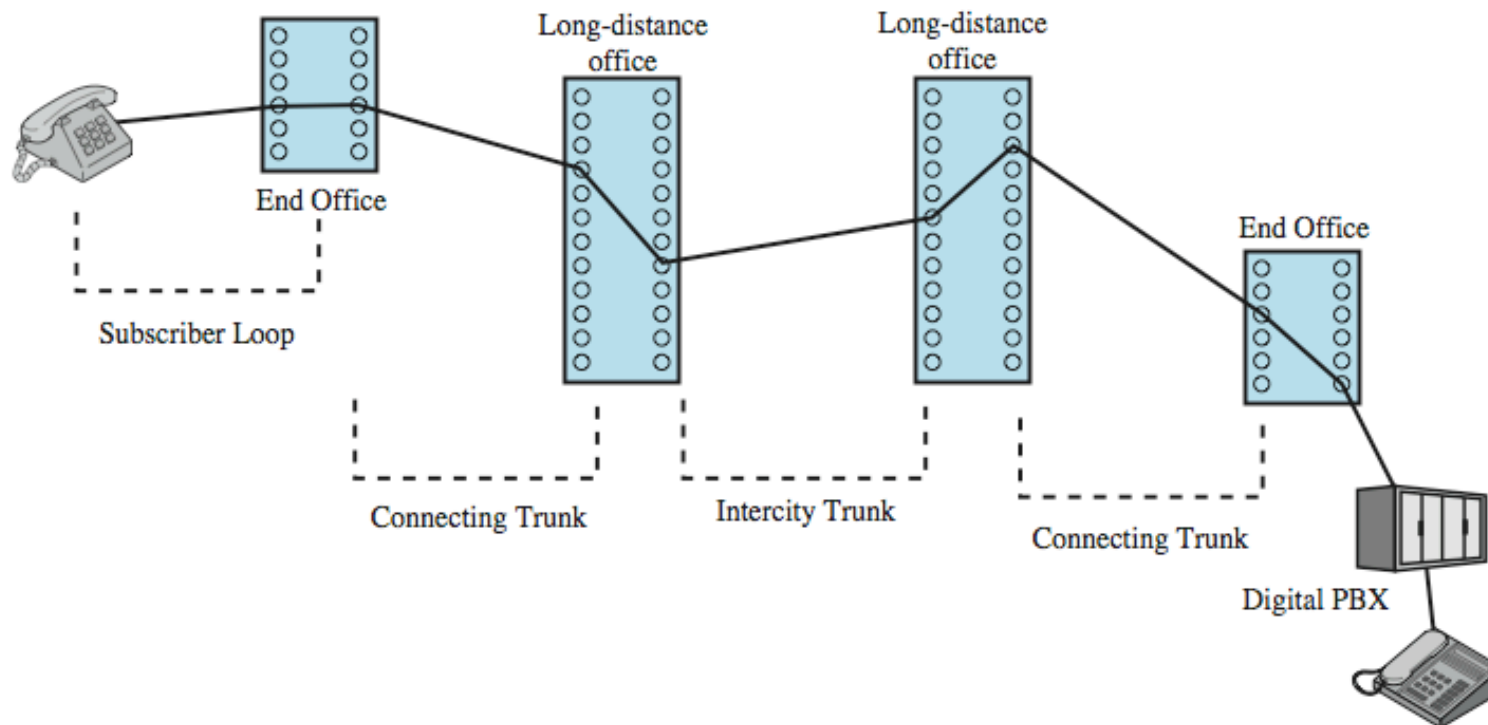
- Repaso: PSTN TDM
- Introducción
- VoFR y VoATM
- VoIP
 - Arquitecturas H.323, SIP, MGCP...
 - QoS y gestión
- Otras tecnologías para voz en MAN/WAN
- Equipos

PSTN TDM

101

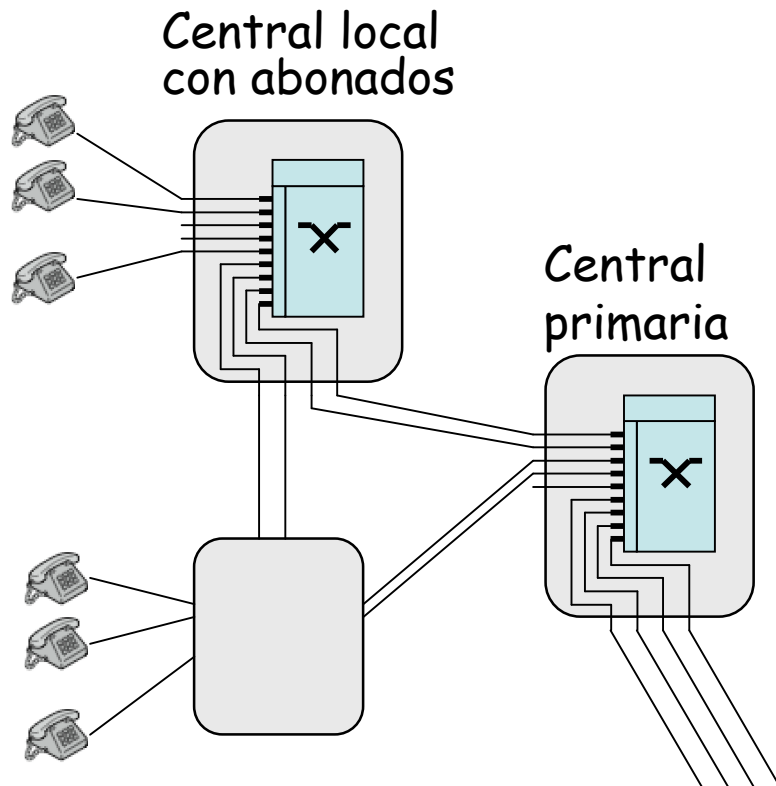
Red pública telefónica conmutada

- Abonados (subscribers): teléfonos o modems
- Líneas de usuario (subscriber line, local loop): par trenzado
- Centrales de conmutación (exchanges)
 - Central local (End-office): tiene abonados de una zona localizada
- Enlaces (trunks)

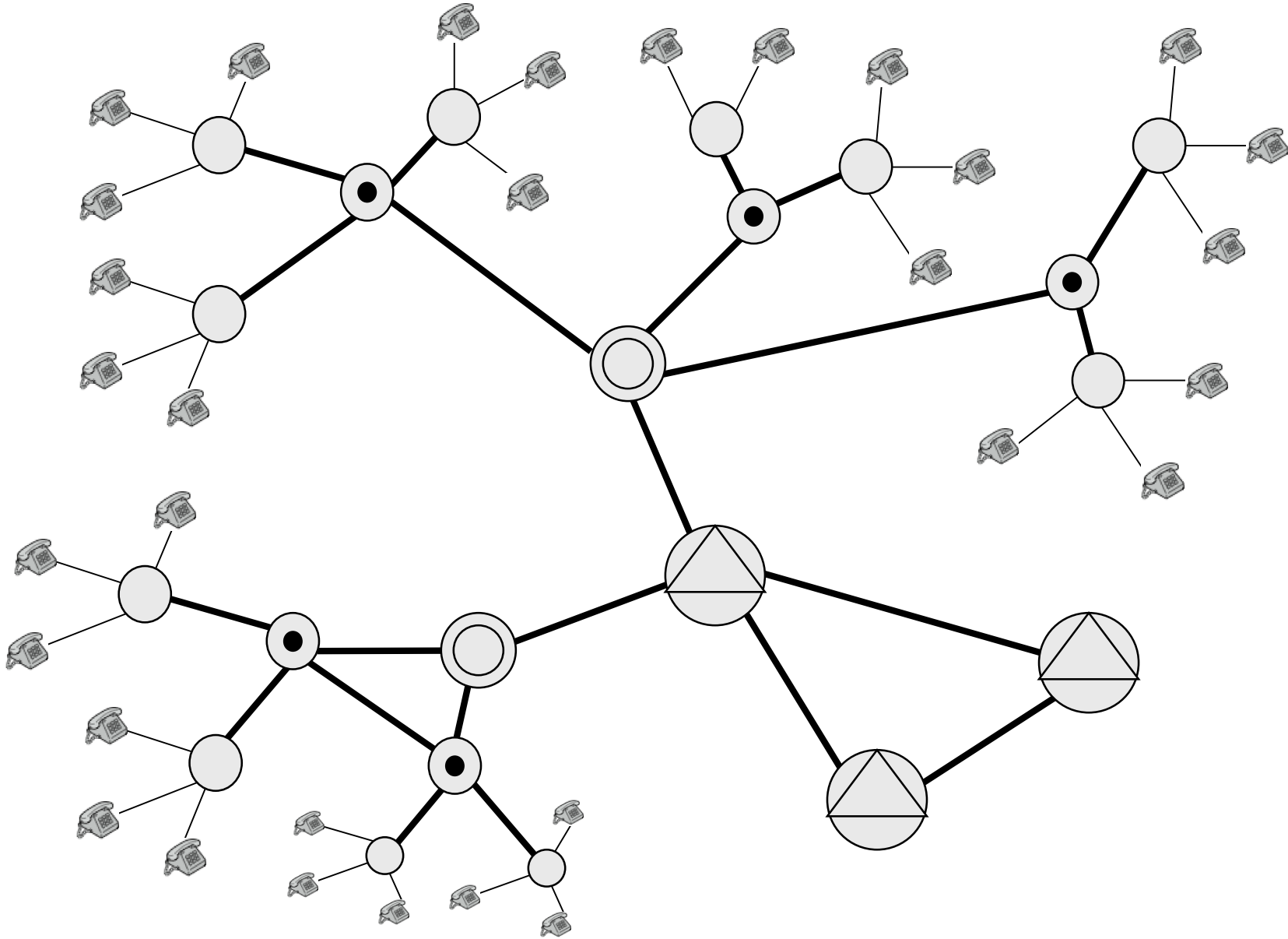


Arquitectura

- Centrales locales:
 - Conectan a usuarios de esa central entre si
 - Conectan a usuarios a una de las líneas troncales
- Centrales primarias, secundarias, terciarias:
 - Conectan líneas entre centrales
- Los enlaces entre centrales son conjuntos de líneas que se pueden conectar por separado



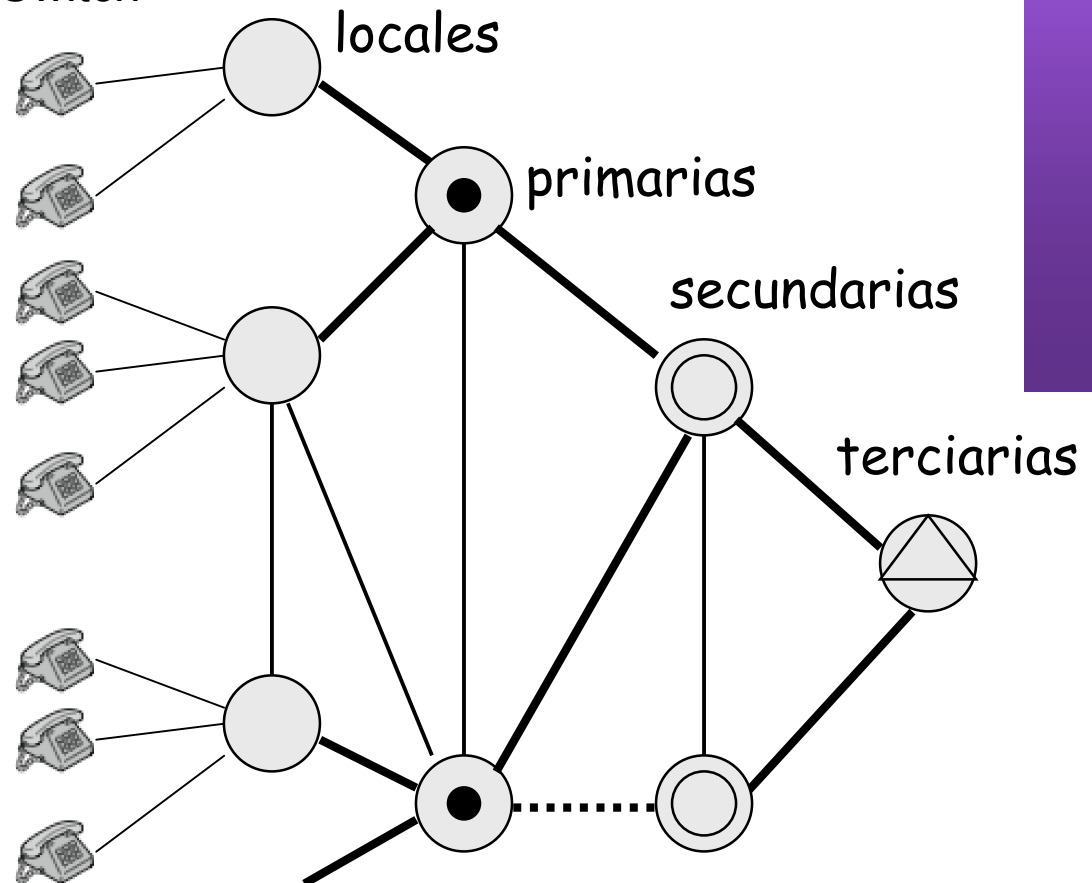
Arquitectura



Arquitectura

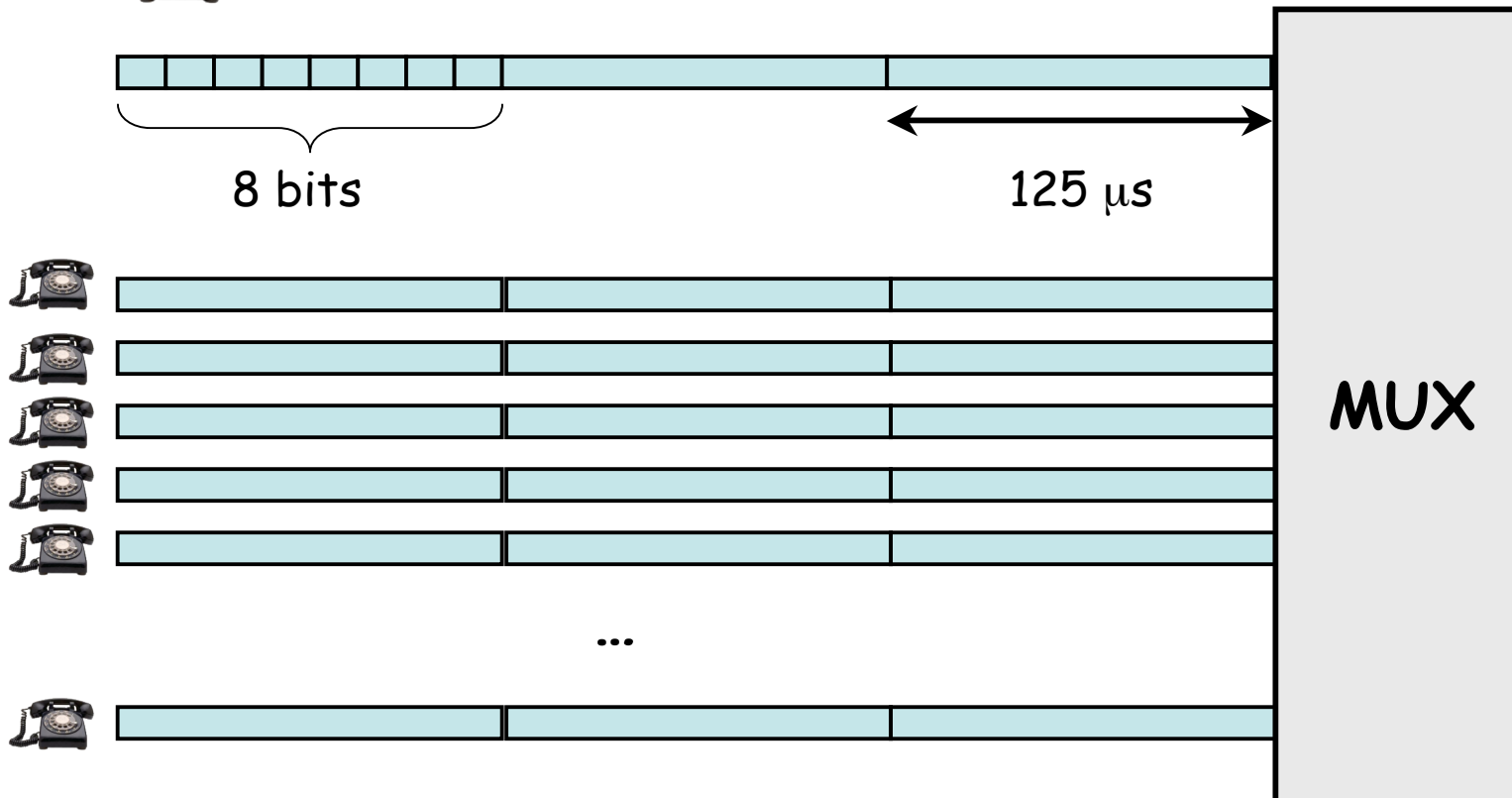
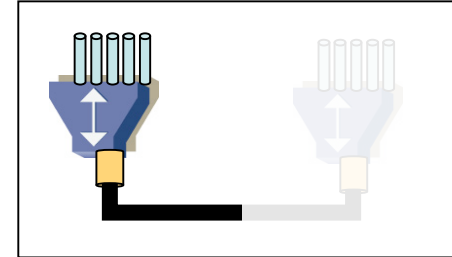
- Las centrales se organizan en red jerárquica por niveles (locales, primarias, secundarias, terciarias...)
- Bell System Hierarchy, Switch Class:
- Facilita el encaminamiento: siempre hay un superior jerárquico

- 1- Regional center
- 2- Sectional center
- 3- Primary center
- 4- Toll center
- 5- End office



Multiplexación TDM

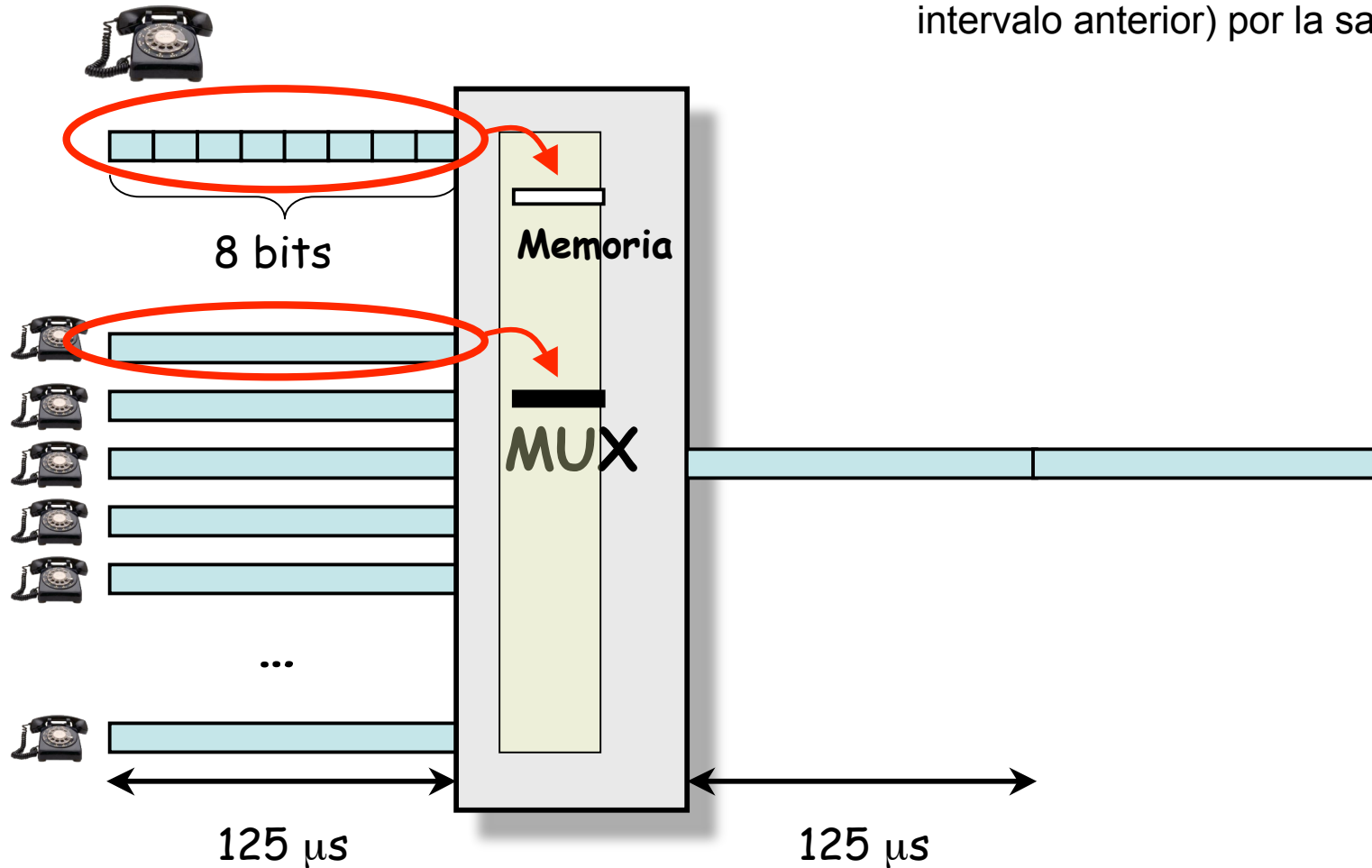
- Las líneas troncales multiplexan los canales de voz en un mismo canal espacial



Multiplexación TDM

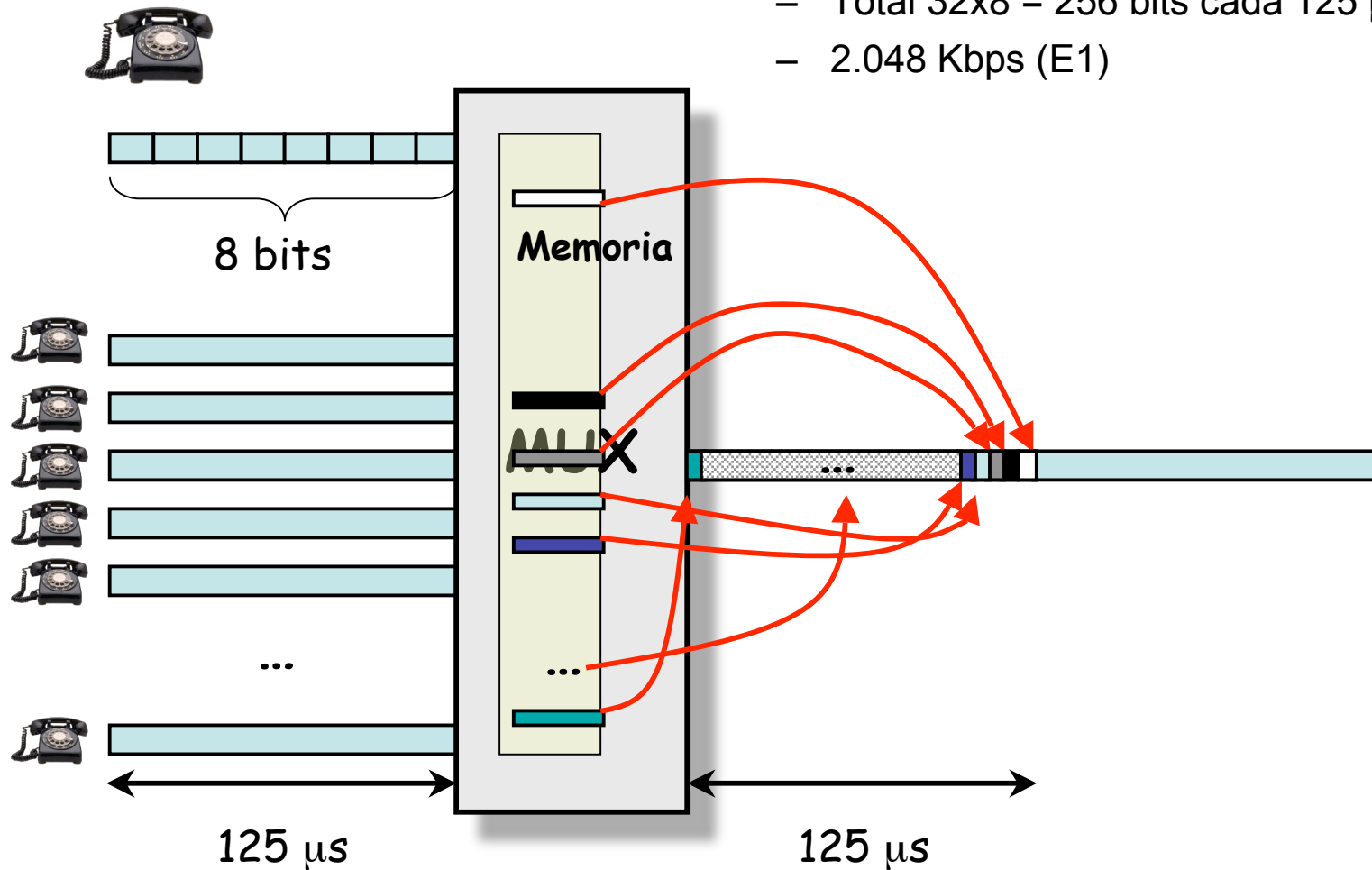
- Las líneas troncales multiplexan los canales de voz en un mismo canal espacial

- En cada ∂t el MUX
 - Recibe una muestra de voz de cada una de las líneas
 - Envía N muestras de voz (del intervalo anterior) por la salida



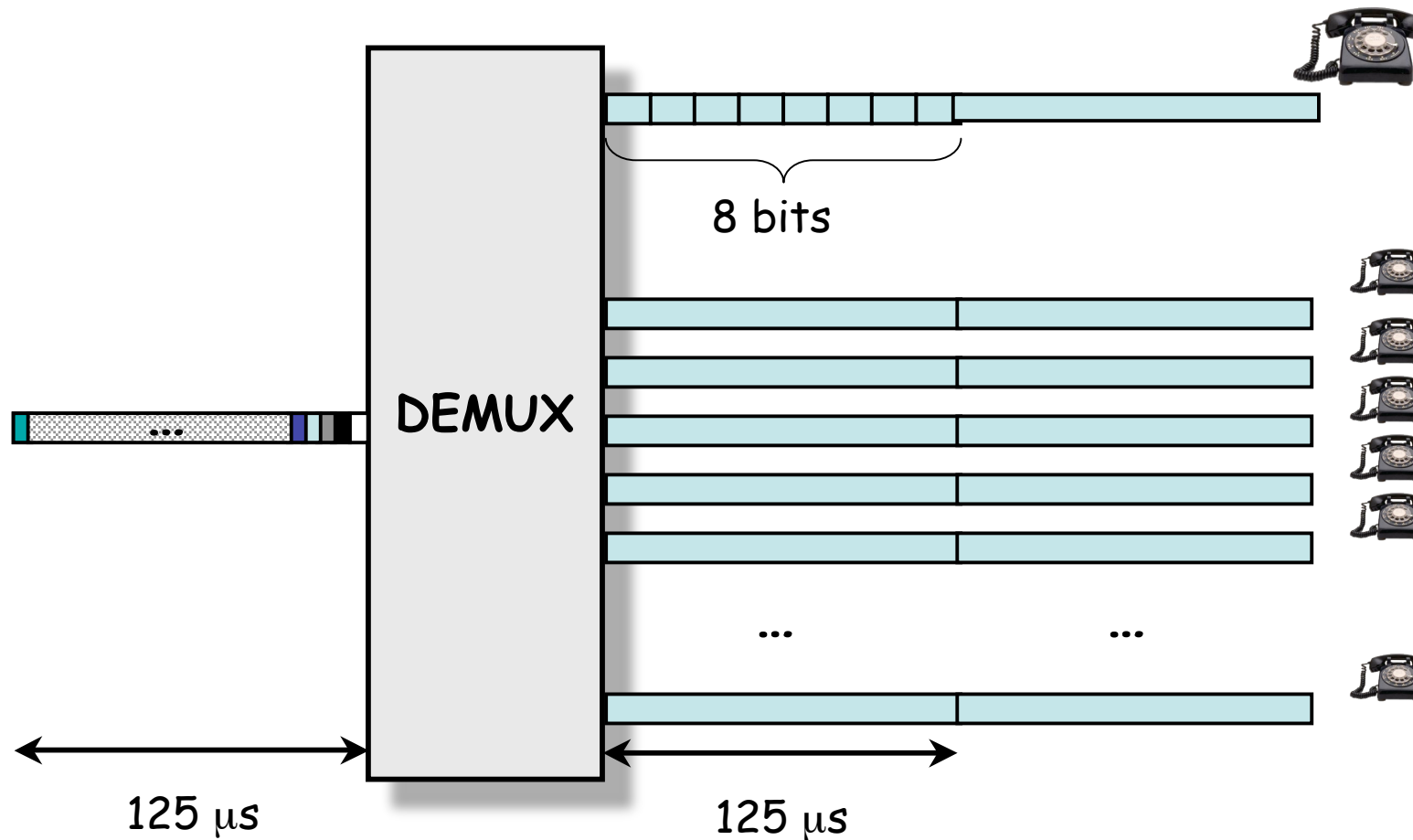
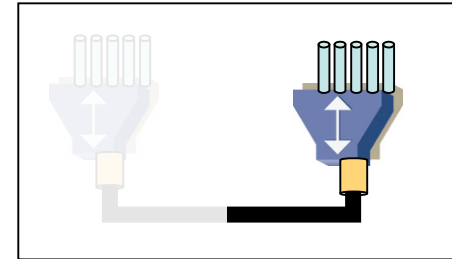
Multiplexación TDM

- Ejemplo
 - 32 canales de voz
 - Cada canal 8bits cada $125 \mu s$
 - Total $32 \times 8 = 256$ bits cada $125 \mu s$
 - 2.048 Kbps (E1)



Demultiplexación TDM

- Proceso inverso
- Una entrada
- N salidas de velocidad N veces menor

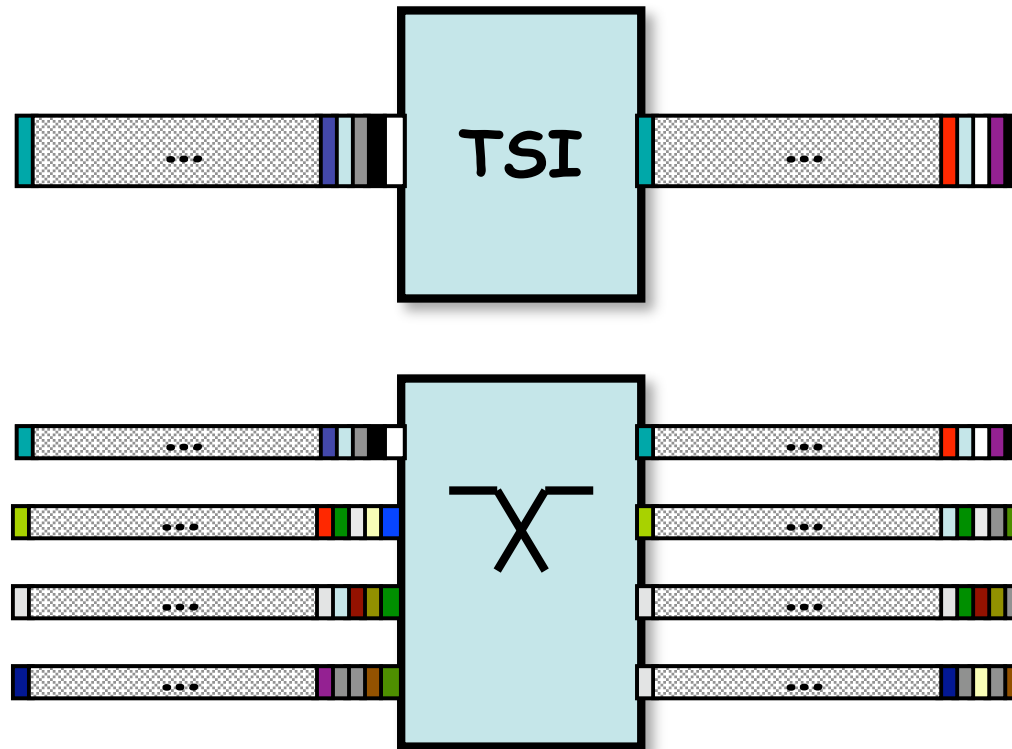


Conmutación temporal

(Time-division Switching)

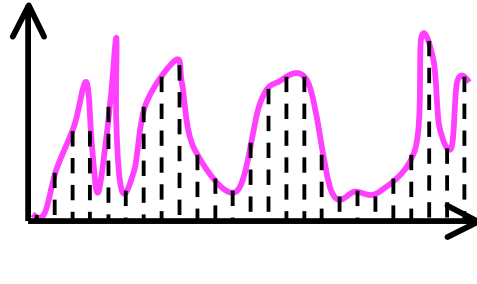
TSI = Time Slot Interchanger

- Una entrada y una salida
- Ambas llevan N canales de voz multiplexados
- Guarda las muestras de entrada en un buffer de N bytes (una por circuito)
- Las reescribe en diferente orden
- Combinado con MUX/DEMUX el resultado es conmutación

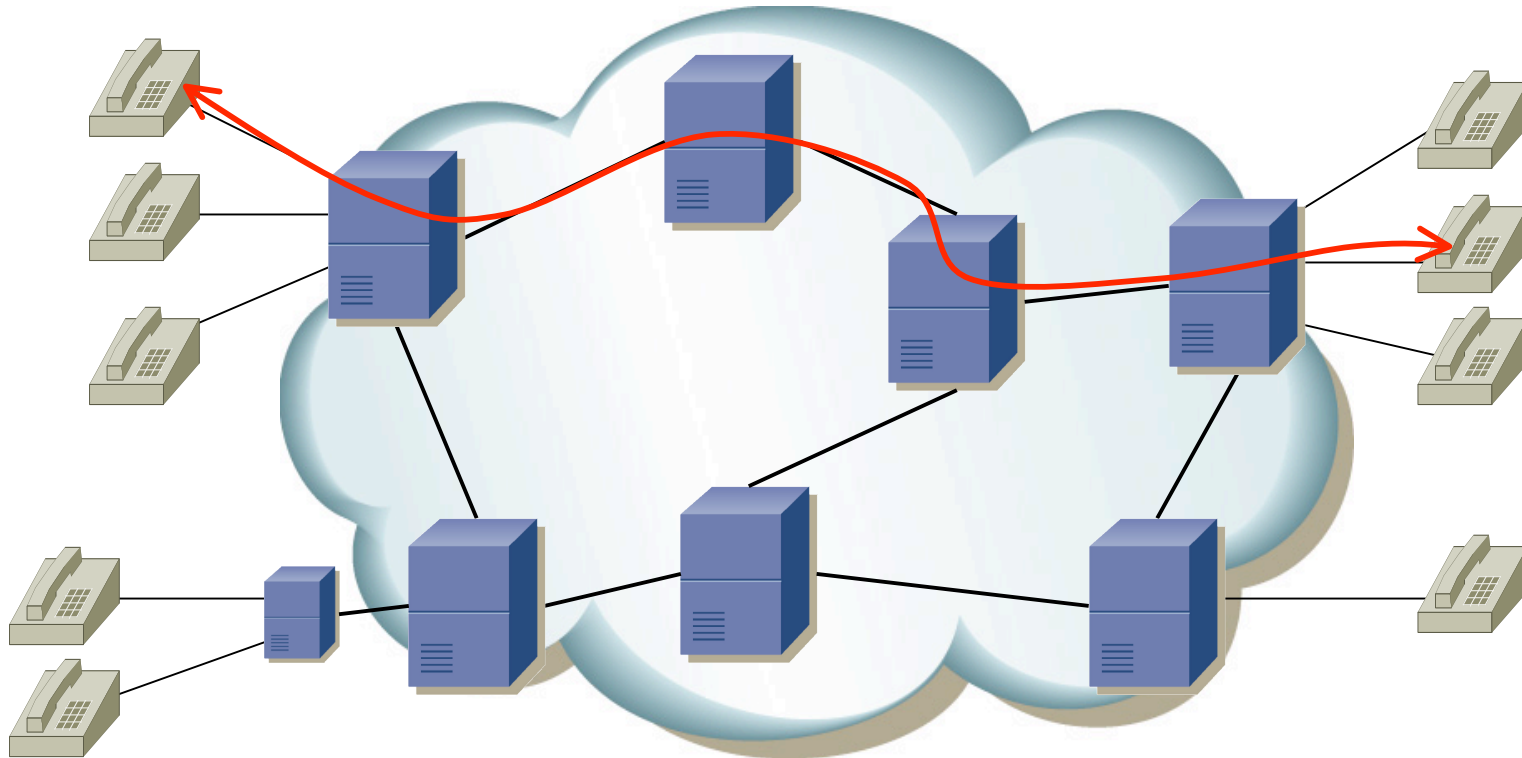


Servicio telefónico

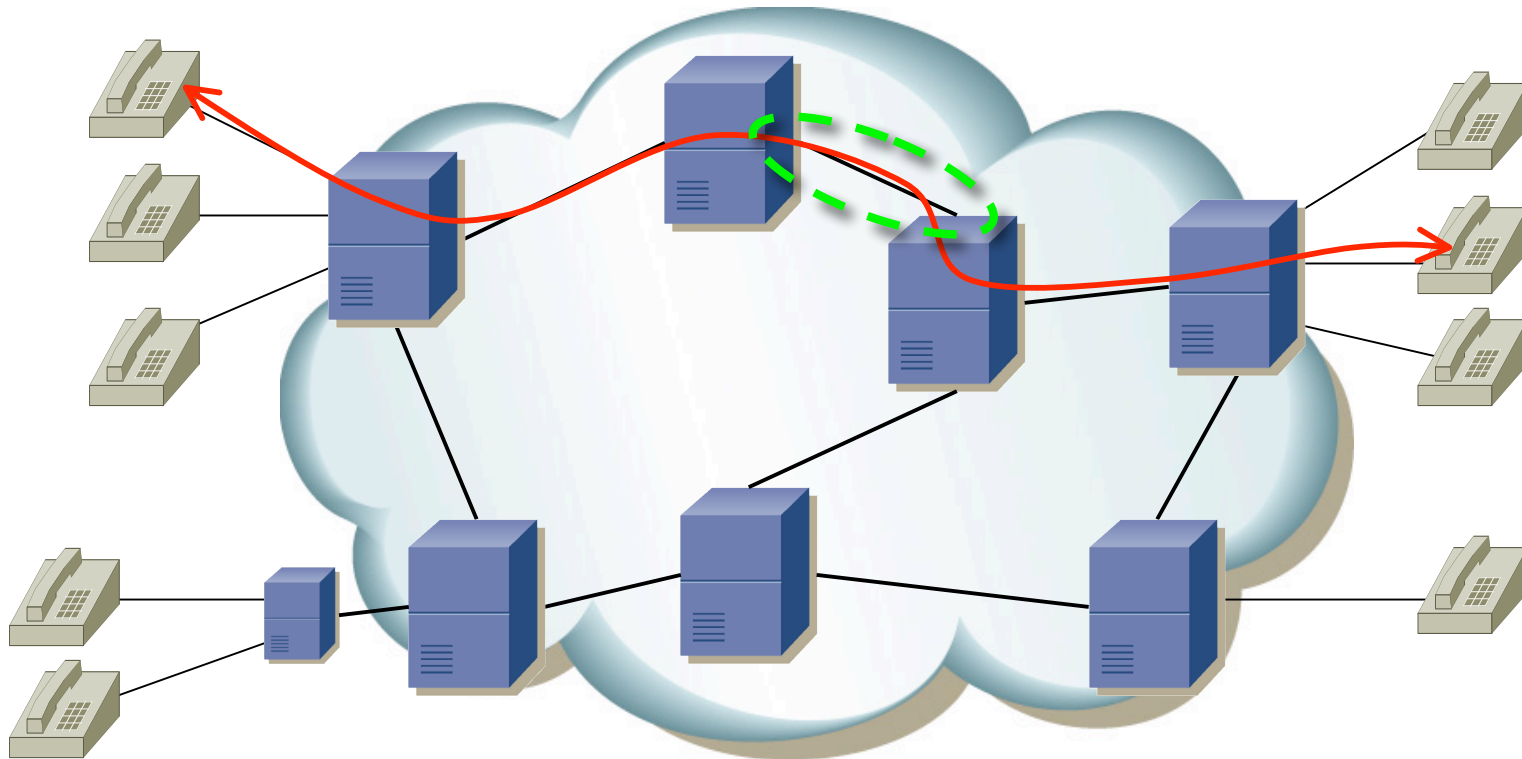
- Señal de voz → flujo binario
E0 (DS0) : 64Kbps



