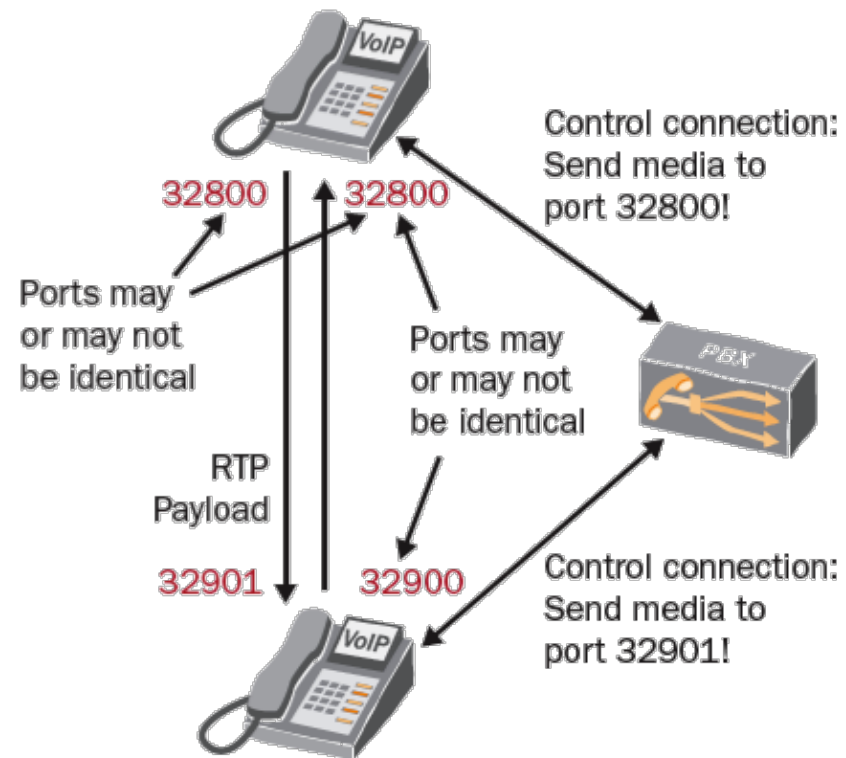


# Transporte de Voz

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

# Esquema básico de flujos en VoIP

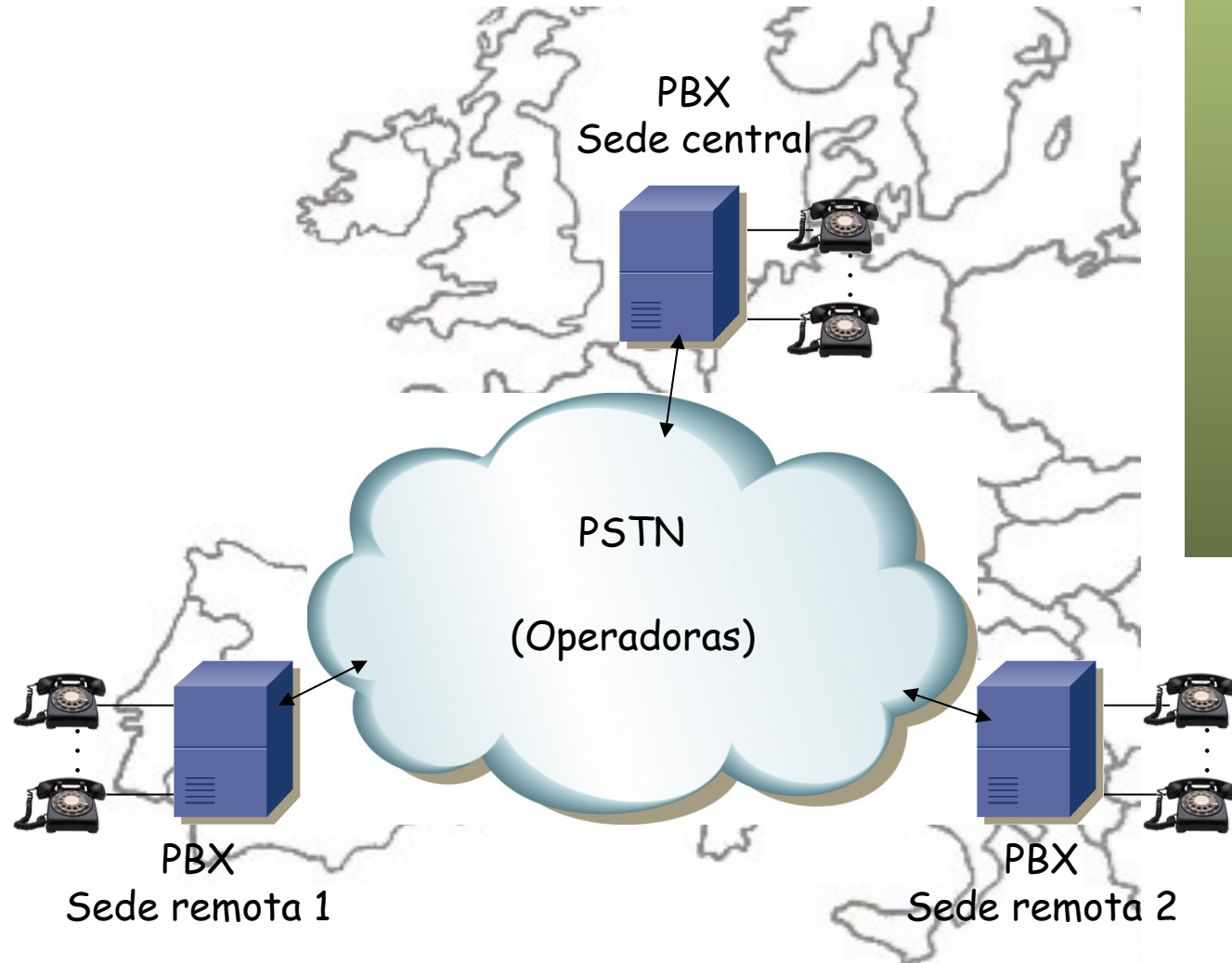
- Dos tipos de flujos
  - Voz, generalmente directa entre los peers (RTP)
  - Señalización, entre peers o con servidores (SIP, H.323, MGCP...)
- Diferentes requisitos de calidad



