

Voz

Área de Ingeniería Telemática
<http://www.tlm.unavarra.es>

Máster en Comunicaciones

Voz digital en la PSTN

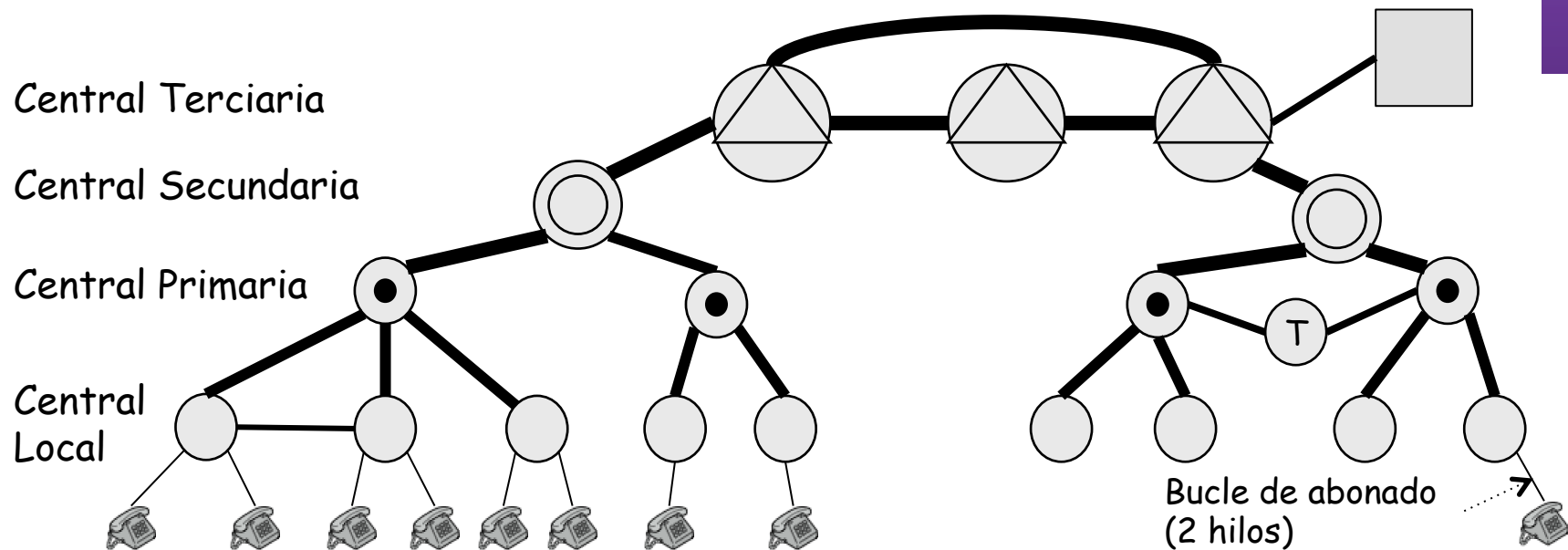
Red pública telefónica conmutada

Es una red Jerárquica

- **Centrales locales** (“Central terminal”, “Central urbana”):
- **Centrales primarias**
- **Centrales secundarias**
- **Centrales terciarias**
- **Centrales Internacionales**

Red complementaria

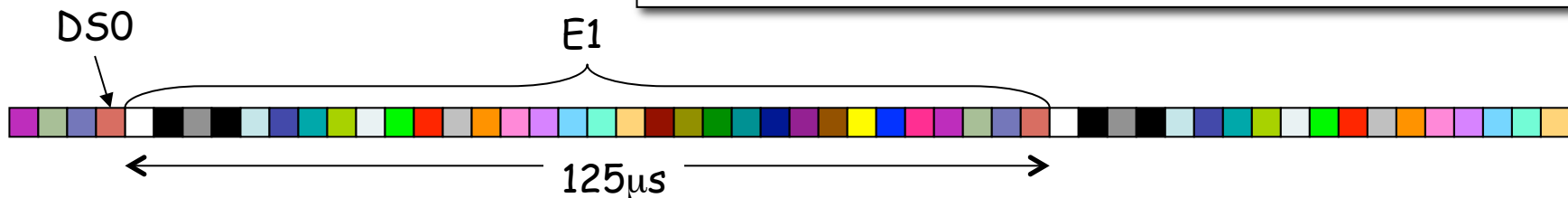
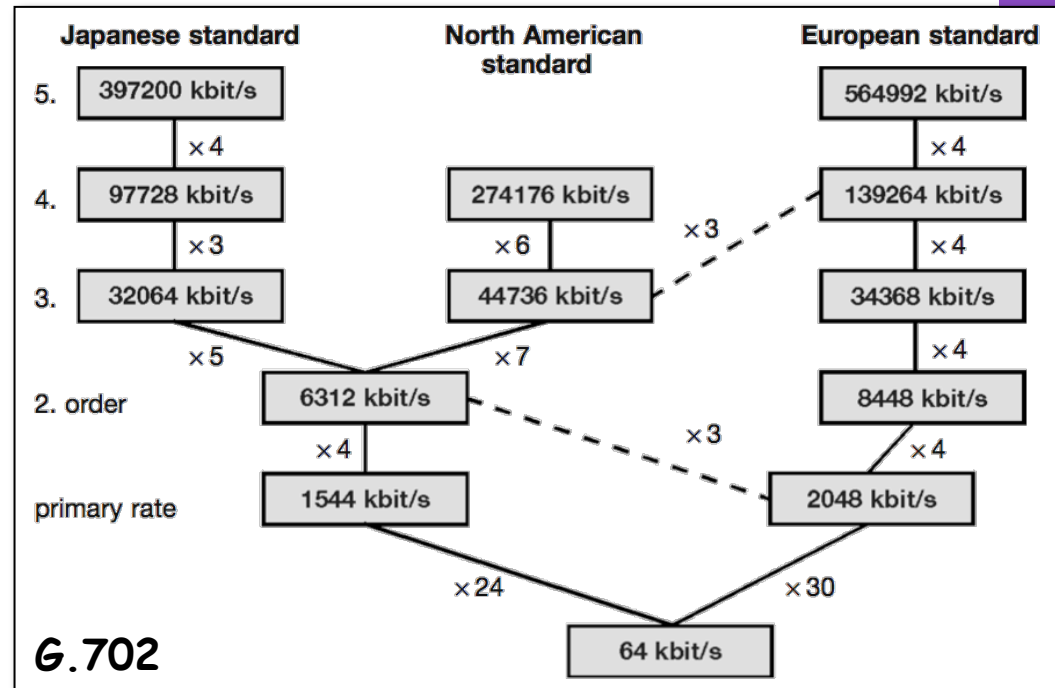
- Secciones directas entre centrales con suficiente tráfico entre ellas
- Centrales Tándem: centrales de tránsito sin abonados



PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

Multiplexación TDM

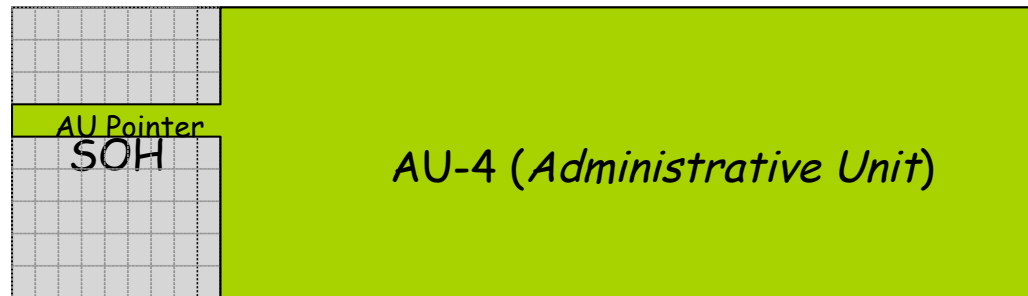
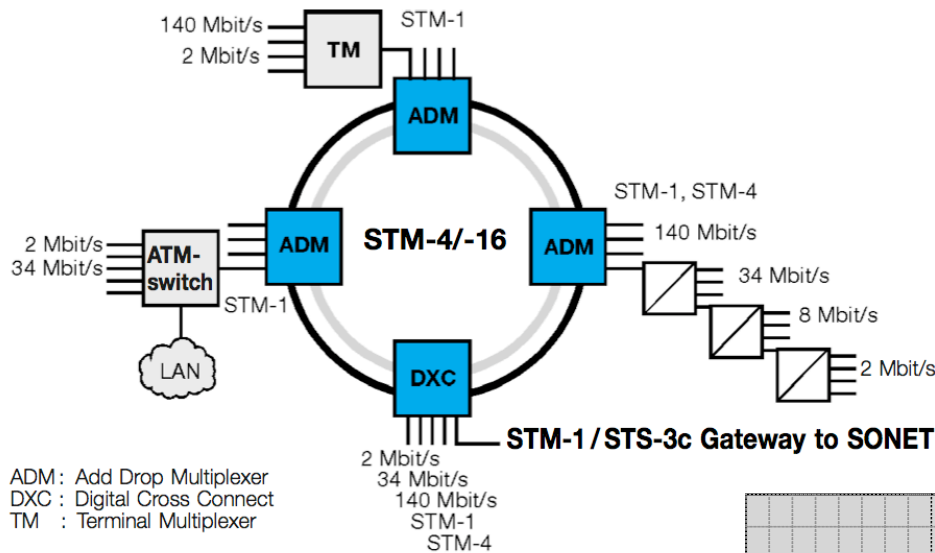
- E1 (2048Kbps) = 32xE0
- E2 = 4xE1, E3 = 4xE2, E4 = 4xE3
- T1 (DS1, 1.54Mbps) = 24xDS0
- T2 = 4xT1, T3 = 7xT2
- G.701-703



SONET/SDH

- SDH se diseñó para transportar señales de 1.5, 2, 6, 34, 45 y 140 Mbps
- Conmutación de circuitos
- Red de transporte, de gestión y de señalización

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

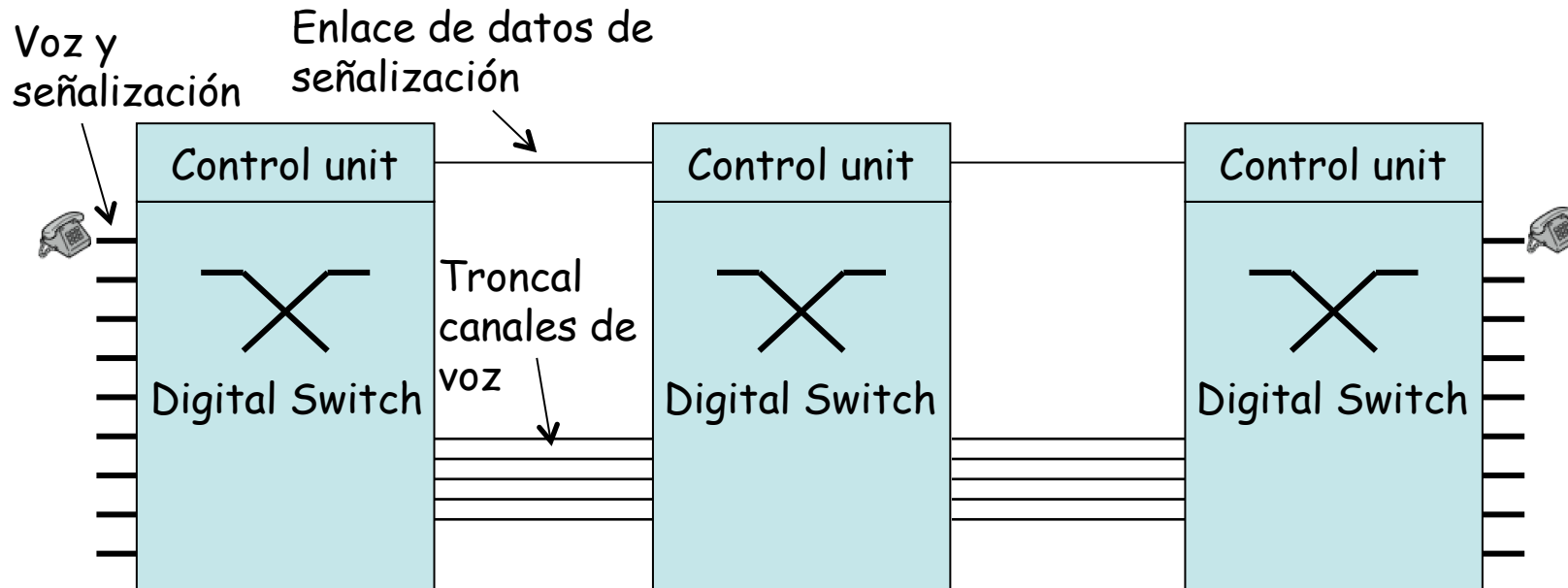


Señalización

Señalización en canal

Señalización por canal común (CCS = Common Channel Signaling)