...100010001010101010110100110100100110

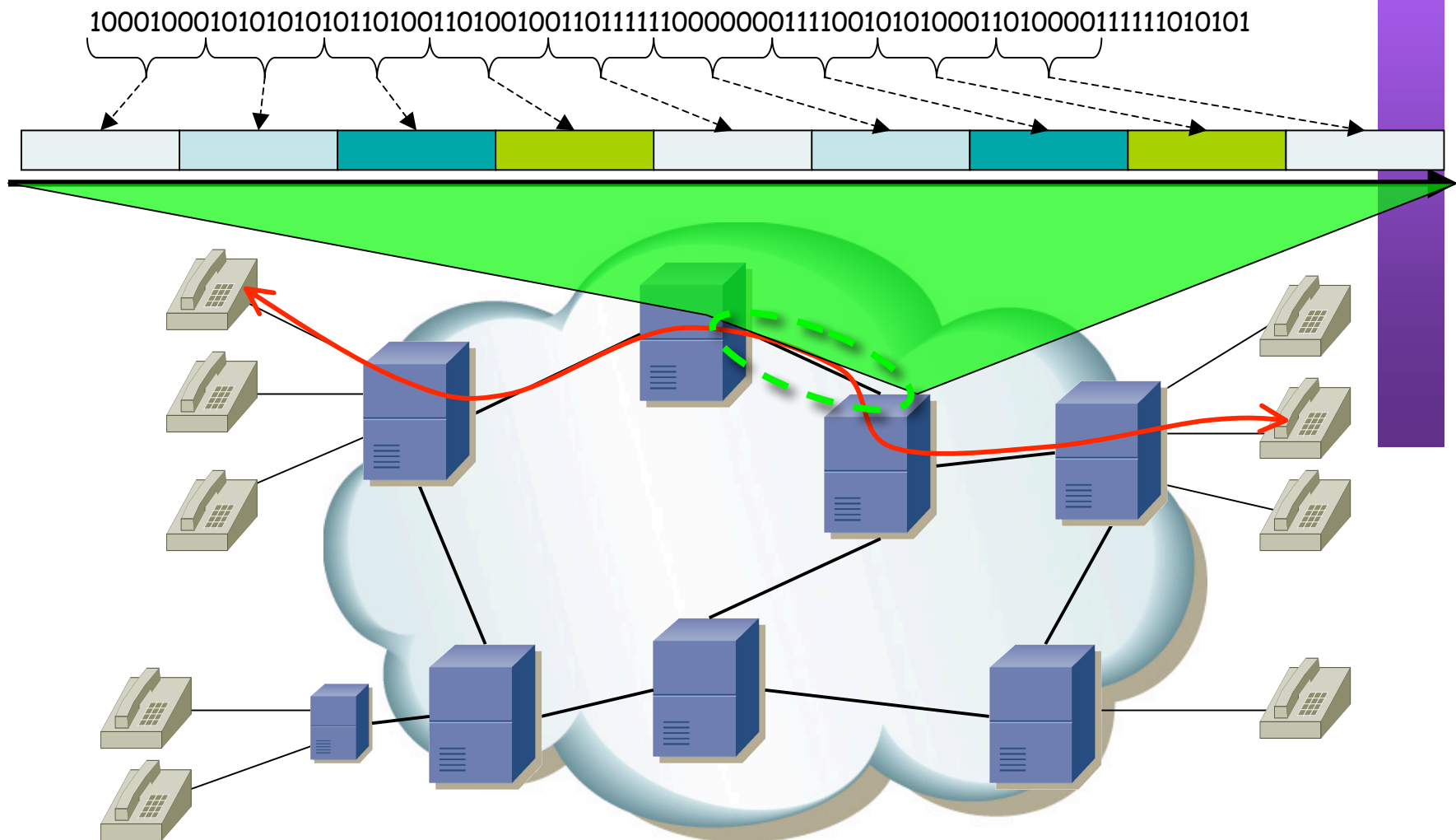


Servicio telefónico



Servicio telefónico

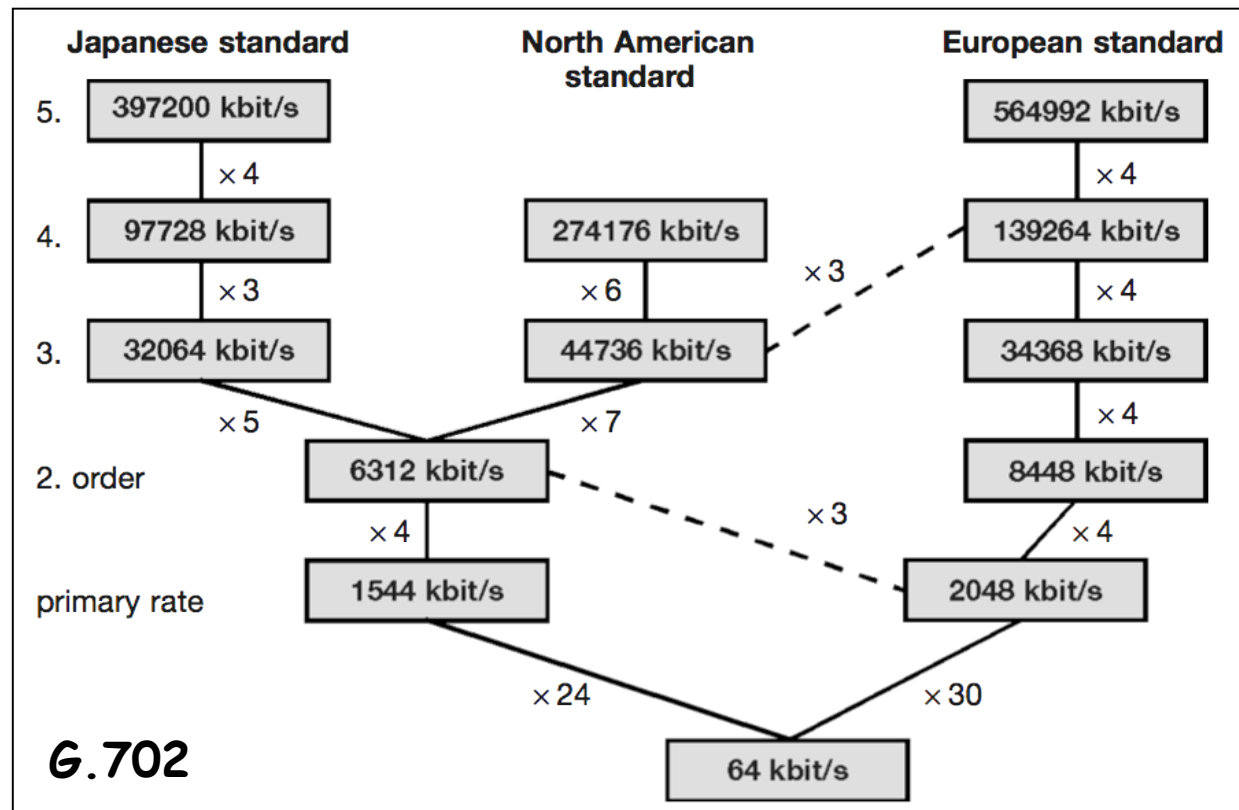
- *TDM = Time Division Multiplexing*



PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

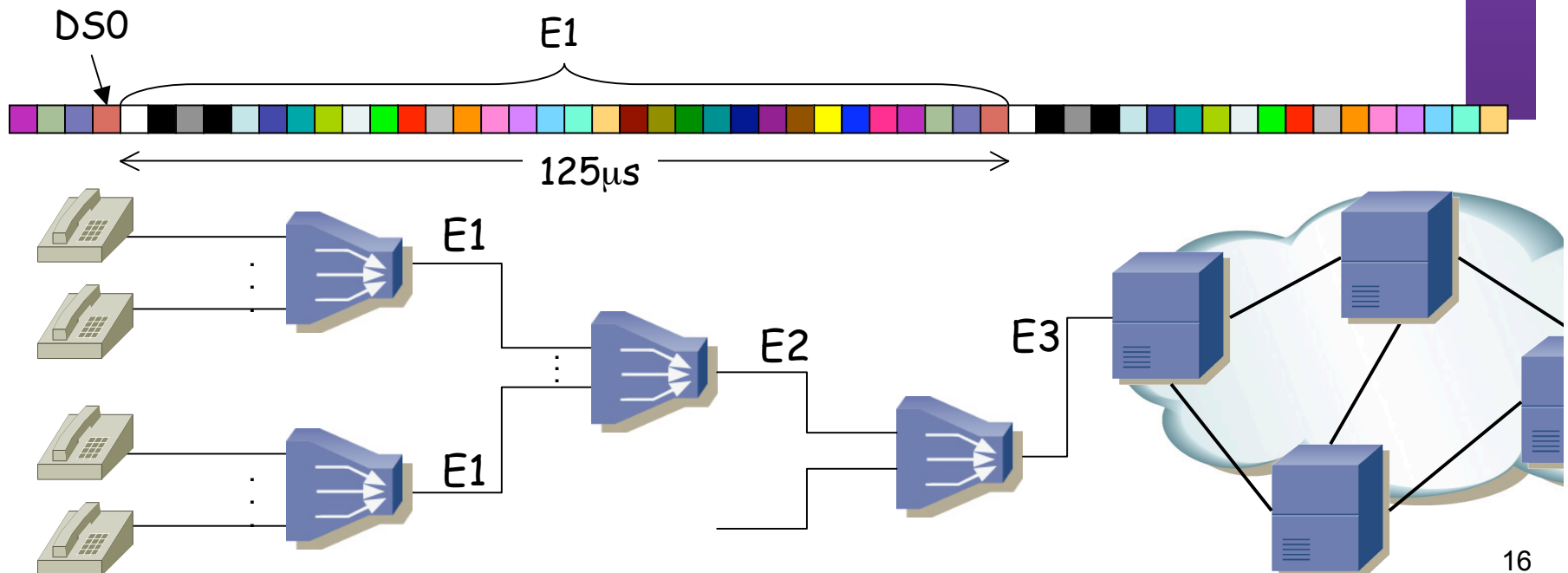
Multiplexación TDM

- E1 (2048Kbps) = 32xE0
- E2 = 4xE1, E3 = 4xE2, E4 = 4xE3
- T1 (DS1, 1.54Mbps) = 24xDS0
- T2 = 4xT1, T3 = 7xT2
- G.701-703



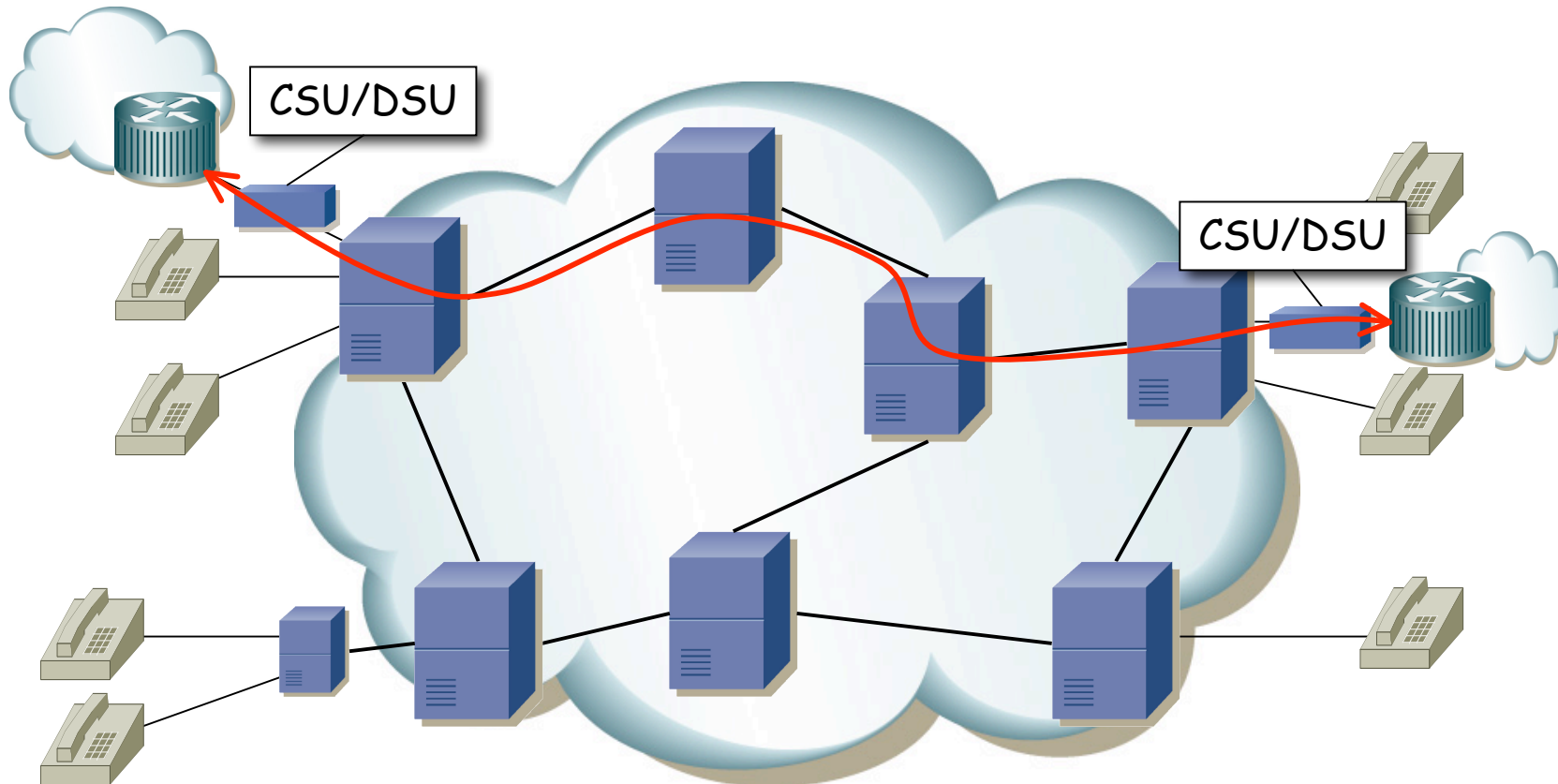
PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

- Señales plesiócronicas:
 - Las velocidades pueden sufrir desplazamientos de fase, *jitter* y *wander* pero con unos límites
 - Cada uno su propio reloj
 - Esto limita las velocidades
- En trama superior a E1 no se puede identificar un E0 concreto
- Demultiplexar para extraer canales menores en la jerarquía



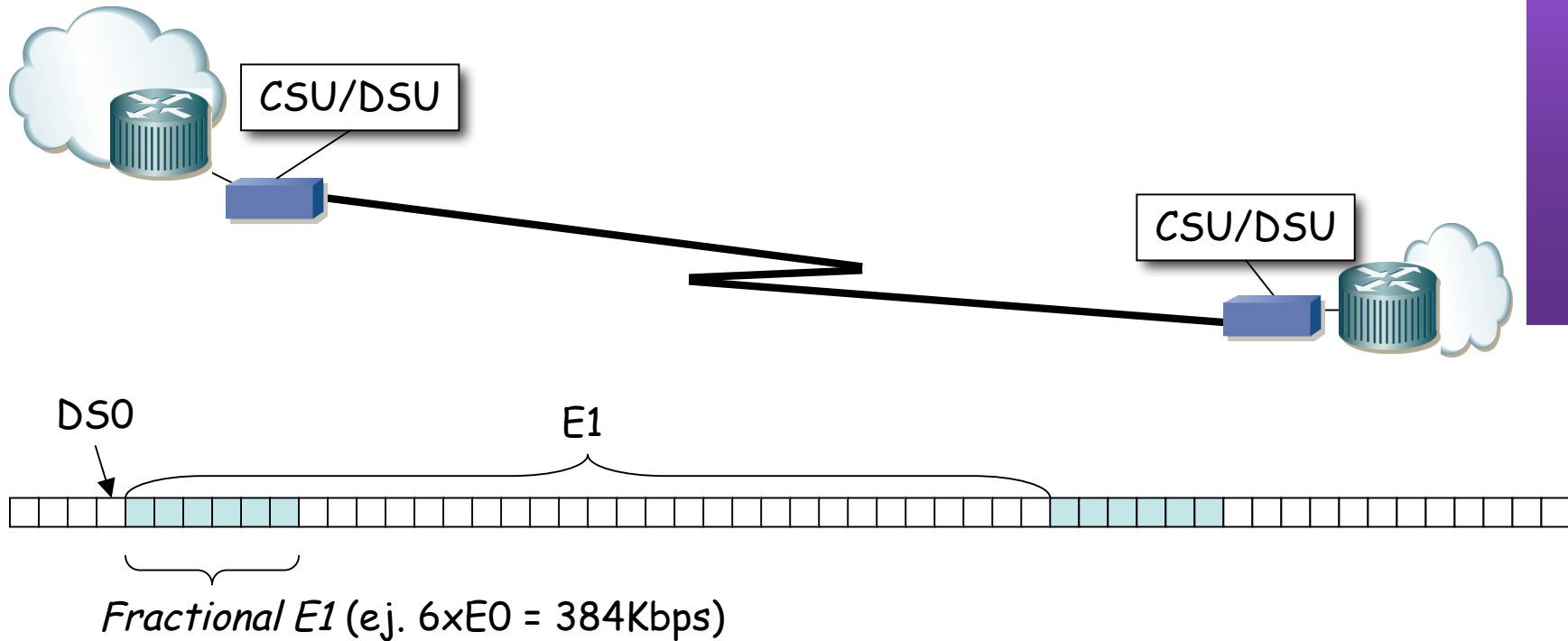
Datos

- CSU/DSU = *Channel Service Unit / Digital Service Unit*
- Asignan los datos a un canal PDH



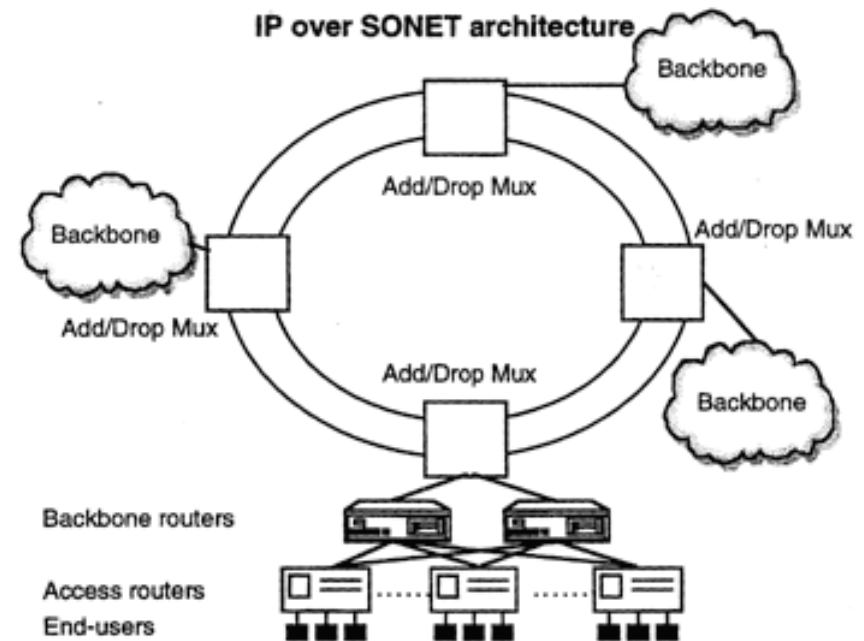
Datos

- CSU/DSU = *Channel Service Unit / Digital Service Unit*
- Asignan los datos a un canal PDH
- Puede ser un E0, un E1, un E3 o por ejemplo parte de un E1 (E1 fraccional)



SONET/SDH

- Especificaciones de *Network Node Interface* (NNI)
- Tecnología de transporte. Originalmente para transportar señales PDH
- Permite velocidades elevadas
- Las velocidades están sincronizadas en toda la red
- La sincronización reduce la necesidad de buffering
- Simplifica la inserción y extracción de señales de más baja velocidad sin demultiplexar
- Fácilmente extendible a mayores velocidades
- Compatible entre fabricantes
- Funcionalidades de recuperación ante fallos en los enlaces/nodos
- Funcionalidades de gestión
- Hay tres redes: Transmisión, Sincronización y Gestión



SONET y SDH

SONET

- *Synchronous Optical NETwort*
- Estándar del ANSI
- STS (*Synchronous Transport Signal*), señal eléctrica
- STS-1 = 51.84Mbps
- OC-1 (*Optical Carrier*), señal óptica
- Terminología:
 - *STS Section, STS Line, STS Path*
 - *Virtual Tributary*

SDH

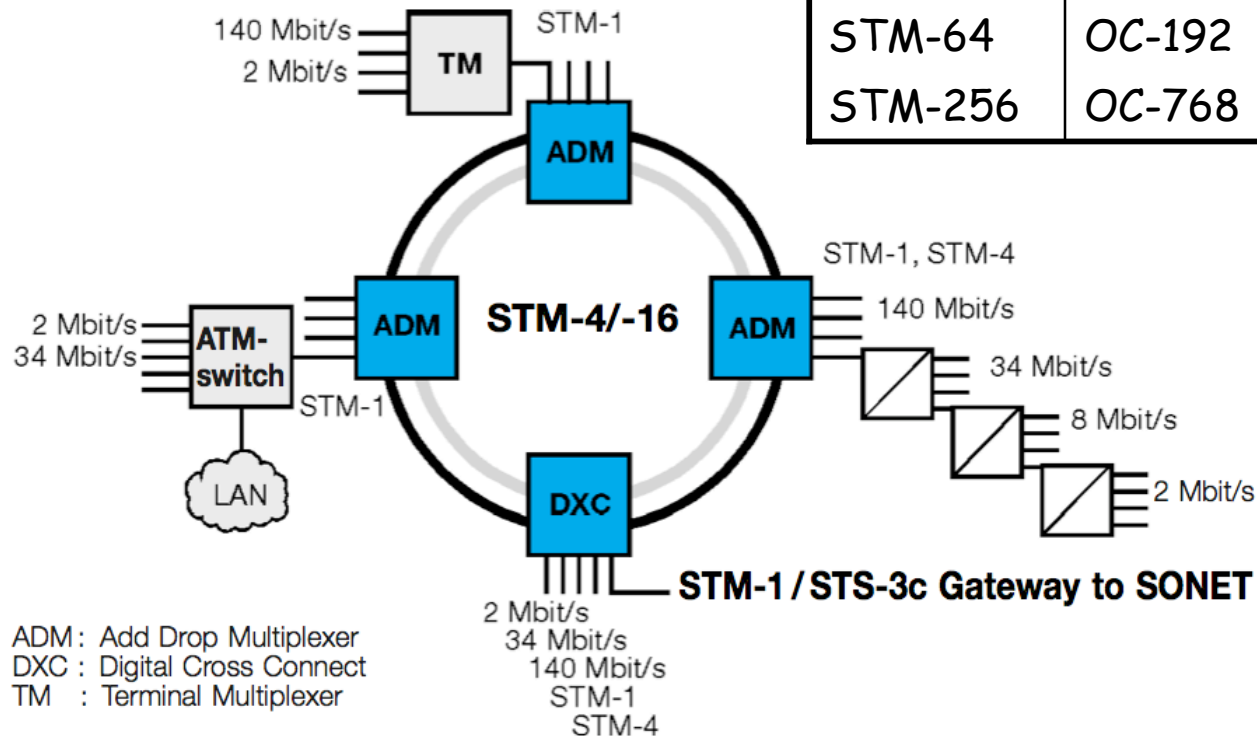
- *Synchronous Digital Hierarchy*
- Estándar del ITU (finales de los 80s, G.707)
- SONET caso particular
- En SDH la señal mínima es la de 155.52Mbps (STM-1)
- STM (*Synchronous Transport Module*), óptico o eléctrico
- Terminología:
 - *Regenerator Section, Multiplex Section, Higher Order Path*
 - *Virtual Container*



SONET/SDH

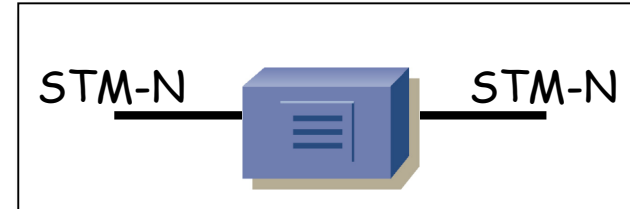
- SDH se diseñó para transportar señales de 1.5, 2, 6, 34, 45 y 140 Mbps
- Límite de velocidad impuesto por la tecnología, no por la falta de estándar

SDH	OC Level	Line Rate (Mbps)
	OC-1	51.84
STM-1	OC-3	155.52
STM-4	OC-12	622.08
STM-16	OC-48	2488.32
STM-64	OC-192	9953.28
STM-256	OC-768	39813.12



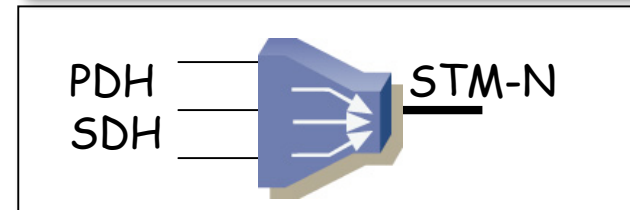
Elementos

Regeneradores



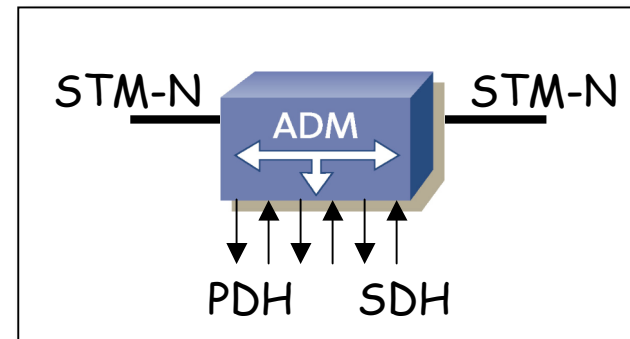
Terminal Multiplexers (TM)

- Multiplexan señales plesiócronas y síncronas en una única señal de nivel superior



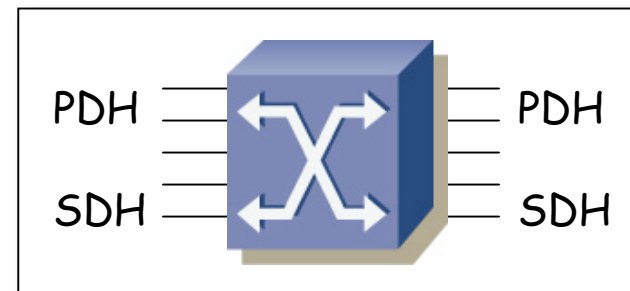
Add-Drop Multiplexers (ADM)

- Insertan y extraen señales PDH y SDH
- Distancia entre ellos suele rondar las decenas de Km



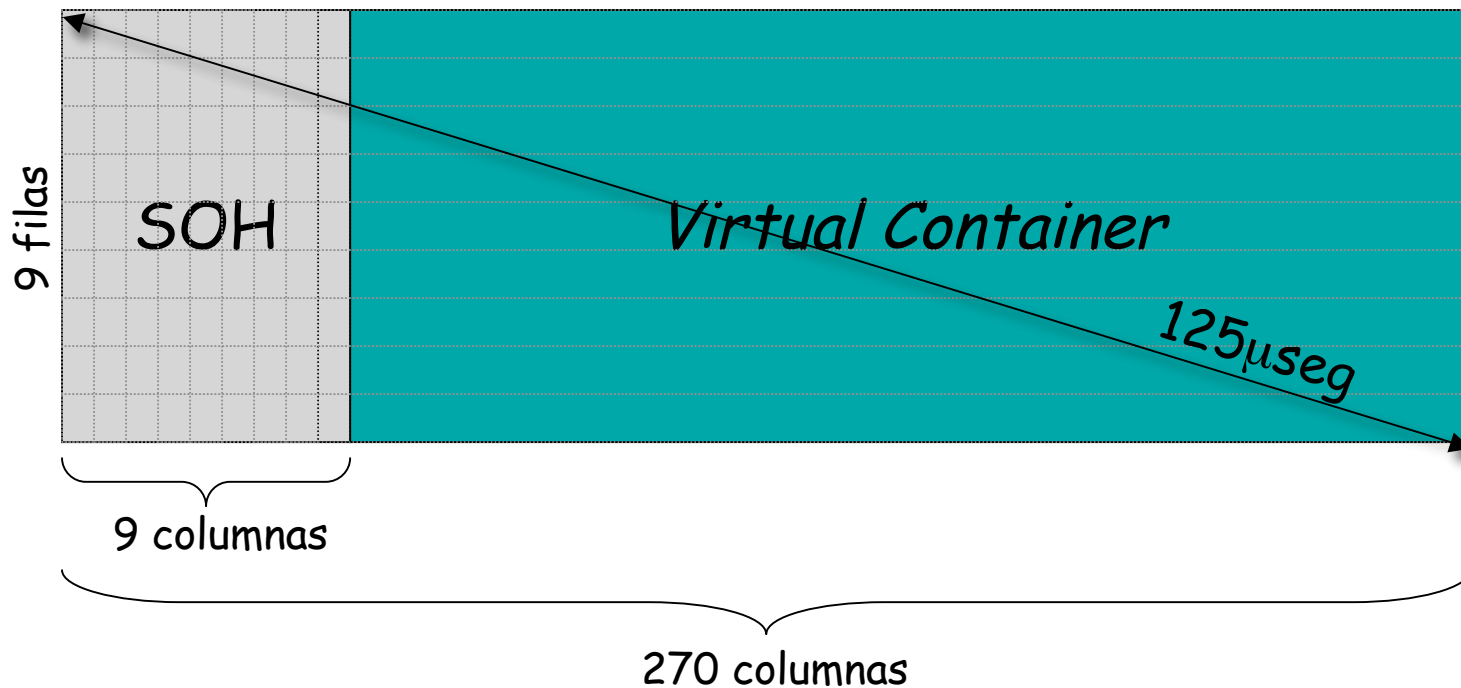
Digital Cross-Connect (DXC)

- Conmutación, inserción y extracción de señales PDH y SDH



Estructura de la trama STM-1

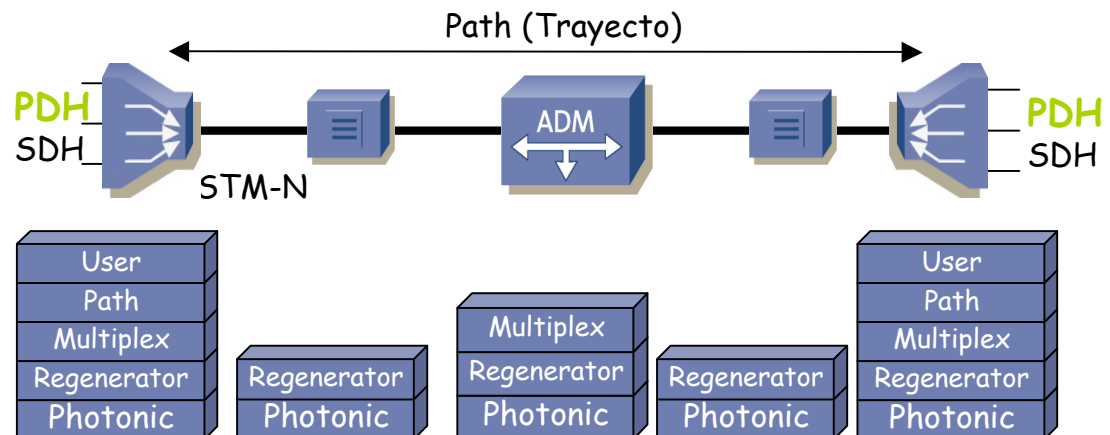
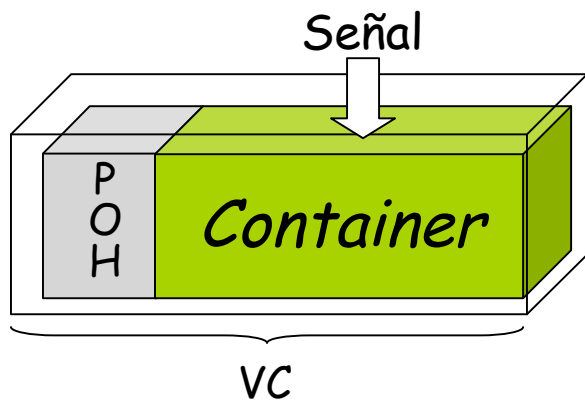
- 1 byte \Rightarrow 64Kbps
- 64Kbps x 9 filas x 270 columnas = 155.52Mbps
- SOH = *Section OverHead* (9 columnas)
- STM-N: duración de 125 μ seg, 9 filas, Nx270 columnas



Entramado

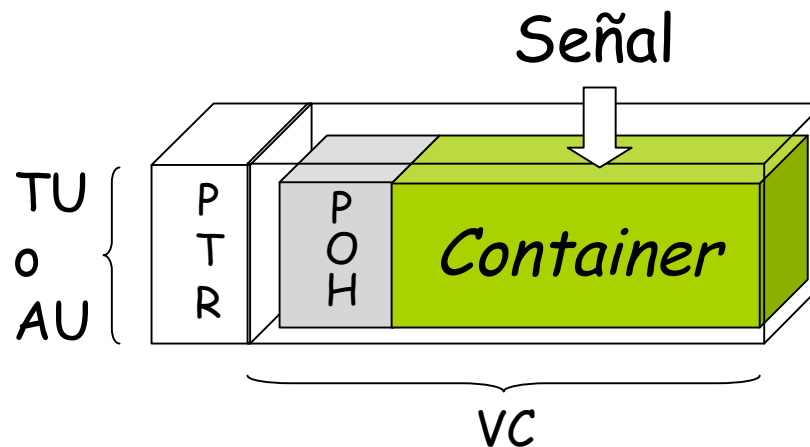
- Las señales PDH se introducen dentro de un *Container SDH* de capacidad suficiente \Rightarrow Contenedor + *Path OverHead (POH)* = *Virtual Container (VC)*
- La señal PDH se inserta de manera *asíncrona* (modo flotante)
- Se permite que la velocidad binaria fluctúe dentro de unos márgenes

Contenedor	Velocidad (Kbps)	Ejemplos de cargas útiles PDH
C-12	2176	2048Kbps (E1)
C-2	6912	6Mbps (T2)
C-3	49536	45Mbps (T3) ó 34Mbps (E3)
C-4	149760	140Mbps (E4)



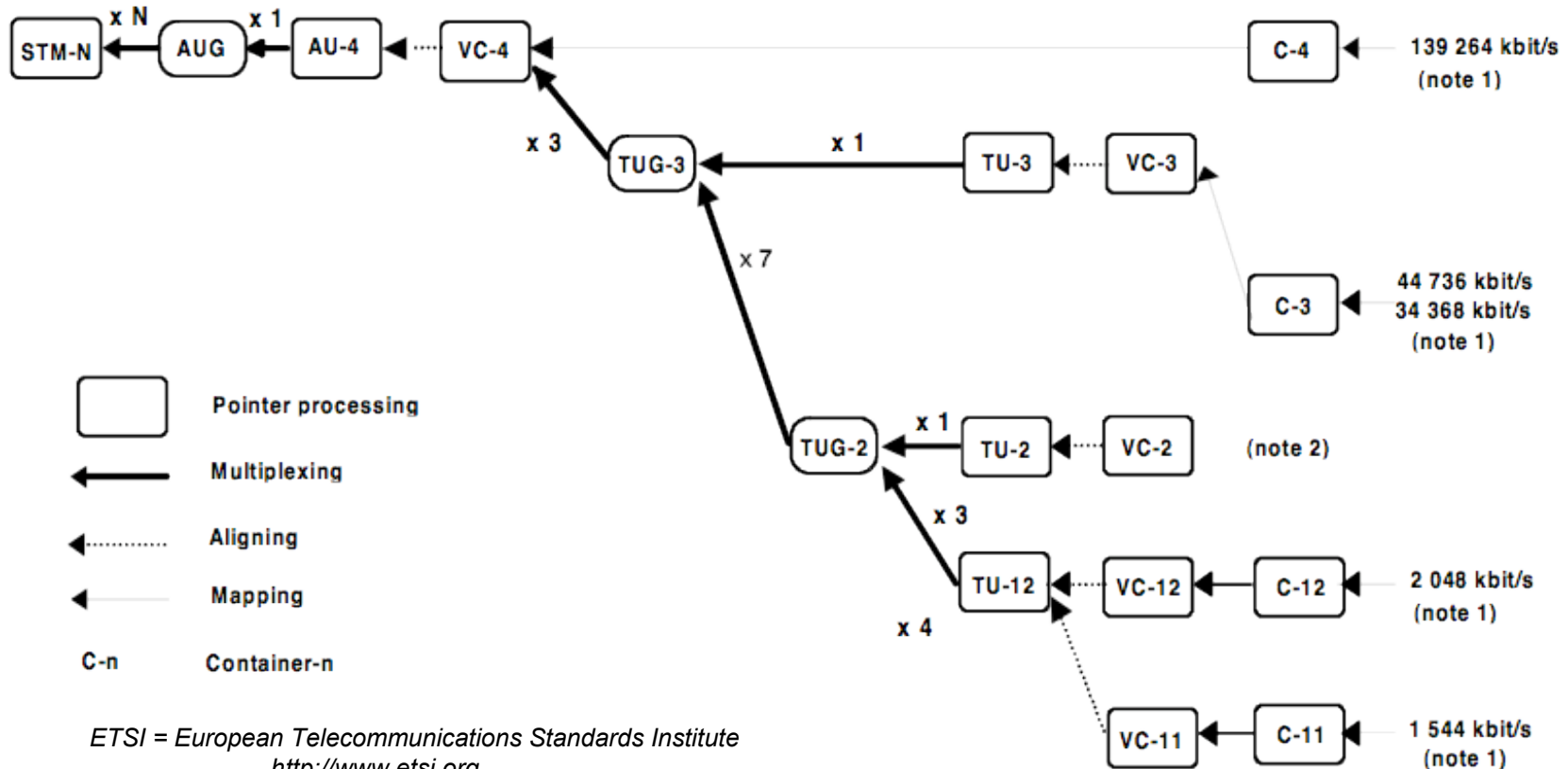
Entramado

- Un VC de orden inferior puede transportarse dentro de uno de orden superior pero la asincronía puede ser un problema
- Se localiza un VC dentro de otro gracias a un Puntero
- VC + Puntero = Tributary Unit (TU)
- Varios TUs pueden agruparse en un Tributary Unit Group (TUG) sin mayor sobrecarga (es una agrupación solo en gestión)
- Agrupando TUGs se llega a formar un Contenedor de orden superior (VC-4)
- El VC-4 junto con un puntero forma la Unidad Administrativa (AU-4)