# Voz en escenarios privados

# Voz entre sedes

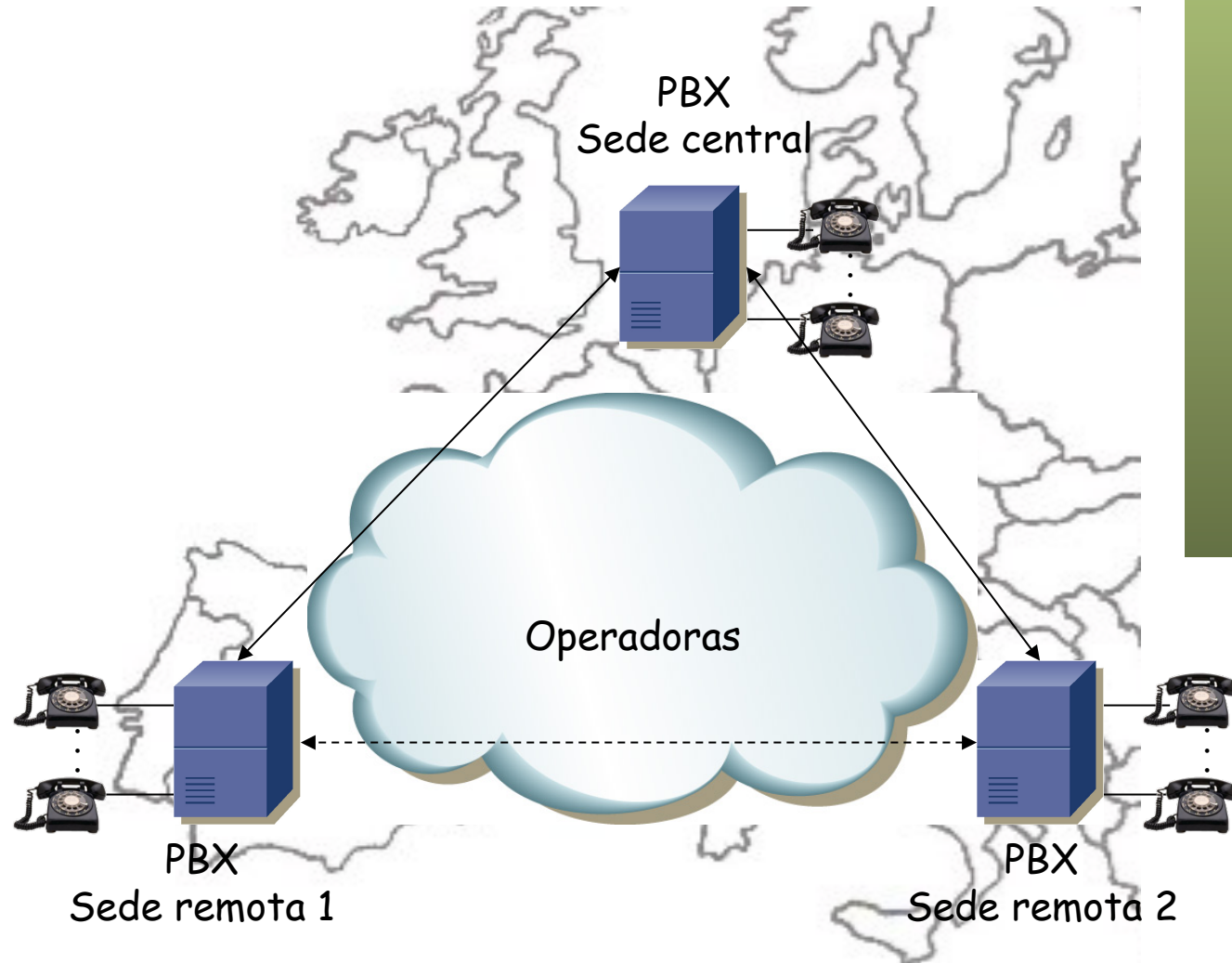
Mediante llamadas por la red pública



PBX = *Private Branch eXchange*

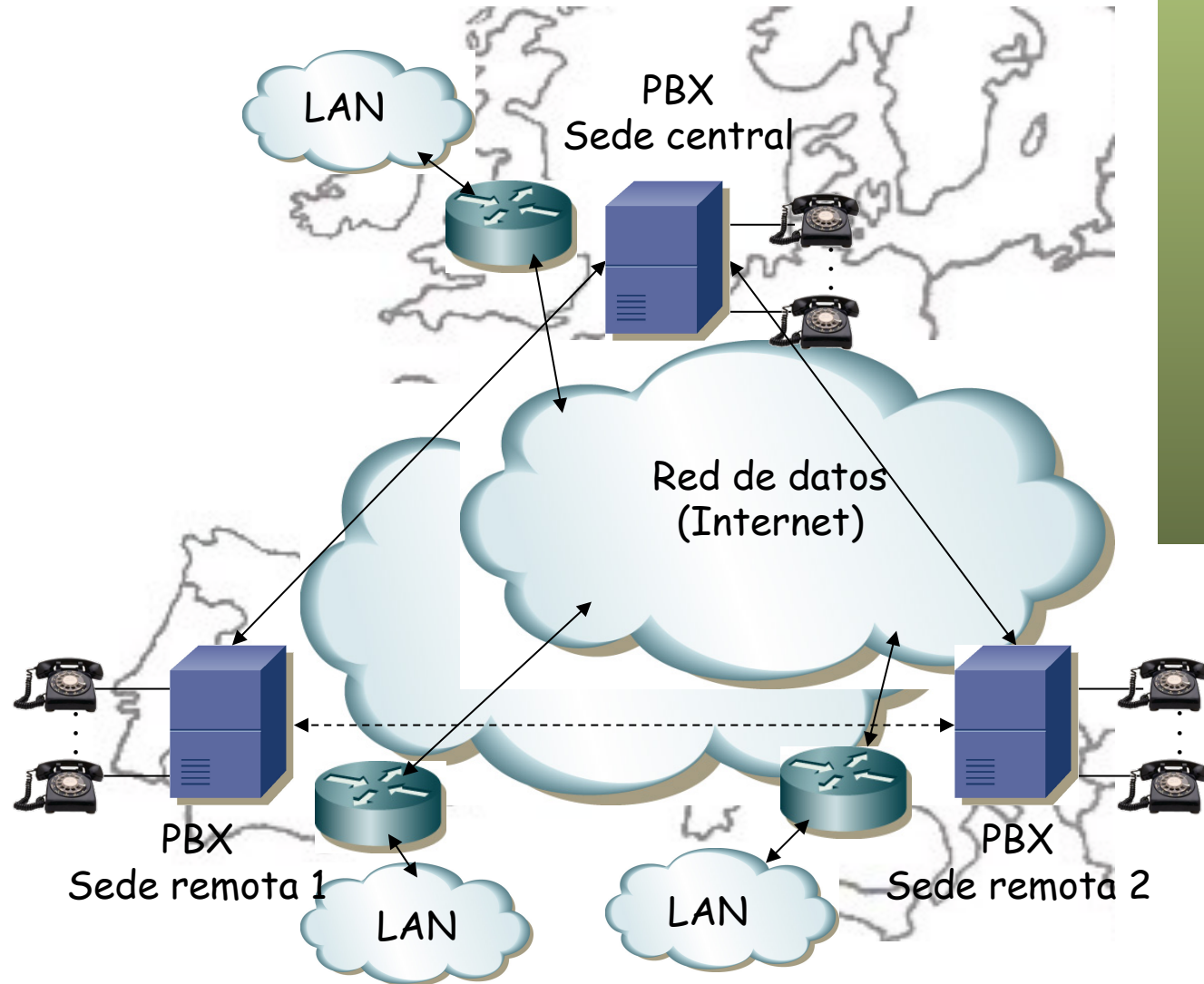
# Voz entre sedes

## Enlaces dedicados (malla o hub)



# Voz + datos

Probablemente tenga enlaces de datos simultáneamente



# ¿Por qué dejar de usar TDM?

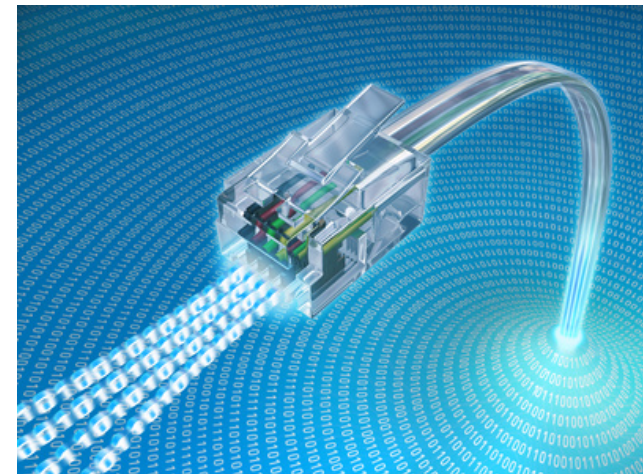
- Utilizar la misma infraestructura de datos: reduce CAPEX y OPEX
- Negocio:
  - Añadir más servicios al cliente
  - Telcos añaden datos, ISPs añaden voz
- (...)





# ¿Por qué dejar de usar TDM?

- 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

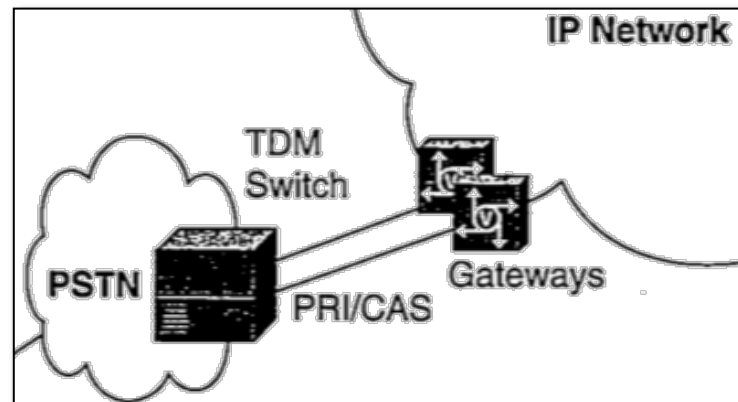




# Terminología PSTN-VoIP

## ***(Media) Gateway***

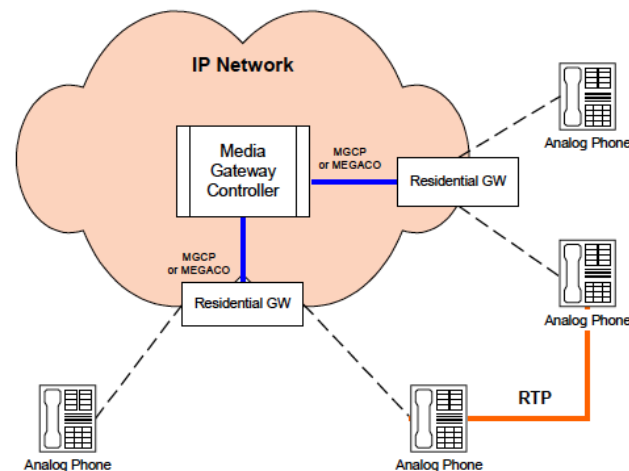
- En cualquiera: H.323, SIP, MGCP, Megaco
- Terminación de llamadas entre un medio y otro
- “Traduce” voz y también la señalización
- Generalmente entre la PSTN y la red de datos
- O puede ser entre dos partes de la red con diferentes requisitos
  - *Transcoding* (cambio de codificador)
  - Diferente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