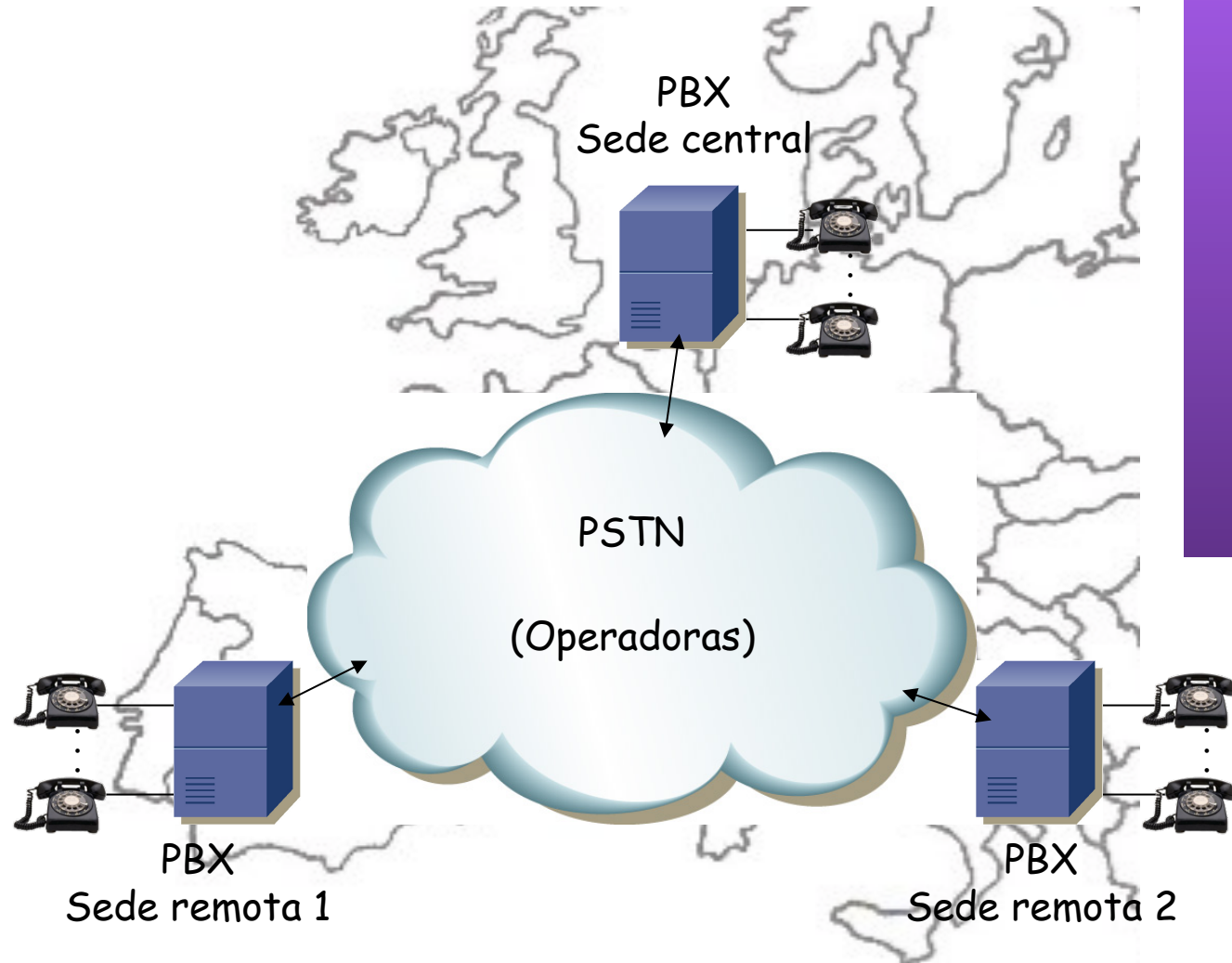
- CCITT Signaling System No. 7 (SS7)
- Forma una WAN que enlaza las lógicas de control de los switches de la PSTN
- En acceso a ella, dos modos:
 - Fully associated signaling: un enlace de señalización por cada enlace de voz (ej: canal 16 en E1)
 - Quasi associated signaling: señalización por otro enlace que el de tráfico entre los dos switches
- IETF SIGTRAN: SS7 over IP



Voz en escenarios privados

Voz entre sedes

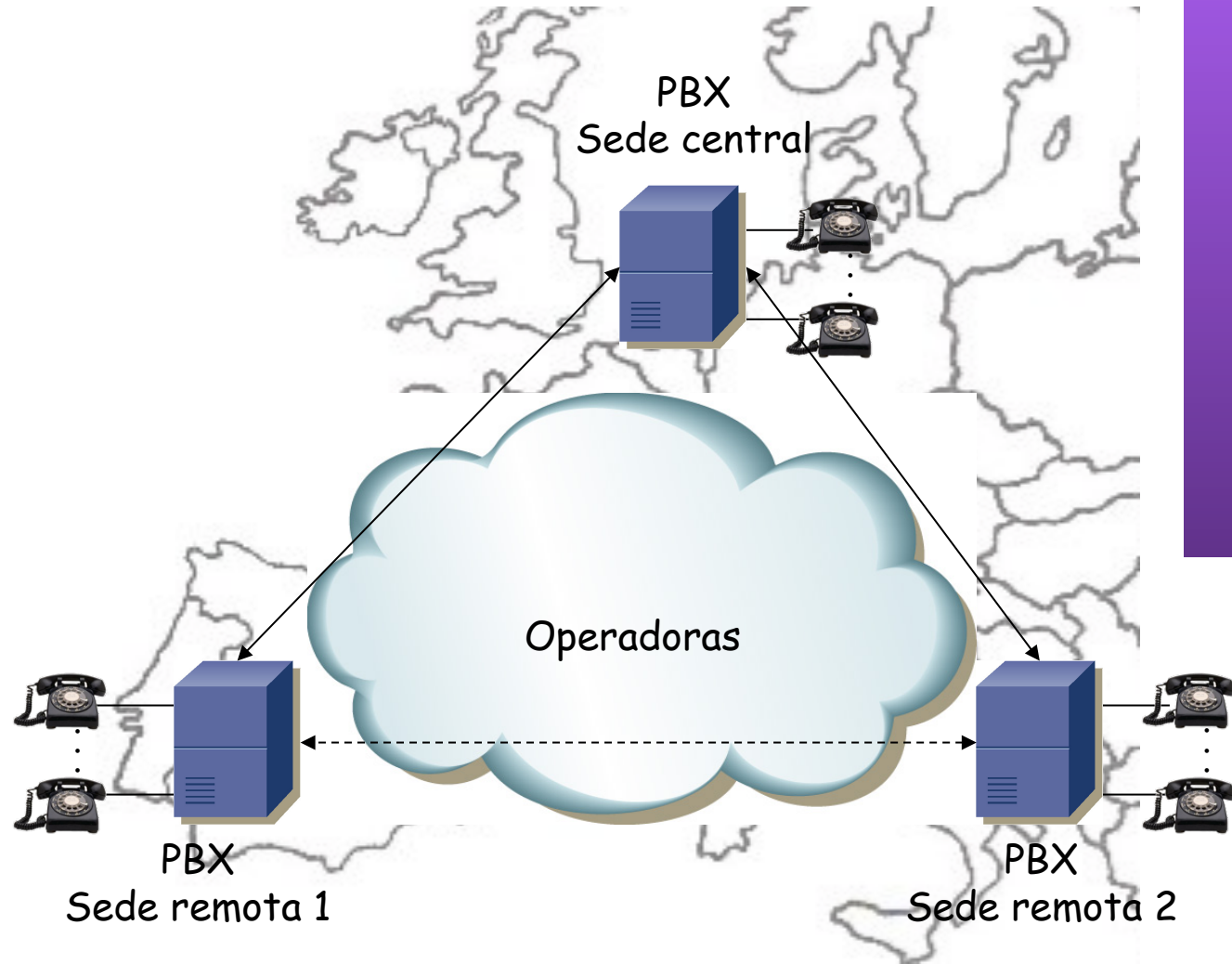
Mediante llamadas por la red pública



PBX = *Private Branch eXchange*

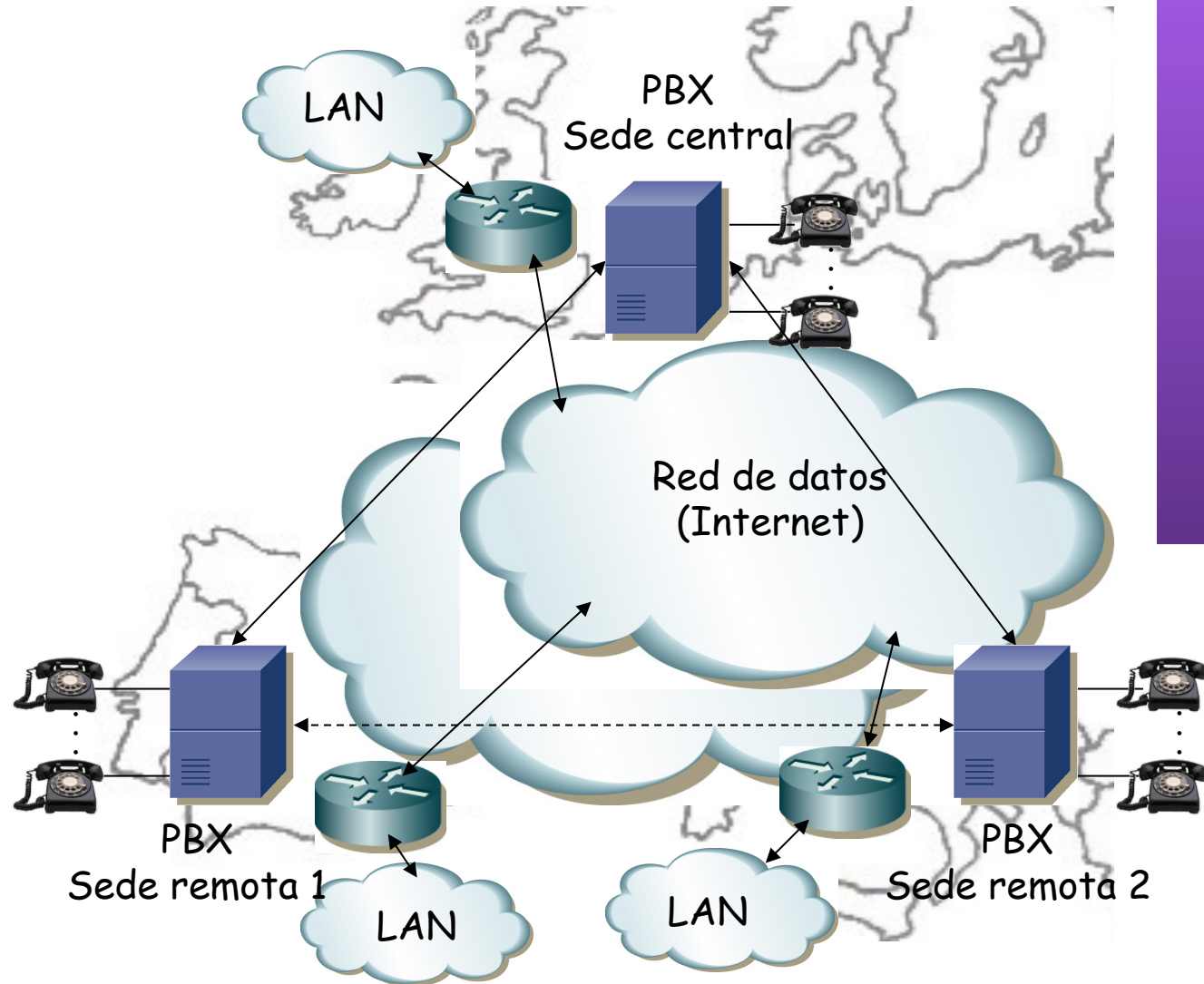
Voz entre sedes

Enlaces dedicados (malla o hub)