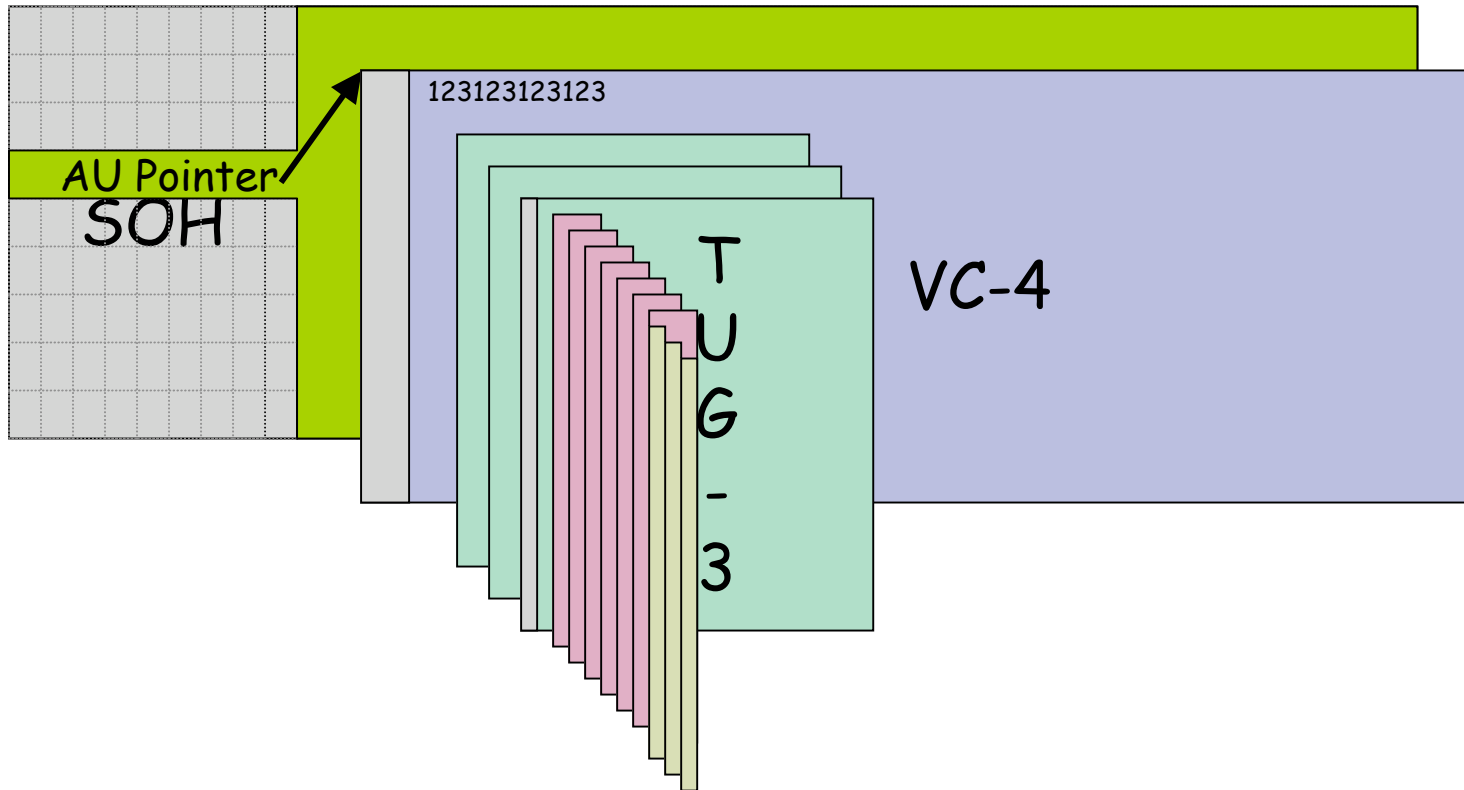
Estructura de multiplexación

- La trama STM-1 puede transportar diferentes combinaciones de *Virtual Containers*
- Estructura de multiplexación generalizada de ETSI (subconjunto de la estandarizada en G.707):



Estructura de la trama STM-1

- En 1 STM-1:
 - 1 señal de 140Mbps (E4) ó
 - 3 VC-3, señales de 34/45 Mbps (E3/T3)
- Cada VC-3 puede sustituirse por 21 señales de 2Mbps (E1)



Señalización

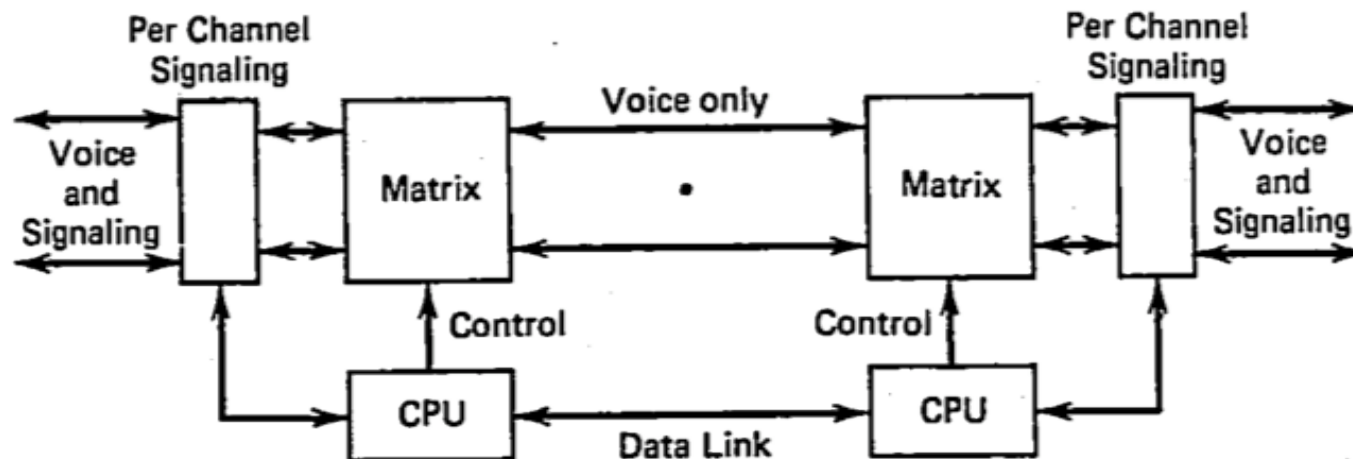
Se suele hablar de (principalmente telefonía analógica):

Señalización “en canal”

- Usa los mismos recursos de transmisión para la voz y para la señalización
- Puede ser “en banda” o “fuera de banda” (banda de frecuencias vocal)
- Ej. en banda: tonos en el marcado (MF, DTMF). Ej. fuera de banda: continua (DC) en el bucle de abonado para detectar el descuelgue

Señalización por canal común (CCS = Common Channel Signaling)

- Emplea un canal dedicado entre las CPUs de los conmutadores
- Los mensajes pasan entre los nodos de conmutación (*store-and-forward*)
- Los mensajes pueden emplear caminos diferentes a los de la voz
- Se crea así una red de conmutación de paquetes para la señalización



Señalización

Y también de (principalmente telefonía digital):

In-band signaling

- Usa el mismo canal físico que la voz
- Se entremezcla con la señal de voz
- Ej: CAS (Channel Associated Signaling) lleva la señalización en el mismo DS0 que la voz
- Ej: también MF y DTMF

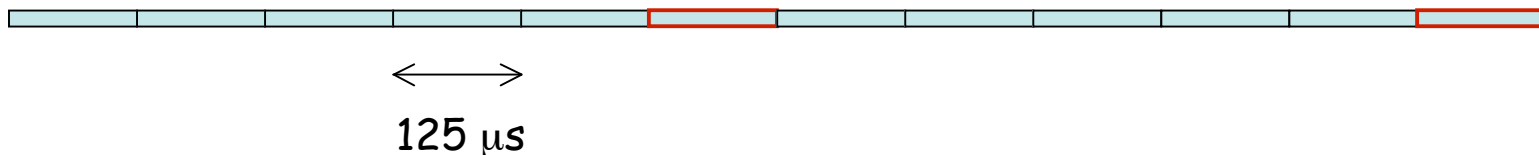
Out-of-band signaling

- A.k.a. Common Channel Signaling (CCS)
- Canal digital dedicado para la señalización
- Ej: SS7, PRI (Primary Rate Interface)
- De dos tipos
 - FAS (Facility Associates Signaling): usa el mismo medio físico que los canales de voz
 - NFAS (Non-Facility Associated Signaling): no usa el mismo medio físico que los canales de voz (bearers)

Señalización

T1 CAS

- Existen diferentes formas de CAS (loopstart, groundstart, EANA, E&M)
- Soporta procesar DNIS (Dialed Number Identification Service) y ANI (Automatic Number Identification)
- T1 son 192+1 bits (G.704)g.
- Superframe (SF) son 12 frames de T1 (cada una 125 μ seg)
 - El bit +1 sigue una secuencia que permite reconocer el comienzo de la SF
 - En frames 6 y 12 el 8º bit de cada canal se emplea para señalización (bits A y B)
- Extended Superframe (ESF) son 24 frames
 - En frames 6, 12, 18 y 24 el 8º bit de cada canal se emplea para señalización (bits ABCD)
- A.k.a Robbed Bit Signaling



Señalización

ISDN PRI Trunk (Primary Rate Interface)

- CCS
- Usar un DS0 de un DS1, o uno de un E1 (canal 16)
- Canal de voz = Canal B = bearer
- Canal de señalización = Canal D
 - Q.921: layer 2, full-duplex, reliable
 - Q.931: layer-3 , call setup and clearing, status, etc.
- ISDN NFAS permite usar un solo canal D para más de un T1 (no aplica a E1s)

Señalización

SS7

- CCS
- Packet-based
- Enlaces de diferentes velocidades (56/64 kbps, 1,544 Mbps)
- Forma una WAN que enlaza las lógicas de control de los switches de la PSTN
- En acceso a ella, dos modos:
 - Fully associated signaling
 - Existe un enlace de señalización por cada enlace de voz
 - Ej: canal 16 en un E1
 - Quasi associated signaling
 - Señalización por otro enlace que el de tráfico entre los dos switches
 - Permite usar todos los canales de T1/E1s para voz y datos
- IETF SIGTRAN: SS7 over IP

Introducción

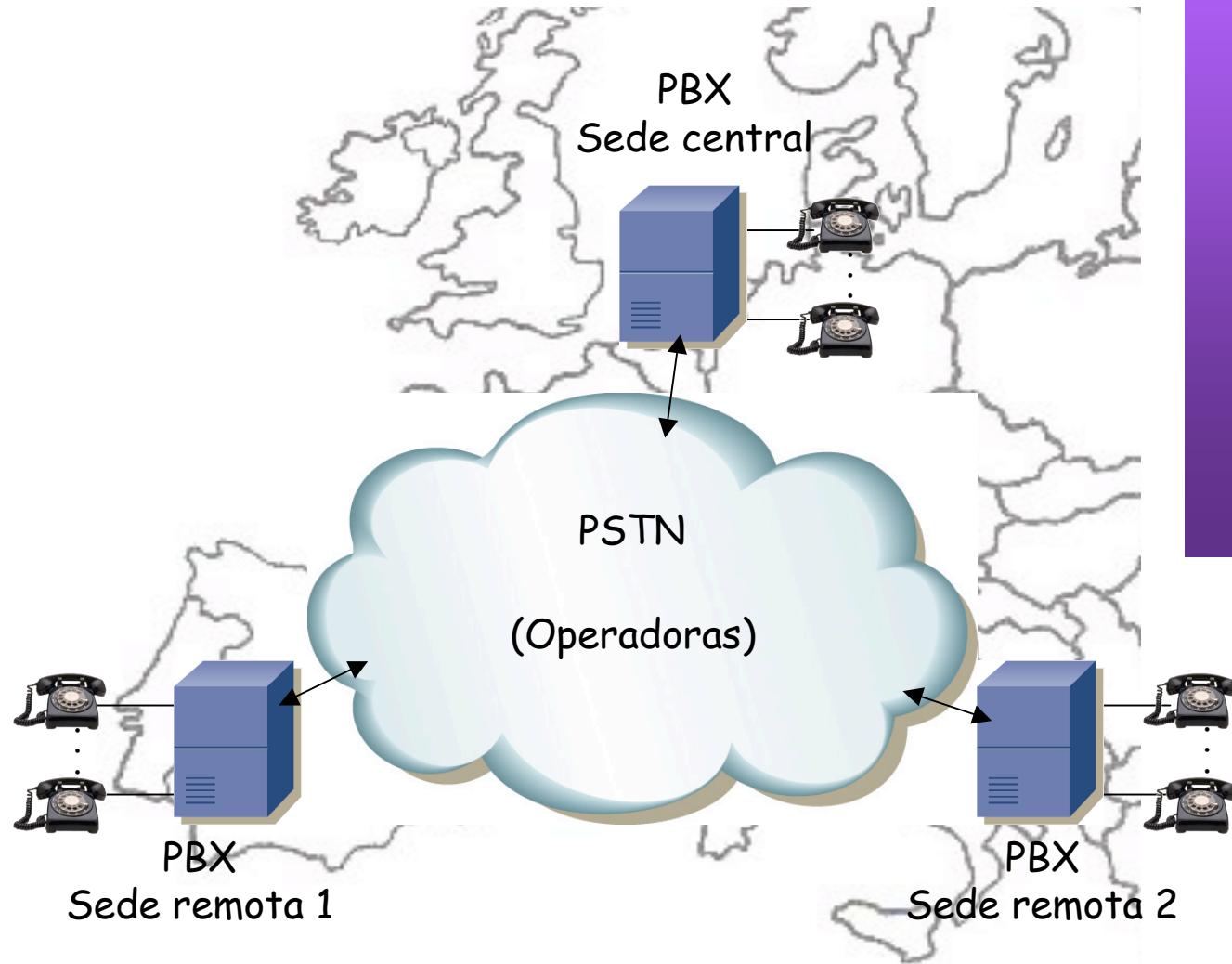
Motivación

¿Por qué dejar de usar TDM?

- Utilizar la misma infraestructura de datos: reduce CAPEX y OPEX
- Negocio:
 - Añadir más servicios al cliente
 - Telcos añaden datos, ISPs añaden voz
- Aumentar la cantidad de llamadas que se pueden cursar por un enlace
 - *Voice compression*
 - vs los 64 kbps PCM
 - Cuidado, reduce la calidad (MOS, ITU-T P.830), o usar si sobra el BW
 - *Silence suppression*
 - VAD = *Voice Activity Detection*
 - Habla tiene en torno a un 42% de actividad frente al tiempo total
 - *Statistical gain*
- Más sencillo añadir nuevos servicios de valor añadido
- Hacer escalabilidad más sencilla
- Simplificar enrutamiento alternativo

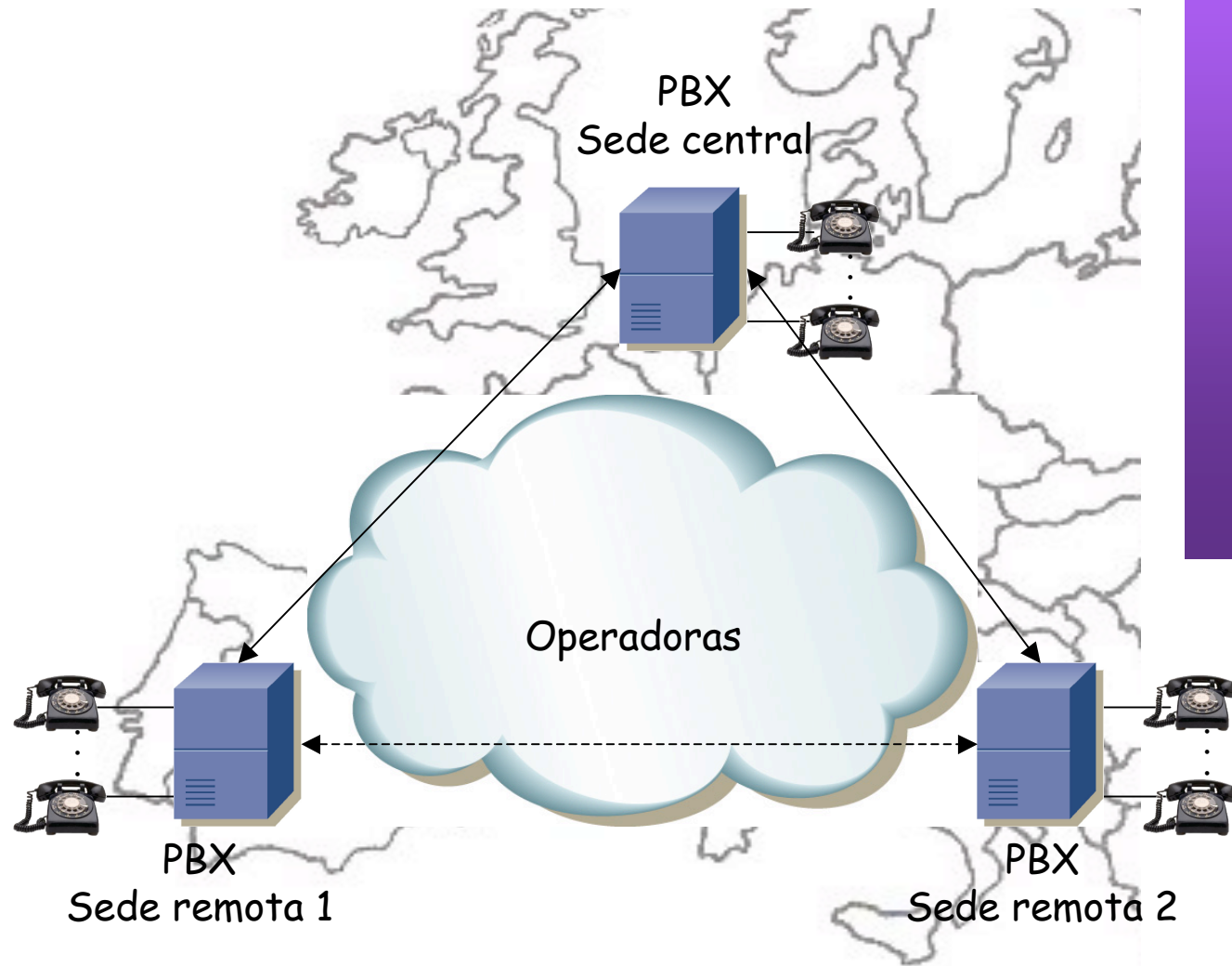
Voz entre sedes

Mediante llamadas internacionales



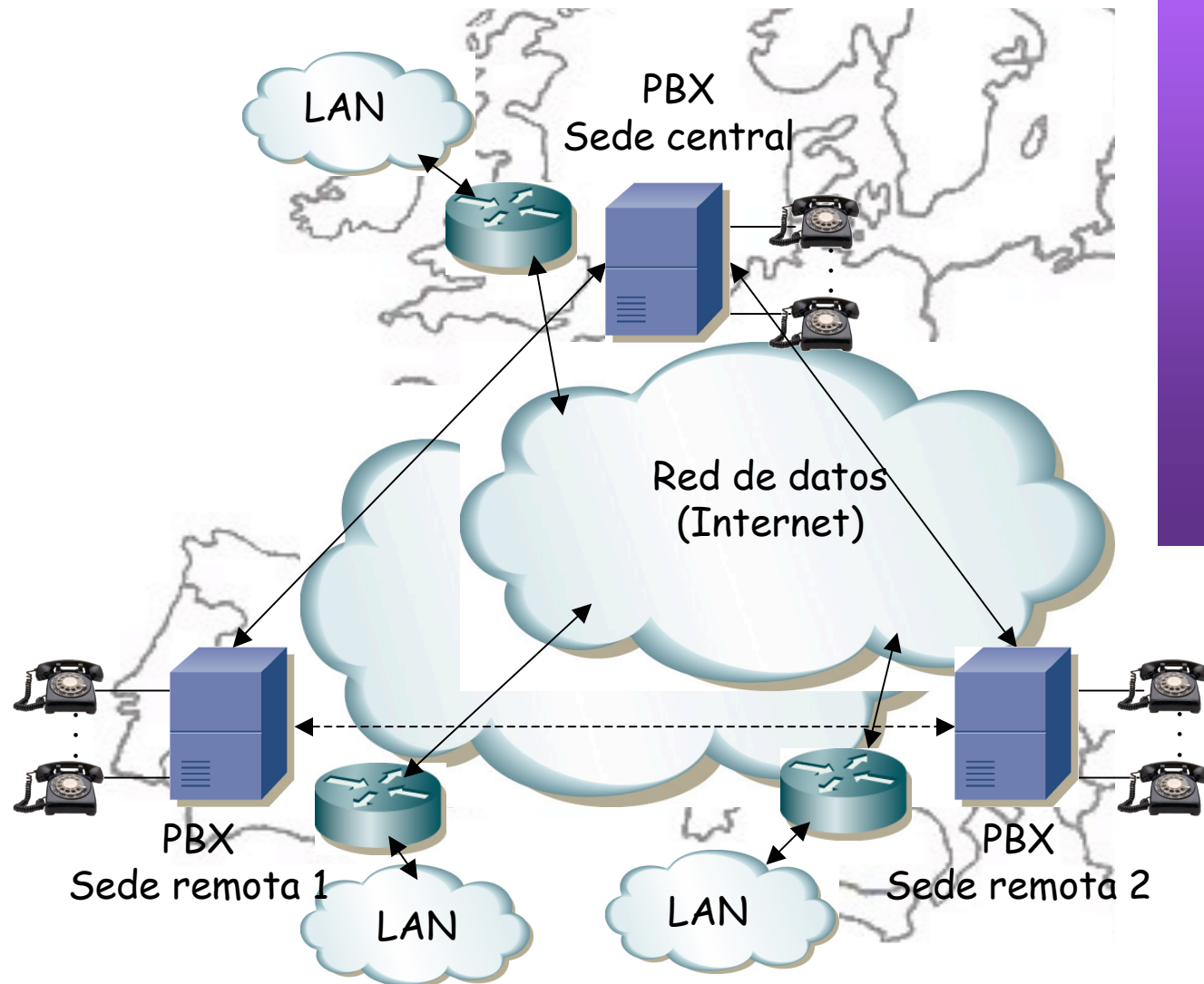
Voz entre sedes

Enlaces dedicados (malla o hub)



Voz + datos

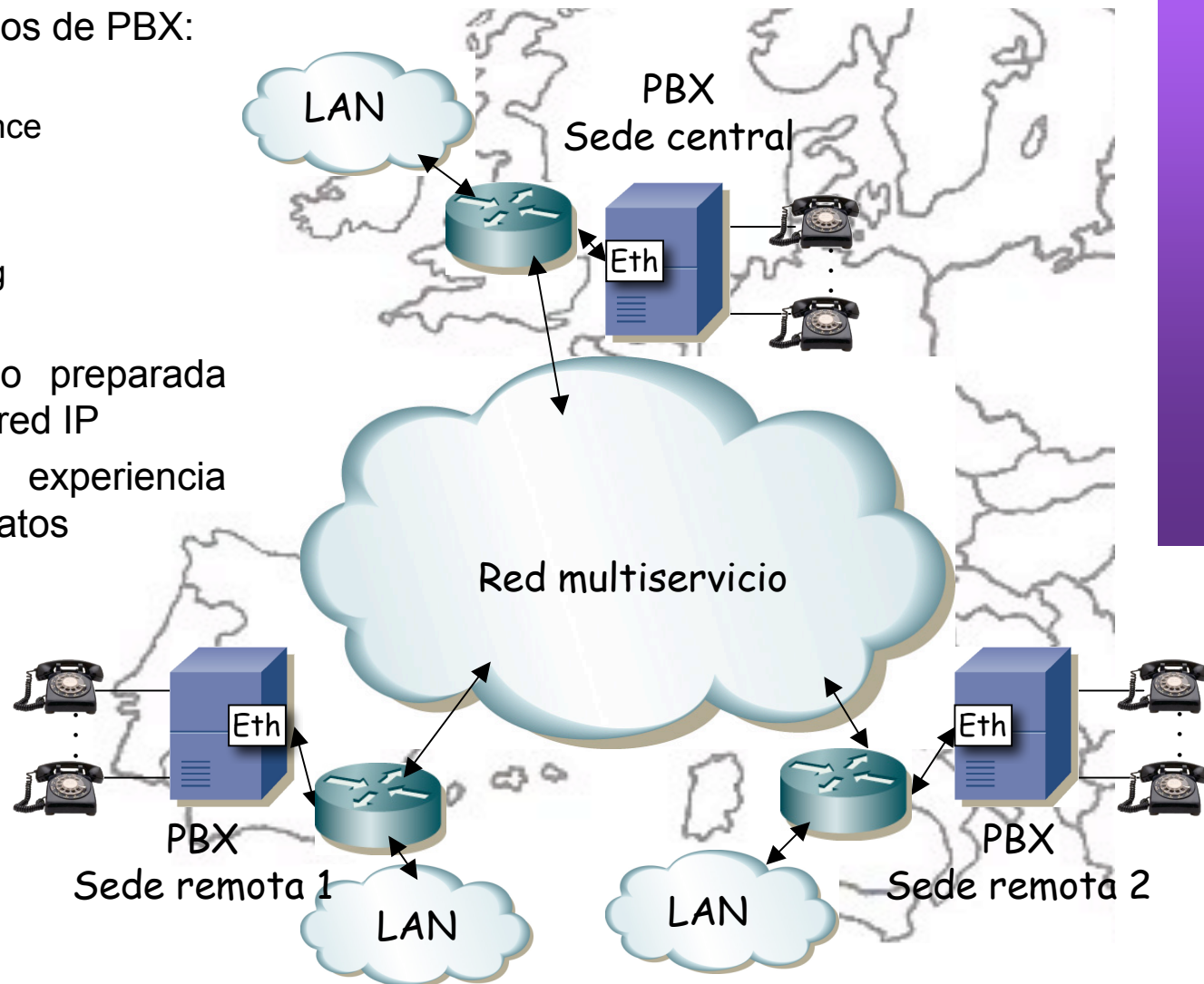
Probablemente tenga enlaces de datos simultáneamente



Convergencia

PBXs con interfaces IP (Ethernet)

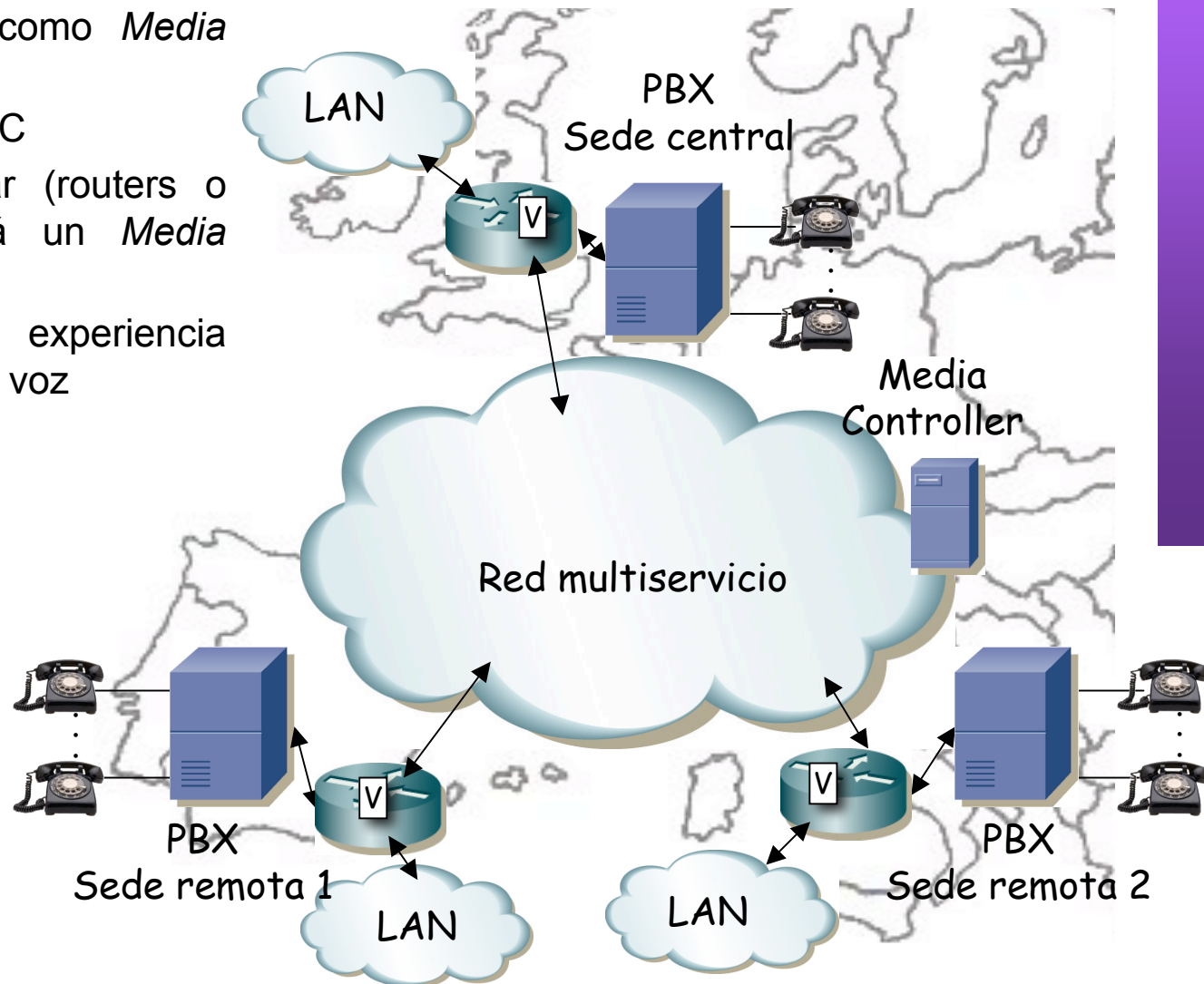
- Reutiliza servicios de PBX:
 - Call transfer
 - Call conference
 - Paging
 - Bridging
 - Group calling
 - Etc.
- Señalización no preparada para delays en red IP
- Fabricante con experiencia en voz, no en datos



Convergencia

PBXs trunk TDM y conversión en router

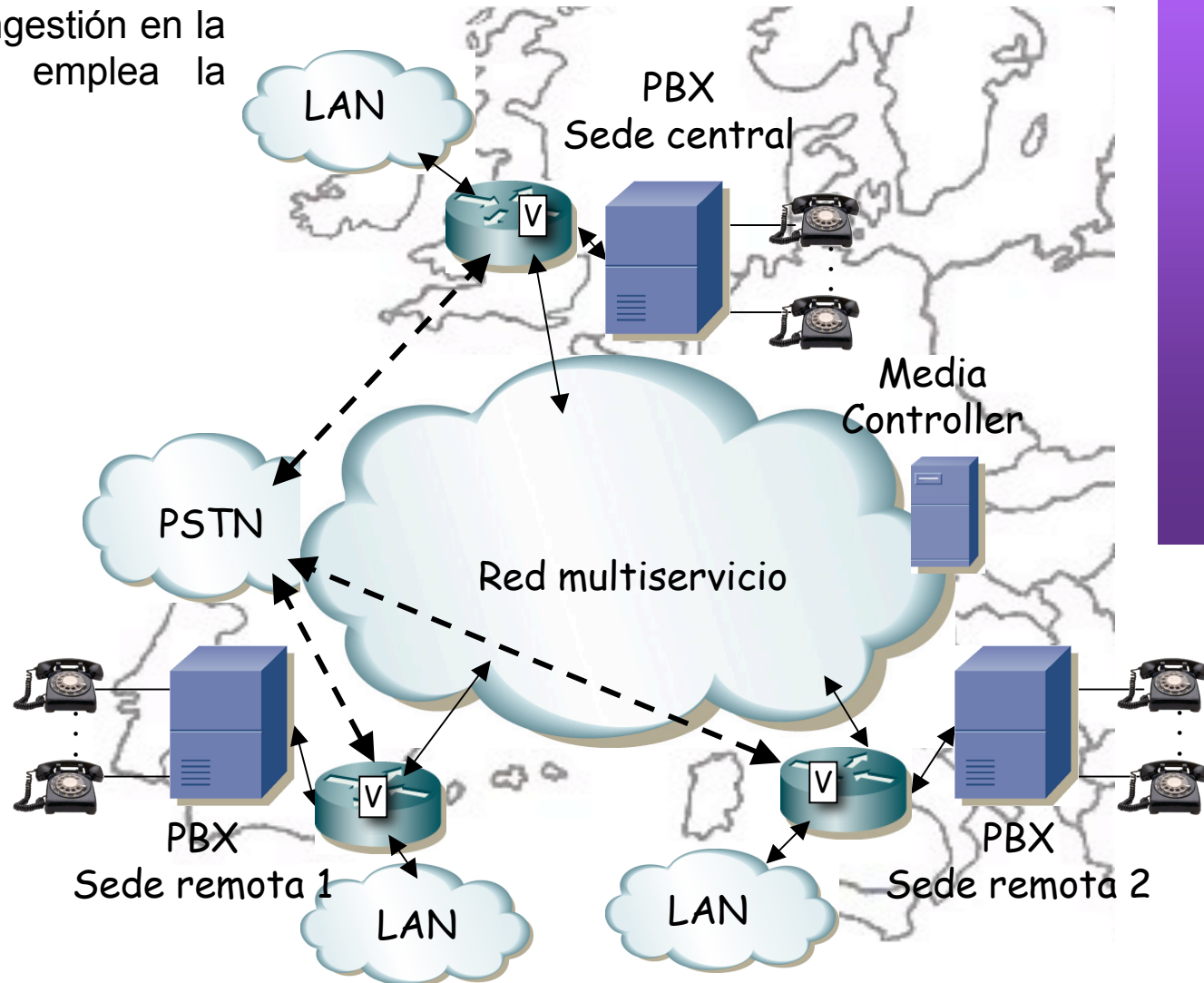
- Router actúa como *Media Gateway*
- Puede ser un PC
- En algún lugar (routers o externo) habrá un *Media Controller*
- Fabricante con experiencia en datos, no en voz



Convergencia

Multi-Point Switched Gateway

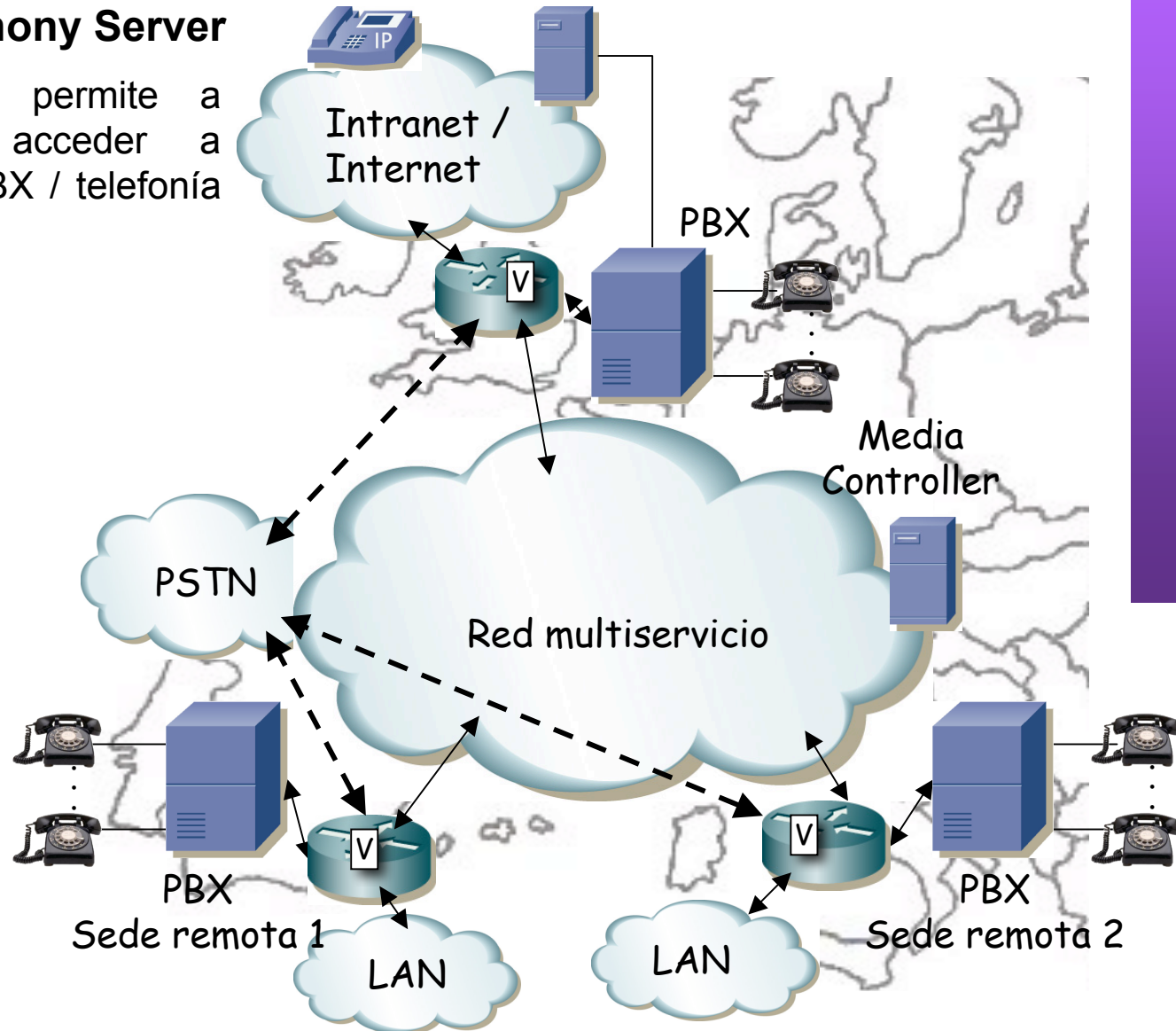
- En caso de congestión en la red de datos emplea la PSTN



Convergencia

(Remote) Telephony Server

- Gateway que permite a teléfono IP acceder a servicios de PBX / telefonía tradicional



Codecs

Codecs más típicos

Codec		BW (Kbps)	Delay (msec)	Calid.	MIPS
G.711	PCM	64	1	:-D	0.34
G.723.1	MP-MLQ	6.3	30	:-)	16
G.723.1	ACELP	5.3	30	:-	16
G.726	ADPCM	16, 24, 32, 40	1	:- :-)	14
G.728	LD-CELP	18	3-5	:-)	33
G.729a	CS-ACELP	8	15	:-)	10.5

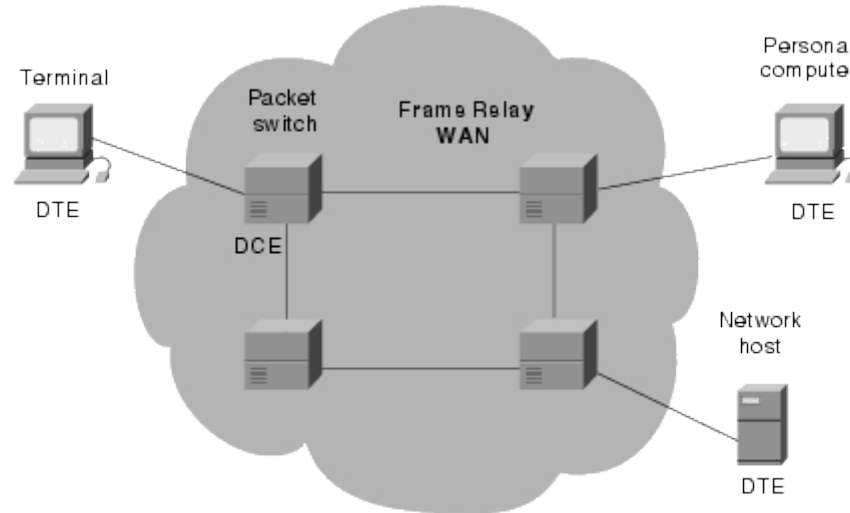
- PCM = Pulse Code Modulation
- MP-MLQ = Multi-Pulse Maximum Likelihood Quantization
- ACELP = Algebraic Code Excited Linear Prediction
- ADPCM = Adaptive Differential PCM
- LD-CELP = Low Delay Code Excited Linear Prediction
- CS-ACELP = Conjugate Structure Algebraic CELP
- ¡¡ No son los únicos !!