# Terminología PSTN-VoIP

## Media (Gateway) Controller

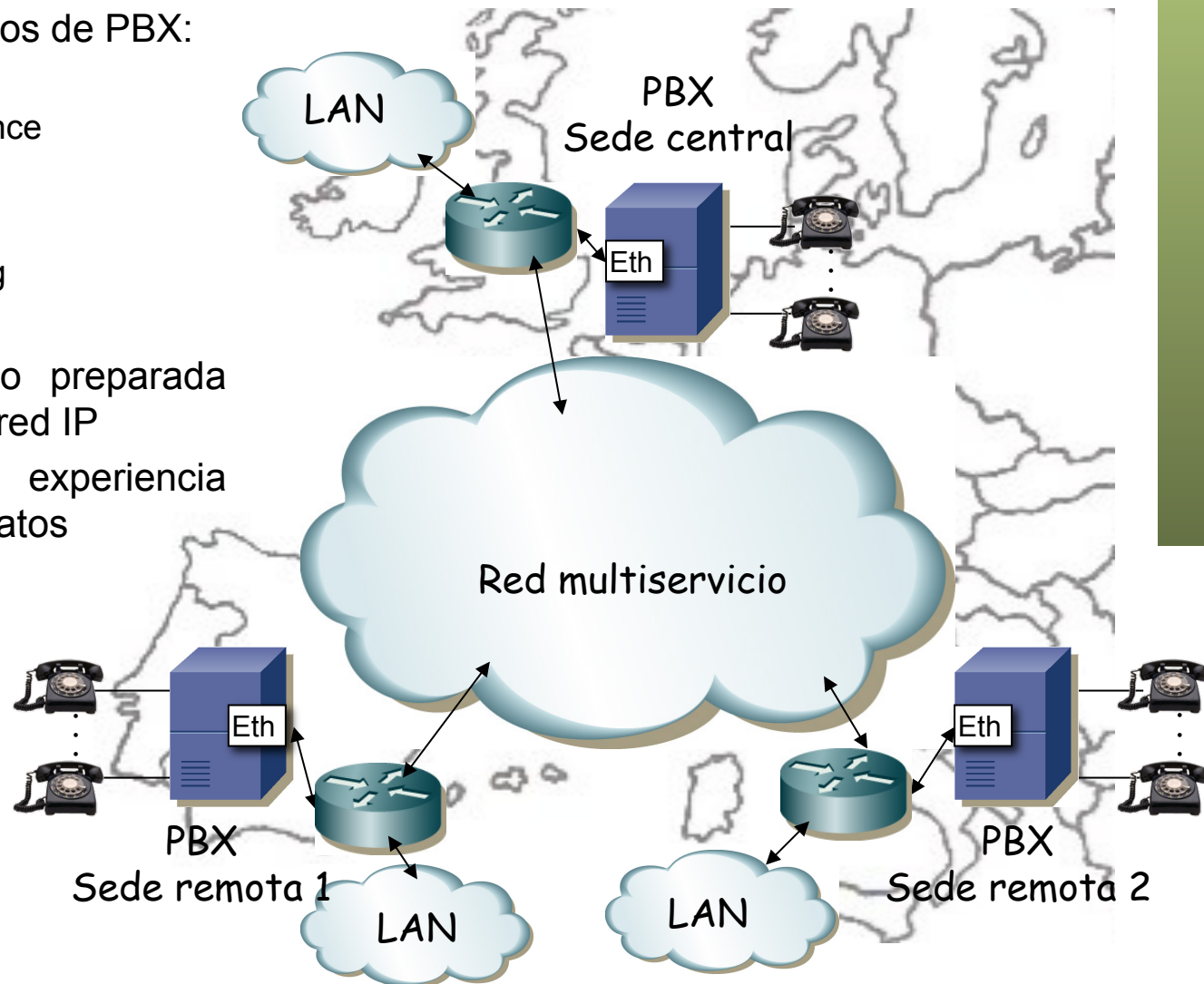
- Controla Media Gateways para proveer llamadas extremo a extremo
- Registro de llamadas, autenticación, autorización, encaminamiento, facturación, gestión de recursos ...
- Traducción de direcciones (de nº telef., URL, e-mail, etc a dirección IP)
- Cada MGC controla una *zona*
- Media Gateway Controller 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...



# Convergencia

## PBXs con interfaces IP (Ethernet)

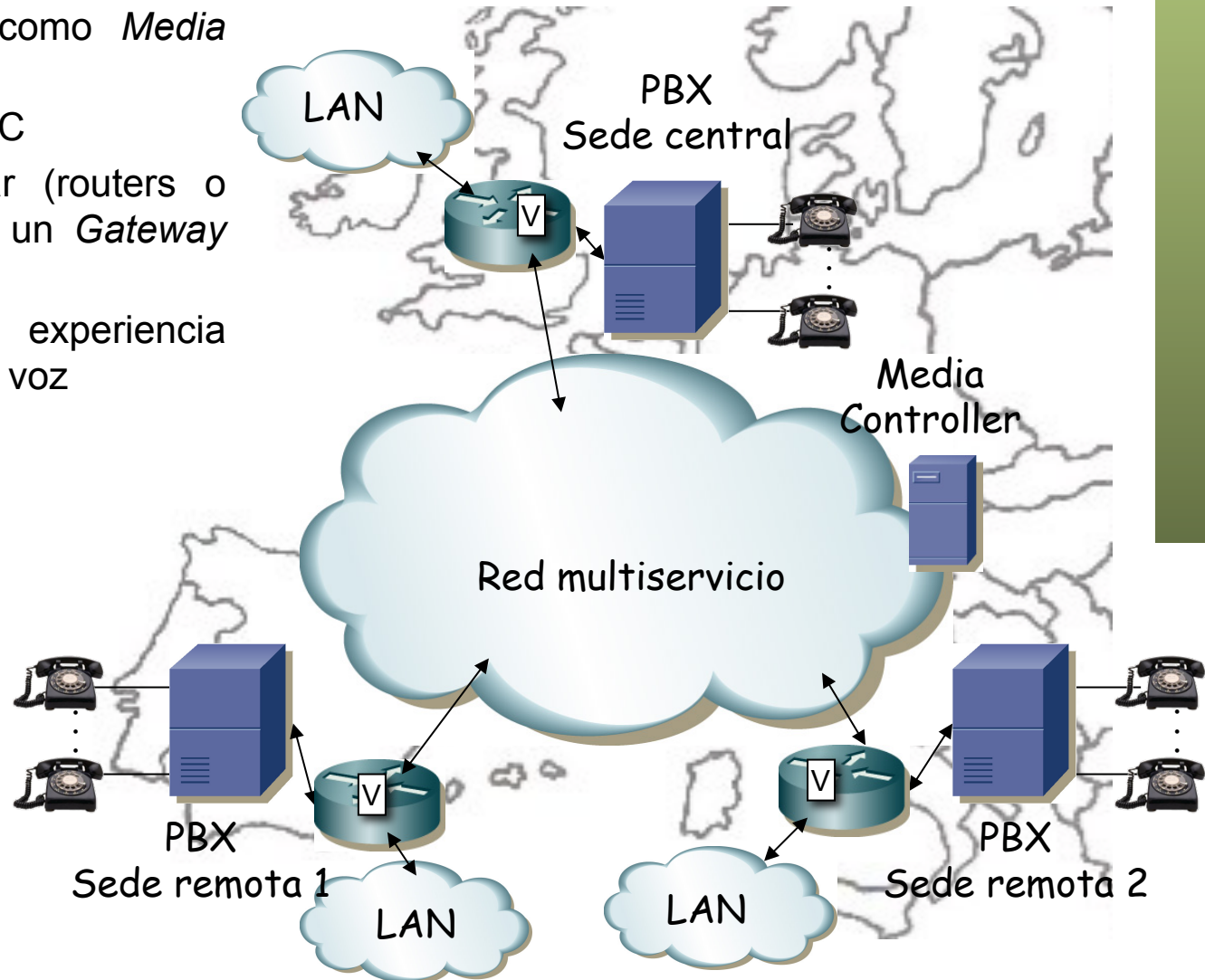
- Reutiliza servicios de PBX:
  - Call transfer
  - Call conference
  - Paging
  - Bridging
  - Group calling
  - Etc.
- Señalización no preparada para delays en red IP
- Fabricante con experiencia en voz, no en datos