Voz + datos

Probablemente tenga enlaces de datos simultáneamente



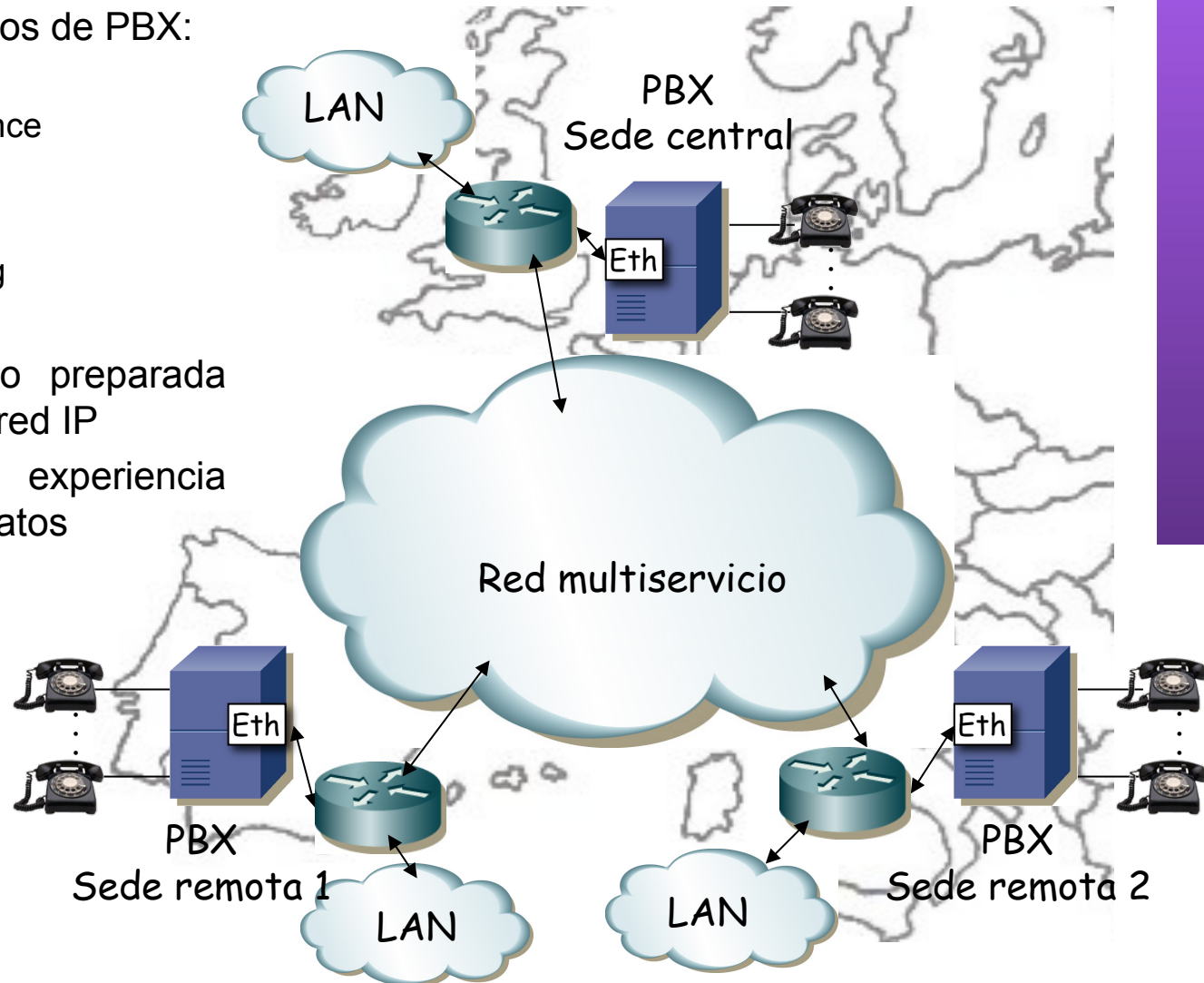
¿Por qué dejar de usar TDM?

- 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
 - *Silence supresion*
 - *VAD = Voice Activity Detection*
 - Habla tiene en torno a un 40-50% de actividad frente al tiempo total
 - *Statistical gain*
- Más sencillo incluir nuevos servicios de valor añadido
- Hacer escalabilidad más sencilla
- Simplificar enrutamiento alternativo

Convergencia

PBXs con interfaces IP (Ethernet)

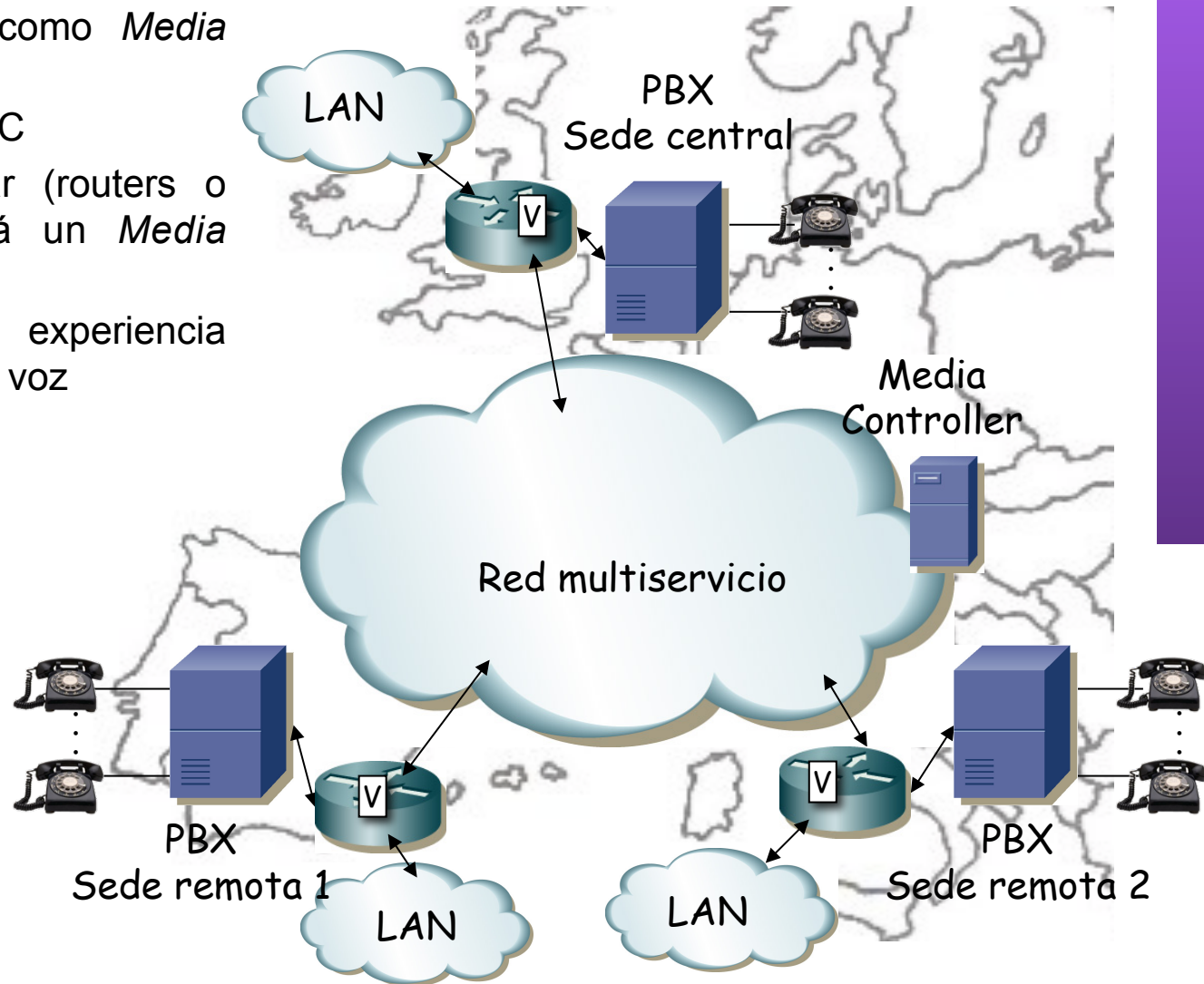
- Reutiliza servicios de PBX:
 - Call transfer
 - Call conference
 - Paging
 - Bridging
 - Group calling
 - Etc.
- Señalización no preparada para delays en red IP
- Fabricante con experiencia en voz, no en datos



Convergencia

PBXs trunk TDM y conversión en router

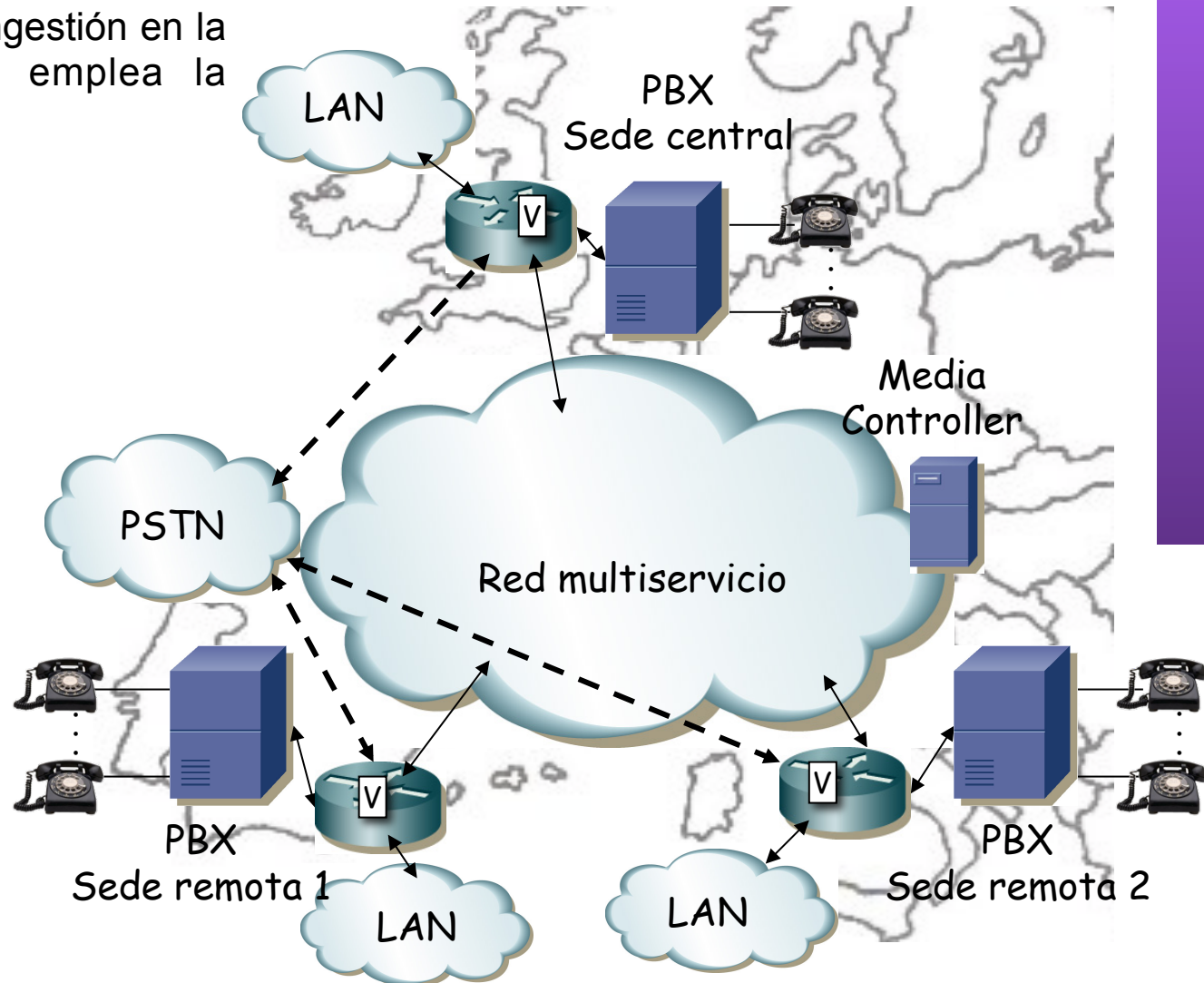
- Router actúa como *Media Gateway*
- Puede ser un PC
- En algún lugar (routers o externo) habrá un *Media Controller*
- Fabricante con experiencia en datos, no en voz