Codecs + protocolos

- Cada paquete suele llevar unos 20-30ms de muestras
- En el cálculo del BW hay que tener en cuenta la encapsulación
 - X bytes de *payload* (muestras de voz)
 - +12 de cabecera RTP
 - + 8 de cabecera UDP
 - +20 de cabecera IP (mínima sin opciones)
 - + Y bytes de cabecera de enlace
- Ejemplo: G.711 (64 Kbps, Con paquetes cada 20ms, 50 pps)
 - 8.000 muestras/seg, 8 bits/muestra \Rightarrow 160 bytes/paquete
 - $160+12+8+20 = 200$ bytes de paquete IP \Rightarrow 10.000 Bps (80 Kbps)
 - Enlace PPP (+6 Bytes) \Rightarrow 206 bytes/trama \Rightarrow 82.4 Kbps
 - Enlace Ethernet (+18 Bytes) \Rightarrow 218 bytes/trama \Rightarrow 87.2 Kbps
 - Enlace Frame Relay (+4 Bytes) \Rightarrow 204 bytes/trama \Rightarrow 81.6 Kbps
 - ATM/AAL5-LLC/SNAP \Rightarrow 5 celdas = 265 bytes/paquete \Rightarrow 106 Kbps
- Ejemplo: G.729a (8 Kbps, con paquetes cada 20ms, 50 pps)
 - PPP = 26.4 Kbps, Ethernet = 29.6 Kbps, FR = 25.6 Kbps, ATM = 42.2 Kbps
- Con VAD (Voice Activity Detection) reducción en torno a un 35%

VoFR

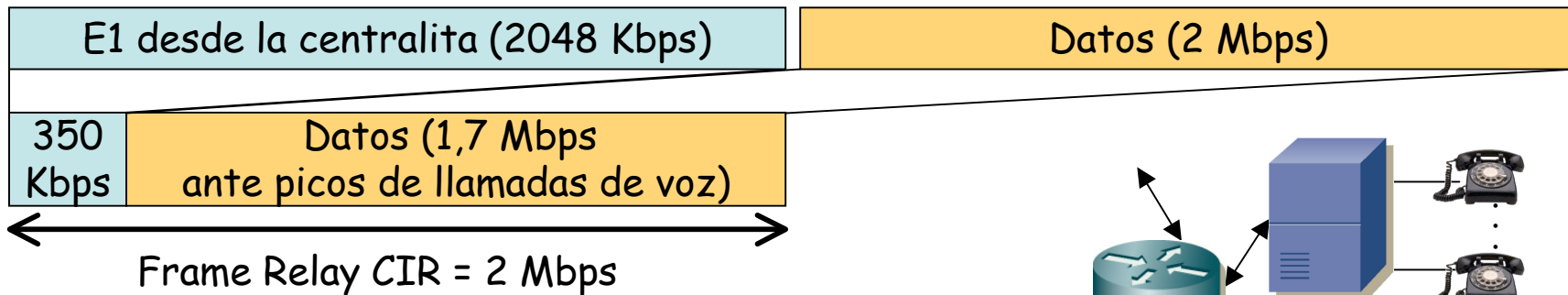
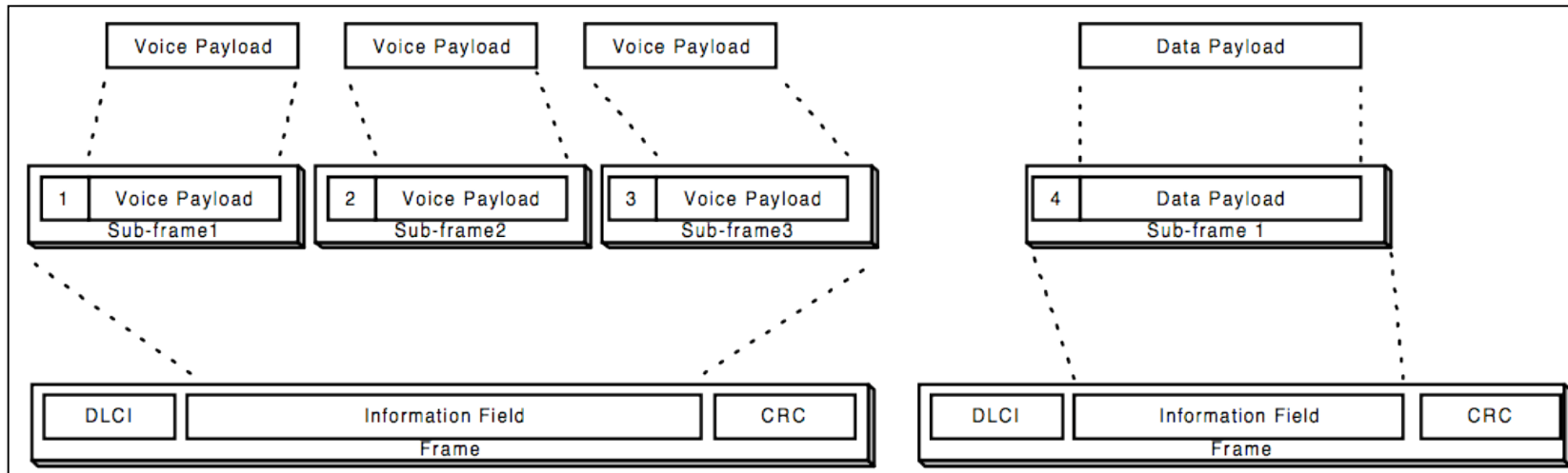
Voice over Frame Relay (VoFR)



- Estándares maduros, interoperabilidad estable
- PVCs con un CIR (Committed Information Rate) garantizado
- Soporta ráfagas a mayor velocidad pero pueden ser descartadas por la red
- Enlaces punto-a-punto entre las sedes (máx 255 canales de voz per PVC)
- VoFR (FRF.11)

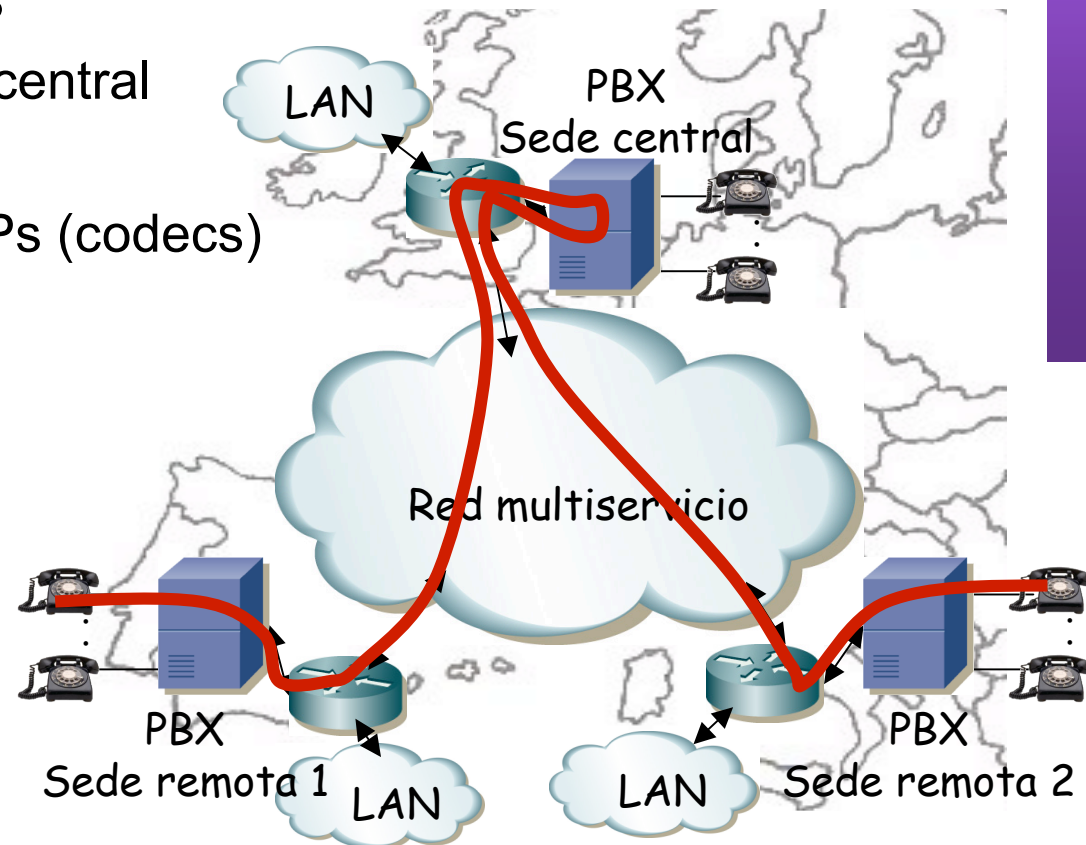
Voice over Frame Relay (VoFR)

- Empleando un codec como G.729a cada llamada puede ocupar unos 10 Kbps
- Fragmentación soportada (FRF.12)



VoFR y sede central

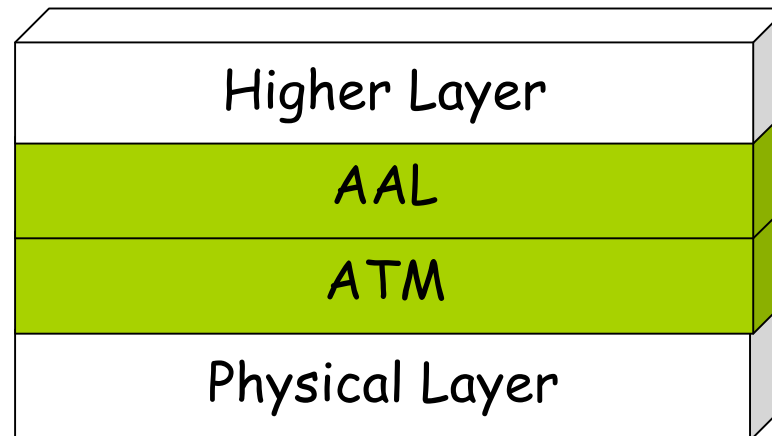
- PVCs solo con sede central
- Llamadas entre sedes remotas
- Conmutadas en PBX de sede central
- Pasa por 2 codecs
 - En sede remota y central
 - Pérdida de calidad
 - Requiere más DSPs (codecs)



VoATM

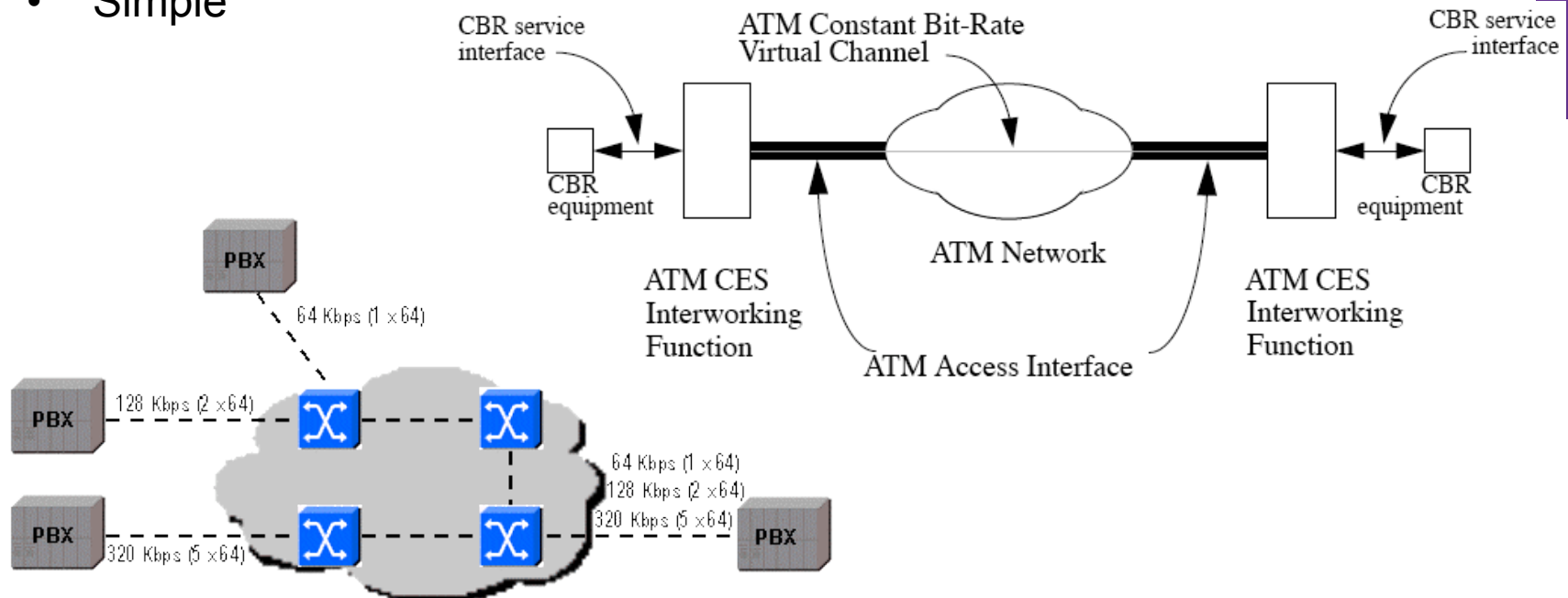
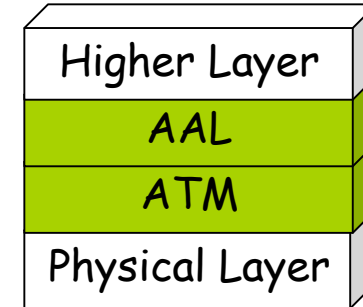
Voice over ATM (VoATM)

- No ha logrado llegar hasta el escritorio
- Igual que VoFR se suele usar entre PBXs
- Más complejo de administrar que VoFR
- Para enlaces de mayor capacidad que con VoFR
- Modelos de transporte de voz
 - Voice trunking: tunneling del tráfico de voz. Adecuado para interconectar PBXs
 - Voice switching: la red ATM interpreta la señalización y encamina la llamada



Circuit Emulation Services (CES)

- ITU-T I.363.1
- Emplea AAL1 para transportar un flujo CBR
- En el PVC es importante la CDV además del PCR
- *Unstructured AAL1*: transporte de DS1/E1, DS3/E3
- *Structured AAL1*
 - Transporte de DS1/E1, permite no enviar los DS0 no utilizados (entrada structured E1/T1 Nx64)
 - Puede repartir los DS0 entre varios destinos
- Simple



DB-CES

- Dynamic Bandwidth CES
- Reconoce la señalización (ej: on-hook, off-hook) CCS o CAS (entonces debe ser structured)
- Envía celdas solo cuando hay llamada establecida en un DS0

Trunking con AAL2 (I.363.2)

- Transporte de voz comprimida con detección/supresión de silencios y eliminación de canales inactivos
- Múltiples canales de voz en un circuito
- SSCS = Service Specific Convergence Sublayer
- CPS = Common Part Sublayer
 - CID (8 bits): Channel ID, permite hasta 248 canales de usuario
- VCCs VBR
- Modo *Non-switched trunking*
 - Cada canal de voz siempre en el mismo canal AAL2 en el mismo VCC
 - No procesa señalización
- Modo *Switched trunking*
 - Procesa señalización
 - El extremo selecciona el VCC y canal AAL2 en que colocar el canal de voz

SSCS

CPS



VoIP



VoIP

- Voice over Internet Protocol
- No es una red sino una aplicación

Servicios en alza

VoIP al por mayor

- Intercambio de minutos mediante *peering agreements*
- Permite a un ISP extender su alcance hasta partes donde no alcanza su red
- Un pequeño incremento en el grado de compresión puede significar grandes beneficios
- Importante el SLA
 - *Network uptime*
 - *Delay variance*
 - *Packet loss trends*
 - *Post Dial Delay*
 - *codecs disponibles*
- Diferentes *peers* diferentes precios: *Least Cost Routing* (para las llamadas)
- *Clearinghouse service provider*
 - Tiene acuerdos con un grupo de *service providers*
 - Gracias a economía de escala ofrece precios competitivos
 - Puede tener muy poca o ninguna infraestructura VoIP
 - *OSP (Open Settlement Protocol, ETSI)*

Servicios en alza

VoIP al por menor

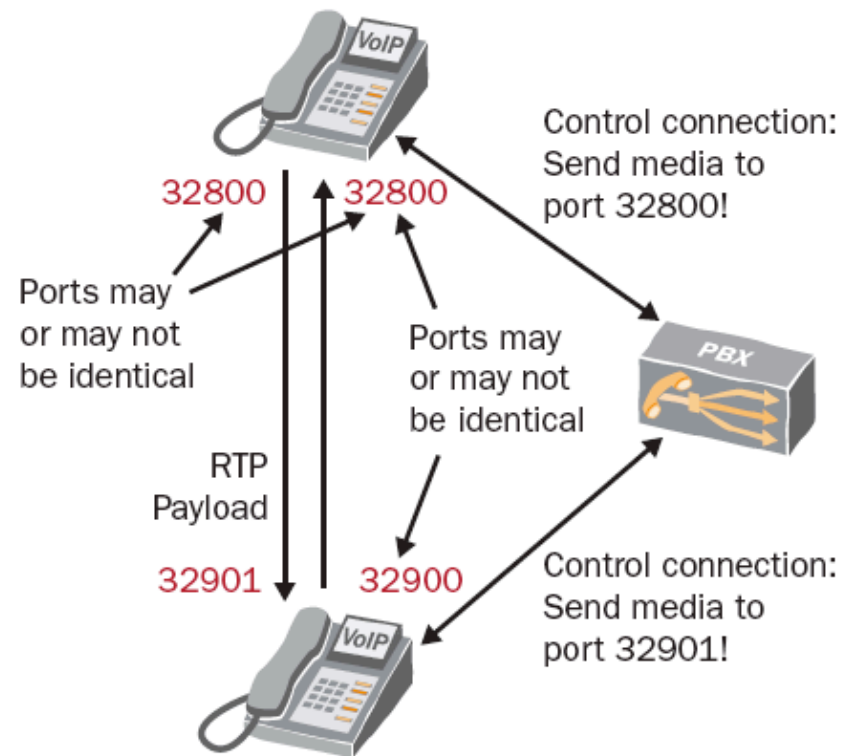
- *Calling card services*
- Usuario llama a un número de acceso, contesta un gateway VoIP
- IVR (Interactive Voice Response)

Acceso de voz y datos integrado para PYMEs

Servicios gestionados para grandes empresas

Esquema básico de flujos

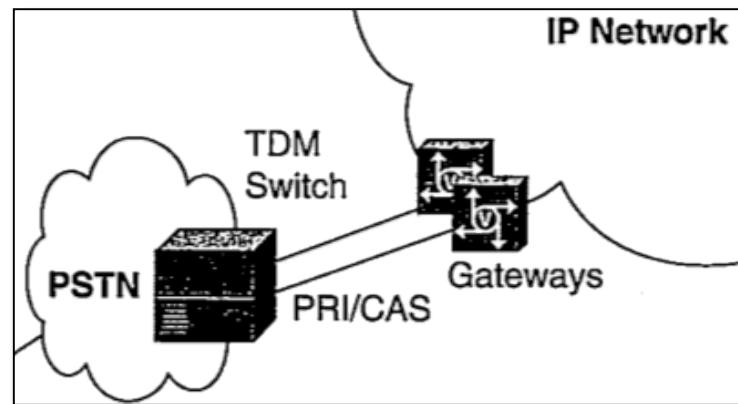
- Elemento central gestiona los flujos:
 - Voz, generalmente directa entre los peers
 - Señalización



Terminología

(Media) Gateway

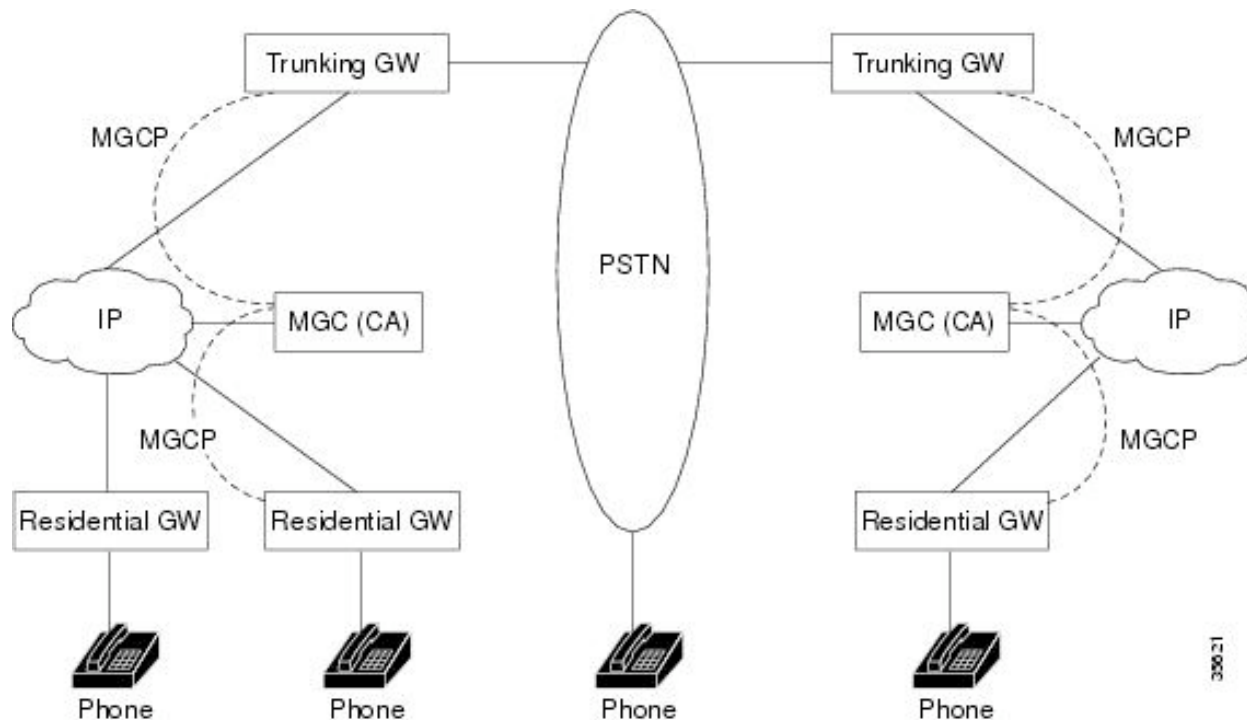
- En cualquiera: H.323, SIP, MGCP, Megaco
- Terminación de llamadas entre un medio y otro
- “Traduce” voz y también la señalización
- Generalmente entre la PSTN y la red de datos
- O puede ser entre dos partes de la red con diferentes requisitos
 - *Transcoding* (cambio de codificador)
 - Diferente señalización (entre SIP y H.323)



Terminología

(Media) Gateway

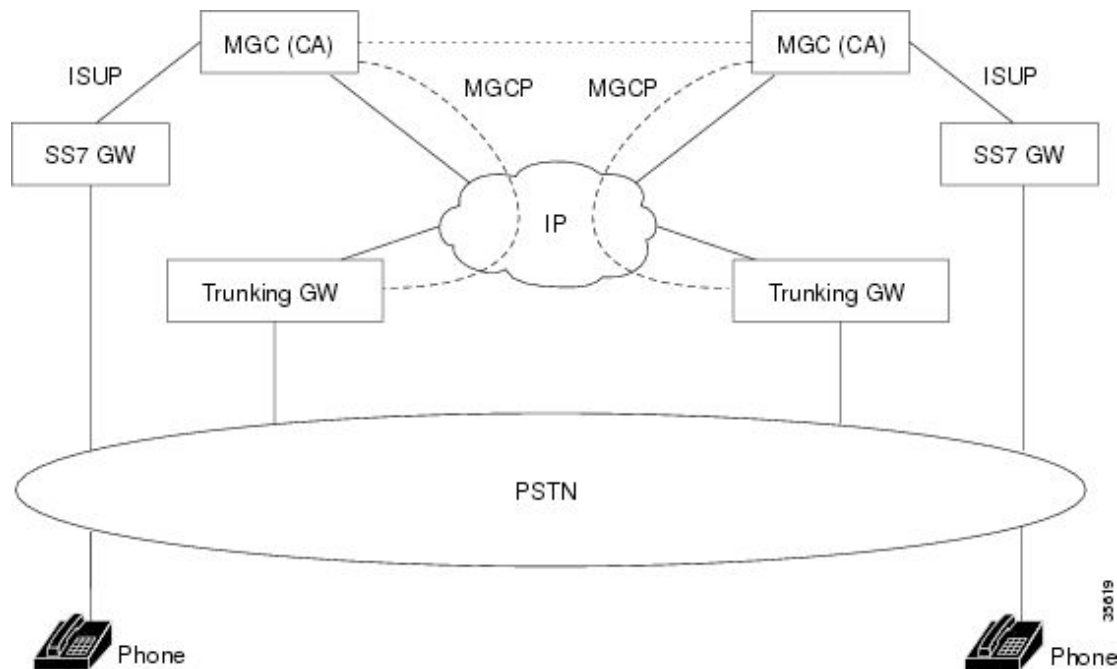
- Residential Gateway: Interfaz tradicional analógico (RJ11)
- Access Gateways, Business Gateways:
 - De usuario (ISDN o analógico) o PBX a IP
 - Termina señalización que pasa a un Media Gateway Controller (MGC)



Terminología

(Media) Gateway

- Trunking Gateways: de PSTN a IP, enlaces de trunk
- Voice over ATM gateways
- Network Access Servers: con modem
- Signaling Gateway
 - Termina señalización de la red de circuitos (Ej: SS7)
 - Transporta los mensajes al MGC



Terminología

Media (Gateway) Controller

- Controla Media Gateways para proveer llamadas extremo a extremo
- Registro de llamadas, autenticación, autorización, encaminamiento, facturación, gestión de recursos ...
- Traducción de direcciones (de nº telef., URL, e-mail, etc a dirección IP)
- Cada MGC controla una *zona*
- Media Gateway Controller en Megaco/H.248.1
- A.k.a. Call Agent en MGCP, a.k.a Gatekeeper en H.323
- Media Server, Telephony Server, Call Manager, Virtual Switch, Softswitch...

Gatekeeper

- H.323
- Implementa el plan de llamadas
- Mapea números de teléfono a direcciones IP

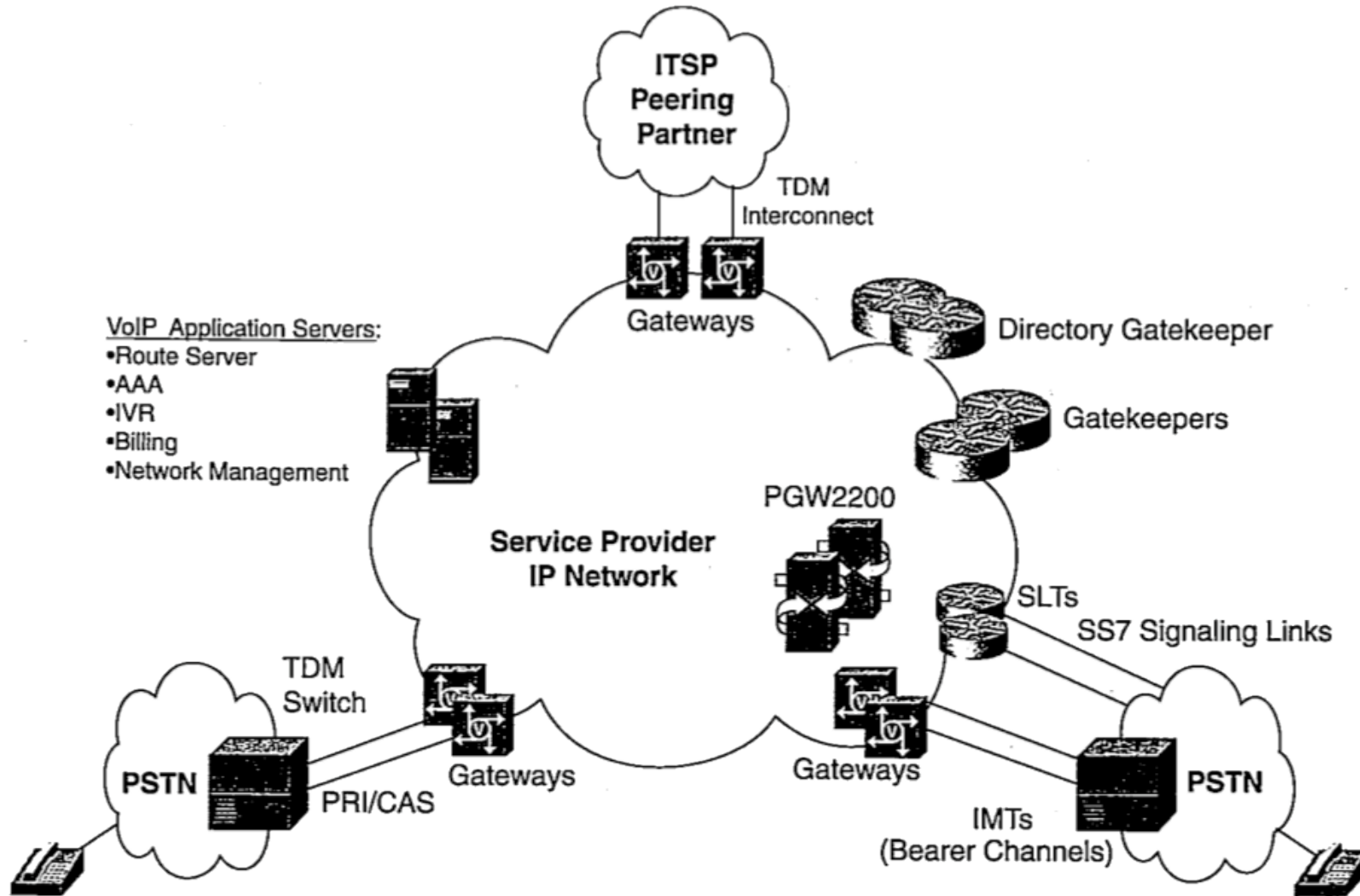
Multipoint Control Unit (MCU)

- Para llamadas/videoconf con más de 2 terminales/gateways participantes (a.k.a. bridge)

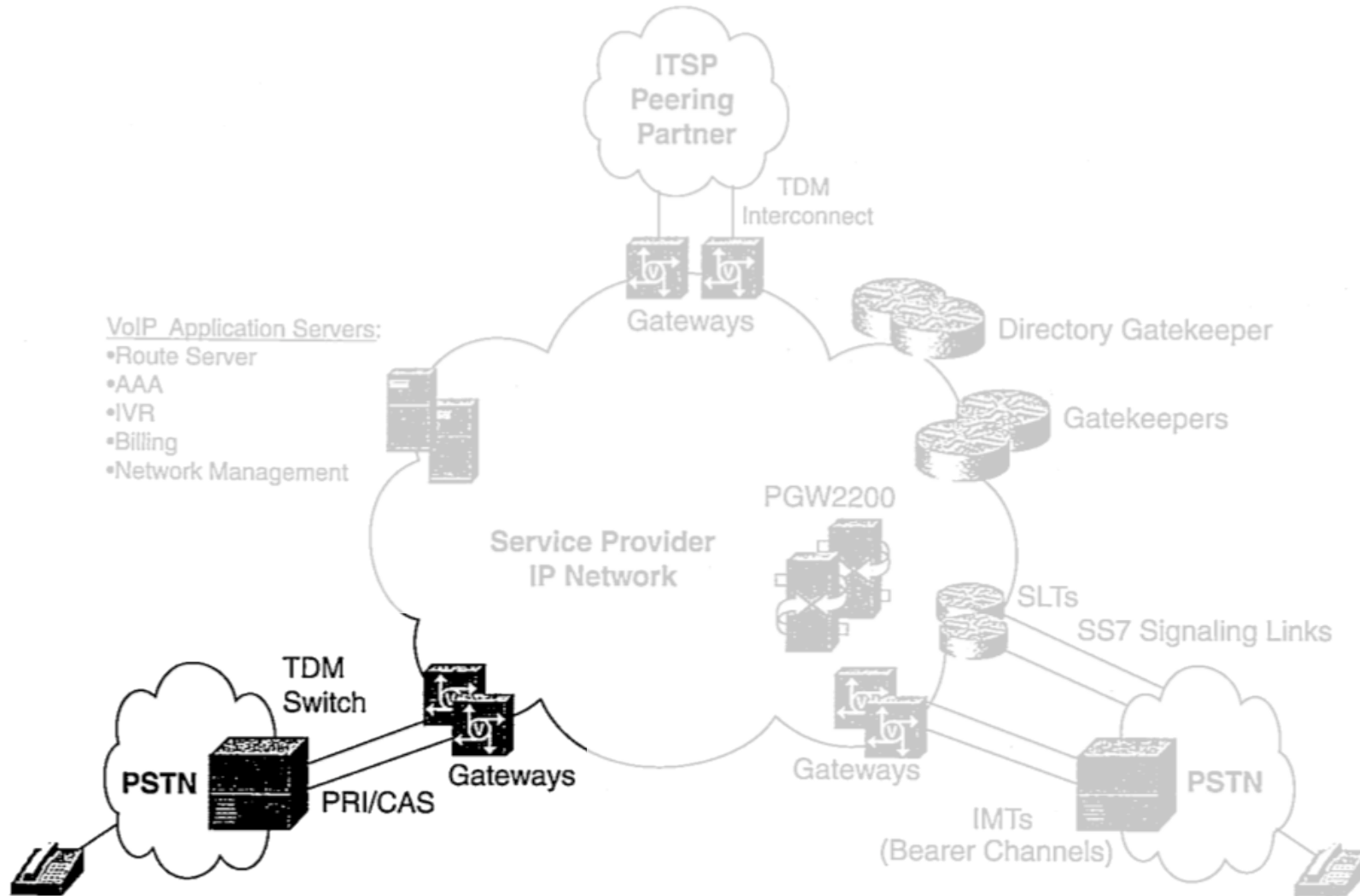
H.323

ITU-T H.323

- Arquitectura tradicional dominante en Telcos/ISPs

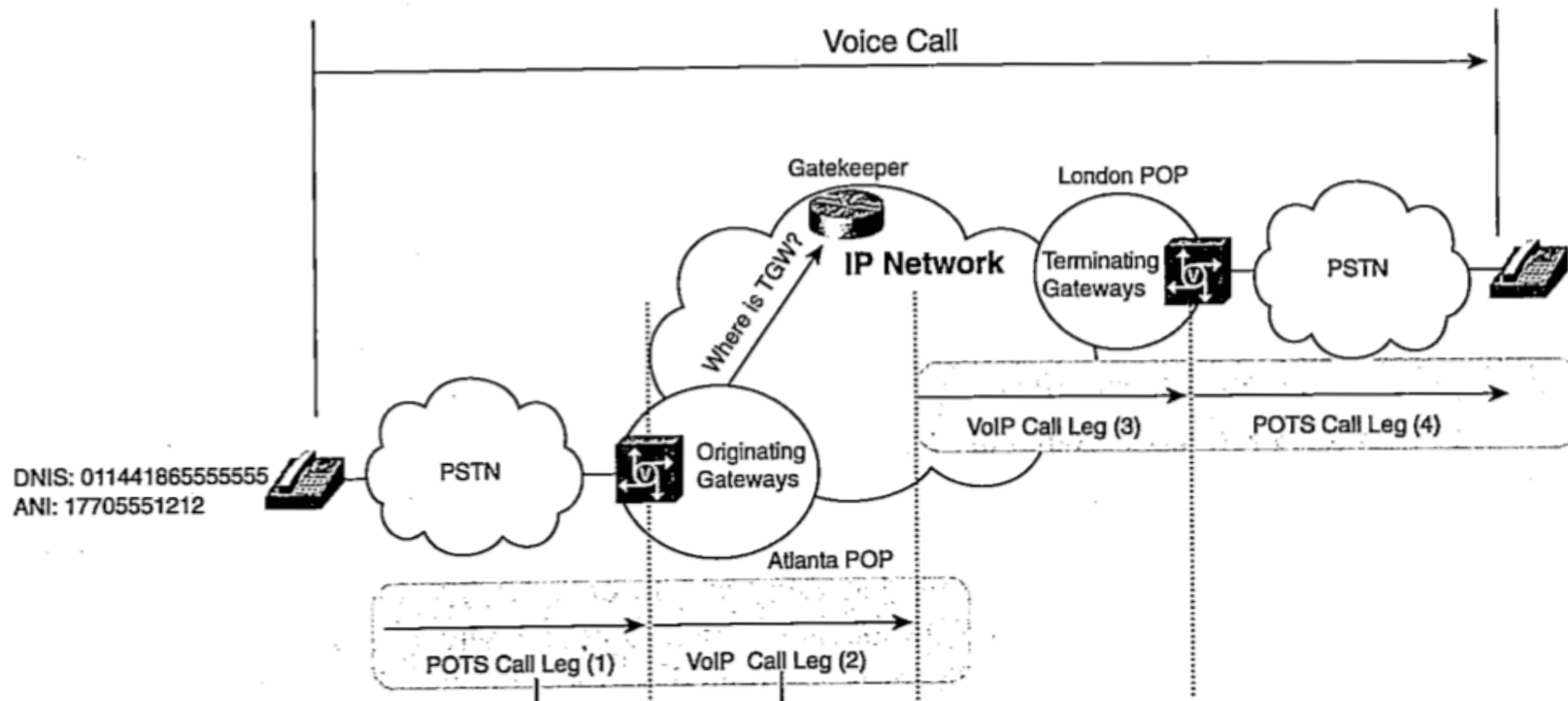


H.323 - Gateway

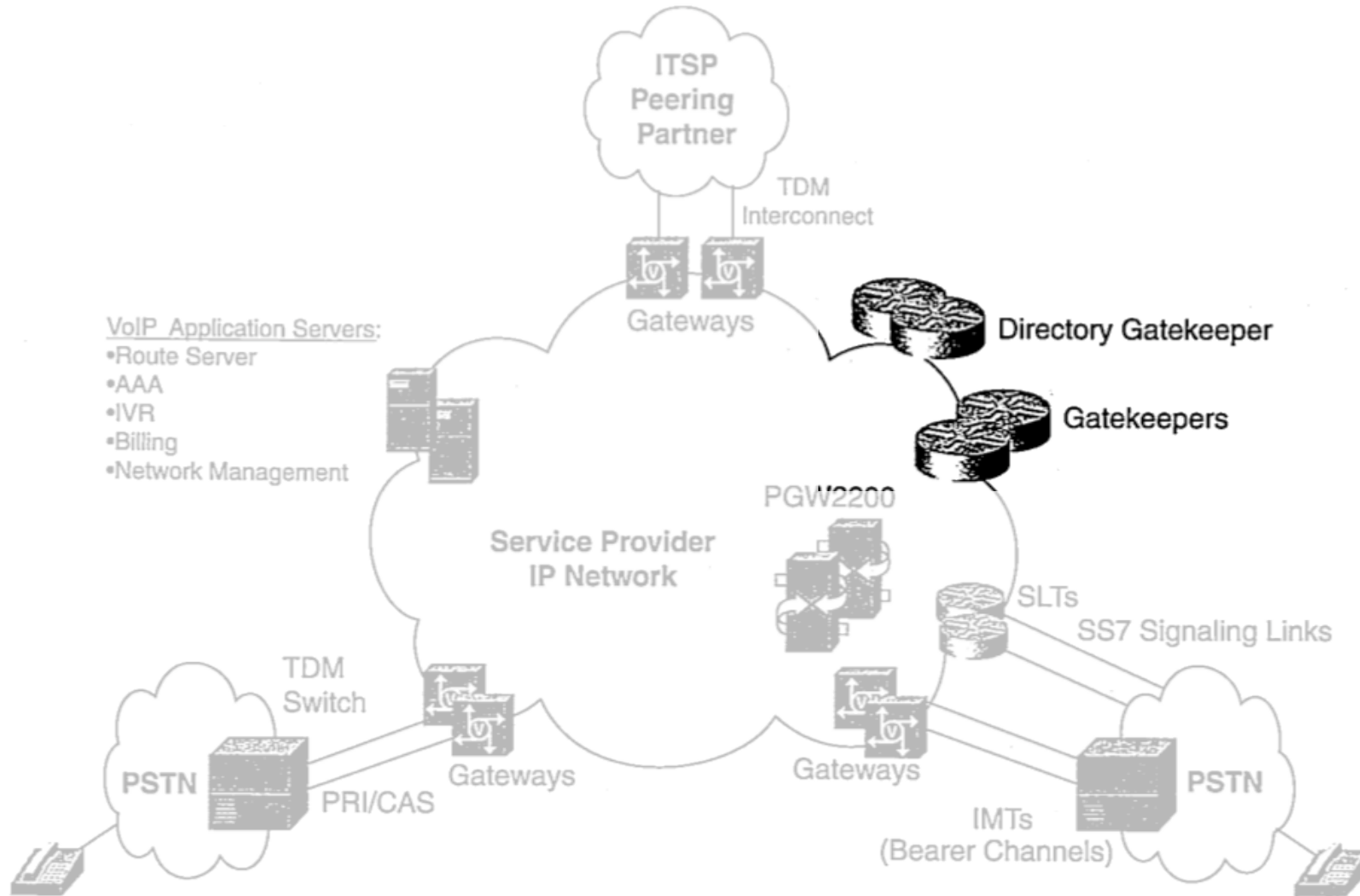


H.323 - Gateway

- Interconecta con otra red (normalmente la PSTN)
- Conversión de protocolos para establecimiento y liberación de llamadas
- Conversión de formato de datos
- En él especificar
 - Codec
 - Parámetros QoS
 - Voice activity detection
 - Silence suppression
 - Expansión o traducción de números