# Convergencia

## PBXs trunk TDM y conversión en router

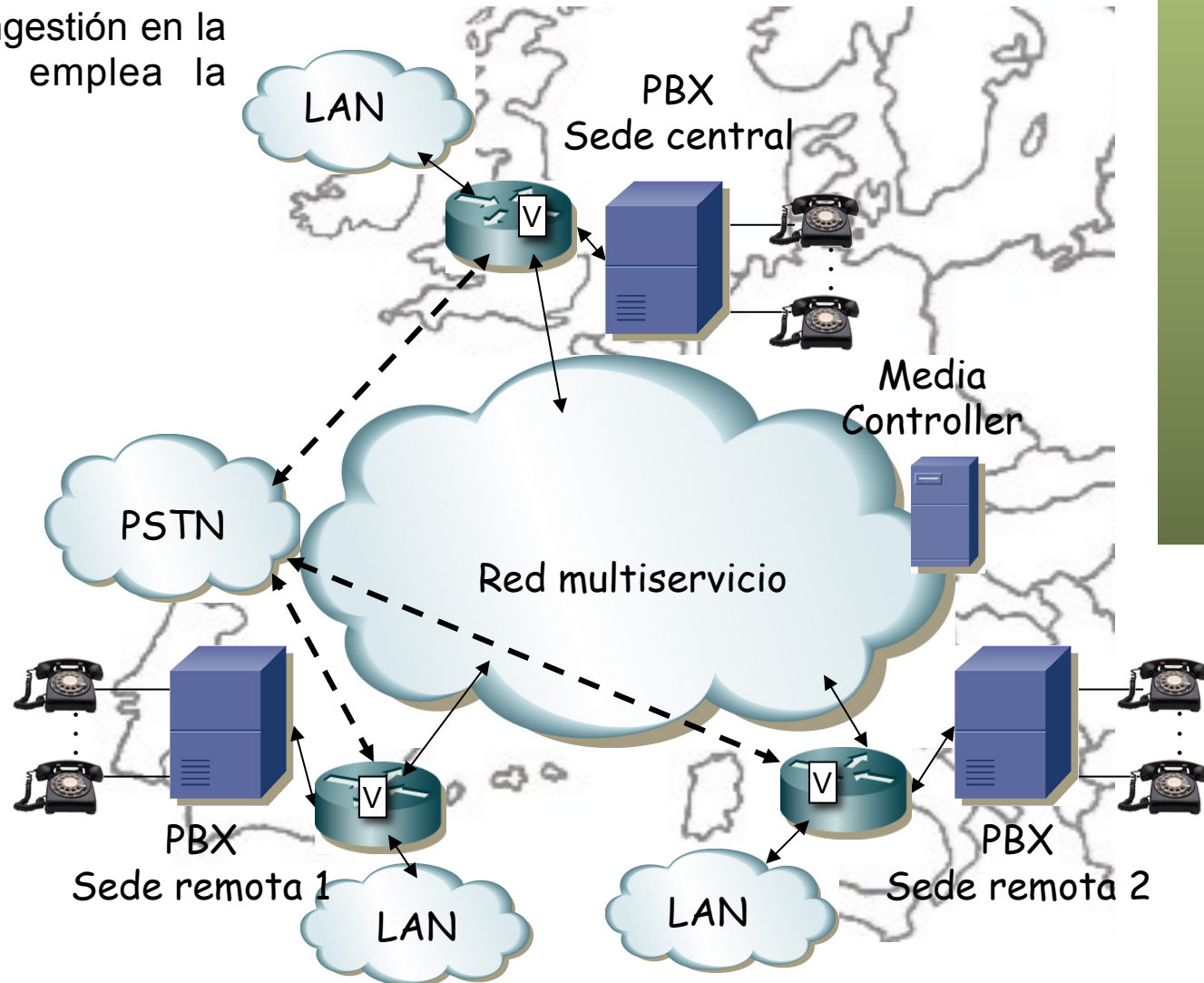
- Router actúa como *Media Gateway*
- Puede ser un PC
- En algún lugar (routers o externo) habrá un *Gateway Controller*
- Fabricante con experiencia en datos, no en voz



# Convergencia

## Multi-Point Switched Gateway

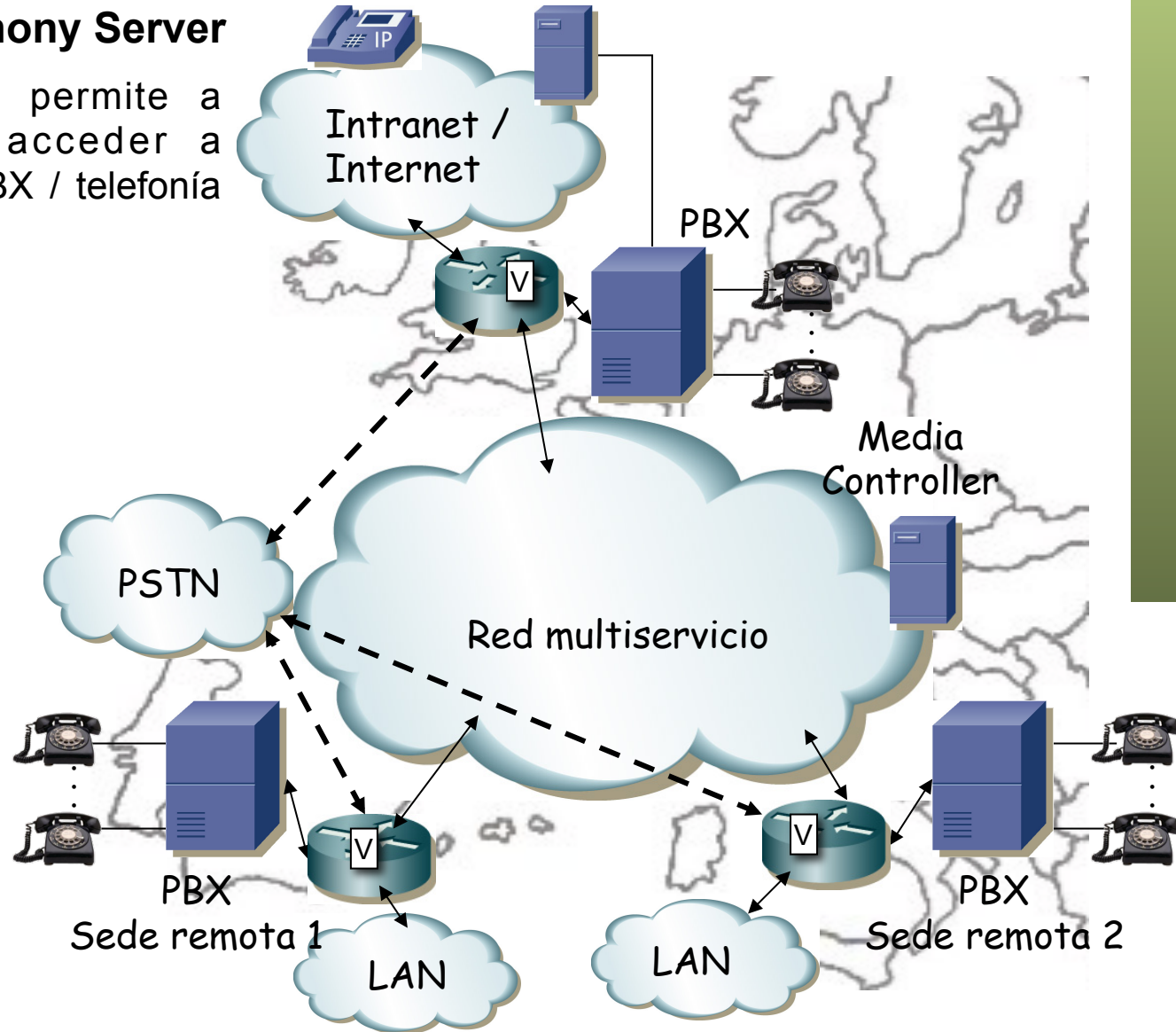
- En caso de congestión en la red de datos emplea la PSTN