Convergencia

Multi-Point Switched Gateway

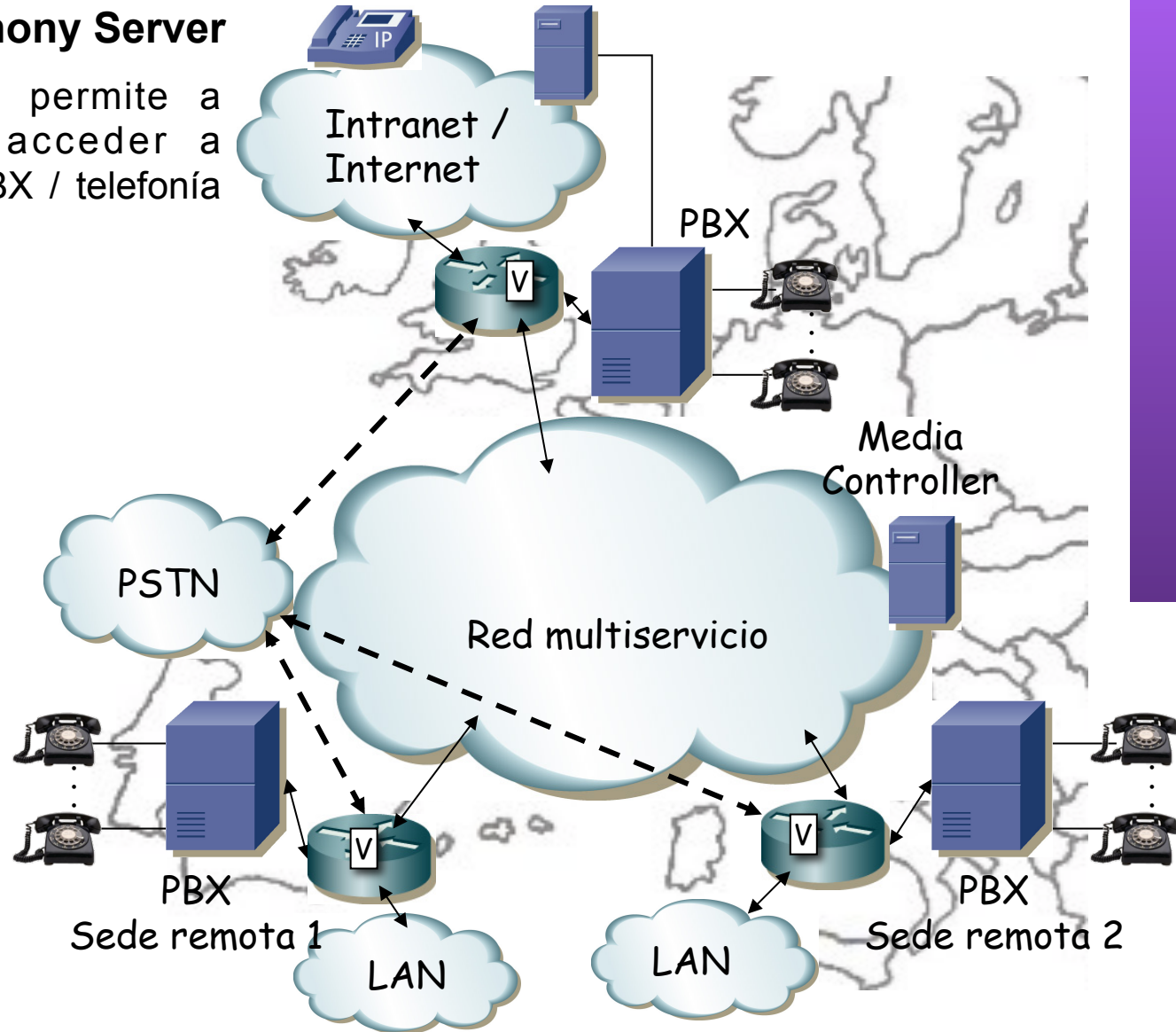
- En caso de congestión en la red de datos emplea la PSTN



Convergencia

(Remote) Telephony Server

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



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)* le permite intercambiar autorización y accounting

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)

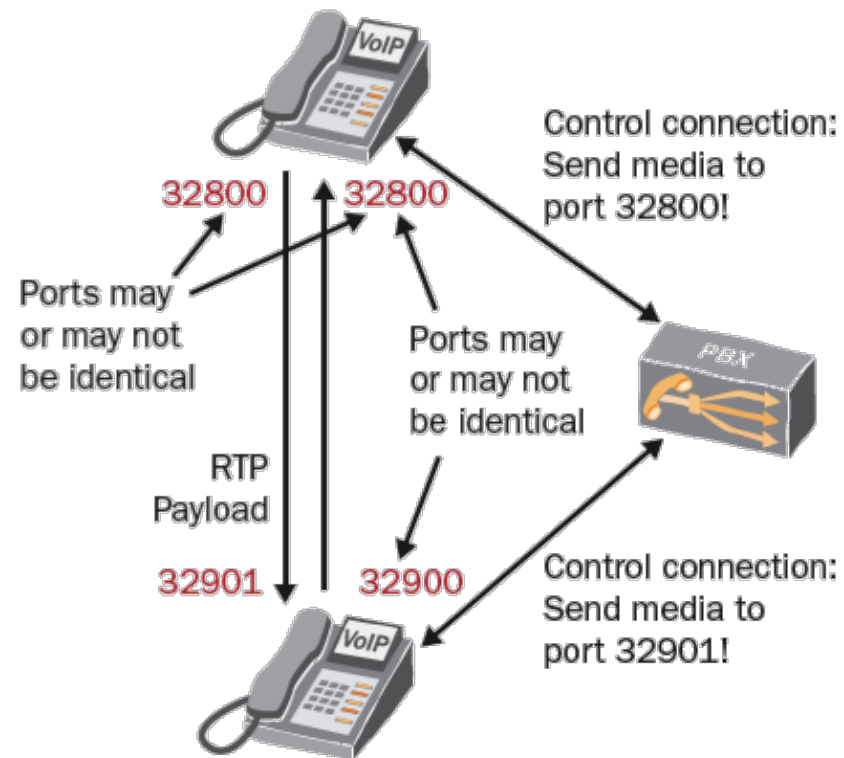
Acceso de voz y datos integrado para PYMEs

Servicios gestionados para grandes empresas

Implementación de VoIP

Esquema básico de flujos en VoIP

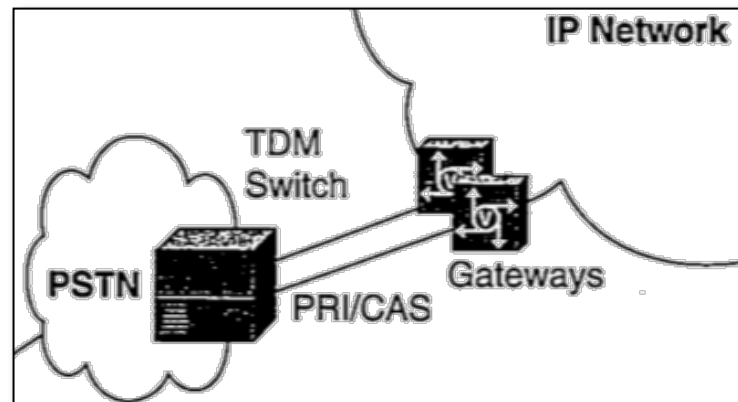
- Dos tipos de flujos
 - Voz, generalmente directa entre los peers (RTP)
 - Señalización, entre peers o con servidores (SIP, H.323, MGCP...)
- Diferentes requisitos de calidad



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)
- *Residential Gateway, Access Gateway, Business Gateway, Trunking Gateway, Signaling Gateway*



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)

VoIP, QoS y QoE

QoE

- *Quality of Experience*
- Intenta medir la percepción que tiene el usuario
- Para VoIP o vídeo depende de la calidad del codificador, del servicio ofrecido por la red y de la calidad del decodificador
- Pueden ser métricas objetivas o subjetivas
- Métricas subjetivas para voz:
 - Basadas en la opinión de usuarios
 - Mean Opinion Score (MOS) da una medida numérica 1-5
 - MOS definido en ITU-T P.800
 - POTS tiene un MOS de 4.3 y la telefonía móvil entre 2.9 y 4.1
- Métricas objetivas para voz:
 - Perceptual Evaluation of Speech Quality (PESQ)
 - ITU-T P.862
 - Requiere la señal original y la recibida para predecir el MOS
 - *E model*
 - ITU-T G.107
 - Tiene en cuenta el bitrate, pérdidas, ruido, eco, etc

Retardo end-to-end

- ITU-T G.114 “One-way transmission time”
- Por debajo de 150 ms la mayoría de las aplicaciones experimentan interactividad transparente
- La calidad de servicio público exige un máximo de 150 ms
- Retardos superiores a 400 ms son inaceptables
- Enlace por satélite geoestacionario añade unos 260 ms
- En entornos privados es razonable un límite de 200-250 ms

Ear-to-mouth delay (D)	R factor	Objective MOS
D < 150 ms	80–89	5
150 ms < D < 250 ms	70–79	4
250 ms < D < 325 ms	60–69	3
325 ms < D < 425 ms	50–59	2
D > 425 ms	90–100	1

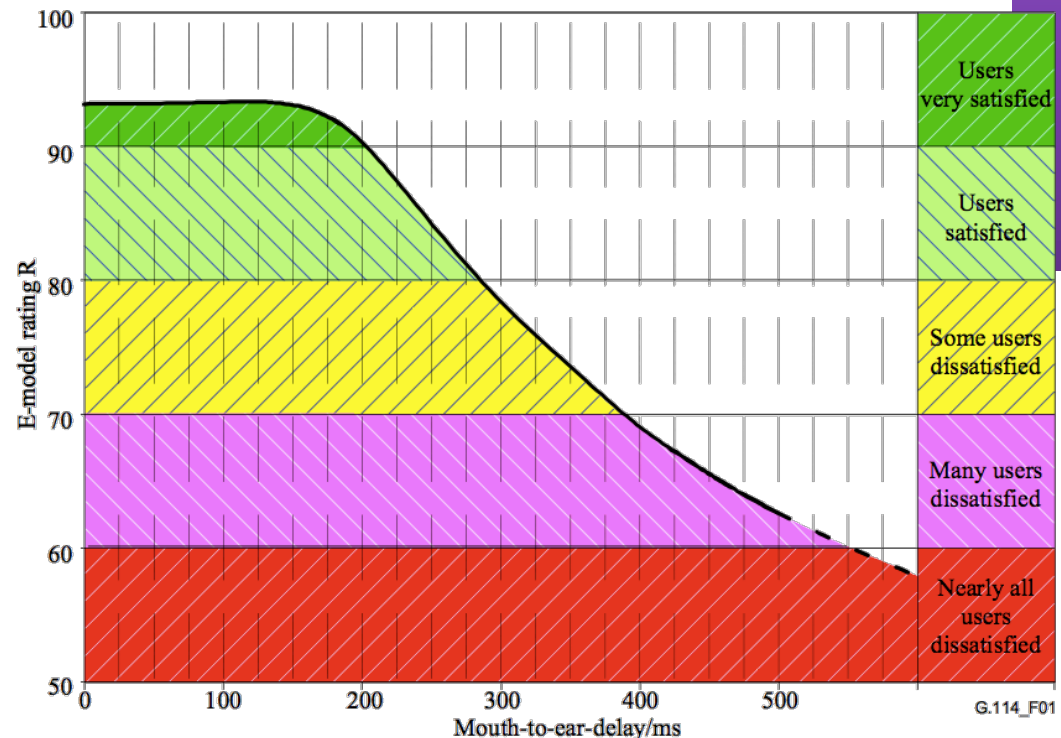


Figure 1/G.114 – Determination of the effects of absolute delay by the E-model

Flujo extremo a extremo

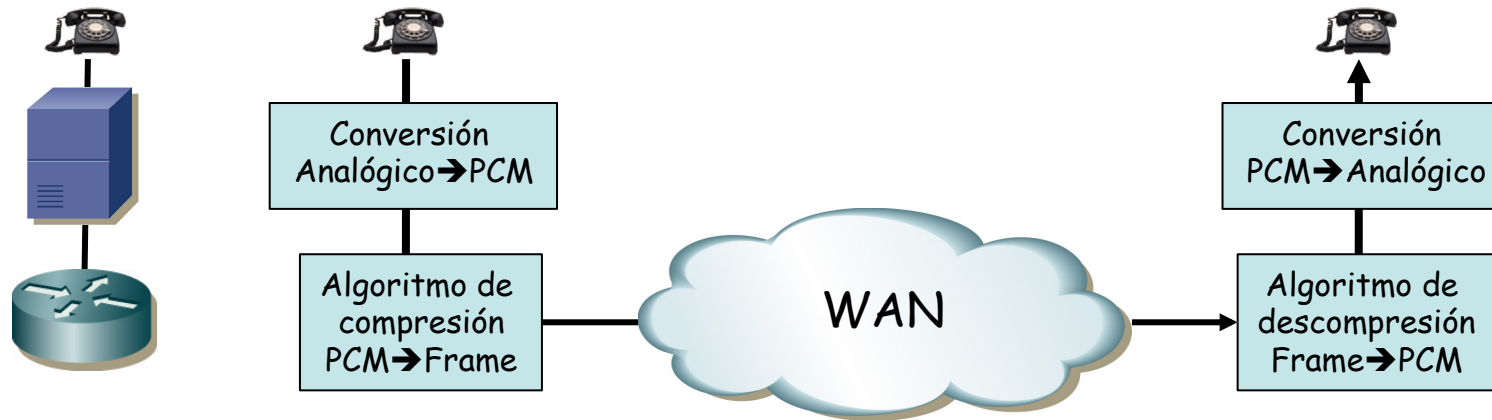
- Flujo a través de una WAN



- (...)