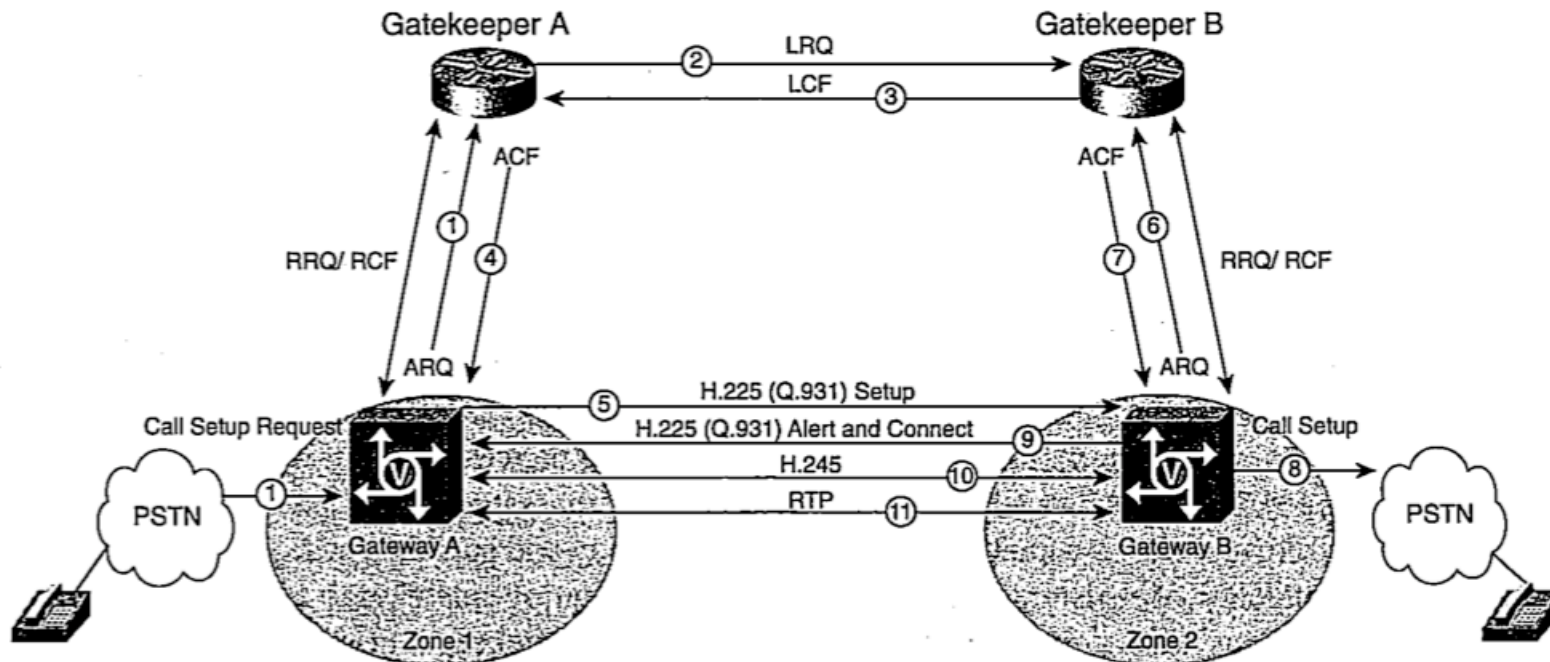


H.323 - Gatekeeper



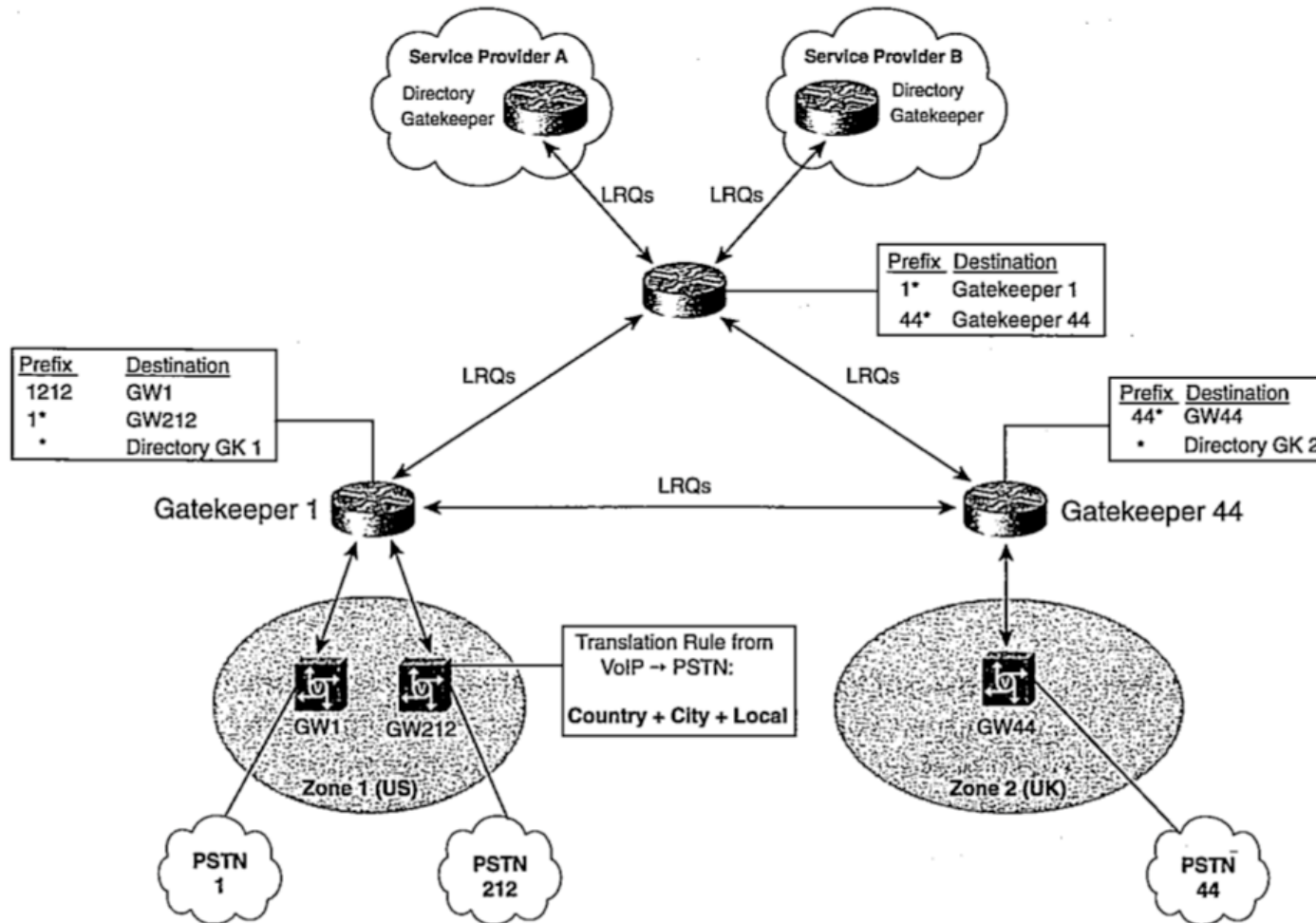
H.323 - Gatekeeper

- Call routing
- Decide a qué *gateway* (GW) dirigir qué llamadas
- Gestiona los GWs en su zona
- GWs se registran en un *gatekeeper*
- Normalmente localizado en un POP junto a los GWs
- Conoce los recursos (DS0, DSPs) libres en los GWs
- Para localizar al GW destino puede requerir colaboración de otros *gatekeepers*



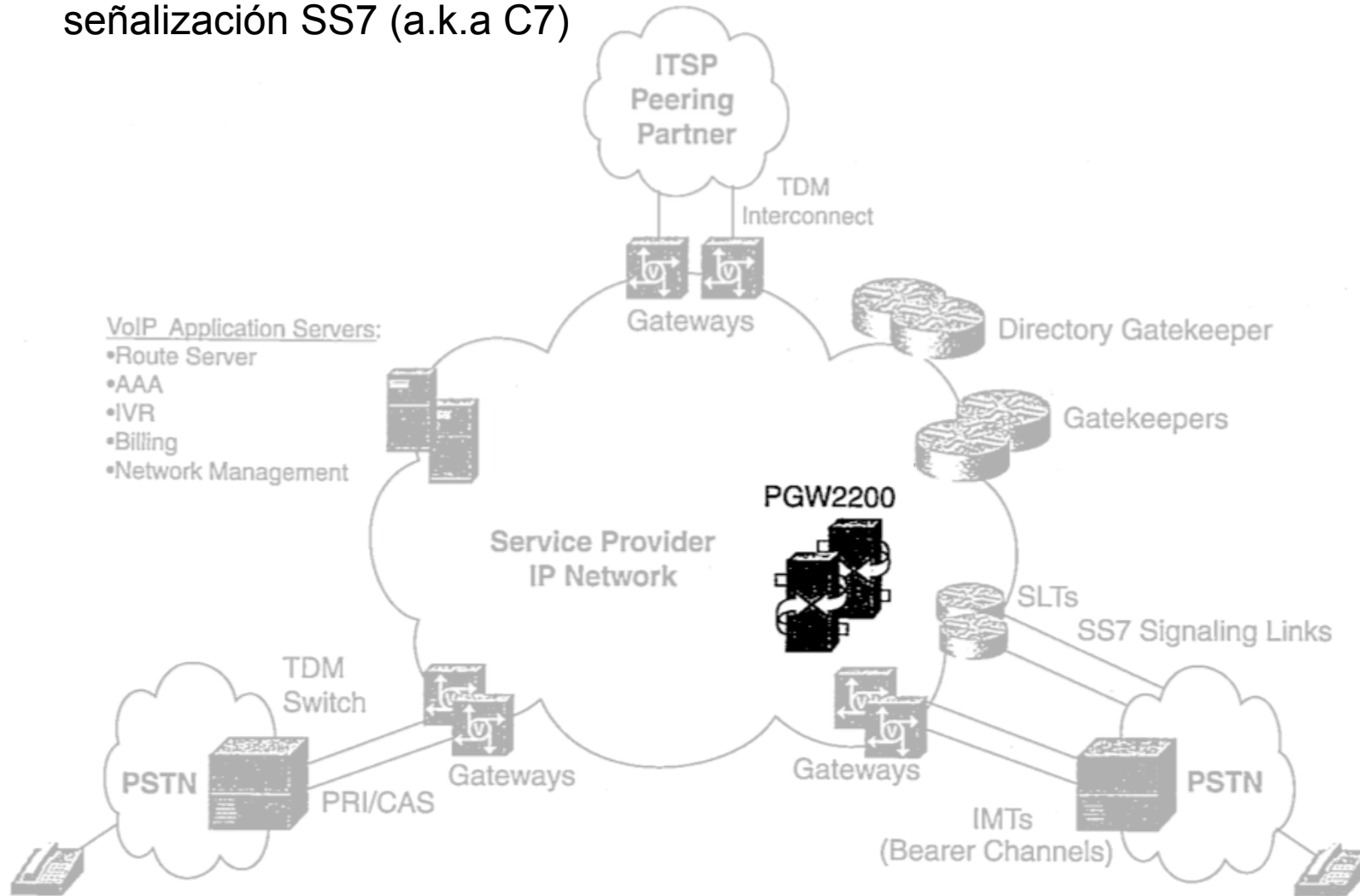
H.323 - Directory Gatekeeper

- Otro nivel en jerarquía de encaminamiento de llamadas
- Evita que cada gatekeeper deba conocer los prefijos que atienden los demás



H.323 - Señalización SS7

- Interconectarse con la PSTN puede requerir procesar señalización SS7 (a.k.a C7)
- Servidores procesan dicha señalización y controlan GWs



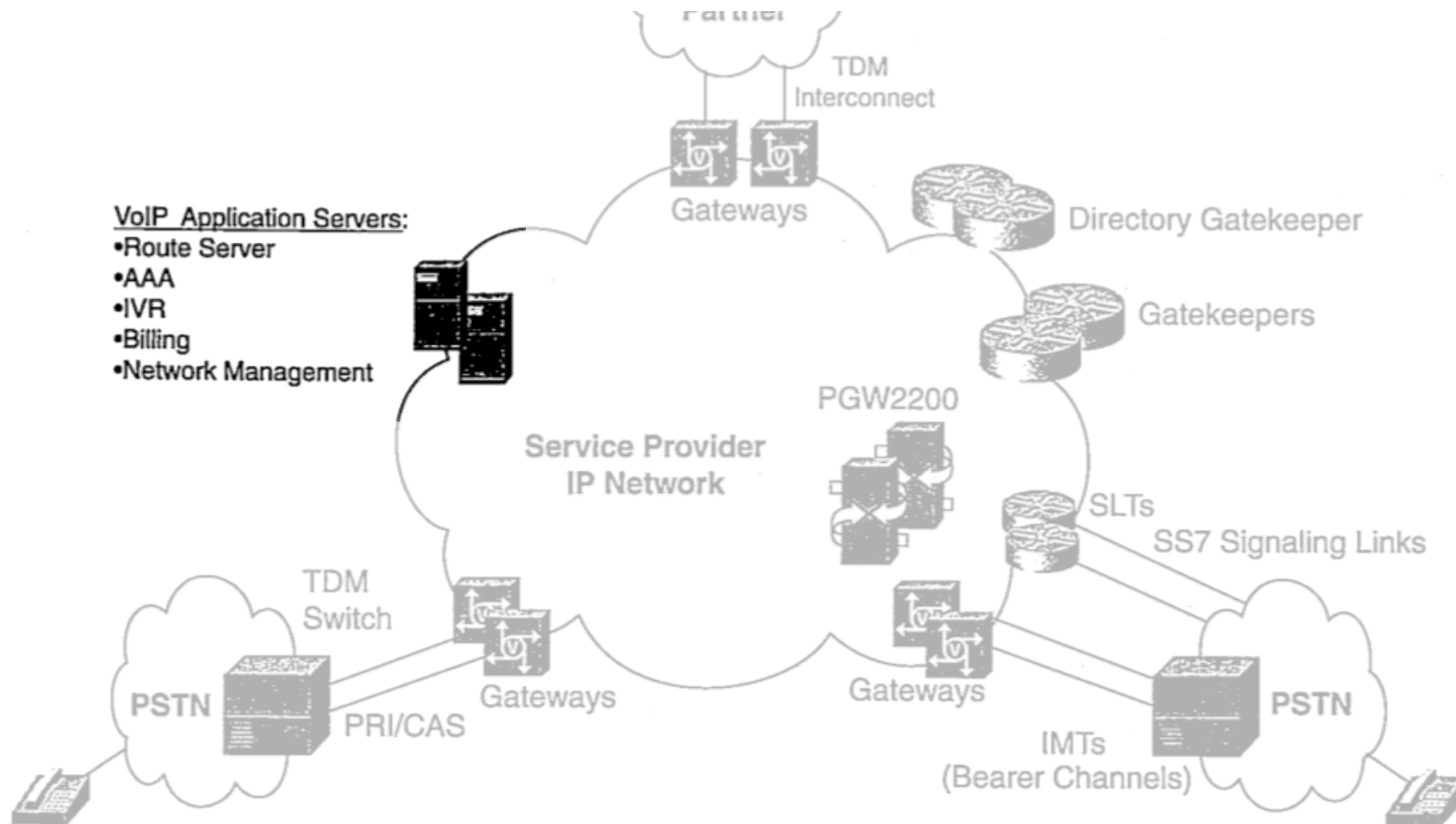
H.323 - Application Servers

Ejemplo: Facturación

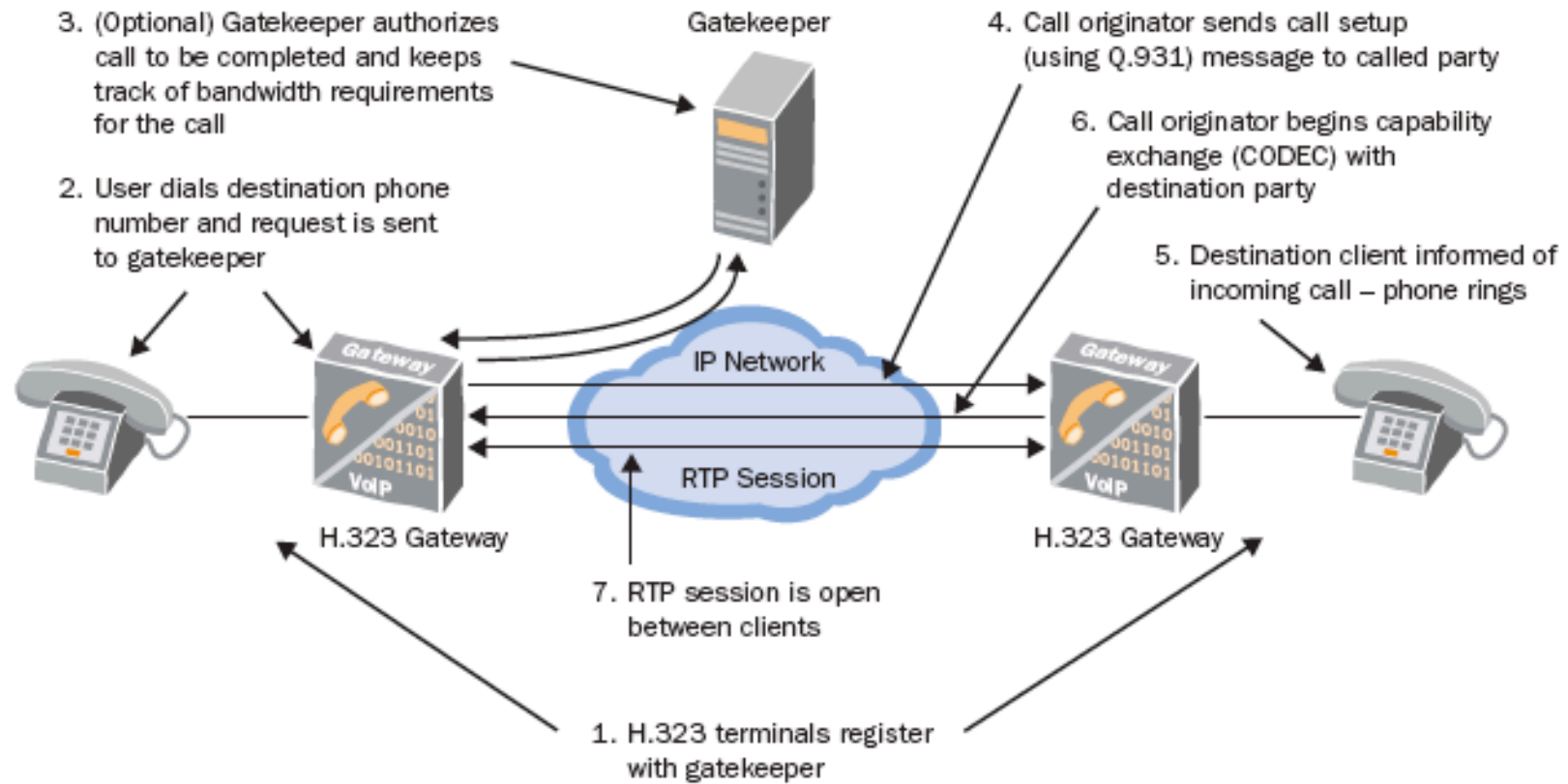
- CDRs (Call Detail Records) están en cada *gateway*
- Enviados a un servidor RADIUS

Ejemplo: Network Management

- Fault, configuration, accounting, performance, security management



H.323 - Funcionamiento



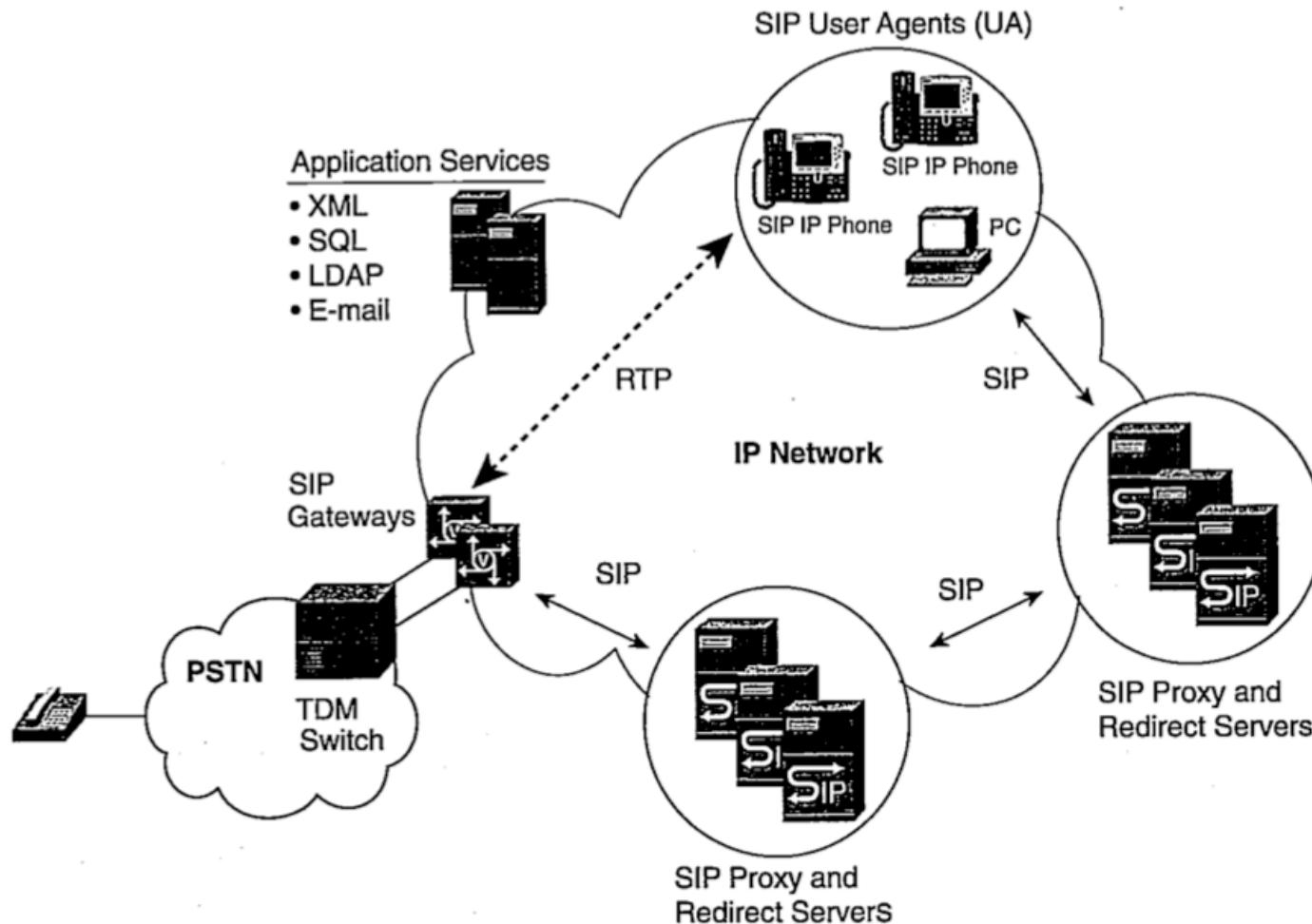


SIP



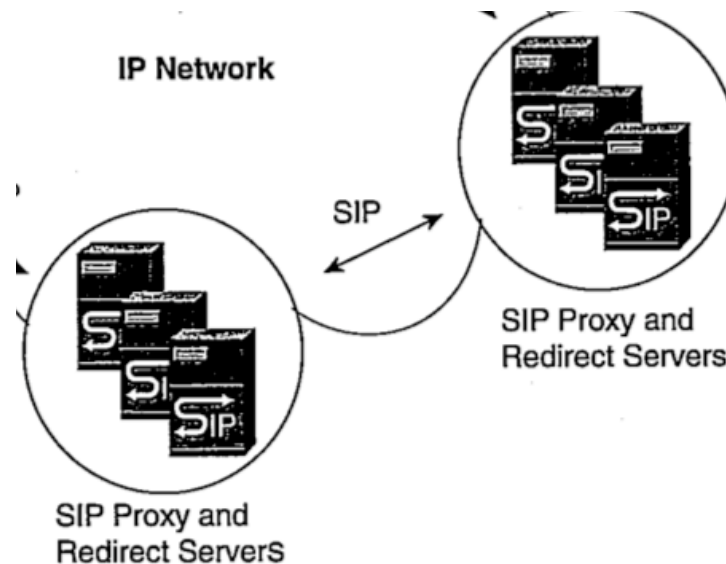
SIP

- Session Initiation Protocol (RFC 3261)
- User Agents (UAs): inician o terminan diálogos SIP
- Intermediarios (proxy server, redirect server)

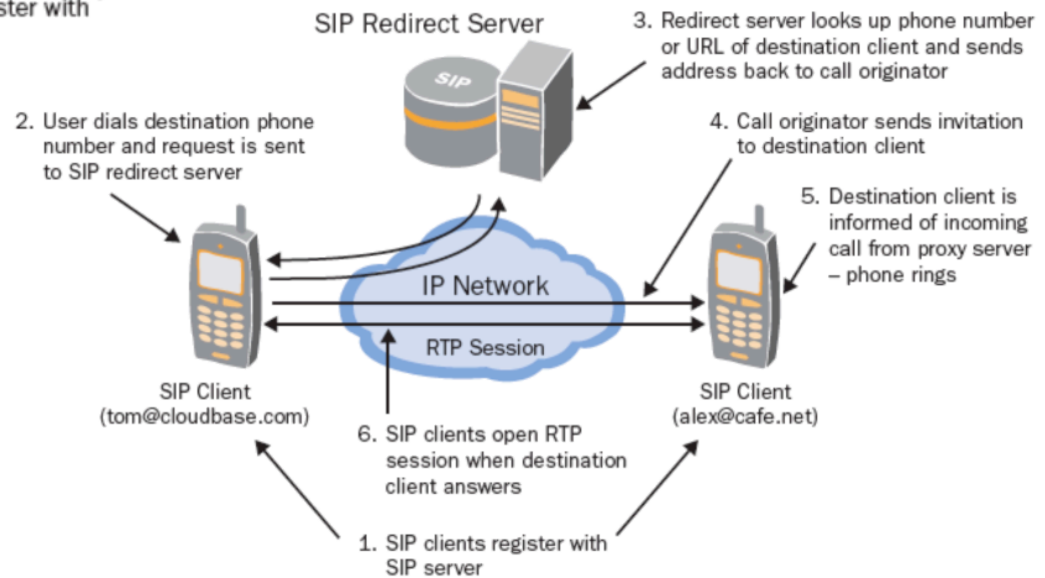
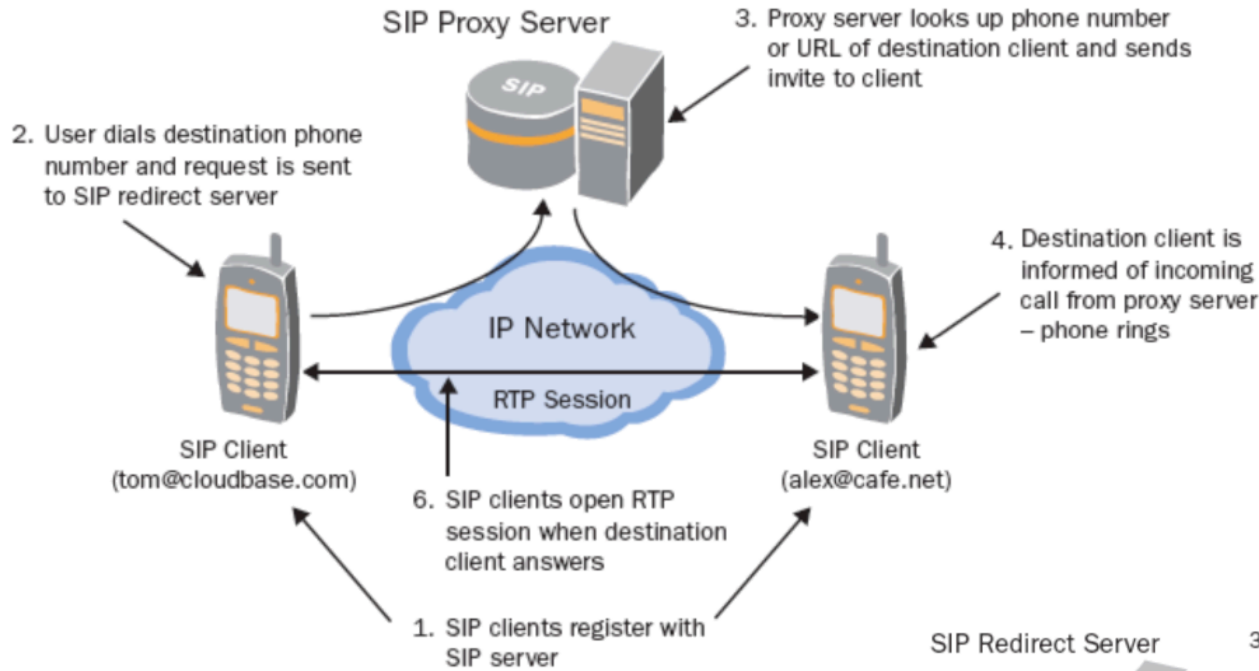


SIP - Servidores

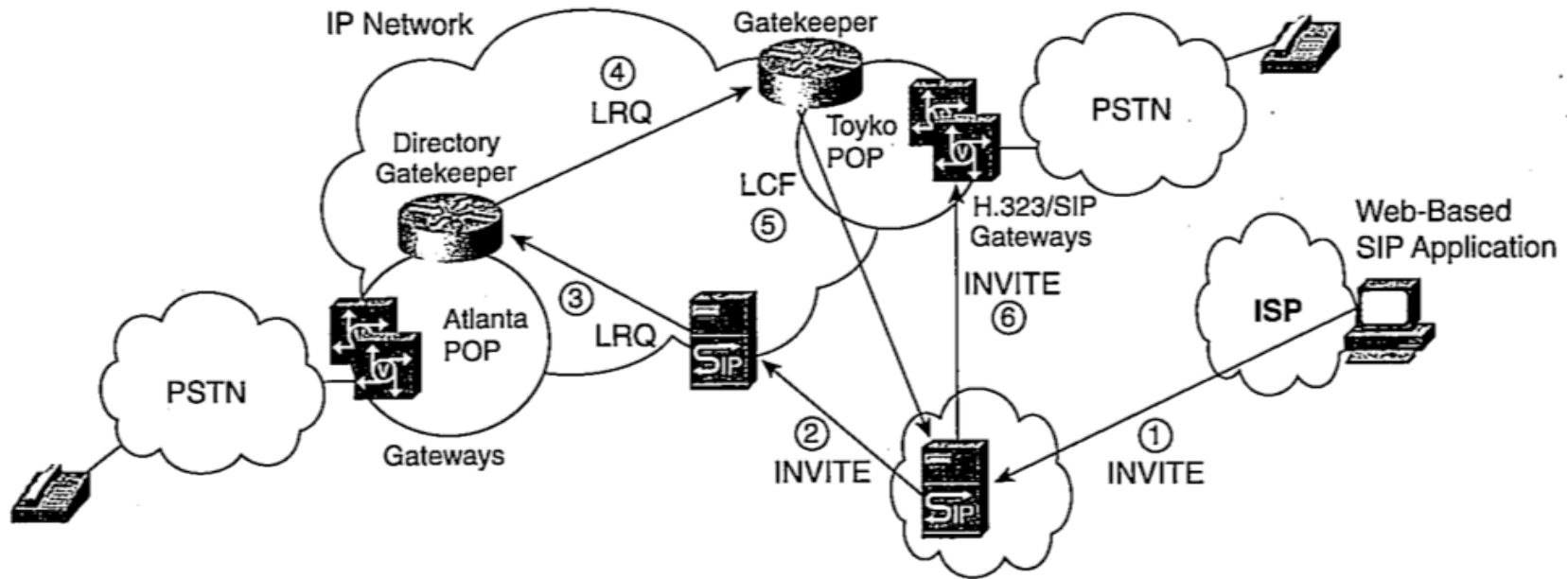
- Registrar server
 - User Agents registran su localización (dirección IP)
- Proxy server
 - Recibe mensajes SIP y los reenvía al siguiente servidor
 - Puede hacer autenticación, autorización y encaminamiento de llamada
 - Es análogo al *gatekeeper* H.323
 - Solo ve la señalización de establecimiento, a menos que haga un Record-Route (así puede ver la finalización de la llamada)
- Redirect server



SIP - Funcionamiento



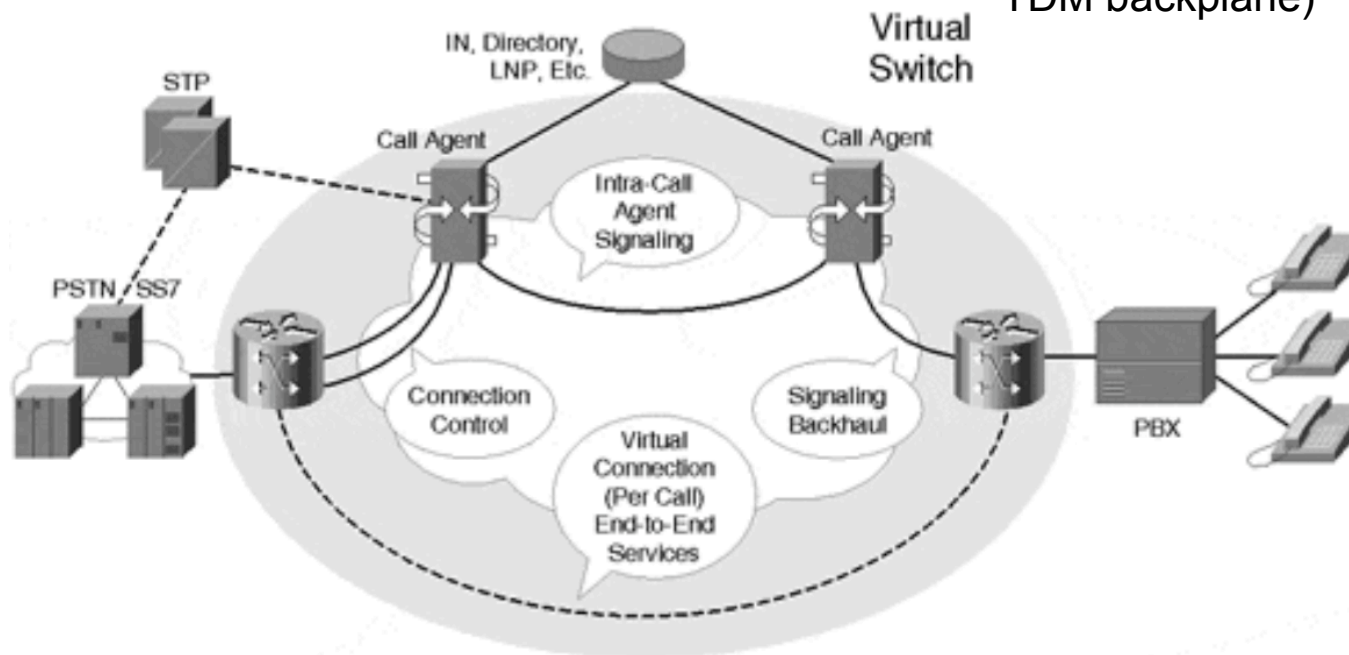
H.323 + SIP



MG Controllers

MGCP

- RFC 3435
- Elementos
 - Call Agents: inteligencia/control
 - Media gateways: media functions (ej: conversión de voz TDM a VoIP)
- Si hay varios Call Agents deben actuar sincronizadamente (no está en el estándar cómo)
- Endpoints:
 - Fuentes o sumideros de datos
 - Físicos (interfaz con teléfono POTS) o virtuales (audio content server)
- Conexiones:
 - Punto a punto o multipunto
 - Sobre redes portadoras (RTP/UDP/IP, AAL1-2/ATM, TDM backplane)