# Convergencia

## (Remote) Telephony Server

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





# Voz en escenarios privados



# Codificación

# Flujo extremo a extremo

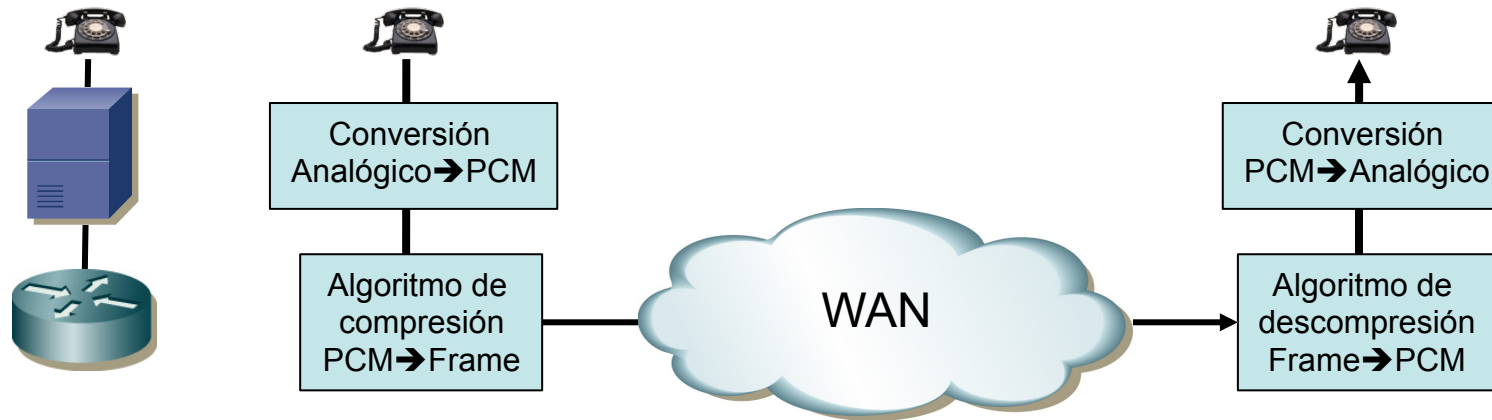
- Flujo a través de una WAN



- (...)

# Flujo extremo a extremo

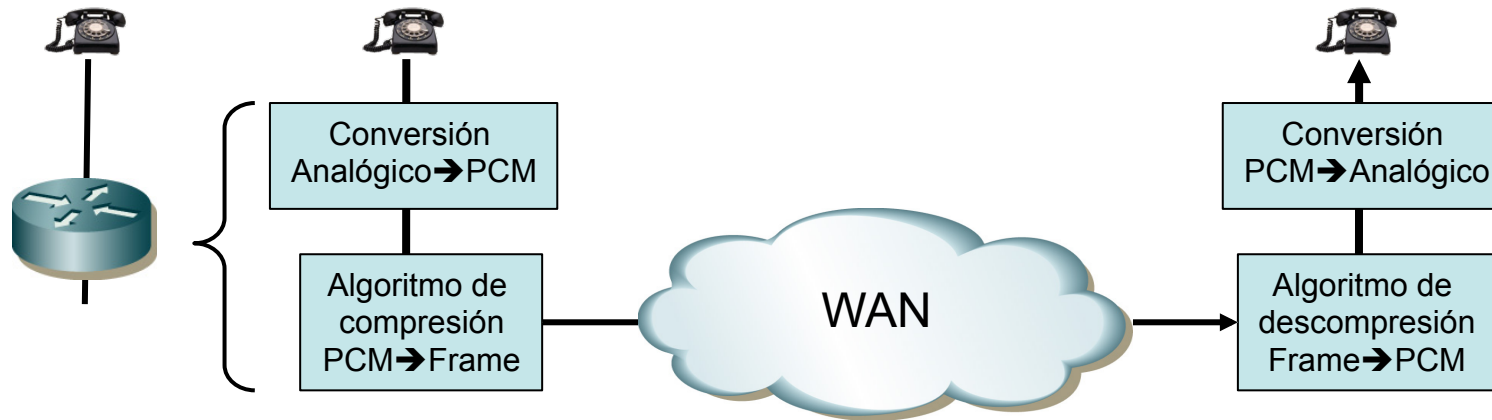
- Flujo a través de una WAN



- 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
- Varían en complejidad, BW requerido y calidad de sonido ofrecida
- Los más complejos ofrecen mayor calidad percibida y menor bitrate pero con mayores tiempos de procesamiento

## Ejemplos:

- 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)

The screenshot shows a software interface with three tabs: 'Captura', 'Programación', and 'Configuración'. The 'Configuración' tab is active. Under the heading 'Formato audio:', there are four rows of settings, each with a label and a text input field:

Codec audio:	MP2
Bitrate	128 kbps
Frec. de muestreo:	44100 Hz
Canales audio:	Stereo

Below this, under the heading 'Parámetros del dispositivo:', there are two rows of settings:

Entrada vídeo:	Ninguno
Estándar vídeo:	Ninguno

# Codificación

# Voz y el throughput



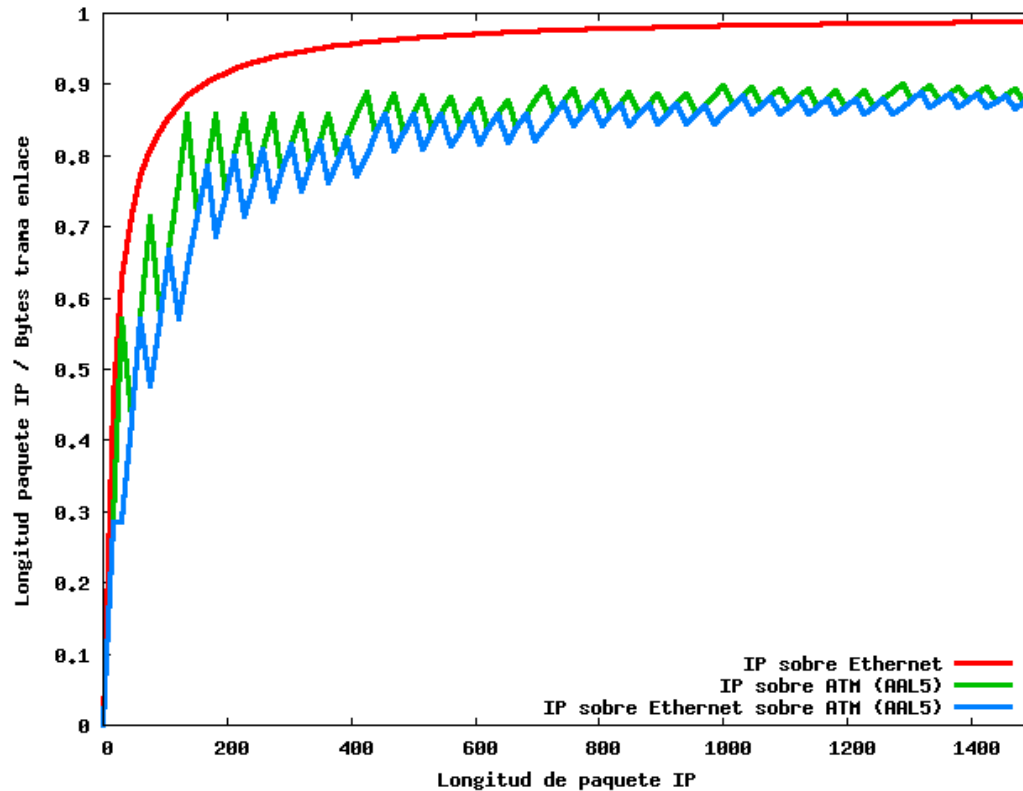
# Throughput

- 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
- La capacidad suele estar dimensionada para soportar la tasa de pico
- Esto no quita para que se haga sobresubscripción



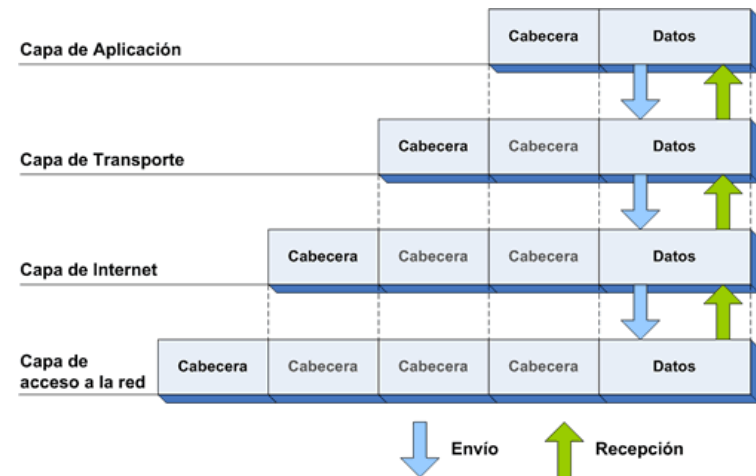
# Throughput y encapsulado

- 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 UDP?)
  - El encapsulado de nivel de enlace va a depender de cómo se haga el transporte de red



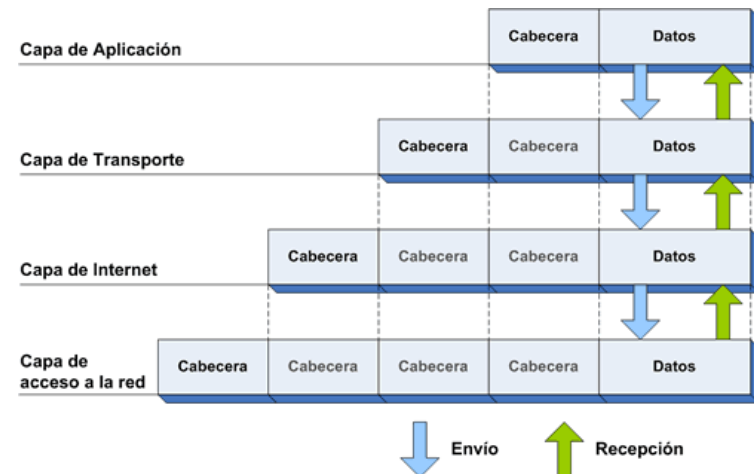
# Throughput y encapsulado

- Hay que tener en cuenta en qué nivel se está asegurando el throughput
- Esto afecta a cualquier servicio
- 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:
  - (...)