Flujo extremo a extremo

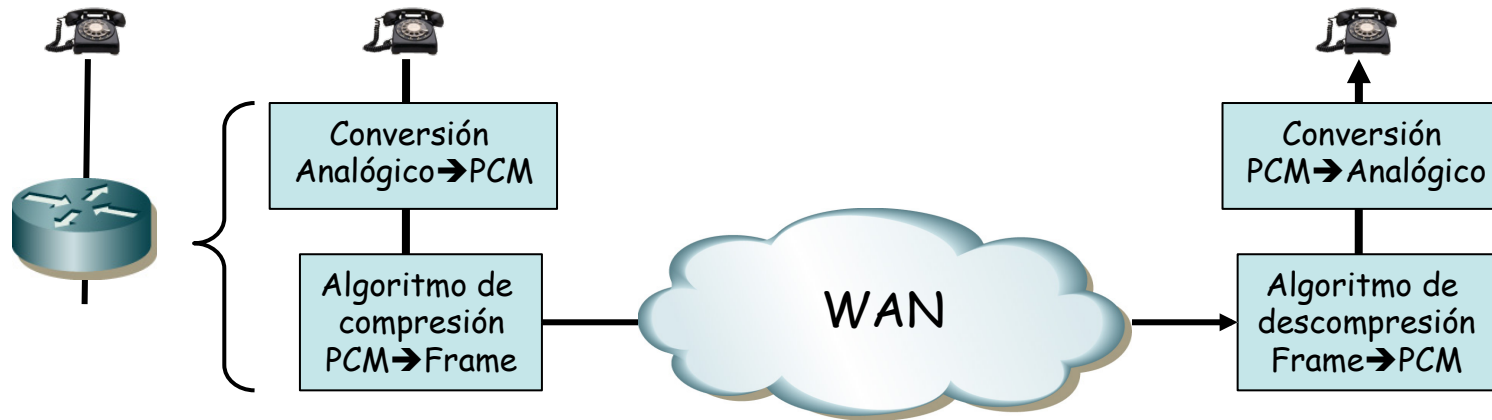
- Flujo a través de una WAN



- Una PBX digital puede ser quien hace la digitalización
- Un router entonces suele cubrir la función de compresión y paquetización
- Podría la PBX integrar la funcionalidad del router
- (...)

Flujo extremo a extremo

- Flujo a través de una WAN



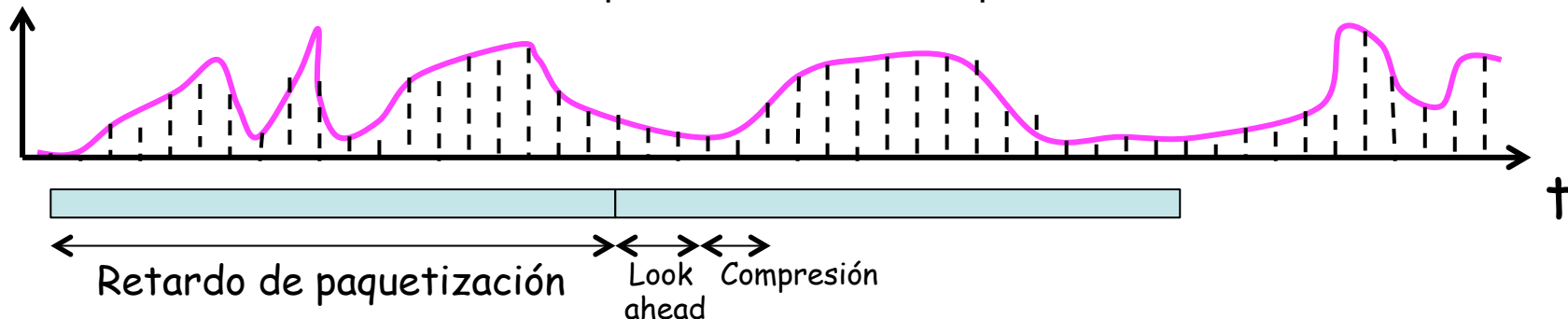
- O puede el router implementar ambas posibilidades

Codecs

- El codec es crítico en el efecto que el SLA tenga sobre la calidad
- Los codecs varían en complejidad, en BW requerido y en la calidad de sonido ofrecida
- G.711 basado en PCM (Pulse Code Modulation), simplemente muestreando a intervalos regulares
- G.726, ADPCM (Adaptive Differential PCM), usa predicción de la siguiente muestra y cuantiza eso
- G.723 y G.729 trabajan con bloques de muestras (*frame-based*) para las que aplican técnicas de compresión (ACELP = Algebraic Code Excited Linear Prediction)
- Los más complejos ofrecen mayor calidad percibida y menor bitrate pero con mayores tiempos de procesamiento

Componentes del retardo

- **Retardo de paquetización**
 - El tiempo necesario para acumular las muestras
 - Depende del tamaño en muestras que se busque
 - En general no se excede de 30 ms de muestras (240 bytes PCM)
 - A menor tamaño mayor tasa de llegadas de paquetes de voz
- **Retardo de procesamiento del codificador**
 - Tiempo que lleva al DSP comprimir las muestras
 - También afecta en descompresión (se suelen juntar al calcular)
 - Depende del coder y de su implementación (fabricante)
- **Algorithmic Delay (look ahead)**
 - Los algoritmos de compresión suelen necesitar conocer muestras siguientes a las del bloque a comprimir
 - Eso implica que hay que esperar a que se generen
 - Para G.726 es de 0 ms, para G.729 de 5 ms, para G.723.1 de 7.5 ms



Retardos constantes

Retardo de serialización (tiempo de transmisión)

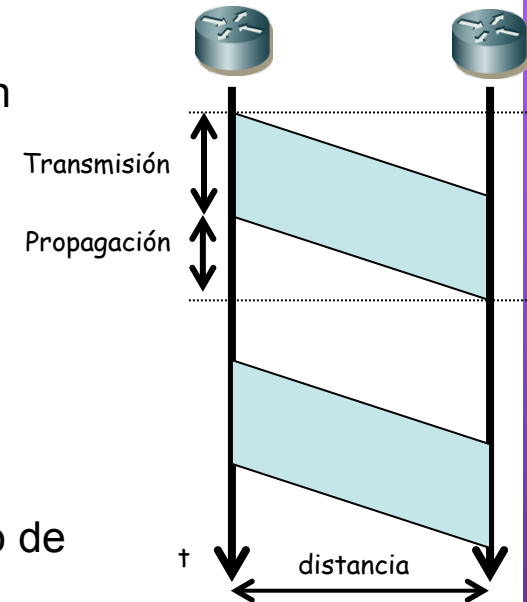
- Solo se mejora aumentando la velocidad de transmisión
- Despreciable por encima de 100Mbps

Retardo de propagación

- Coaxial terrestre, radio: $4\mu\text{s}$ cada Km (250.000Km/s)
- Fibra: $5\mu\text{s}$ cada Km (200.000Km/s)
- Coaxial submarino: $6\mu\text{s/Km}$
- Siendo D la distancia en línea recta geográfica (a vuelo de pájaro)
- Los enlaces no siguen una línea recta
- ITU-T G.826 hace una estimación (R)

Tiempo de procesamiento/conmutación

- En función del hardware
- Típicamente $10\text{-}20\mu\text{s}$
- Router software $2\text{-}3\text{ms}$

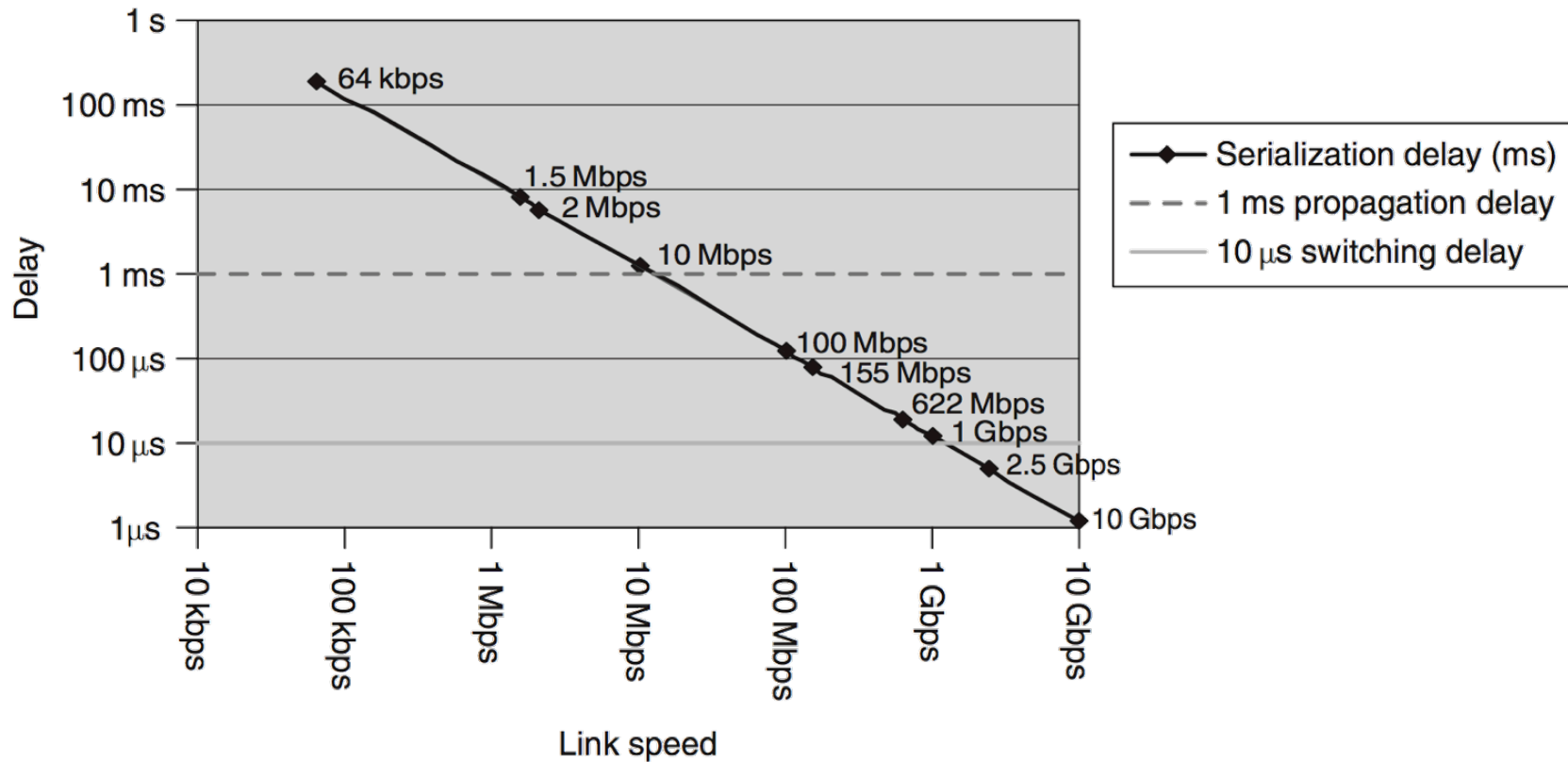


D	R
$D < 1000 \text{ km}$	$1.5 \times D$
$1000 \text{ km} \leq D \leq 1200 \text{ km}$	1500 km
$D > 1200 \text{ km}$	$1.25 \times D$