H.248 / Megaco

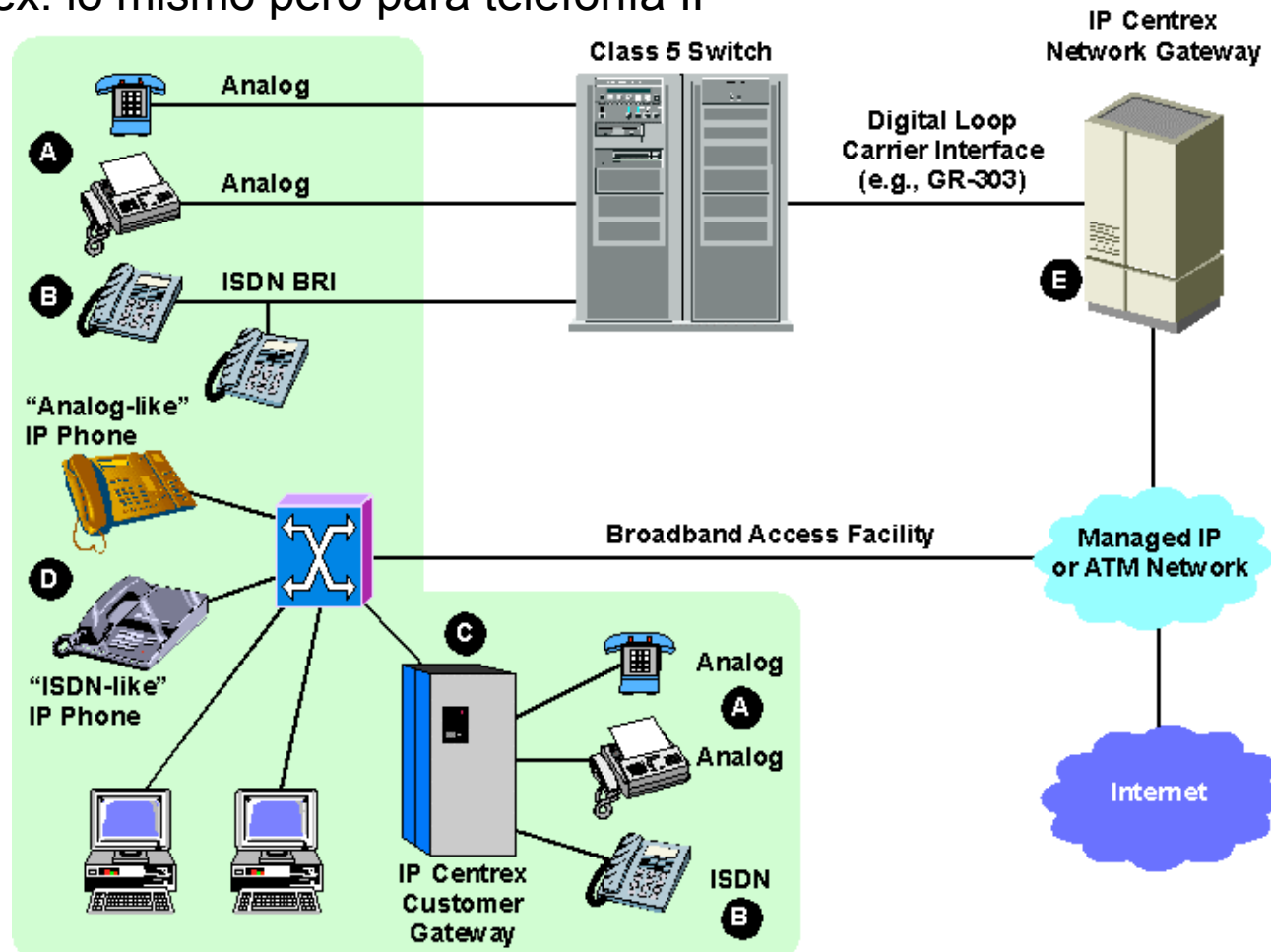
- Originalmente RFC 3525, ahora obsoleta y controlado el estándar por la ITU-T
- Similar a MGCP
- Diseñado par trabajar no solo con VoIP sino también con VoATM y VoFR

IP Centrex

Centrex e IP-Centrex

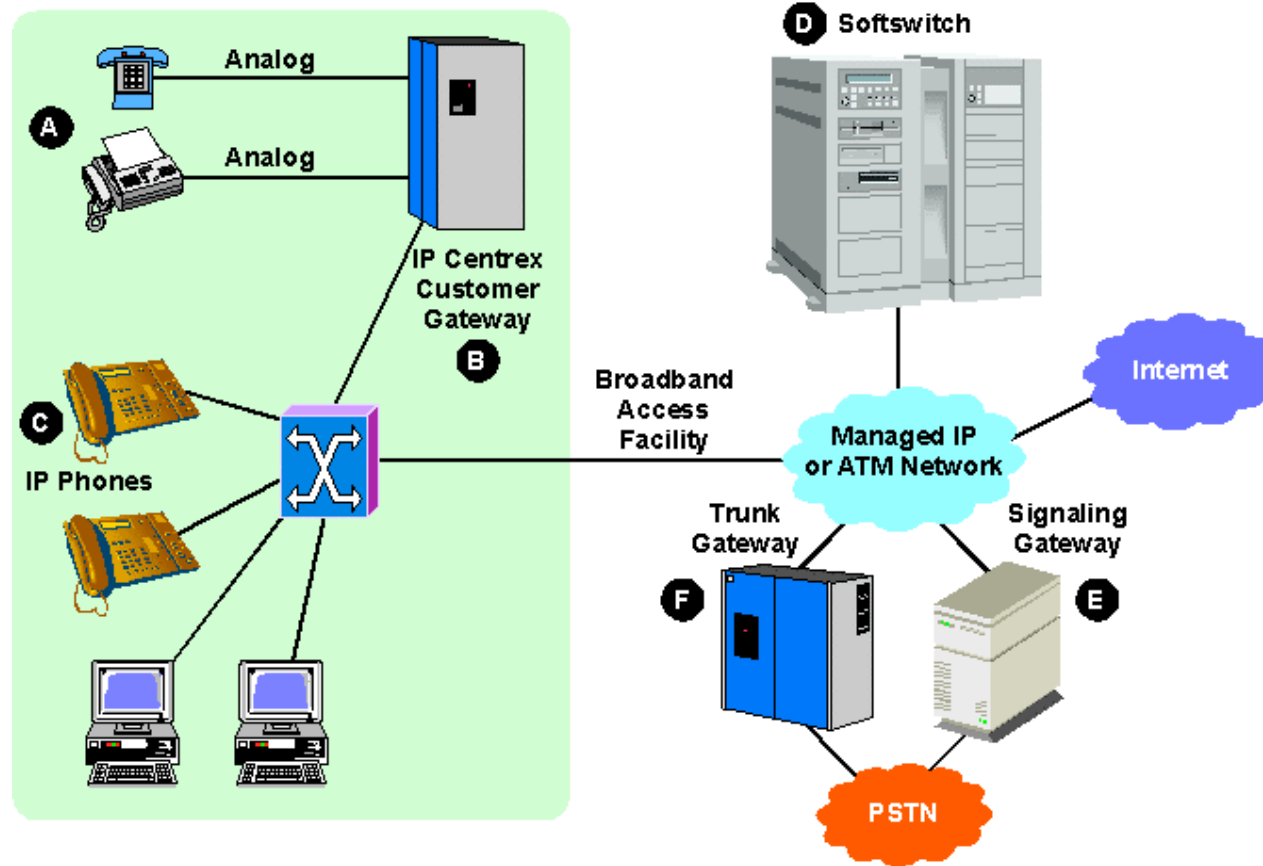
- Soluciones (generalmente de voz) donde el equipo de control/servicio es gestionado por el proveedor, se encuentra en su sede (*Outsourcing*) y es suyo
- IP Centrex: lo mismo pero para telefonía IP

Con Switch class 5



Centrex e IP-Centrex

Con Softswitch



TDM → VoIP

Cuestiones

- ¿Qué arquitectura de red IP para soportar la migración?
- ¿Mecanismos de QoS requeridos?
- ¿Extensiones al OSS (Operations Support System) necesarios para mantener SLA para VoIP?
- ¿Herramientas para el despliegue a gran escala?
- ¿Cómo implementar la facturación?

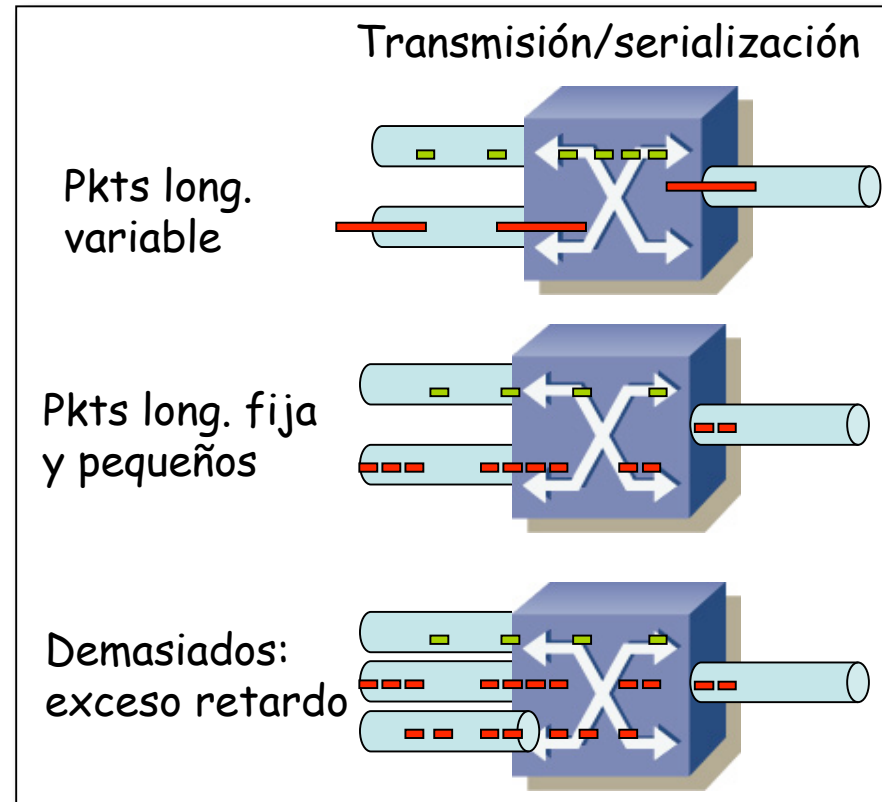
Necesidad de QoS

- ¿ Por qué no *overprovisioning* ?
- Necesita que no haya congestión en ninguna parte de la red
- Normalmente un proveedor no lo puede garantizar
- No puede predecir el patrón de tráfico de sus usuarios
- Si la red combina voz y datos se agrava

IP Network Characteristics

Delay

- End-to-end delay
- Incluye:
 - Codec
 - Cola
 - Transmisión (serialización)
 - Conmutación
 - Propagación
 - Jitter buffer

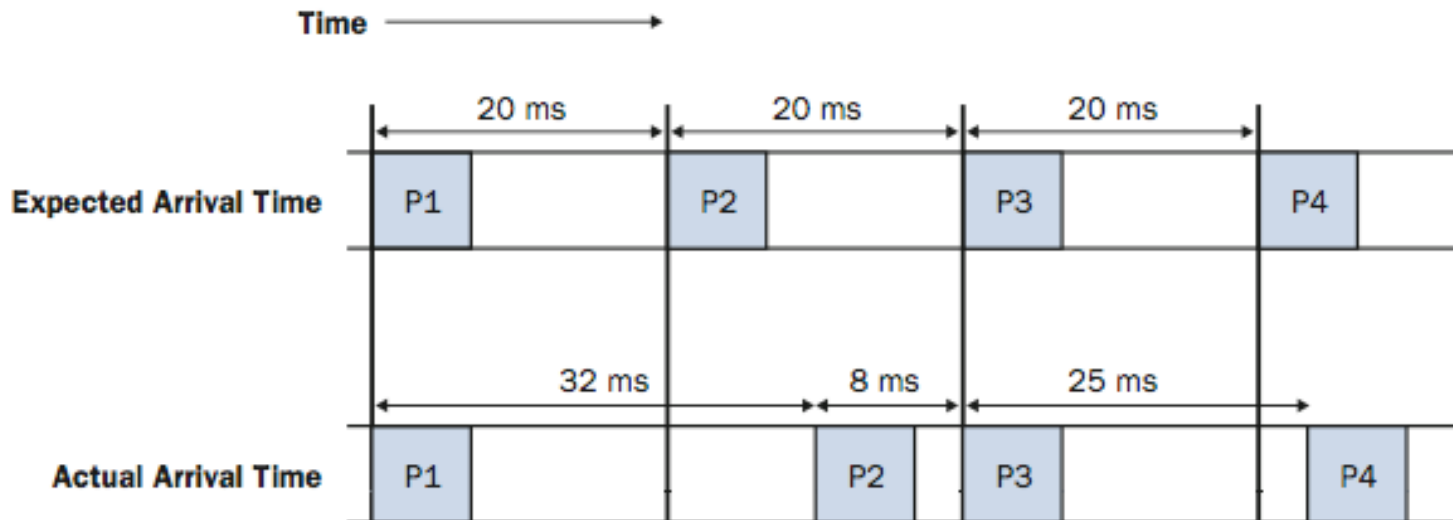


- ITU-T G.114: máx 150 mseg (200 mseg aceptables)
- PDD = Post Dial Delay
 - Entre marcar el último número y que suene el otro teléfono
 - 1-2 seg para llamadas nacionales, 4+ seg para internacionales

IP Network Characteristics

Jitter

- Jitter buffer en el receptor
- En una red con jitter alto se necesita un jitter buffer grande
- Jitter buffer afecta al end-to-end delay
- Normalmente jitter buffer en torno a 50-60 mseg
- Que el de la red esté por debajo de unos 30 mseg



IP Network Characteristics

Packet Loss

- Causa cortes, diseñar para 0 pérdidas (<1%, *Toll Quality*)
- < 3% calidad suficiente para VoIP empresarial
- Codecs usan diferentes técnicas de PLC (Packet Loss Concealment) pero solo son efectivas para menos de 20 mseg de pérdidas (algunos hasta 30-40 mseg)

Bandwidth

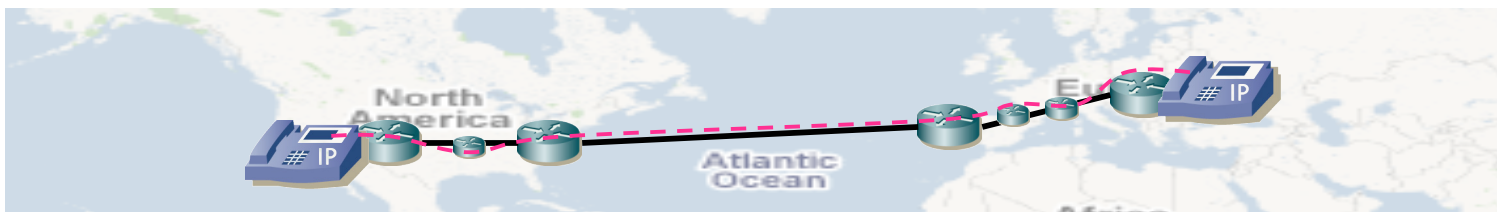
- 21-320 Kbps de BW garantizado por cada llamada

Desorden

- Normalmente si los paquetes siguen diferentes caminos (ej: load balancing)
- Se reordenan en el *jitter buffer*, si no es suficiente es como una pérdida

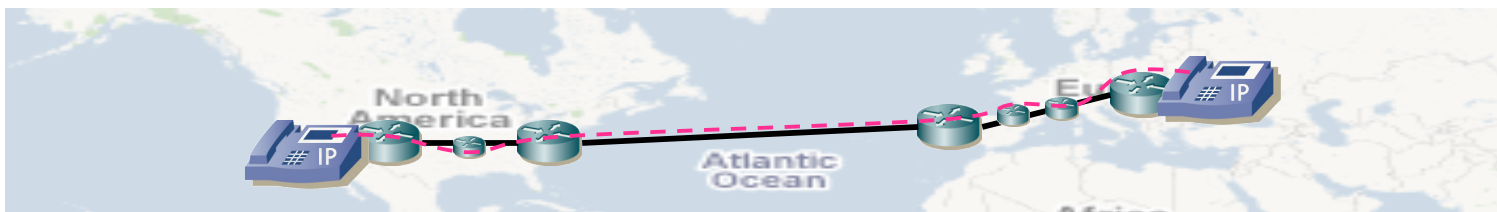
Ejemplo: end-to-end delay

	mseg	Quedan
Delay Budget	150	
Retardo de codificación	20	130
Paquetes por ejemplo de 206 Bytes (G.711 sobre Ethernet, 87,2 Kbps)		
Enlaces de acceso de 512 Kbps, tiempo de transmisión aprox.	3	127
Caso peor encuentra un paquete de MTU empezando a transmitirse	23	104
En el camino un 2 Mbps		
Por ejemplo otros 2 routers en europa + internacional $3 \times \text{Transmisión} = 3 \times 0,8$	2,4	101,6
Propagación intra-europea aprox.	10	91,6
Propagación transatlántica aprox.	40	51,6
Por ejemplo un router en USA + internacional $2 \times \text{Transmisión} = 2 \times 0,8$	1,6	49
Propagación en USA, por ejemplo	5	44
Enlaces de acceso de 512 Kbps, tiempo de transmisión aprox.	3	41
Jitter buffer aprox.	40	1



Ejemplo: end-to-end delay

- ¿ Si en vez de una llamada son 2 ?
- $2 \times 87,2 \text{ Kbps} = 174,4 \text{ Kbps} < 512 \text{ Kbps}$
- En el peor caso en el router de acceso ha de esperar por el paquete de la otra llamada
- - 3 ms que no tenemos en el *budget* !!
- Reducir *jitter buffer* : necesitamos mejor SLA
- El jitter tendrá una componente debida a otros paquetes que se encuentre delante en otros saltos
- ¿ Y si queremos encriptación (VPN) ? Añade más retardo de codificación/decodificación



Otras tecnologías para voz en MAN/WAN

VoIP y DiffServ

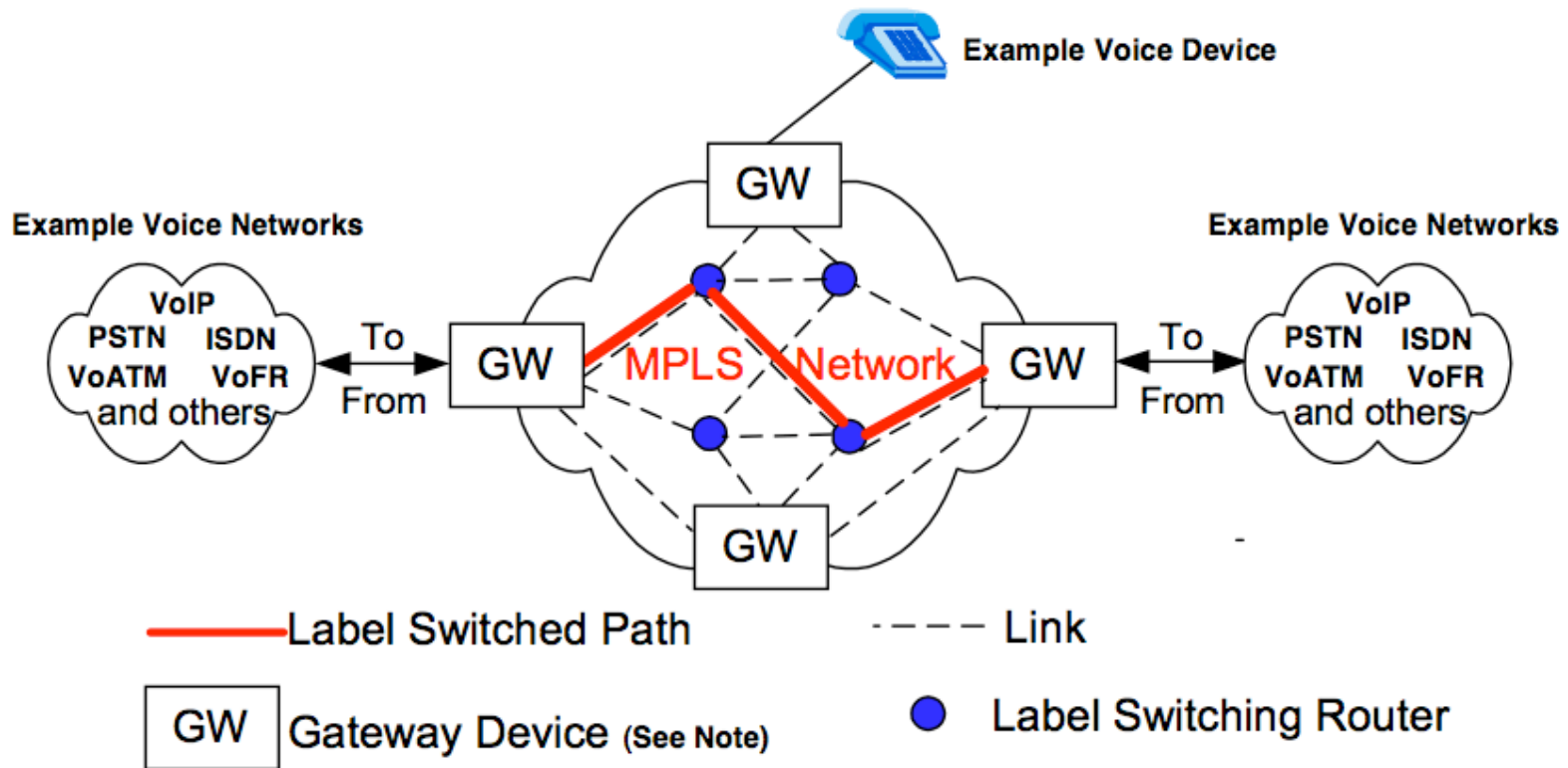
- Expedited Forwarding (EF)
- Clasificación en función de interfaz, puertos TCP/UDP, IP Precedence, DSCP, direcciones IP, etc
- Marcado en DSCP 101110 (IP Precedence 5)
- Planificador con prioridad (PQ, LLQ)
- Usar mecanismos de AQM solo para el tráfico de datos
- Señalización
 - DSCP CS3 o AF31 (cuidado, drops)
 - En torno a 150 bps garantizados por llamada
- Limitar la cantidad de voz con CAC (si es caso limitar local al nodo con policer)
 - Local CAC
 - El propio gateway determina si tiene suficientes recursos
 - Si tiene suficiente memoria o DSP para soportar la llamada
 - Network CAC
 - Validar que la red tiene suficientes recursos
 - Retardo, pérdidas y jitter
 - Si no hay camino con calidad entonces usar la PSTN (PSTN fallback)
 - RSVP

Voz y MPLS

- MPLS-TE
- Establecer túneles entre los extremos que satisfagan unos requisitos
- Manual o RSVP-TE
- El plano de control debe permitir
 - Crear un nuevo LSP para VoMPLS
 - Usar un LSP ya existente multiplexando otro subcanal
 - Especificar o cambiar la QoS para un LSP
- Alternativas
 - Trunking entre gateways
 - Emulación de circuito TDM (TDMoMPLS)
- Diffserv-aware Traffic Engineering (DS-TE)
 - Permite crear 2 pools de BW para cada enlace
 - Uno de ellos para las reservas de la cola de prioridad

VoMPLS

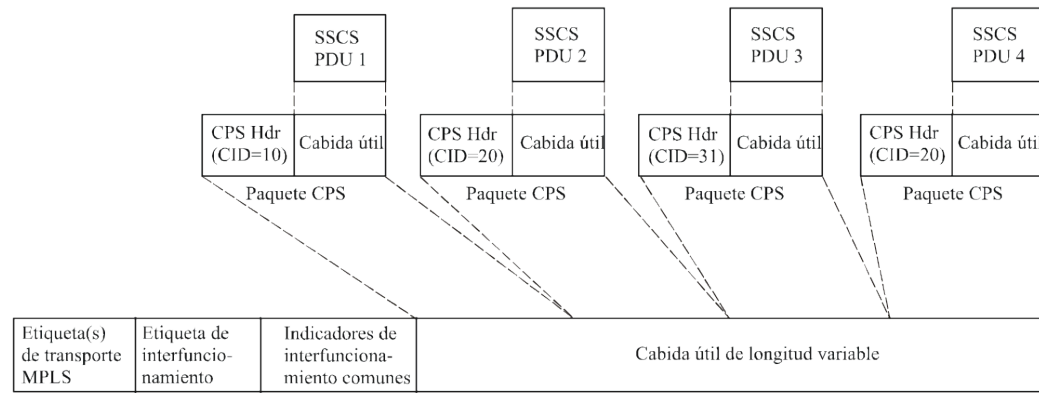
- ITU-T Y.1261 “Requisitos de servicio y arquitectura para servicios vocales por redes de conmutación por etiquetas multiprotocolo”



VoMPLS

ITU-T Y.1414 “Interfuncionamiento de los servicios vocales y las redes con conmutación por etiquetas multiprotocolo”

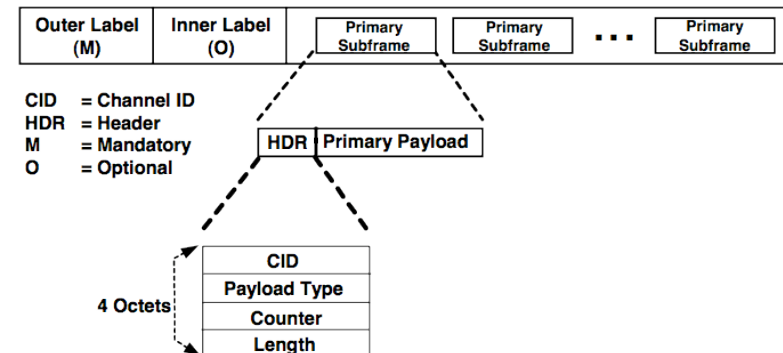
- Encapsulación de audio codificado en paquetes MPLS. Tres formas:
 - Voz sobre IP sobre MPLS (simple transporte de IP)
 - Voz sobre MPLS usando AAL2 (ITU-T I.366.2)



Y.1414_F10-1

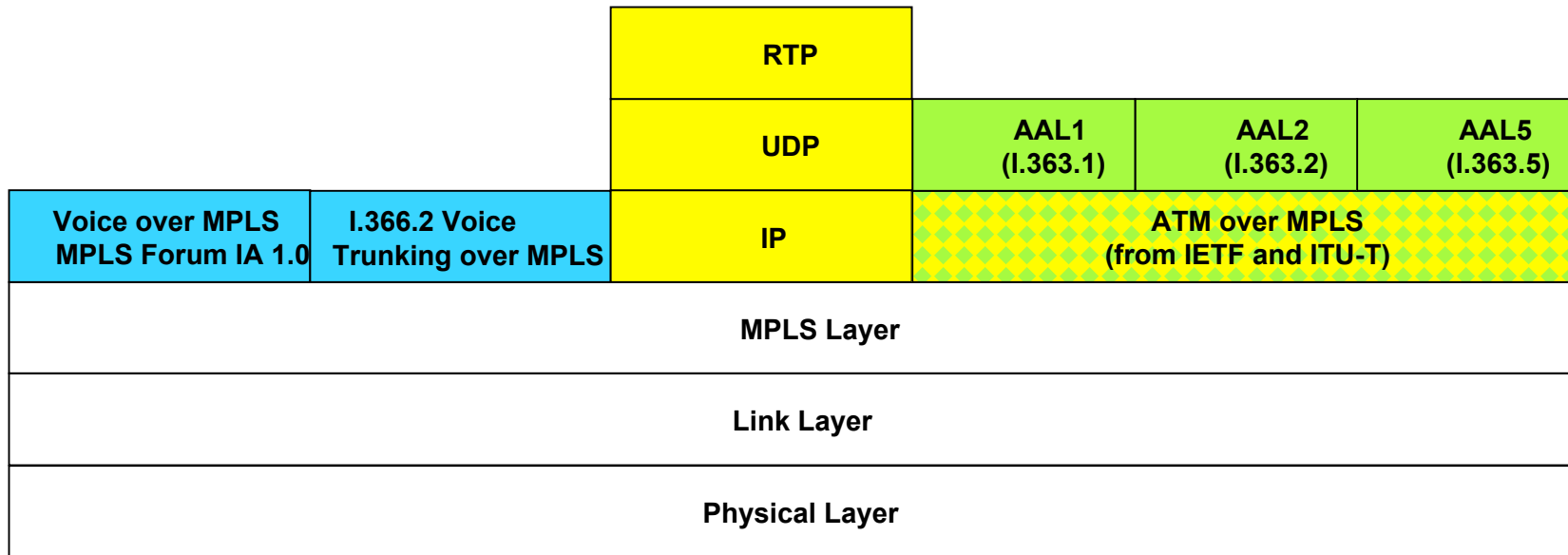
- MPLS Forum: “Voice over MPLS - Bearer Transport Implementation Agreement 1.0”

- Comprimida o sin comprimir
- Supresión de silencios
- Transporte de señalización
- CID = Channel ID, hasta 248



VoMPLS

Voice



Legend:

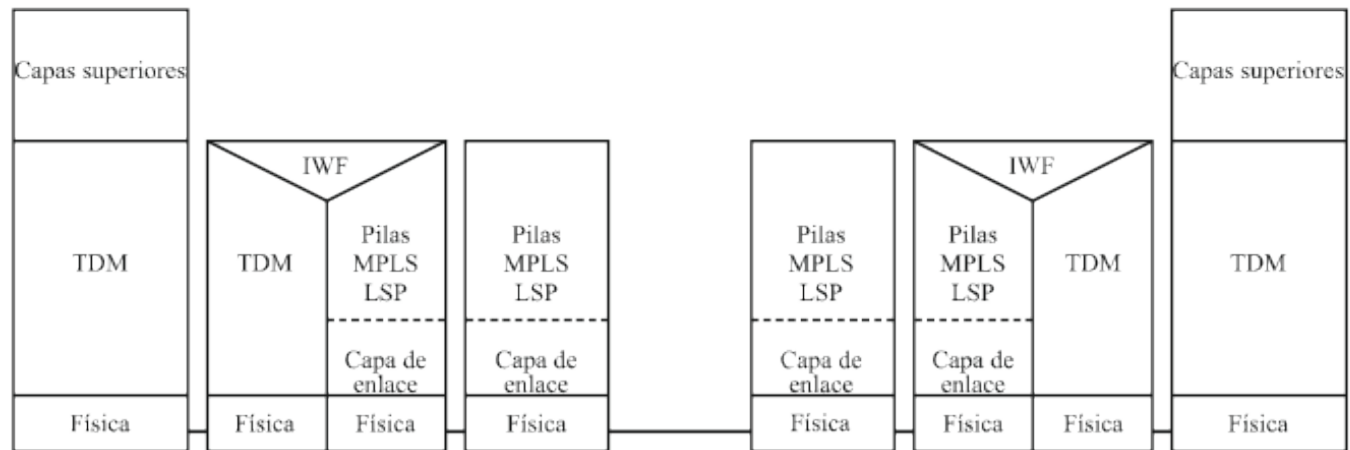
Alliance

IETF

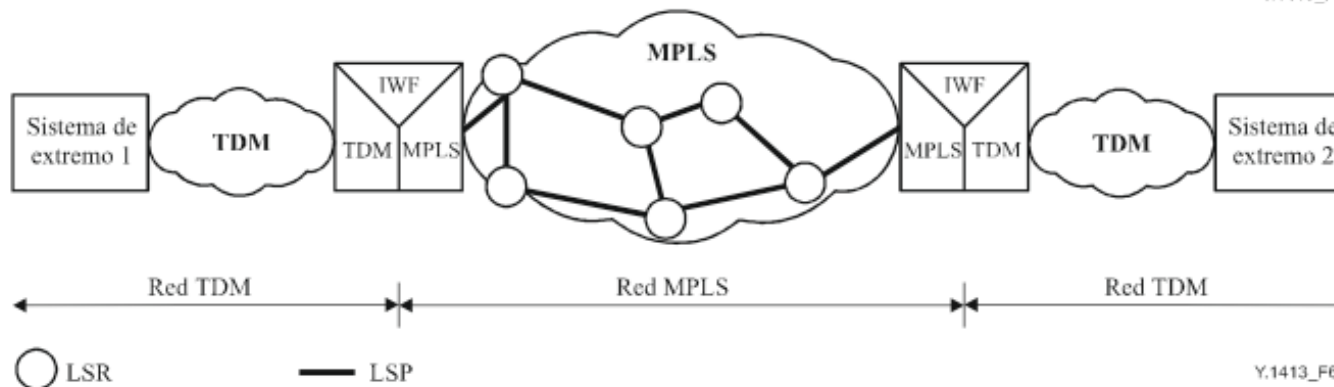
ITU-T

TDMoMPLS

- ITU-T Y.1413 “TDM-MPLS network interworking -- User plane interworking”
- TDM hasta T3/E3
- Temporización de señal externa o recuperada por métodos adaptativos
- Varias conexiones TDM pueden ir en el mismo LSP
- BW en el LSP (bidireccional) debe ser suficiente para todas



Y.1413_F6-3



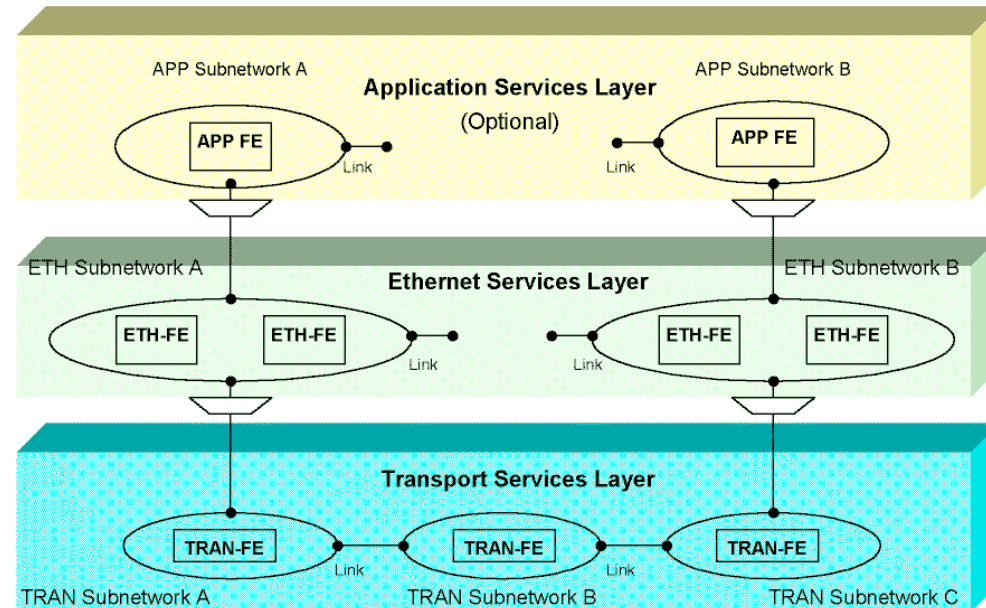
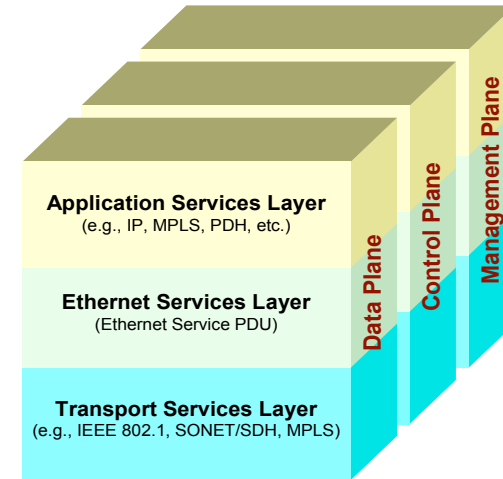
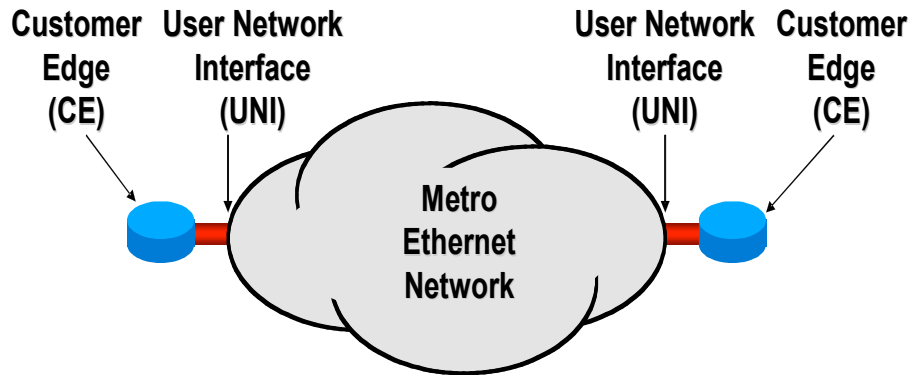
Y.1413_F6-1