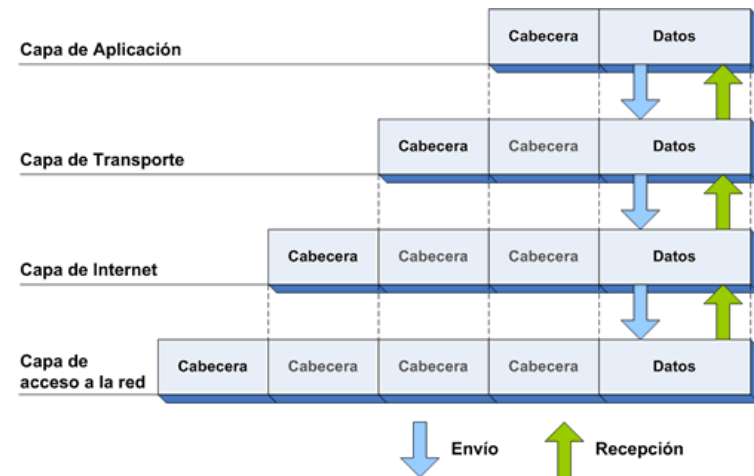
# Throughput y encapsulado

- Hay que tener en cuenta en qué nivel se está asegurando el throughput
- Esto afecta a cualquier servicio
- 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 (cRTP solo 2 ó 4 bytes) + 8 de cabecera UDP
  - +20 de cabecera IP (mínima) + Y bytes de cabecera de enlace
- Ejemplo: (...)



# 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 (cRTP solo 2 ó 4 bytes) + 8 de cabecera UDP
  - +20 de cabecera IP (mínima) + Y bytes de cabecera de enlace
- Ejemplo: G.711 (con paquetes cada 20ms = 50 pps)
  - Muestreo a 8KHz (2x4KHz), 1 byte/muestra  $\Rightarrow$  64 Kbps
  - 8KHz = 8 muestras/ms, 20ms/paquete  $\Rightarrow$  160 bytes/paquete
  - $160+12+8+20 = 200$  bytes de paquete IP
  - 200 bytes/paquete, 50pps  $\Rightarrow$  10.000 Bps (80 Kbps) a nivel IP
  - 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

# Encapsulado: Ejemplos

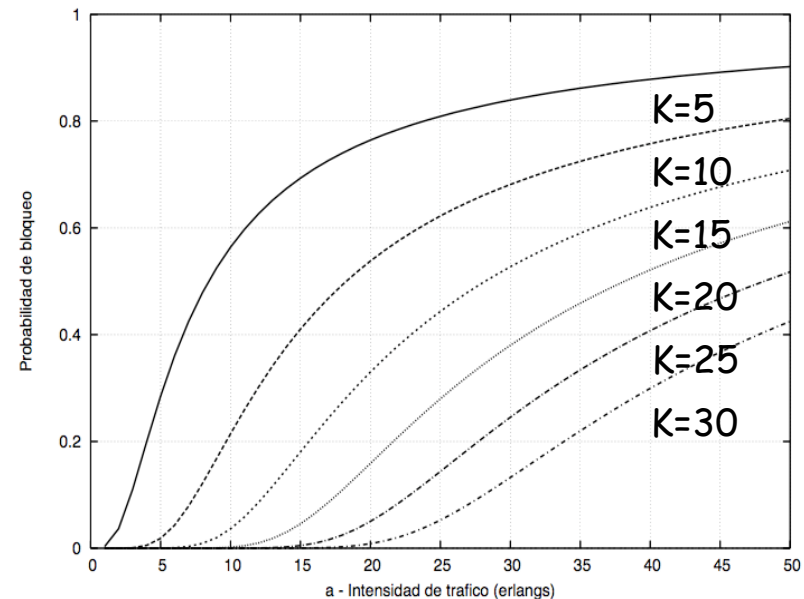
Algorithm	Voice BW (kb/s)	Frame Size (bytes)	Cisco Payload (bytes)	Packets per Second	IP/UDP/RTP Header (bytes)	CRTP Header (bytes)	L2	Layer 2 Header (bytes)	Total Bandwidth (kb/s) No VAD	Total Bandwidth (kb/s) With VAD
G.711	64	80	160	50	40	—	Ether	14	85.6	42.8
G.711	64	80	160	50	—	2	Ether	14	70.4	35.2
G.711	64	80	160	50	40	—	PPP	6	82.4	41.2
G.711	64	80	160	50	—	2	PPP	6	67.2	33.6
G.711	64	80	160	50	40	—	FR	4	81.6	40.8
G.711	64	80	160	50	—	2	FR	4	66.4	33.2
G.711	64	80	80	100	40	—	Ether	14	107.2	53.6
G.711	64	80	80	100	—	2	Ether	14	76.8	38.4
G.711	64	80	80	100	40	—	PPP	6	100.8	50.4
G.711	64	80	80	100	—	2	PPP	6	70.4	35.2
G.711	64	80	80	100	40	—	FR	4	99.2	49.6
G.711	64	80	80	100	—	2	FR	4	68.8	34.4
G.729	8	10	20	50	40	—	Ether	14	29.6	14.8
G.729	8	10	20	50	—	2	Ether	14	14.4	7.2
G.729	8	10	20	50	40	—	PPP	6	26.4	13.2
G.729	8	10	20	50	—	2	PPP	6	11.2	5.6
G.729	8	10	20	50	40	—	FR	4	25.6	12.8
G.729	8	10	20	50	—	2	FR	4	10.4	5.2
G.729	8	10	30	33	40	—	Ether	14	22.4	11.2
G.729	8	10	30	33	—	2	Ether	14	12.3	6.1
G.729	8	10	30	33	40	—	PPP	6	20.3	10.1
G.729	8	10	30	33	—	2	PPP	6	10.1	5.1
G.729	8	10	30	33	40	—	FR	4	19.7	9.9
G.729	8	10	30	33	—	2	FR	4	9.6	4.8
G.723.1	6.3	30	30	26	40	—	Ether	14	17.6	8.8
G.723.1	6.3	30	30	26	—	2	Ether	14	9.7	4.8
G.723.1	6.3	30	30	26	40	—	PPP	6	16.0	8.0
G.723.1	6.3	30	30	26	—	2	PPP	6	8.0	4.0