G.826 "End-to-end error performance parameters and objectives for international, constant bit-rate digital paths and connections"
G.114 "One-way transmission time"

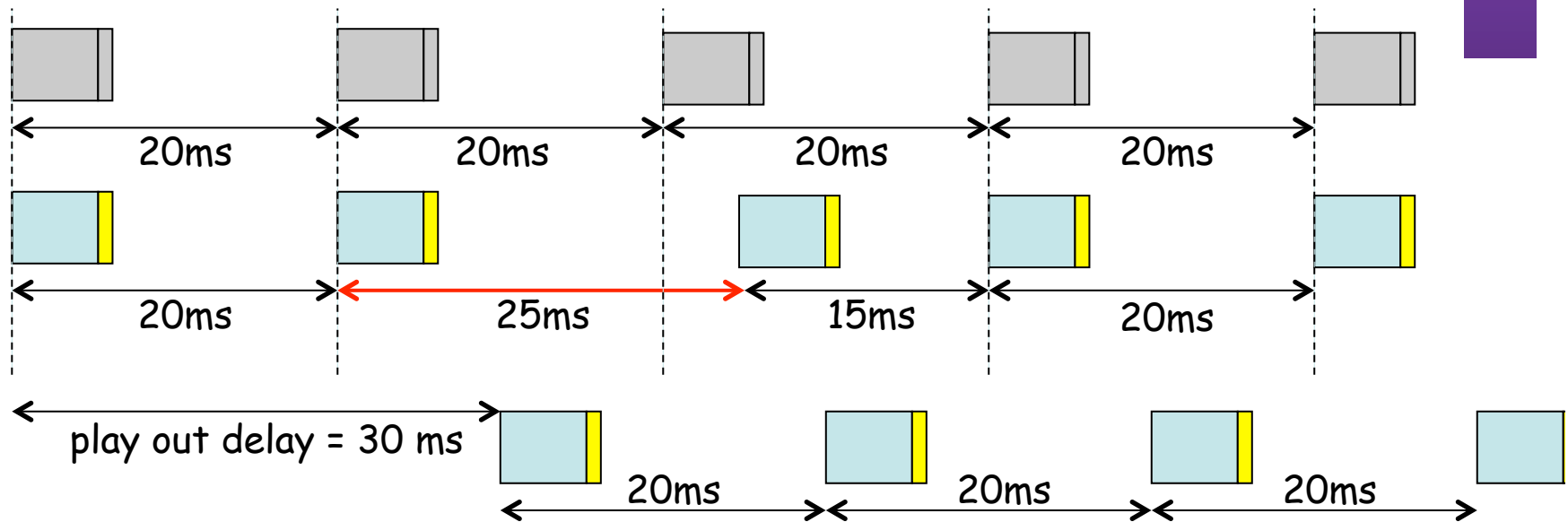
Retardos constantes

- Ejemplo comparativo
 - Retardo de serialización, de propagación y de conmutación
 - Paquete de 1500 bytes
 - Unos 200Km de fibra : 1ms de propagación



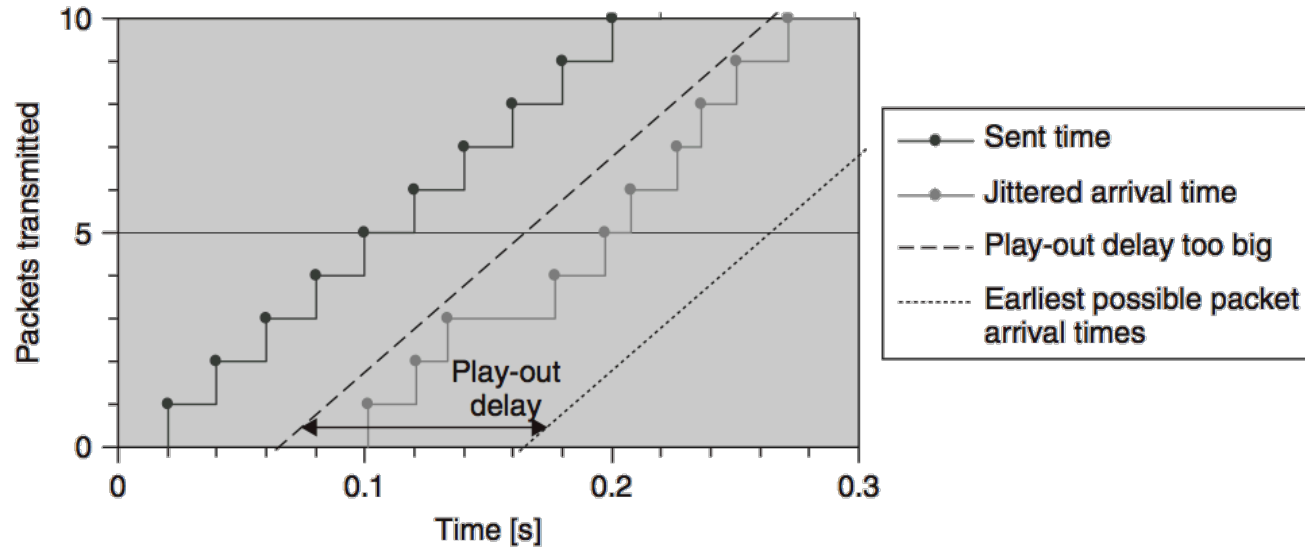
De-jitter delay

- VoIP es sensible ante el Jitter (a.k.a. Delay-Jitter, Packet Delay Variation)
- Se emplean *de-jitter buffers* (*play-out buffers*)
- Introducen un *play out delay*
- Se convierte la variación en el retardo en un retardo constante en el receptor
- Si el retardo añadido es demasiado grande obliga a la red a tener bajos retardos
- Si el retardo añadido es demasiado pequeño obliga a la red a garantizar un jitter bajo (o podrá haber *buffer underflows*)
- Buffer físico en torno al doble de lo necesario para el *play out delay*

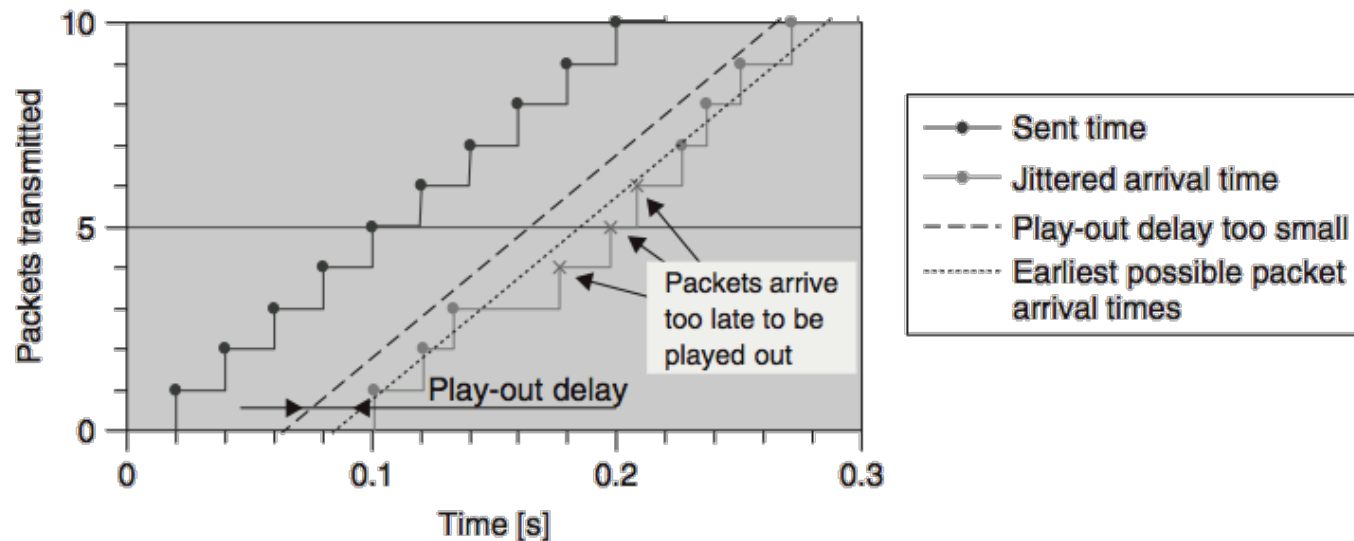


De-jitter delay

- Ejemplo de buffer muy grande:

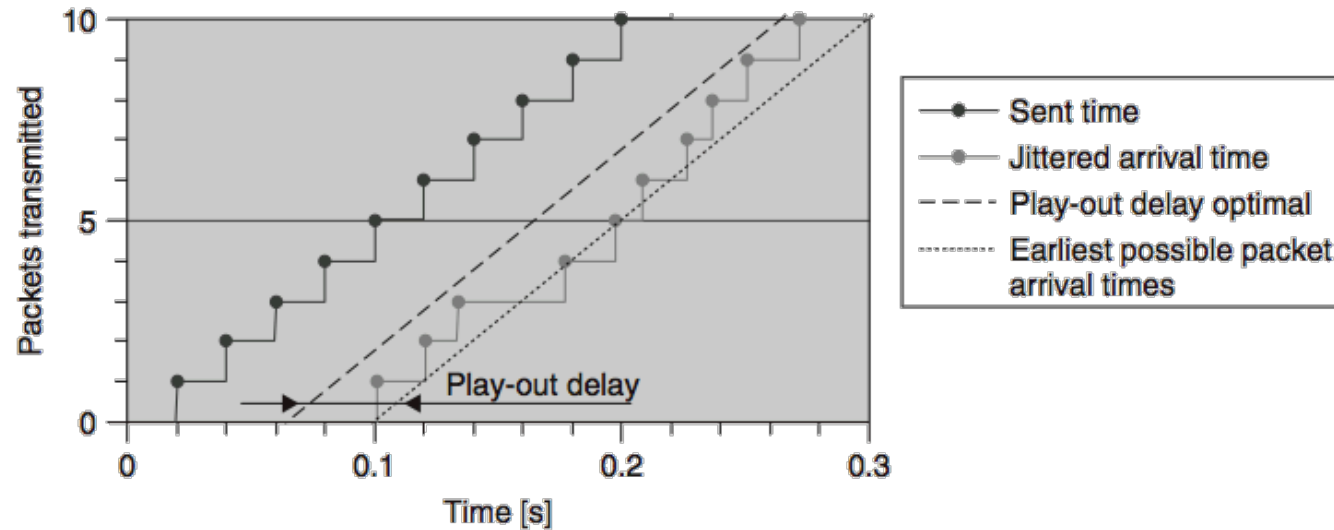


- Ejemplo de buffer demasiado pequeño:



De-jitter delay

- Ejemplo de buffer óptimo:

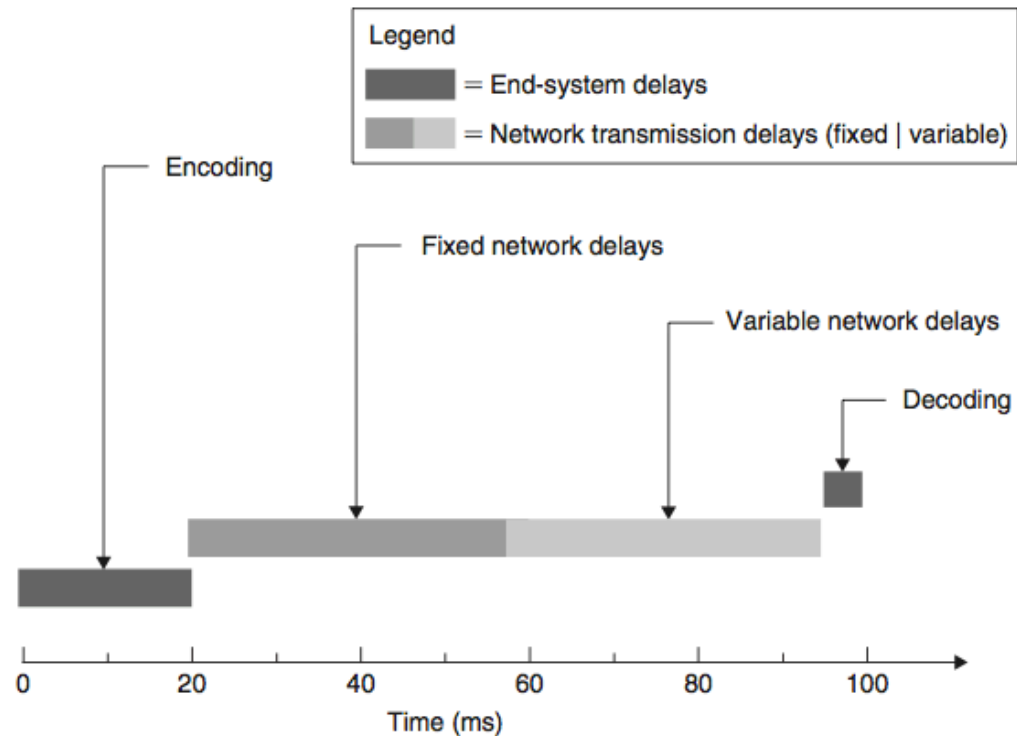


- El valor óptimo es el del retardo variable extremo a extremo
- Si se vacía el buffer entonces la próxima llegada se retiene durante el *play out delay* para reiniciar buffer
- Valores de *play out delay* en torno a los 40 ms
- Se emplea buffer adaptativo (con un valor máximo)
- Ajusta el tamaño del buffer dinámicamente
- Si se produce un underflow lo intenta “cubrir” (*packet loss concealment*) y aumentan el *play-out delay*
- Si pueden reducir el buffer lo hace de forma lenta

Retardos variables

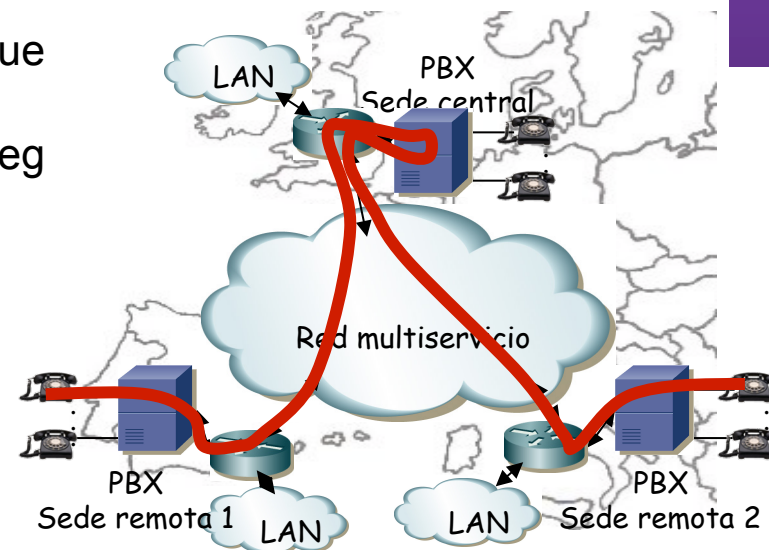
Retardo en cola (scheduling delay)

- Tiempo entre que el paquete se dirige al interfaz de salida y que empieza a transmitirse
- Depende de la carga
- Depende del planificador



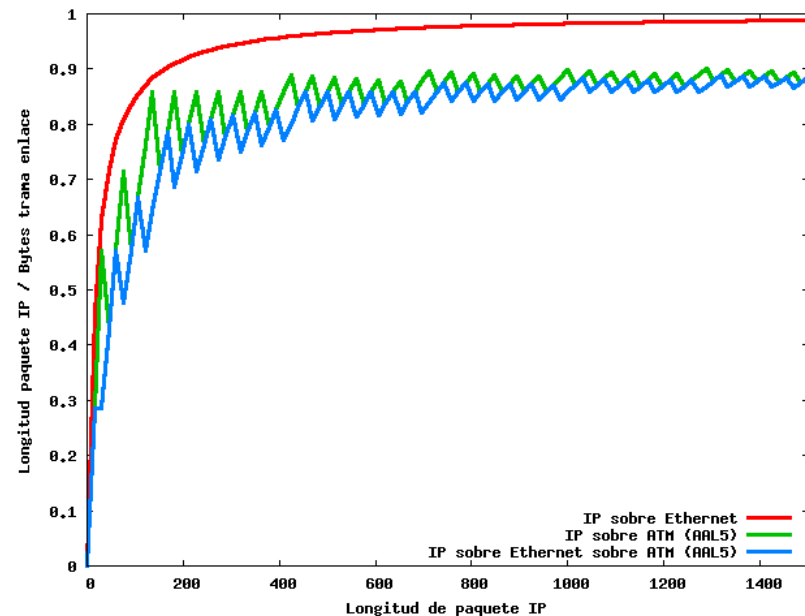
Otros retardos

- La llamada puede pasar por recodificadores, con lo que implica un nuevo tiempo de codificación
 - Sedes remotas podrían conmutar llamadas en sede central
 - Conmutación en PBX digital
 - Requiere convertir a PCM para pasar a la PBX (de-jitter, decodec)
 - Requiere volver a comprimir para enviar a la segunda sede
 - Mayores retardos de procesado
 - Más de dos compresiones CS-ACELP degrada la calidad de voz
- 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



Throughput

- Generalmente los codecs producen un flujo a bitrate constante
- Esto puede no ser así si se emplea supresión de silencios (VAD, *Voice Activation Detection*)
 - Una conversación suele contener aproximadamente un 50% de silencios
 - VAD reduce el ancho de banda medio pero no el de pico
 - Reducción en torno al 35%
- La capacidad suele estar dimensionada para soportar la tasa de pico
- Esto no quita para que se haga sobresubscripción
- A la hora de asegurar un throughput hay que tener en cuenta que:
 - El servicio genera un bitrate a nivel de aplicación
 - Habrá al menos encapsulado IP (más transporte)
 - El encapsulado de nivel de enlace va a depender de cómo se haga el transporte



Throughput y encapsulado

- Hay que tener en cuenta en qué nivel se está asegurando el throughput
- Si se asegura un bitrate o pkts/s a nivel IP hay que tener en cuenta que al enviar se añade la cabecera de nivel de enlace
- Ejemplo:
 - Flujo A paquetes de 100 bytes, flujo B paquetes de 1000 bytes (a nivel IP)
 - Se asegura un reparto del 50:50 % de la capacidad del enlace a nivel IP
 - Enlace Ethernet
 - En un cierto periodo se enviarán 10 paquetes de A por cada paquete de B
 - Se han enviado $10 \times (100 + 18)$ bytes de A y $1000 + 18$ bytes de B
 - Eso son 1180 bytes de A y 1018 de B
 - Eso es un 54:46 %

Encapsulado: Ejemplo

- 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 muestras/ms, 1 byte/muestra, 20 ms/paquete \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
 - o enlace Ethernet (+18 Bytes) \Rightarrow 218 bytes/trama \Rightarrow 87.2 Kbps
 - o enlace Frame Relay (+4 Bytes) \Rightarrow 204 bytes/trama \Rightarrow 81.6 Kbps
 - o 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

Pérdidas

- *Packet Loss Concealment* (PLC)
- Permite enmascarar el efecto de pérdida de paquetes de VoIP
- En codecs tipo G.711 se repite la última muestra
 - Se basa en que la onda cambia despacio
 - Se puede cubrir así hasta en torno a 20ms de muestras
 - La paquetización en el codec determina cuántas muestras hay en un paquete
 - Si se crean los paquetes conteniendo 20ms de muestras entonces dos o más pérdidas consecutivas degradan la calidad
 - Paquetes más grandes reducen la sobrecarga de cabeceras y por lo tanto el ancho de banda consumido
 - Sin embargo, si los paquetes contienen más de 20ms de muestras, puede que con PLC no se puedan mitigar las pérdidas
- Codecs *frame-based* (G.729 y G.723) usan técnicas más sofisticadas, cubriendo pérdidas de hasta 30-40ms si no son fonemas cortos
- Se puede recuperar una pérdida pero mejor diseñar la red para pérdidas cercanas a 0 para el tráfico de voz

Codecs

ITU-T Codec	Codec type	Maximum codec delay (ms) (a1 d)	Bitrate (bps)	Packetization interval (ms) (b)	pps	Payload size (bytes)	IP pkt size (bytes) ¹	IP bps
G.711	PCM	0.375	64 000	10	100	80	120	96 000
G.711	PCM	0.375	64 000	20	50	160	200	80 000
G.711	PCM	0.375	64 000	30	33.33	240	280	74 659
G.723.1	ACELP	97.5	5 300	30	33.33	20	60	15 998
G.723.1	ACELP	97.5	5 300	15	16.67	40	80	10 669
G.726.16	ADPCM	0.375	16 000	10	100	20	60	48 000
G.726.16	ADPCM	0.375	16 000	20	50	40	80	32 000
G.726.16	ADPCM	0.375	16 000	30	33.33	60	100	26 664
G.726.24	ADPCM	0.375	24 000	10	100	30	70	56 000
G.726.24	ADPCM	0.375	24 000	10	50	60	100	40 000
G.726.24	ADPCM	0.375	24 000	10	33.33	90	130	34 663
G.726.32	ADPCM	0.375	32 000	10	100	40	80	64 000
G.726.32	ADPCM	0.375	32 000	20	50	80	120	48 000
G.726.32	ADPCM	0.375	32 000	30	33.33	120	160	42 662
G.726.40	ADPCM	0.375	40 000	10	100	50	90	72 000
G.726.40	ADPCM	0.375	40 000	20	50	100	140	56 000
G.726.40	ADPCM	0.375	40 000	30	33.33	150	190	50 662
G.728	LD-CELP	1.875	16 000	10	100	20	60	48 000
G.728	LD-CELP	1.875	16 000	20	50	40	80	32 000
G.728	LD-CELP	1.875	16 000	30	33.33	60	100	26 664
G.729A	CS-ACELP	35	8 000	10	100	10	50	40 000
G.729A	CS-ACELP	35	8 000	20	50	20	60	24 000
G.729A	CS-ACELP	35	8 000	30	33.33	30	70	18 665