TDMoMPLS

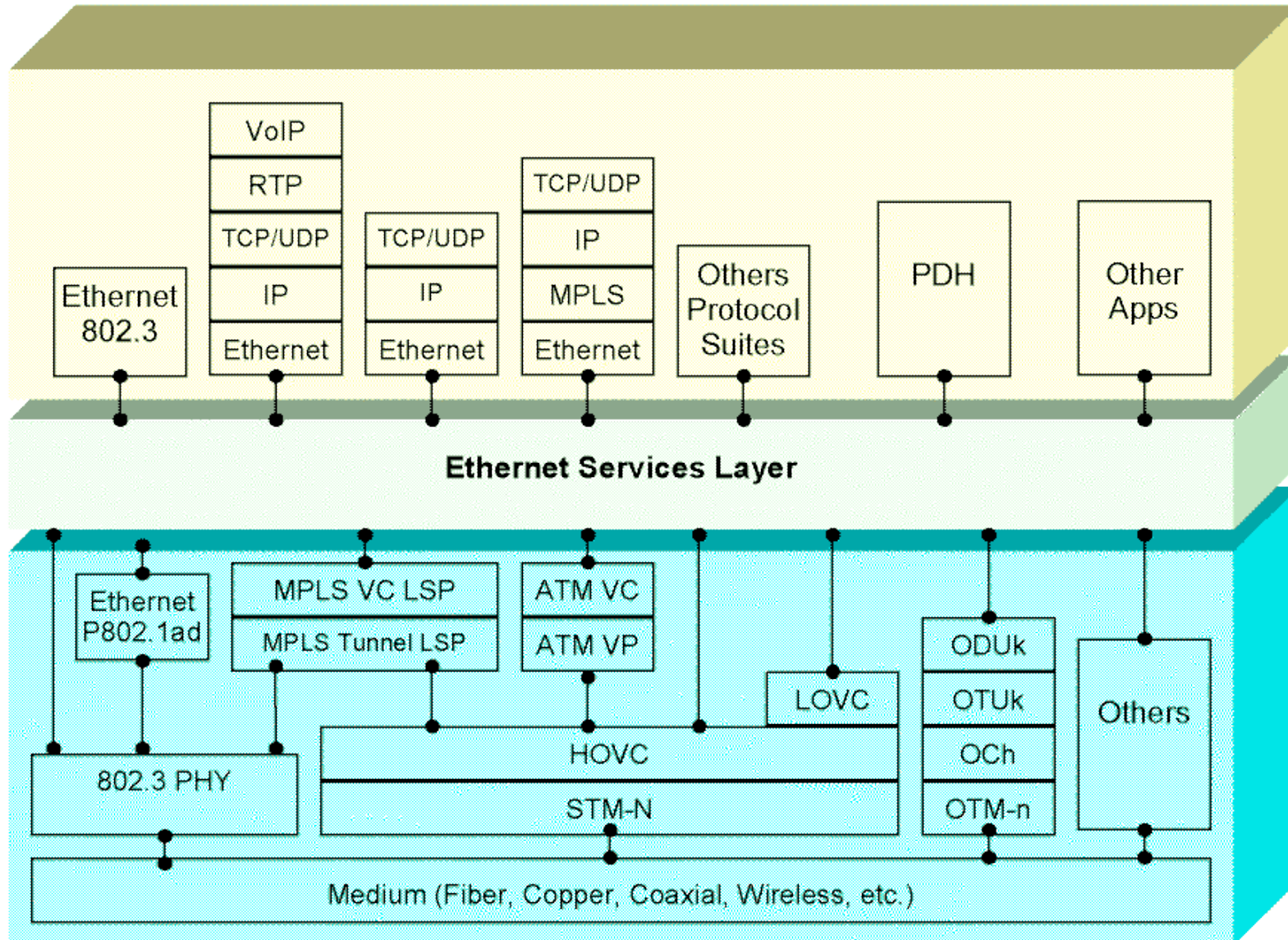
- Si emplea DiffServ entonces usará el PHB EF
- Si emplea IntServ entonces se usará el *Guaranteed Service* con reserva de BW adecuada
- Transporte agnóstico con respecto a la estructura
 - Ignora la estructura TDM
 - El número de bytes por paquete es configurable
- Transporte atento a la estructura
 - Puede usar AAL1

Metro/Carrier Ethernet

- Metro Ethernet Forum (MEF)
- Metro Ethernet Network (MEN)



Metro/Carrier Ethernet

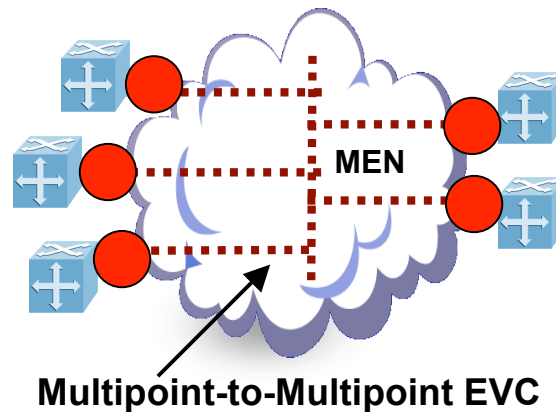


EVCs

- Ethernet Virtual Connection (EVC): asociación de puntos de referencia de usuario para la entrega de un flujo Ethernet
- Dos tipos de EVC
 - Punto-a-punto

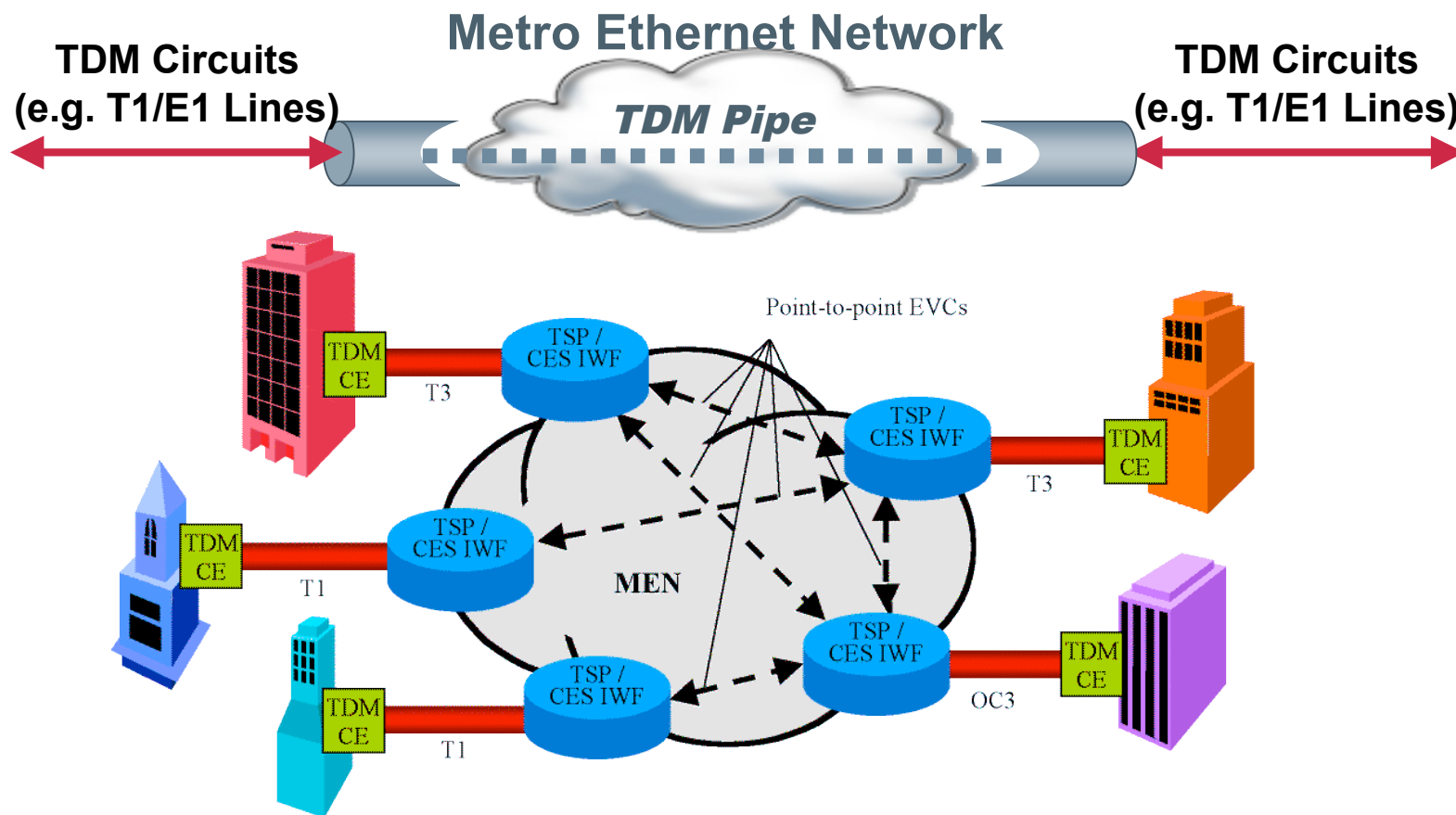


- Multipunto-a-multipunto (punto-a-multipunto es un caso particular)

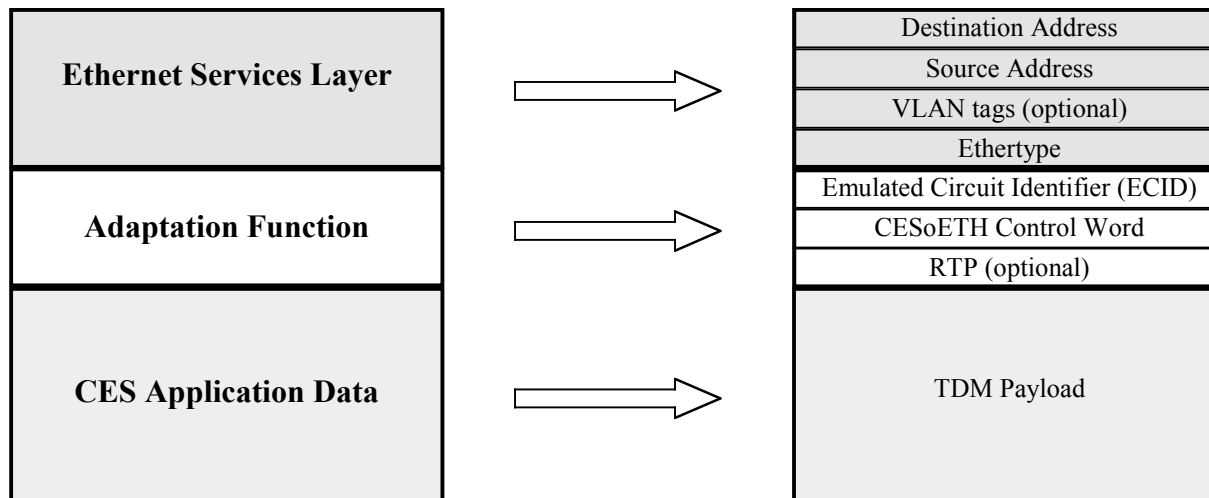
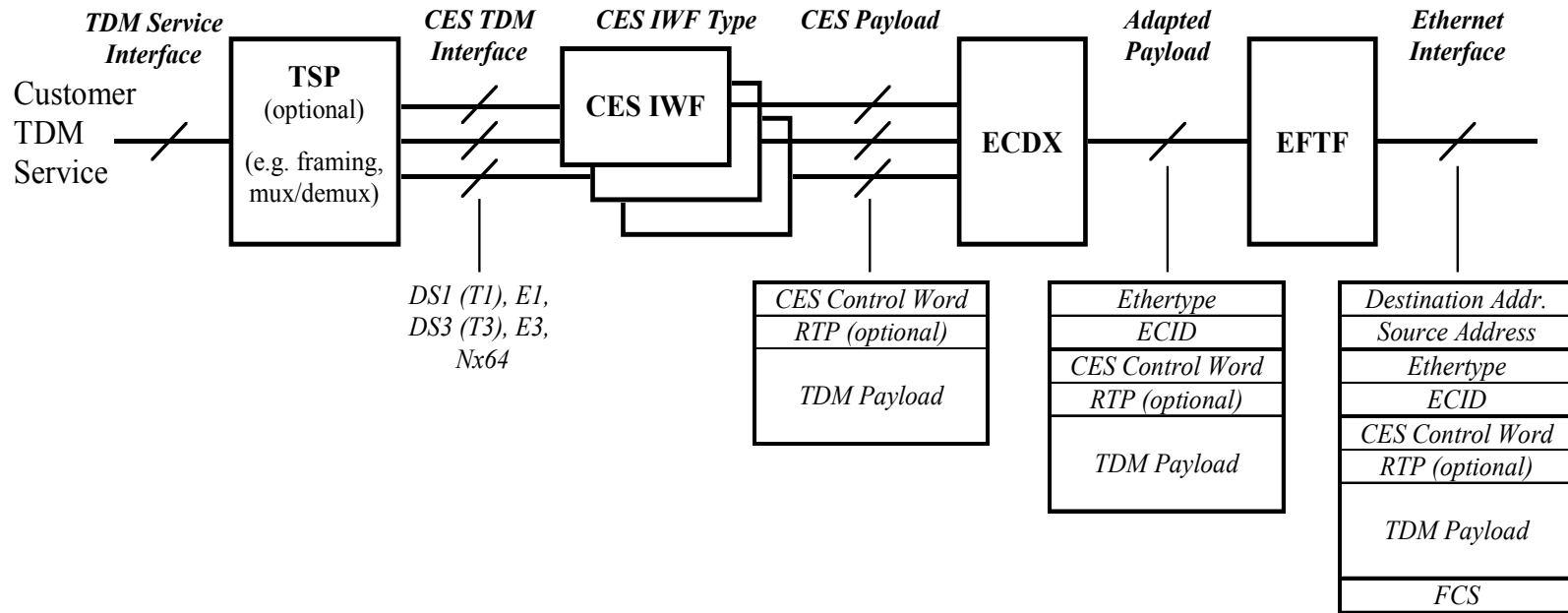


CESoETH

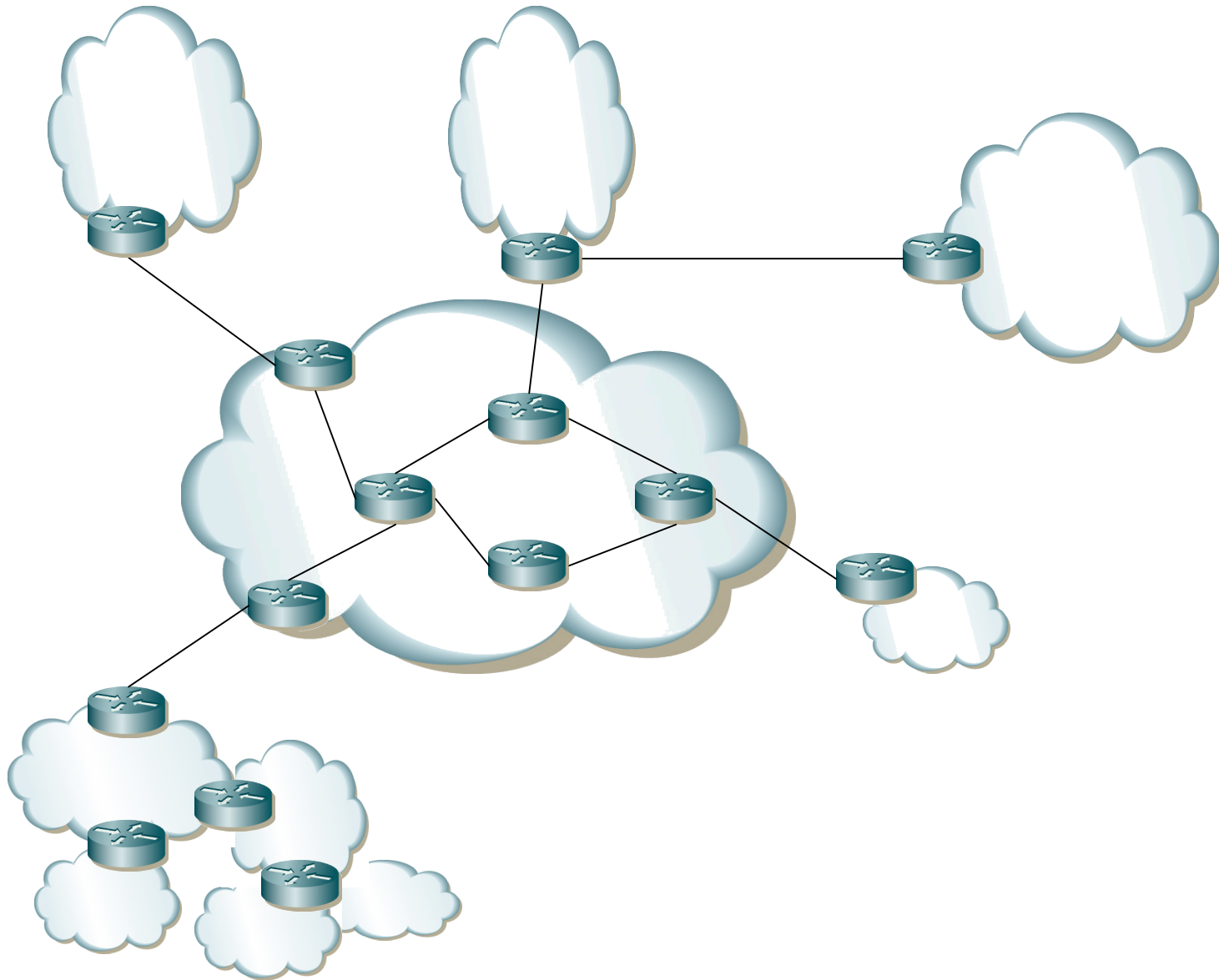
- Circuit Emulation Service (CES). TDM Line (T-Line) Service
- Transporte de circuitos TDM por la MEN
- Tanto PDH (Nx64, T1/E1, T3/E3) como SONET/SDH (STS-1, STM-1, STS-3, STM-3, STM-4, etc.)
- Múltiples circuitos CES pueden utilizar la misma EVC

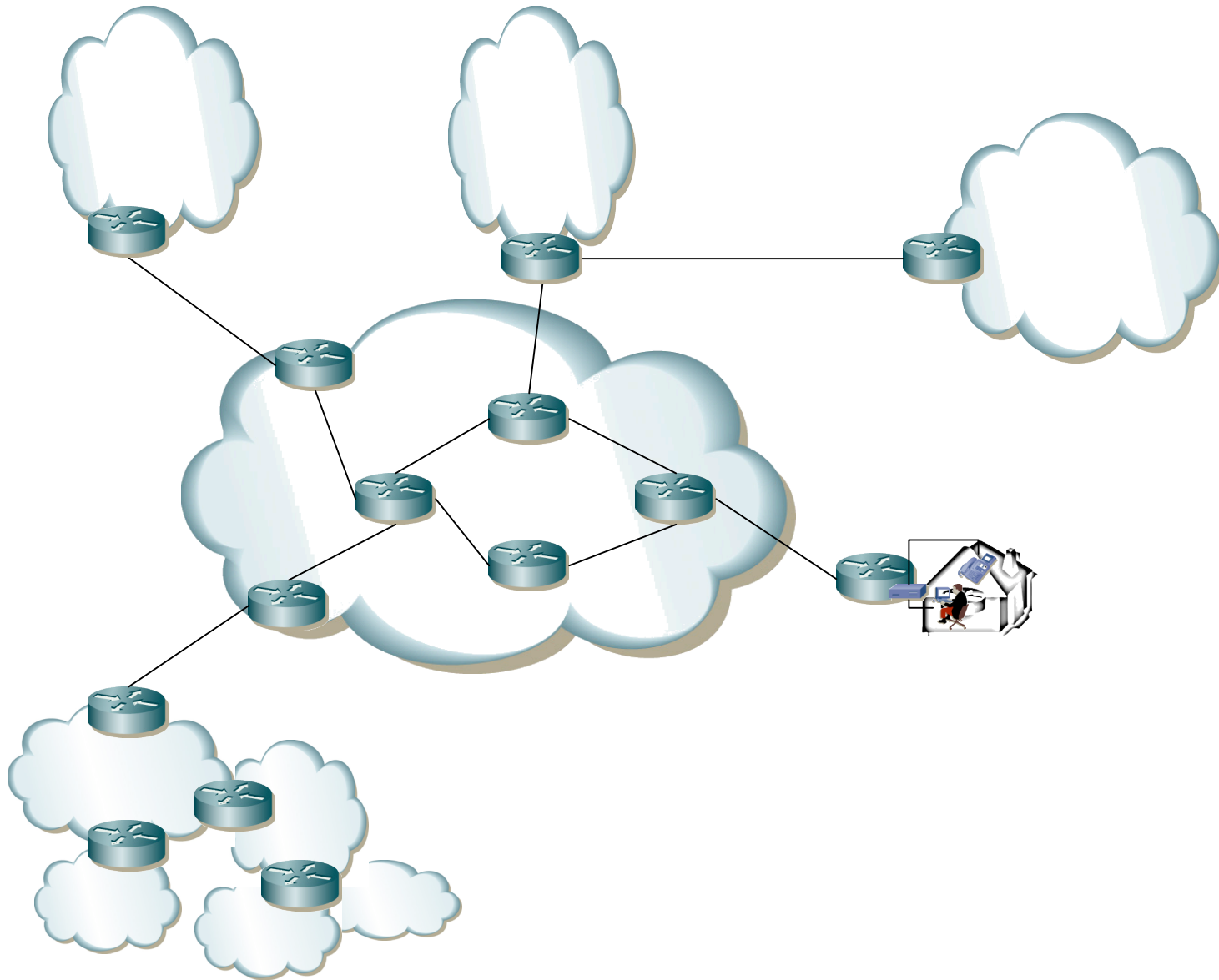


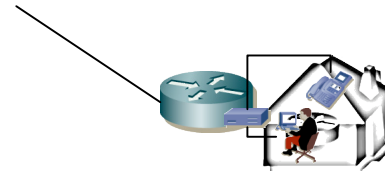
CESoETH



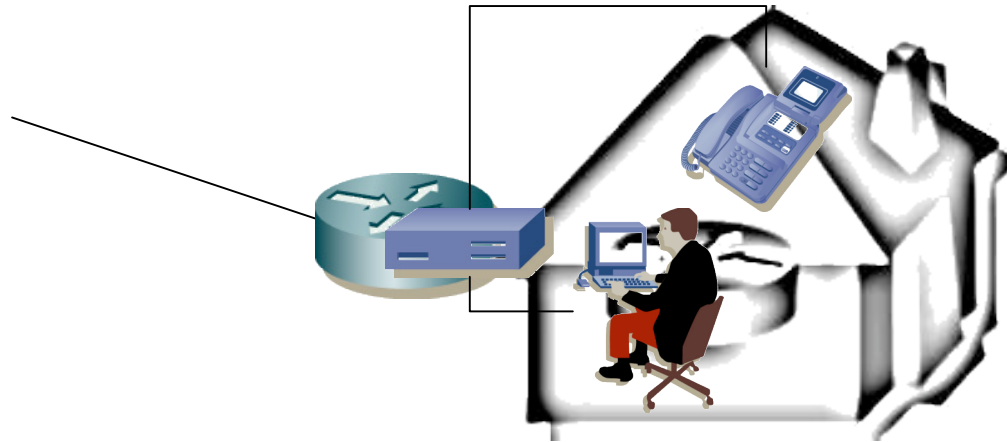
Bucle local ADSL



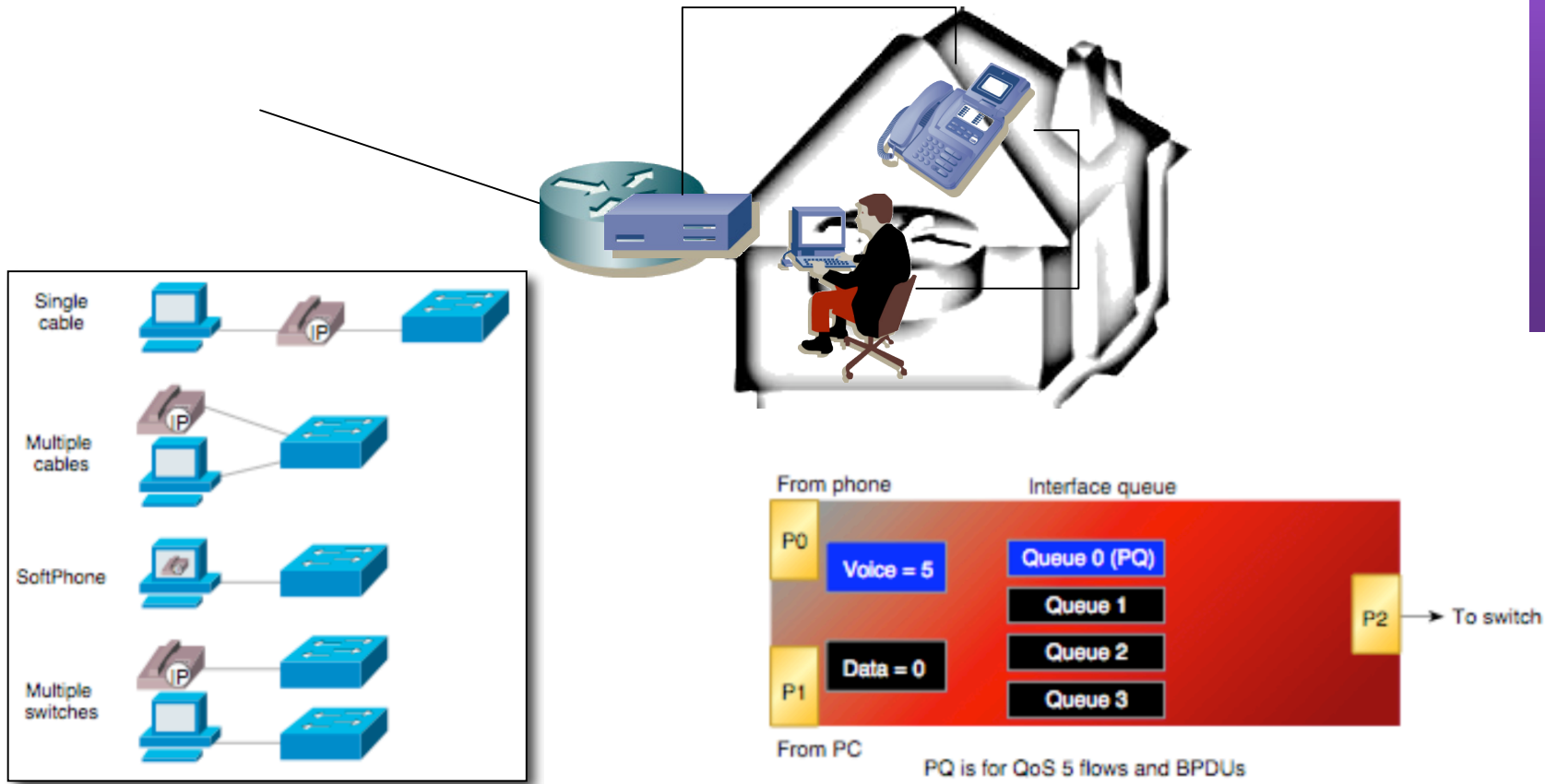


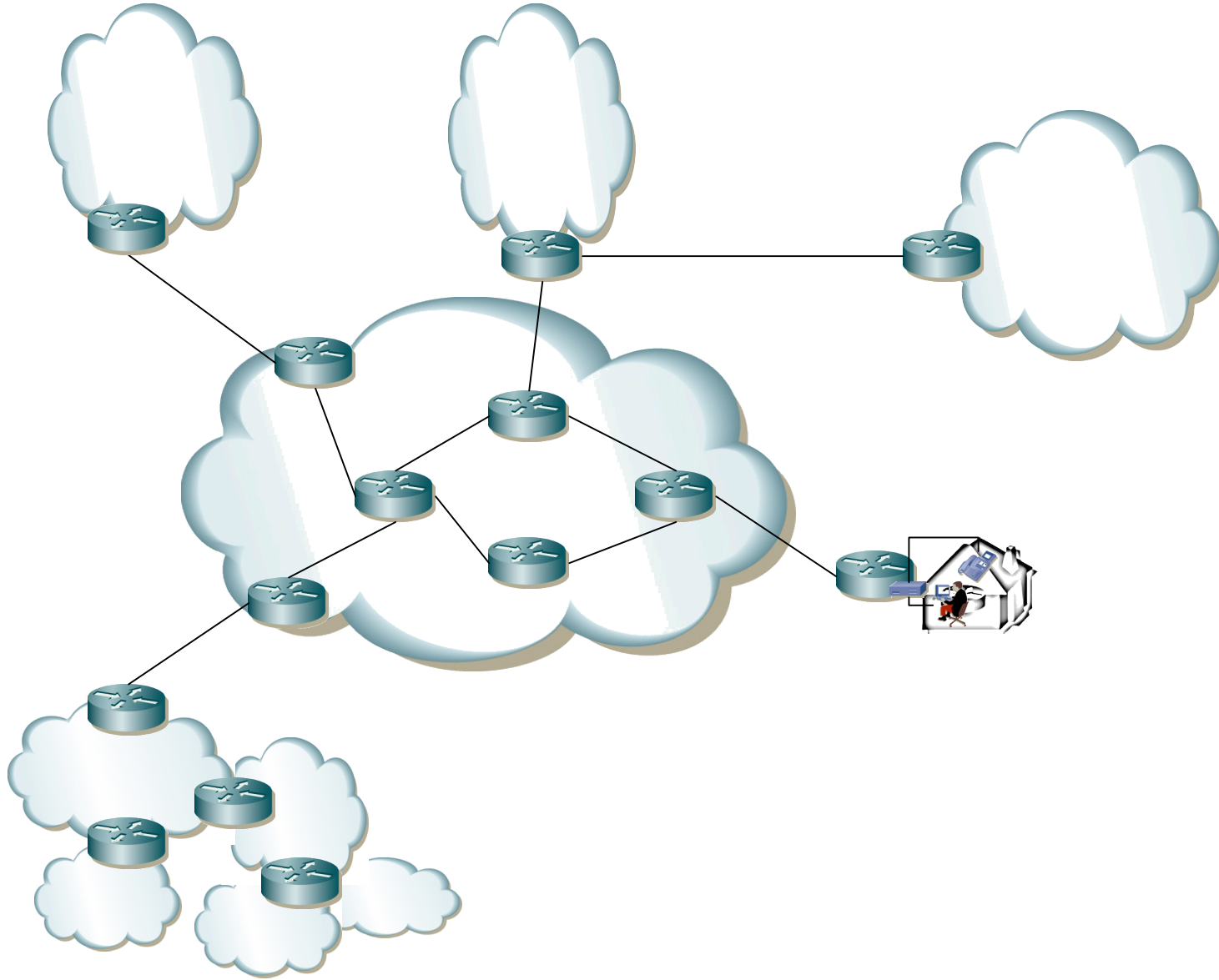


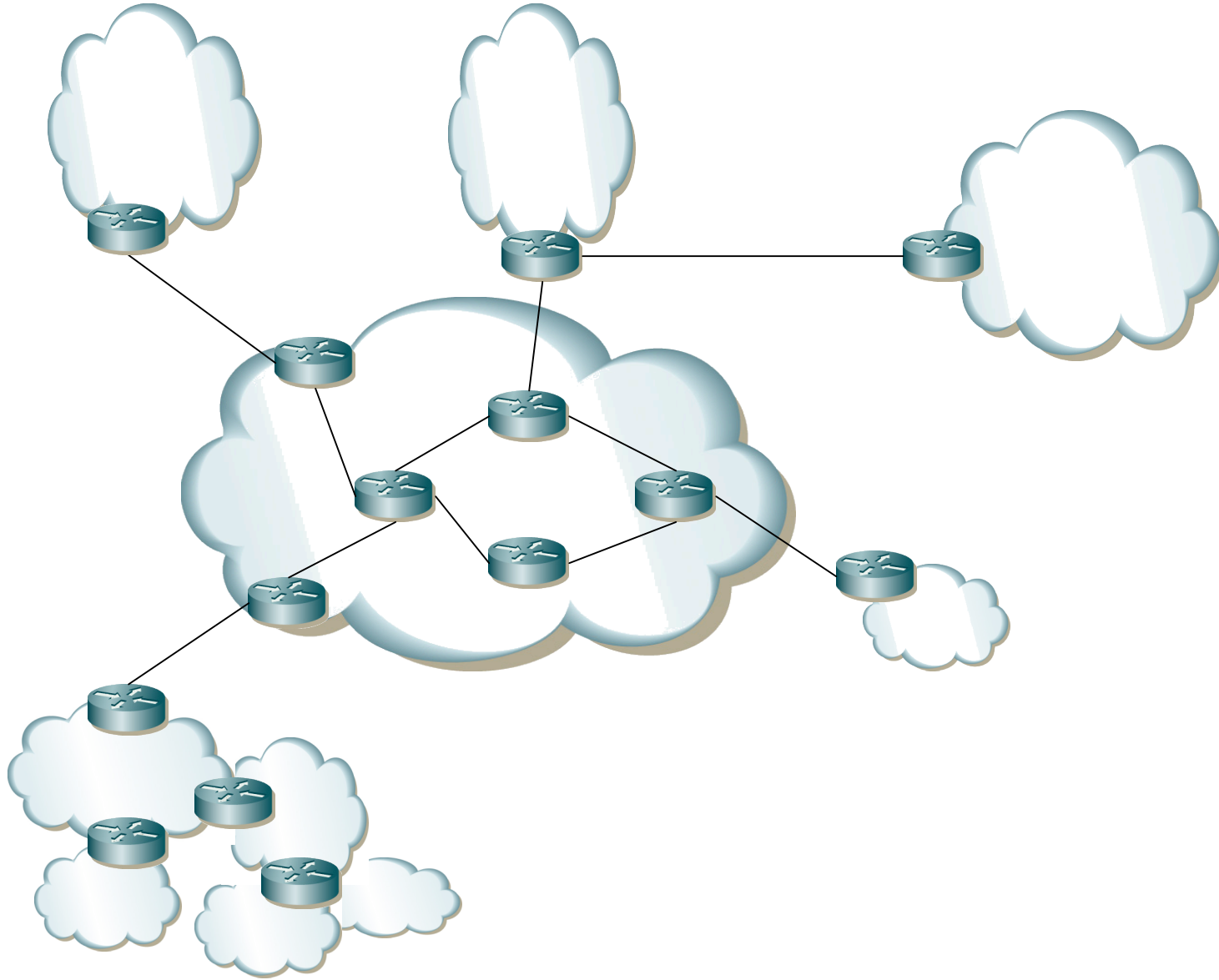
LAN

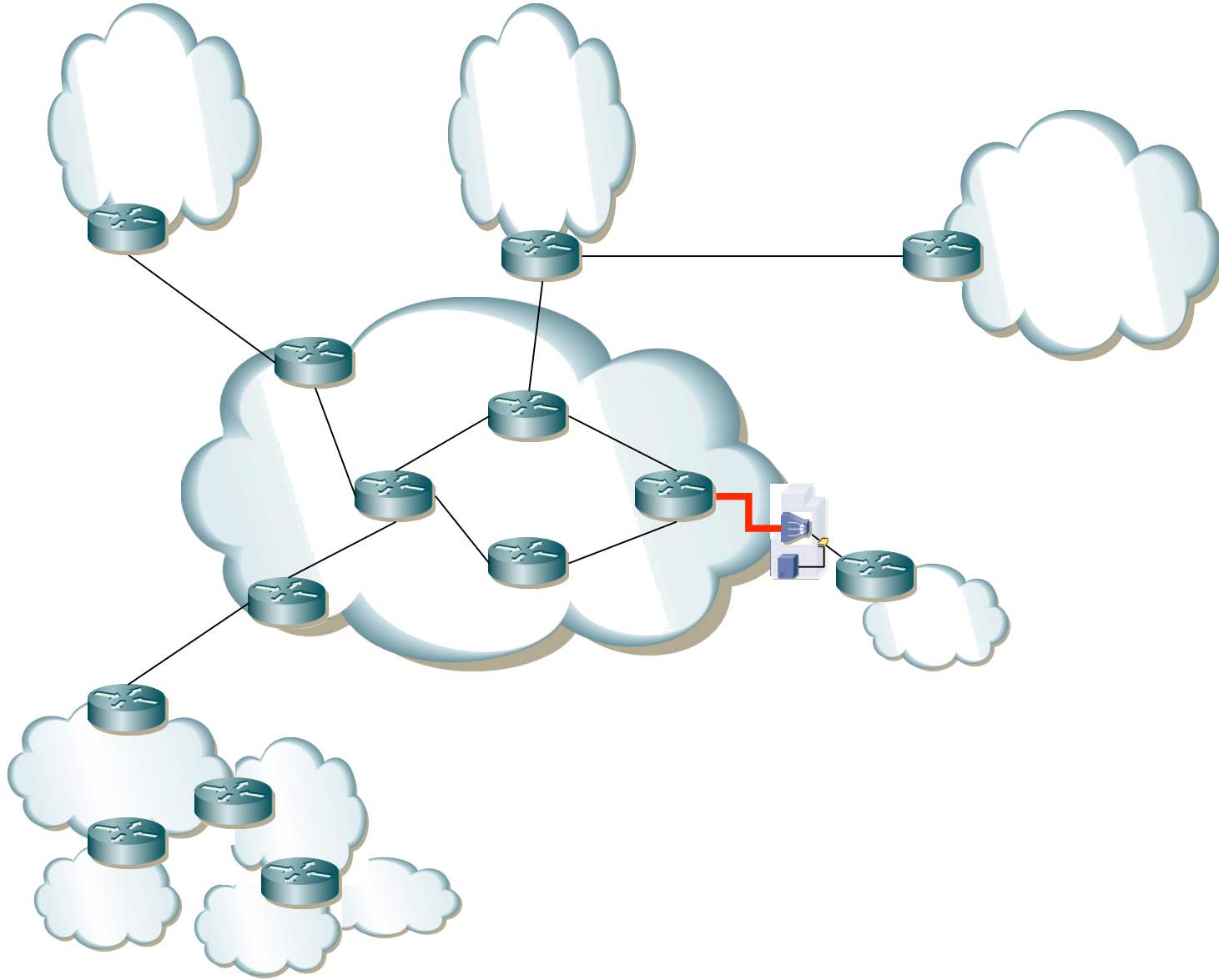


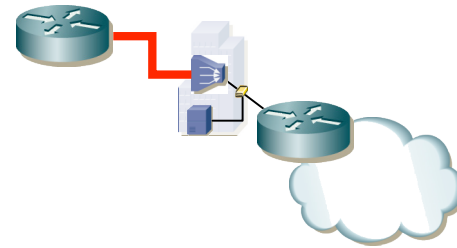
LAN





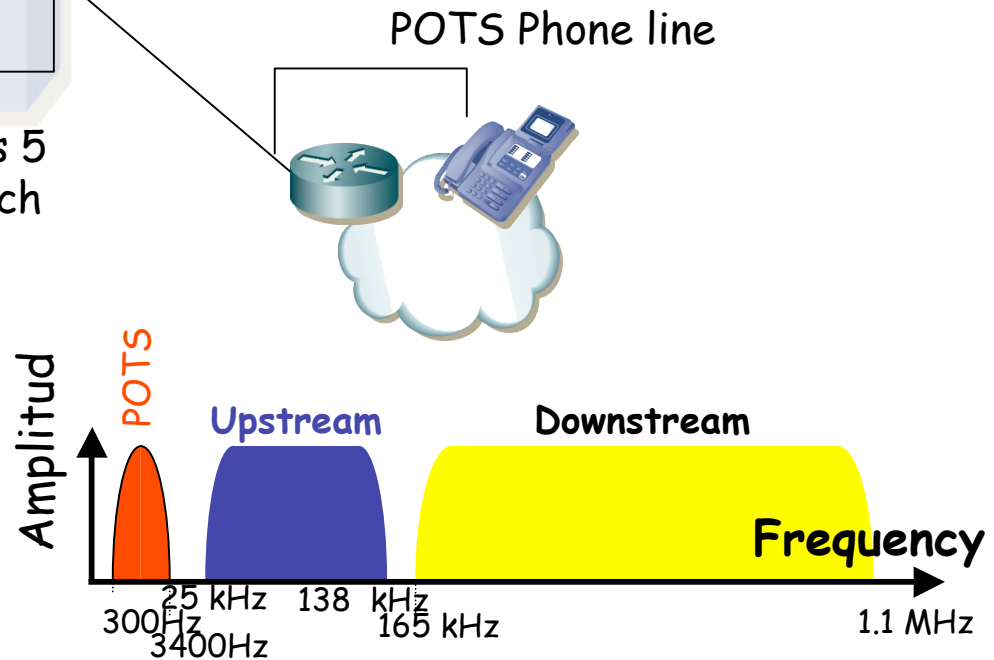
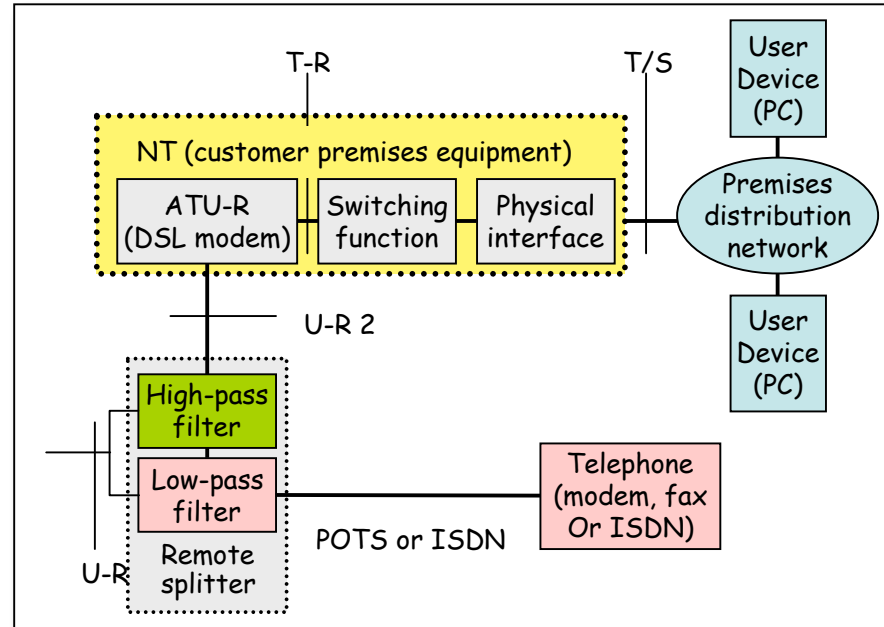
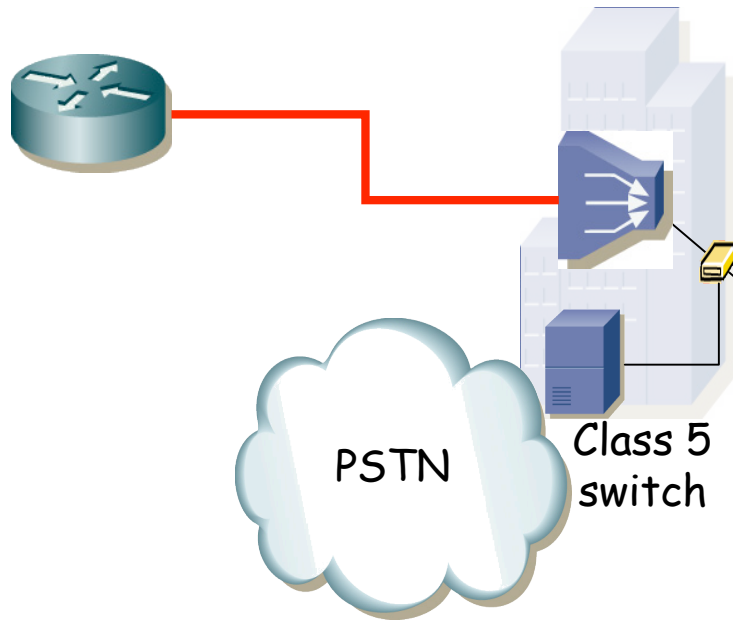