# ¿Dimensionamiento?

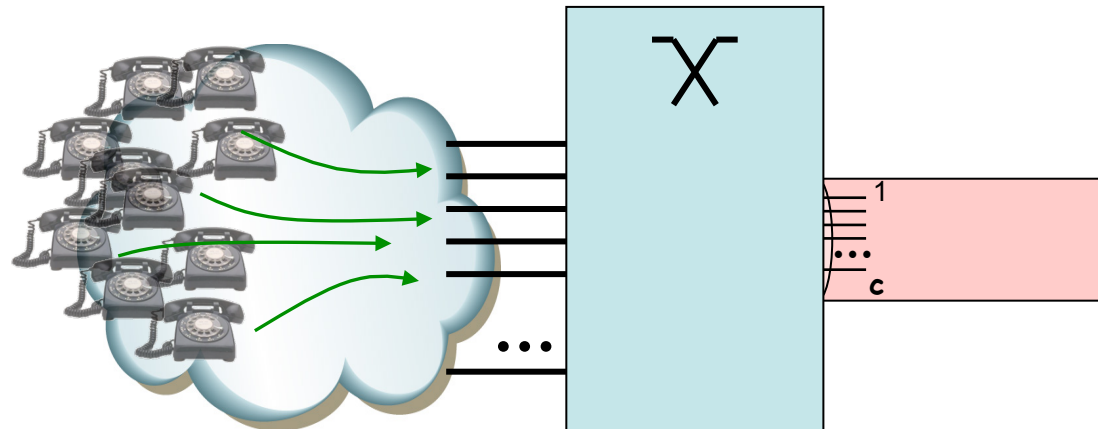
- ¿Qué hacíamos en la PSTN?
  - Intensidad de tráfico (Erlangs)
  - Hora cargada
  - Duración de las llamadas, tiempo de ocupación del circuito (Exponencial)
  - Modelo de pérdida de llamada (*blocked calls cleared*)
  - *Erlang-B*

$$B(A,k) = \frac{\frac{A^k}{k!}}{\sum_{i=0}^k \frac{A^i}{i!}}$$



# Dimensionamiento

- Conocida la tasa promedio a la que genera un codec podemos hacer un dimensionamiento de troncales similar
- Una aproximación es dividir la capacidad disponible entre el bitrate del codec y eso da la cantidad de llamadas cursables
- Con eso, tenemos de nuevo el dimensionamiento mediante la Erlang-B
- Ejemplo:
  - Si tenemos una intensidad de tráfico de 50 Erlang, para una  $p_{\text{loss}}=1\%$  necesitamos capacidad para 63 llamadas (tablas Erlang-B)
  - G.729 sobre Ethernet+cRTP+VAD  $\Rightarrow$  6.1Kbps
  - $63 \times 6.1\text{Kbps} = 384.3\text{Kbps}$
- Tenemos otros modelos, por ejemplo si suponemos que el usuario ante bloqueo puede reintentar o si la población es finita

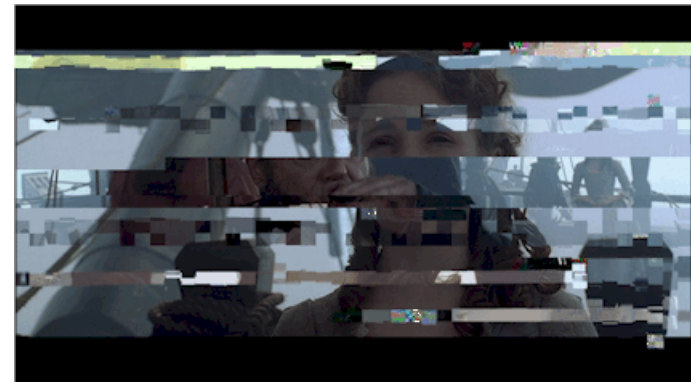


# Voz y el throughput

# Voz y pérdidas

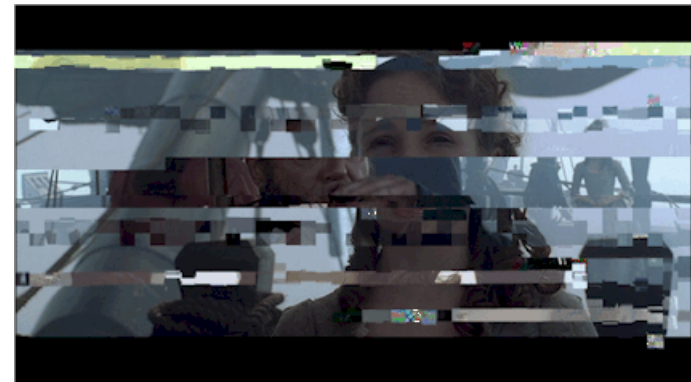
# Pérdidas

- *Packet Loss Concealment* (PLC)
- Permite enmascarar el efecto de pérdida de paquetes de VoIP
- En codecs tipo G.711 se repite la última muestra
  - (...)



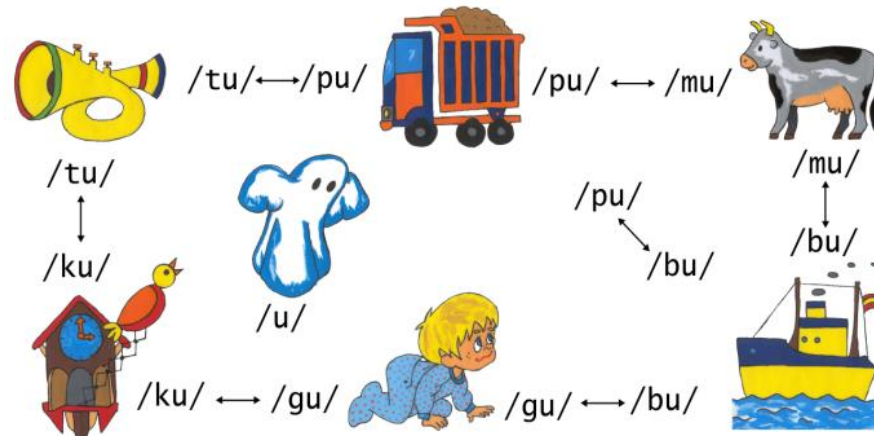
# Pérdidas

- *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



# 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) <sup>1</sup>	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



# Voz y pérdidas

# Retardos

# 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
- En entornos privados es razonable un límite de 200-250 ms
- ¿Más de eso? (...)

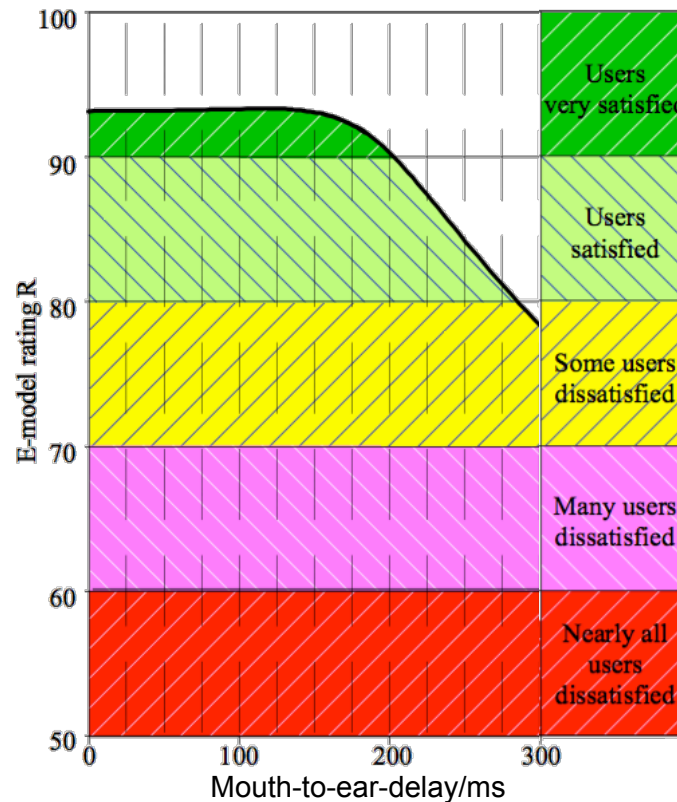


Figure 1/G.114 – Determination of the effects of absolute delay by the E-model

# Retardo end-to-end

- Baja el MOS
- >400ms es inaceptable
- ¿Escenarios con alto retardo?