Cálculo de retardos: Ejemplo

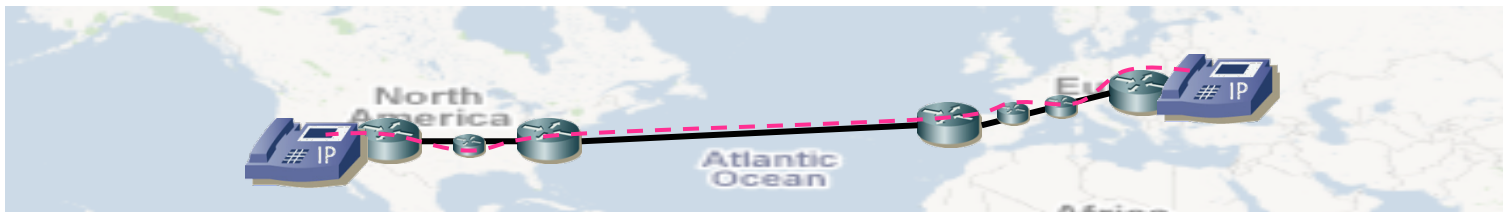
Ejemplo: end-to-end delay

	mseg	Quedan
Delay Budget	150	



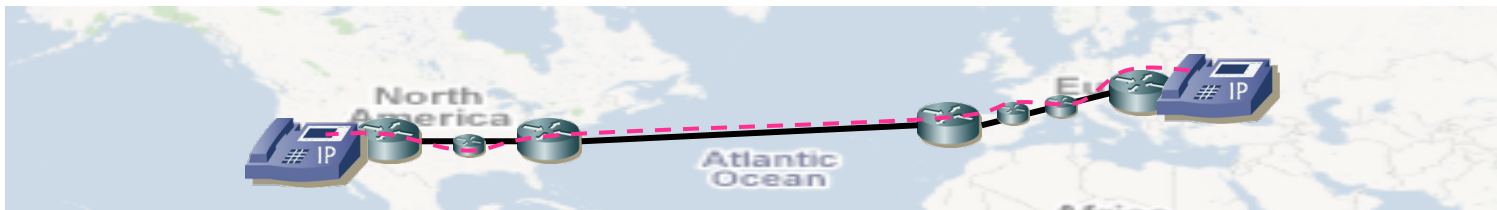
Ejemplo: end-to-end delay

	mseg	Quedan
Delay Budget	150	
Retardo de codificación	20	130



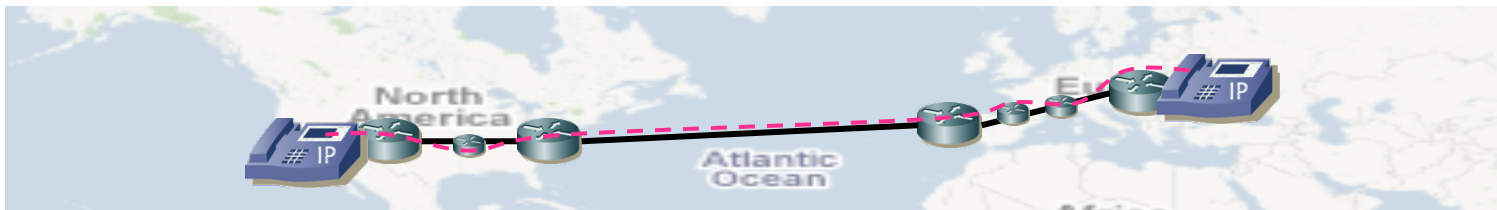
Ejemplo: end-to-end delay

	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



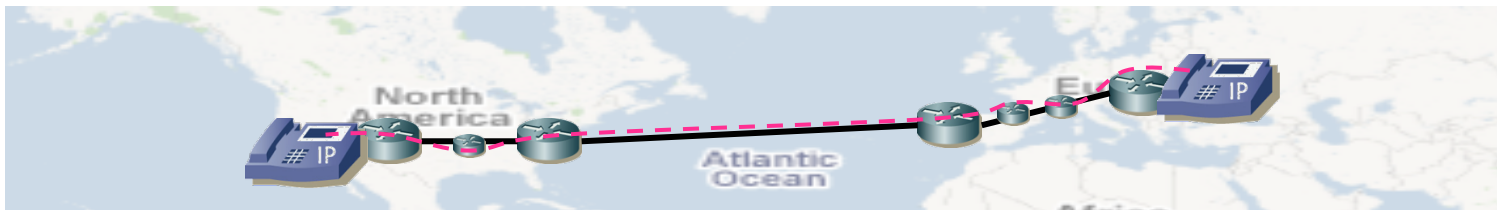
Ejemplo: end-to-end delay

	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



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



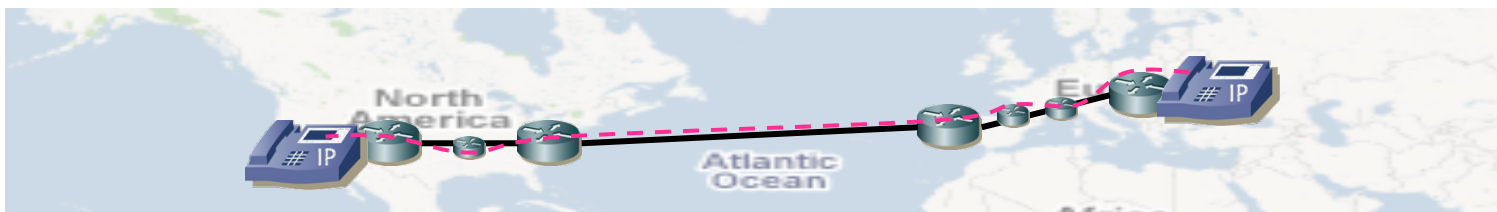
Ejemplo: end-to-end delay

	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. (2.000Km)	10	91,6



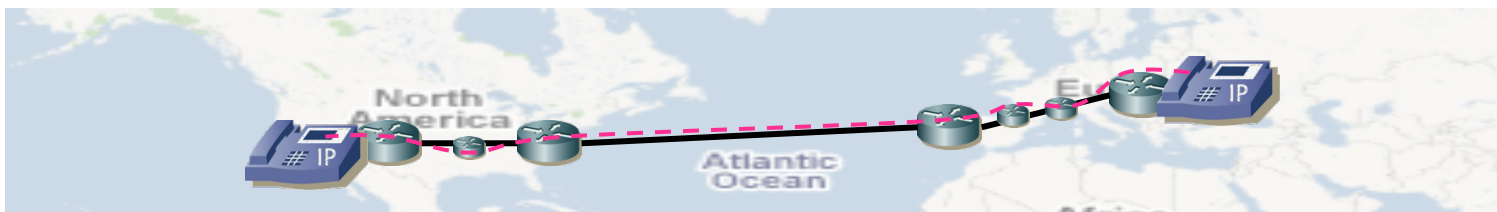
Ejemplo: end-to-end delay

	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. (2.000Km)	10	91,6
Propagación transatlántica aprox.	40	51,6



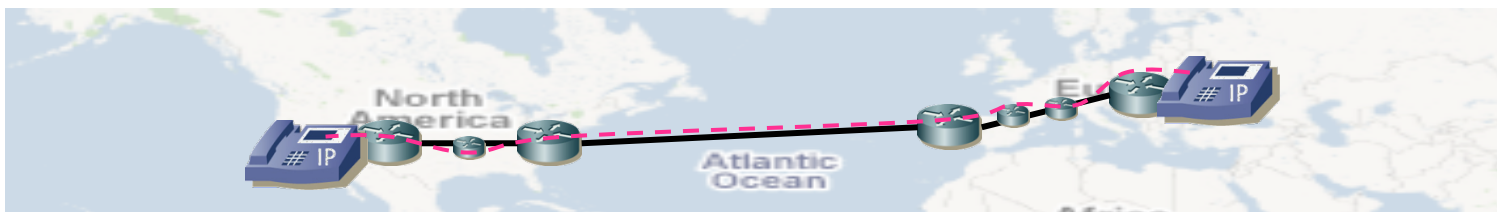
Ejemplo: end-to-end delay

	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. (2.000Km)	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



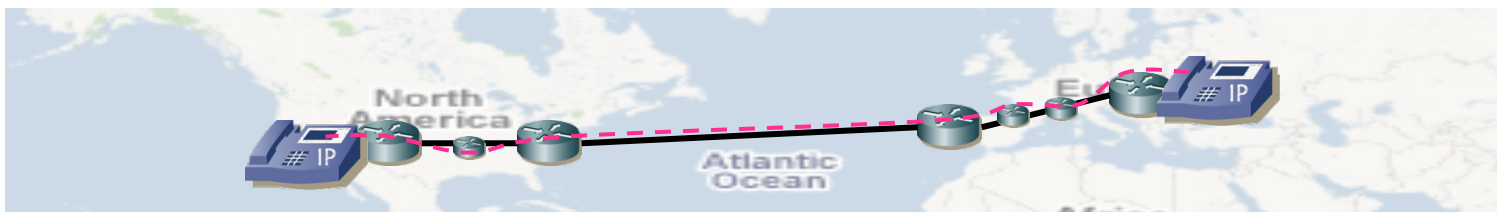
Ejemplo: end-to-end delay

	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. (2.000Km)	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



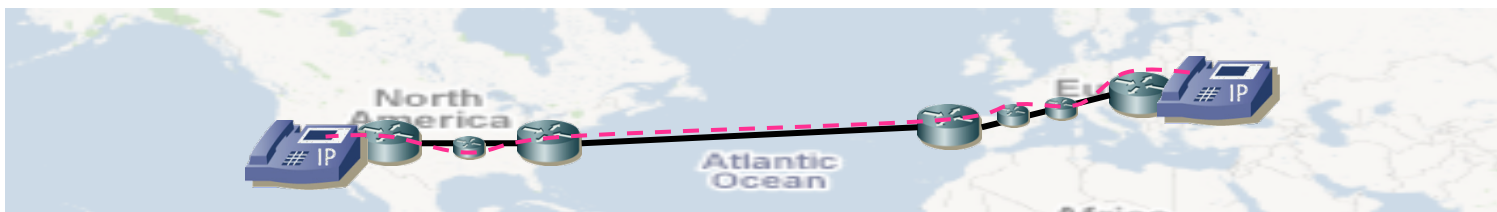
Ejemplo: end-to-end delay

	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. (2.000Km)	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
Enlace de acceso de 512 Kbps, tiempo de transmisión aprox.	3	41



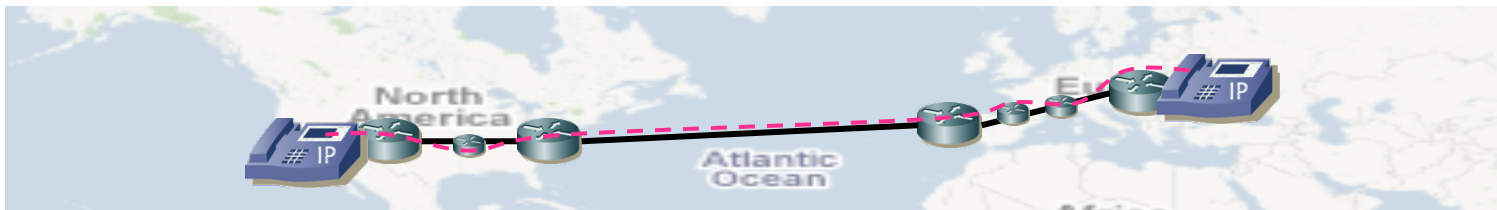
Ejemplo: end-to-end delay

	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. (2.000Km)	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
Enlace de acceso de 512 Kbps, tiempo de transmisión aprox.	3	41
De-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



Voz

Área de Ingeniería Telemática
<http://www.tlm.unavarra.es>

Máster en Comunicaciones

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?

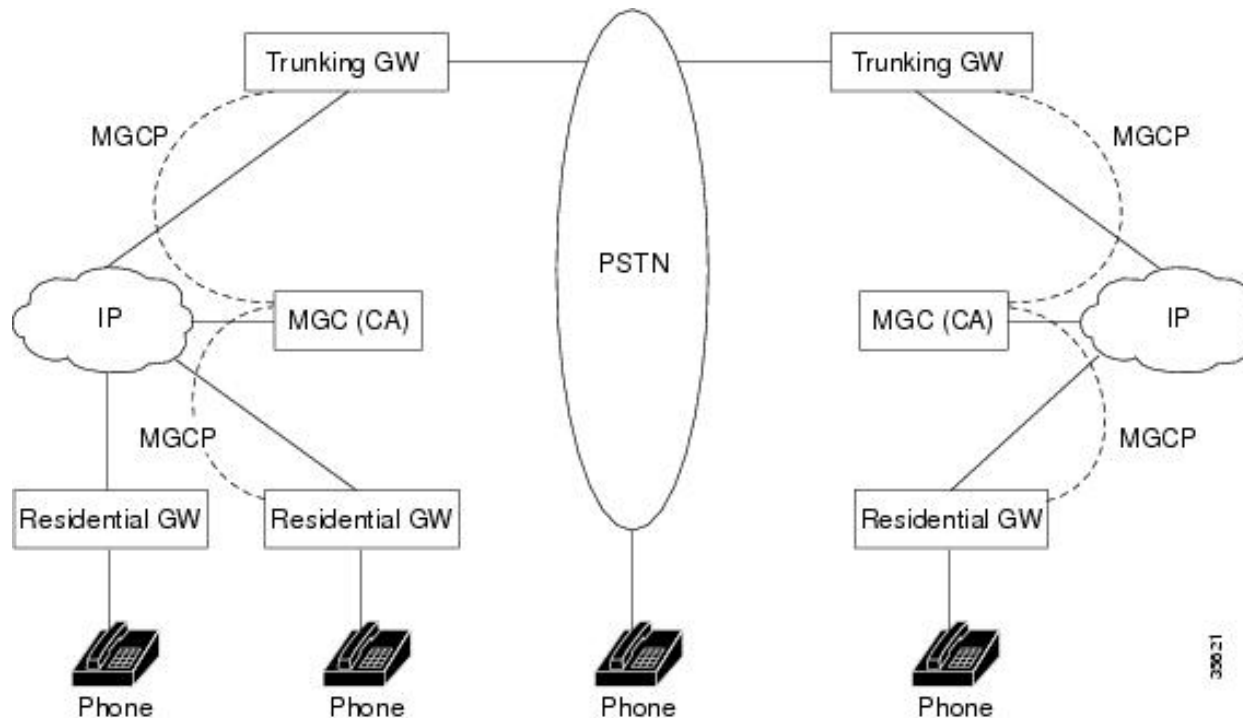
Necesidad de QoS

- ¿ 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

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