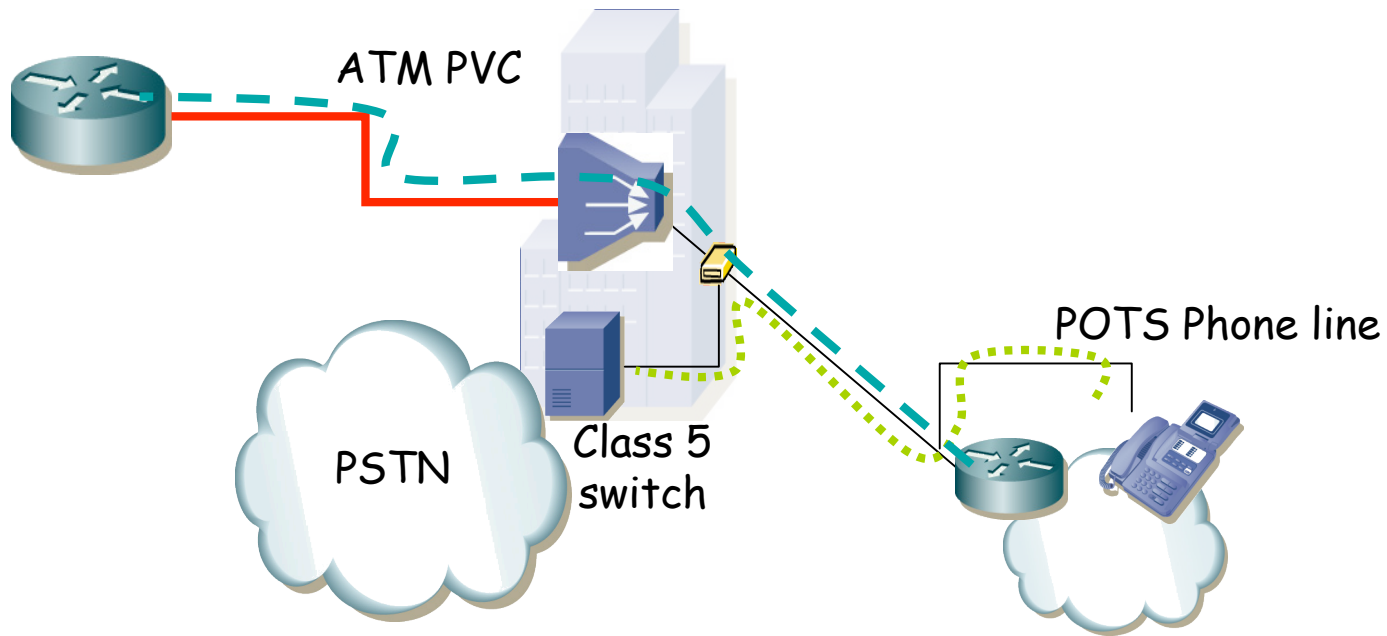
ADSL

- Bucle local
- Voz y datos separados en frecuencia

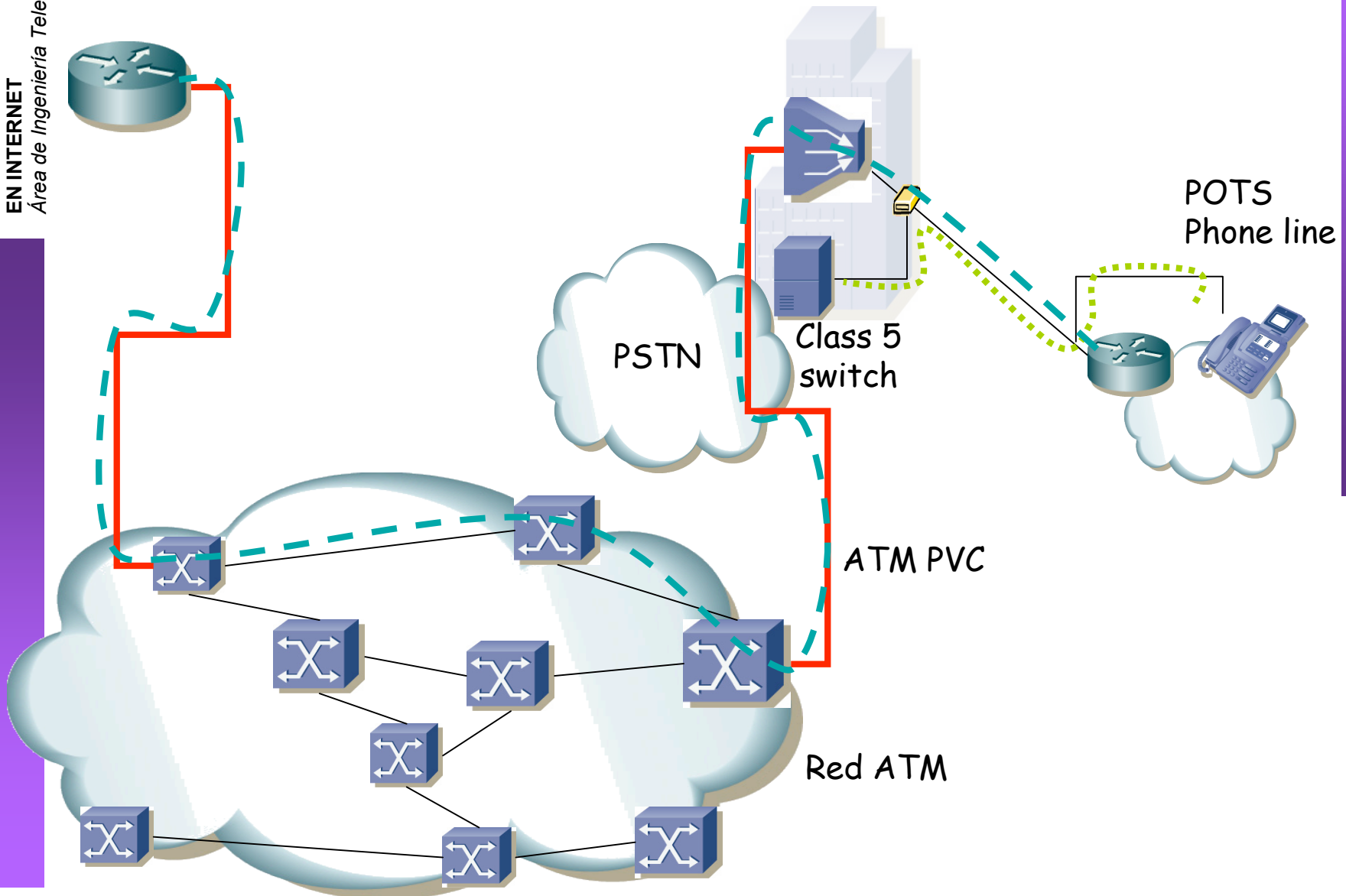


ATM

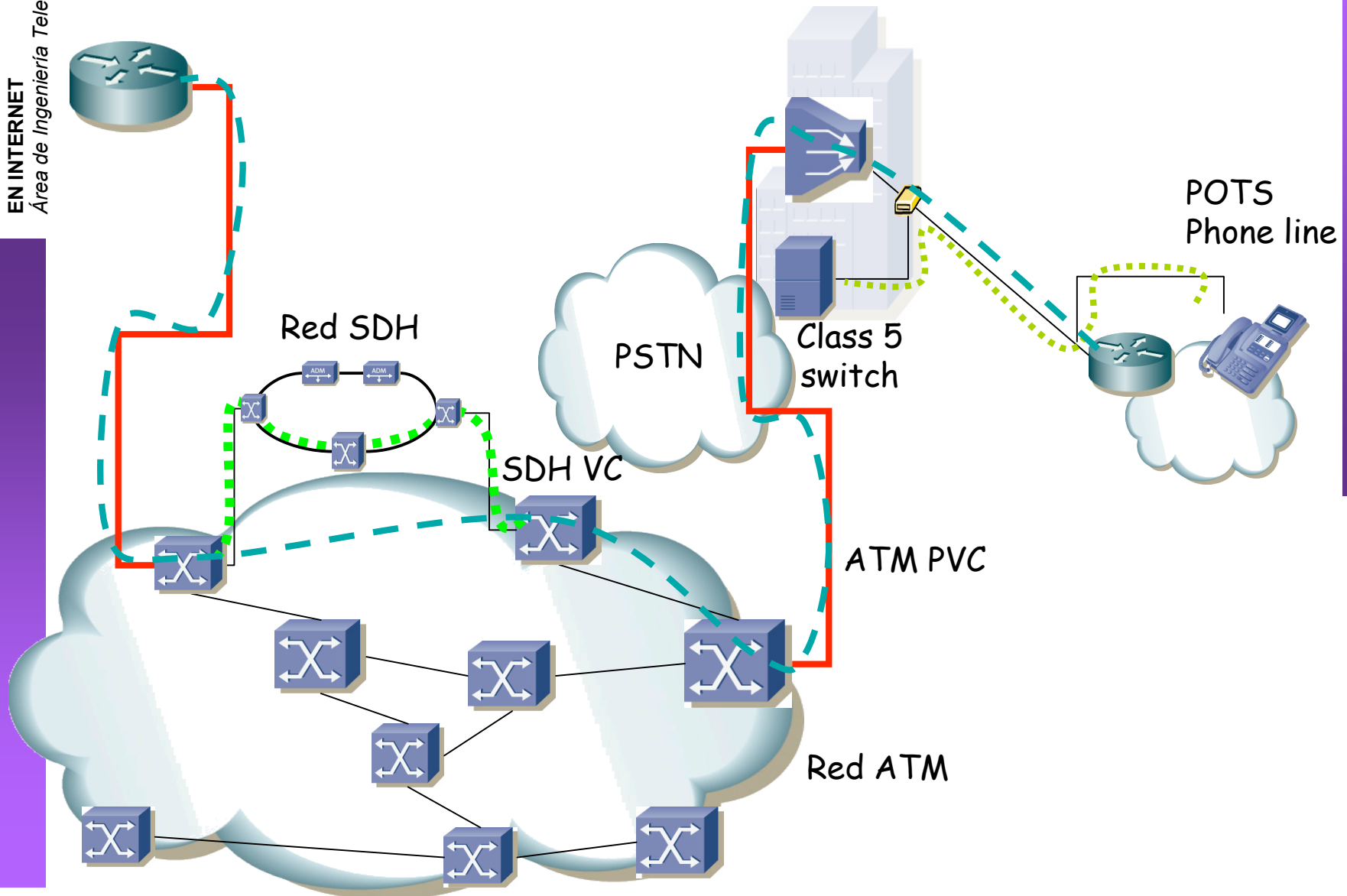
- Al menos 1 PVC para datos



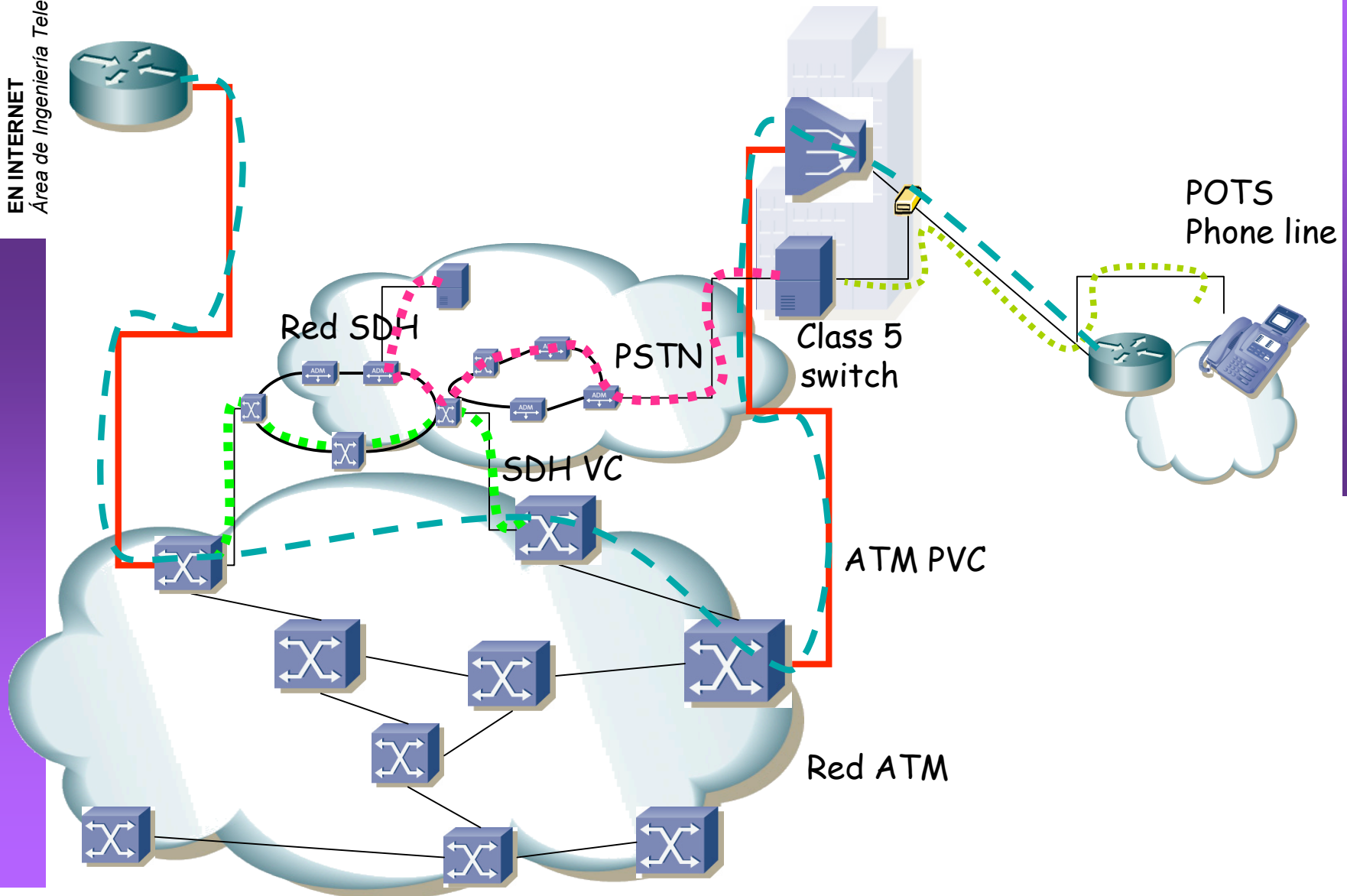
WAN ATM



WAN(s) SDH

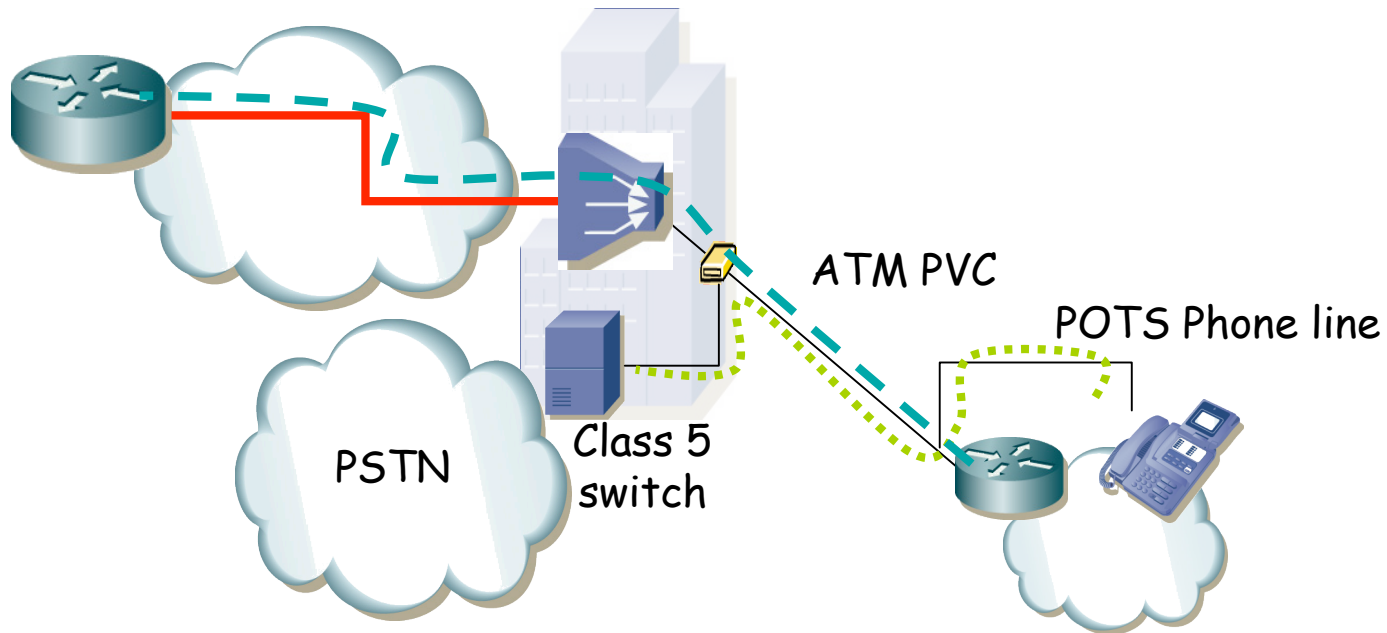


PDH over SDH



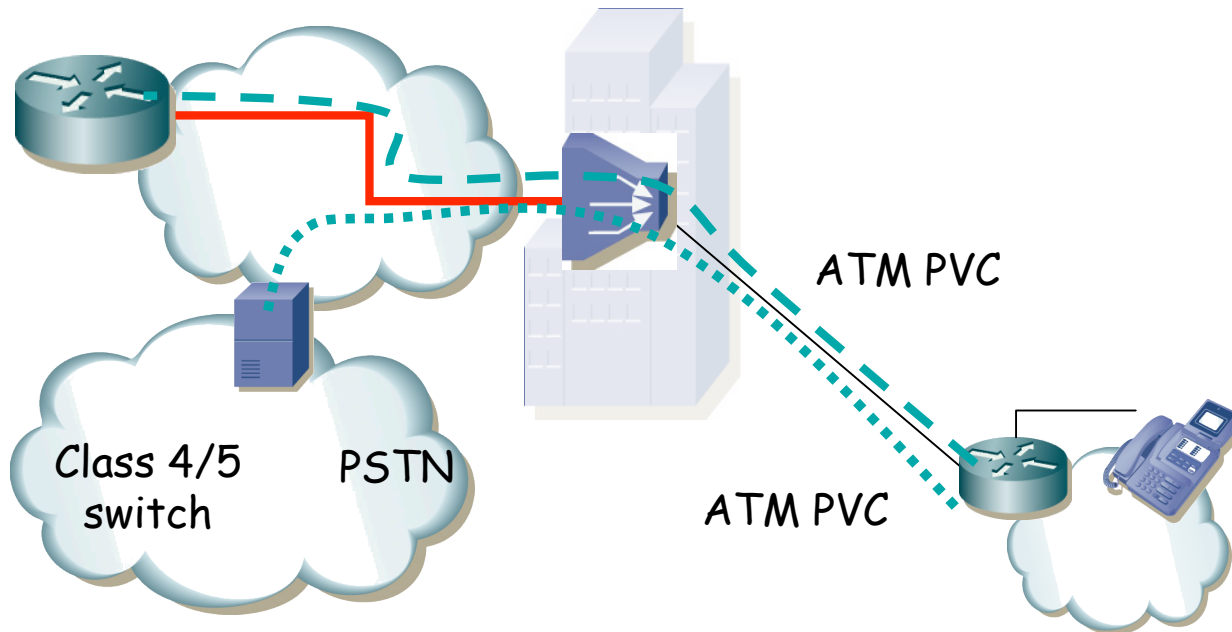
ATM

- (repetición para ver el cambio)



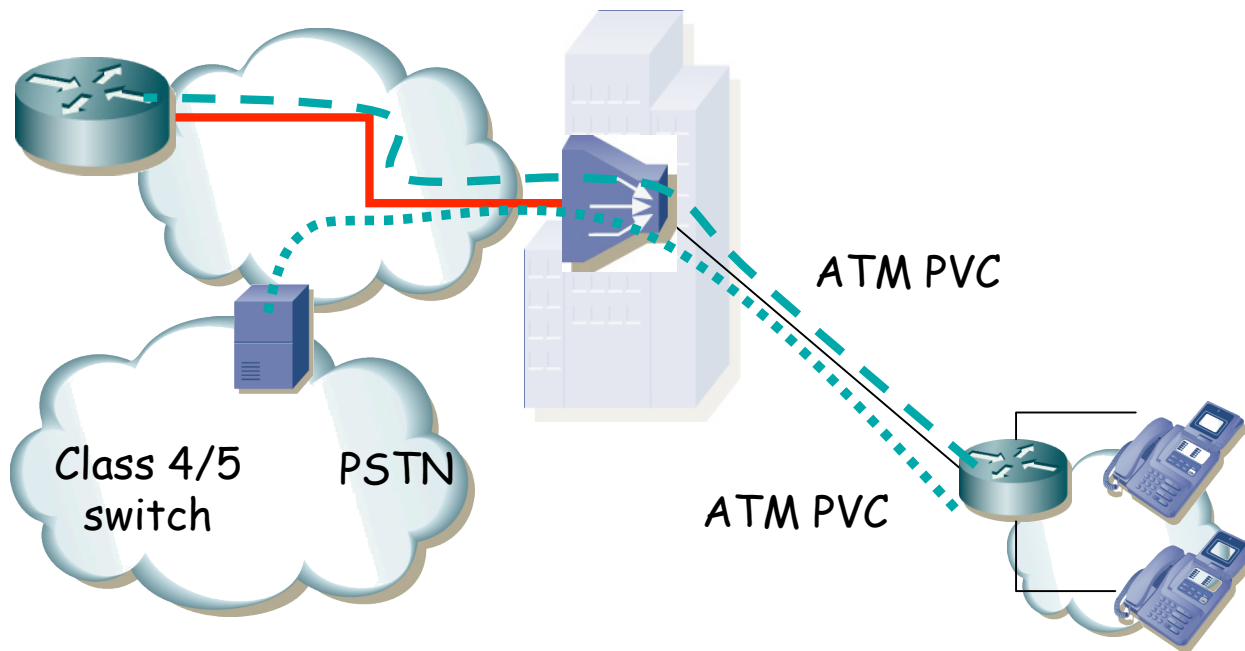
ATM + 2 PVCs

- Un segundo PVC transporta la voz (VoATM o VoIP sobre ese PVC)
- Emplea los mecanismos de QoS de ATM (datos UBR, CBR o VBR-rt voz)
- Permite uso de xDSL digital (que no permite usar POTS)



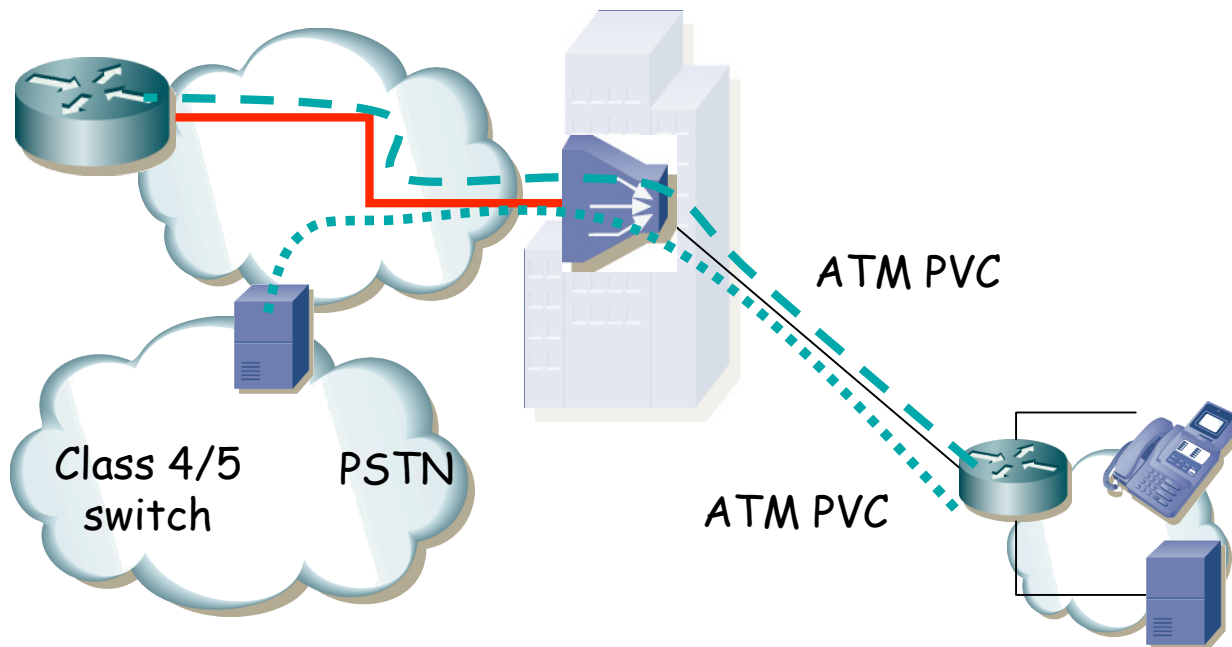
ATM + 2 PVCs

- Un segundo PVC transporta la voz (VoATM o VoIP sobre ese PVC)
- Una o varias líneas en uno o varios PVCs



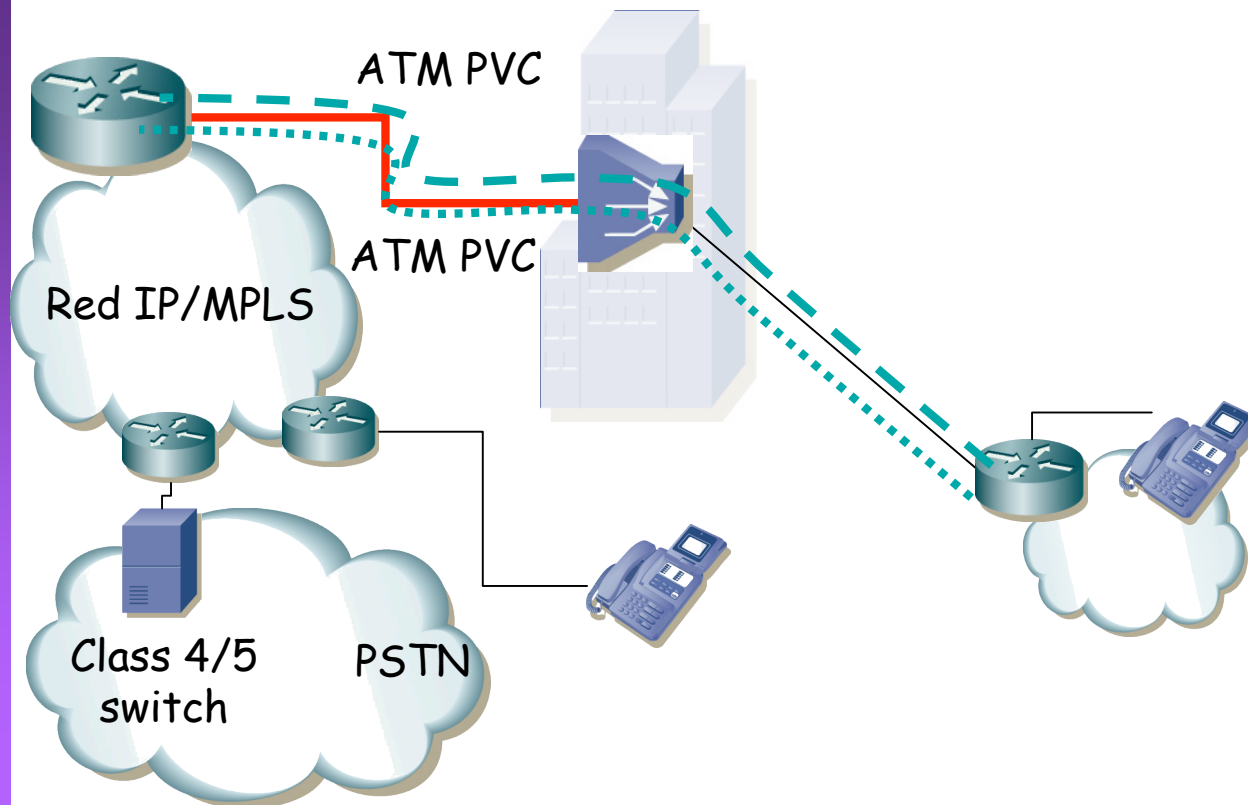
ATM + 2 PVCs

- Un segundo PVC transporta la voz (VoATM o VoIP sobre ese PVC)
- Una o varias líneas en uno o varios PVCs
- O servicio a una PBX



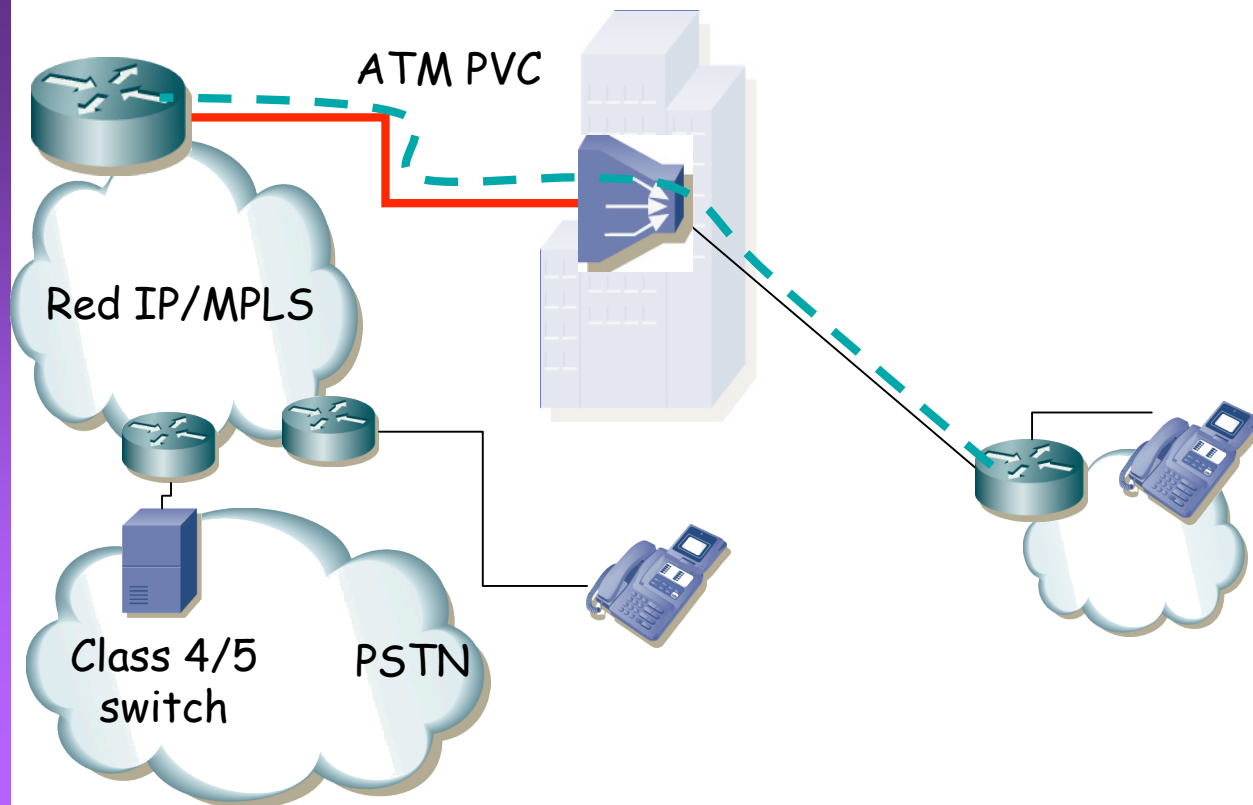
ATM + 2 PVCs

- Un segundo PVC transporta la voz (VoATM o VoIP sobre ese PVC)
- VoIP a través de la red de uno o varios operadores
- Hasta el abonado final o acabando en la PSTN



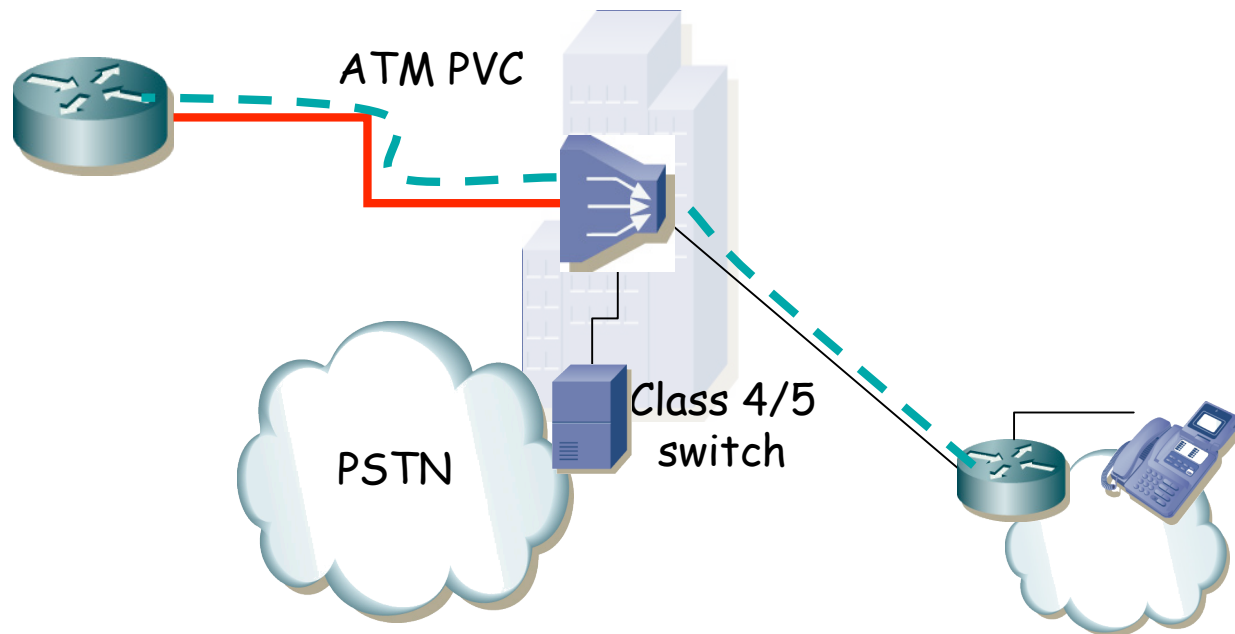
ATM + 1 PVC + IP QoS

- Un solo PVC transporta la voz (VoIP) + datos
- QoS para la voz mediante mecanismos en el nivel de red (LLQ, LFI)
- PVC debería usar CBR o VBR por llevar voz y no UBR por llevar datos



DSLAM MG

- DSLAM con soporte para VoATM / VoIP



DSLAM IP

- DSLAM termina el PVC
- Reenvía paquetes IP o tramas Ethernet