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

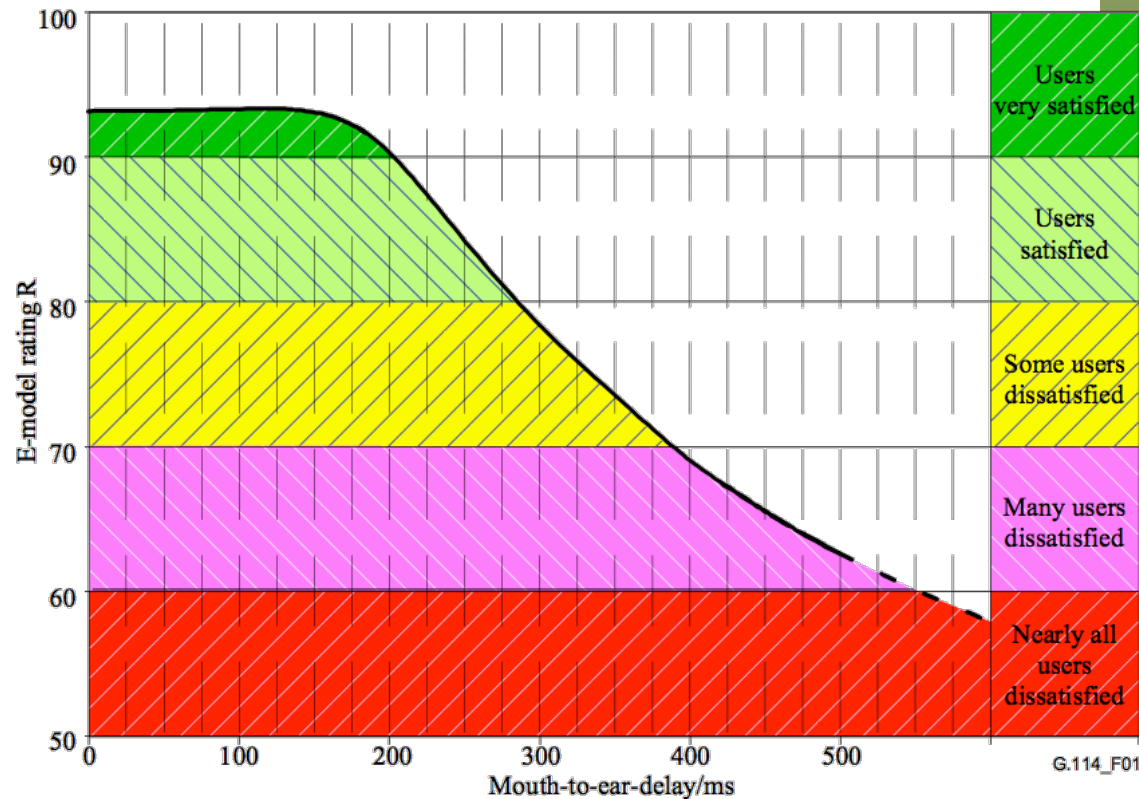


Figure 1/G.114 – Determination of the effects of absolute delay by the E-model

# Retardo end-to-end

- Órbita geosíncrona:  $36.000\text{km} / 300.000 \text{ km/s} = 120\text{ms}$
- Hay que subir al satélite y volver a bajar así que  $2 \times 120\text{ms} = 240\text{ms}$
- ¡ Sólo de propagación ?

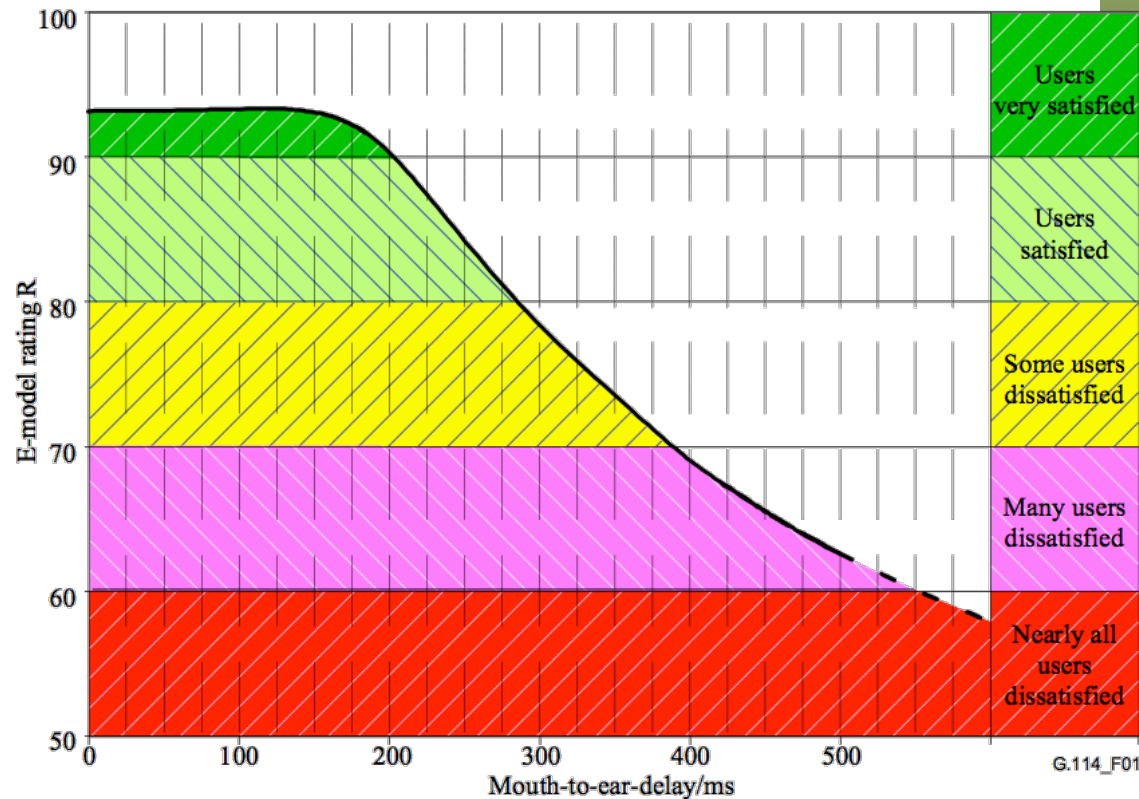
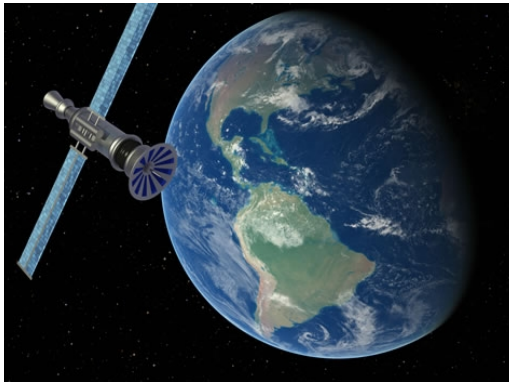
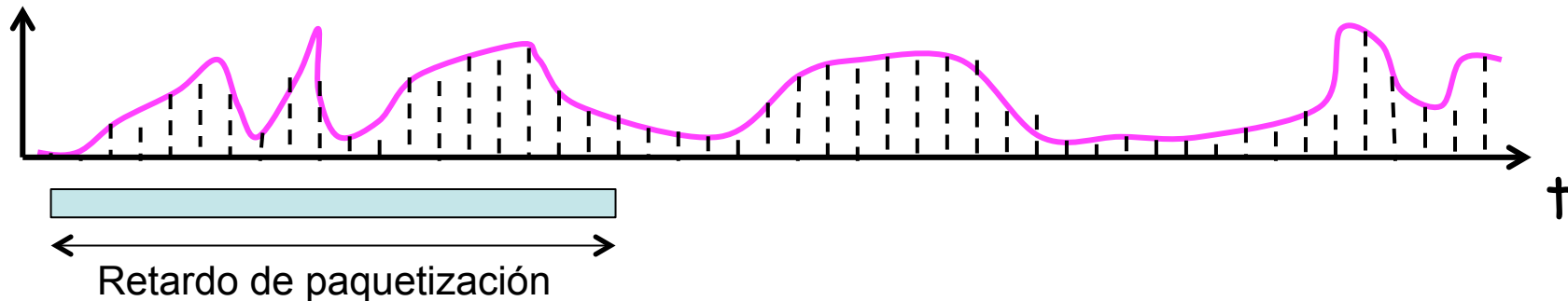


Figure 1/G.114 – Determination of the effects of absolute delay by the E-model

# Retardos constantes

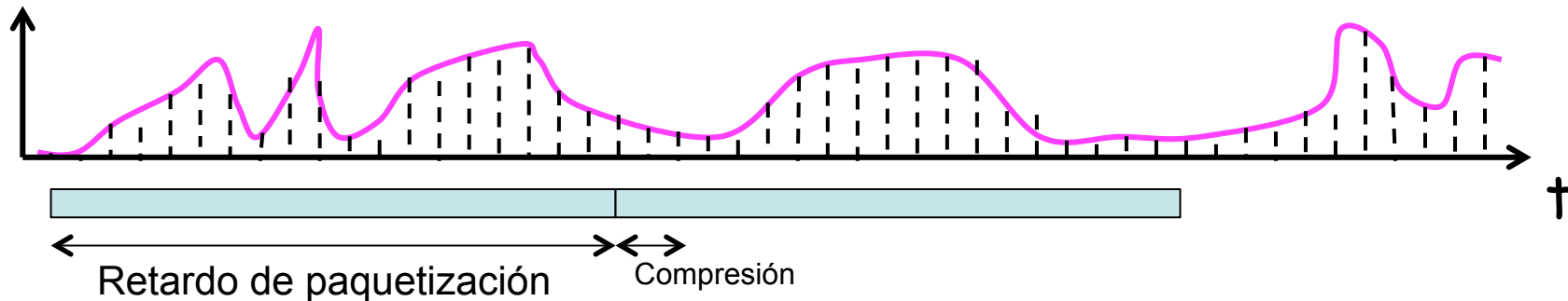
# Componentes del retardo

- **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
- (...)



# Componentes del retardo

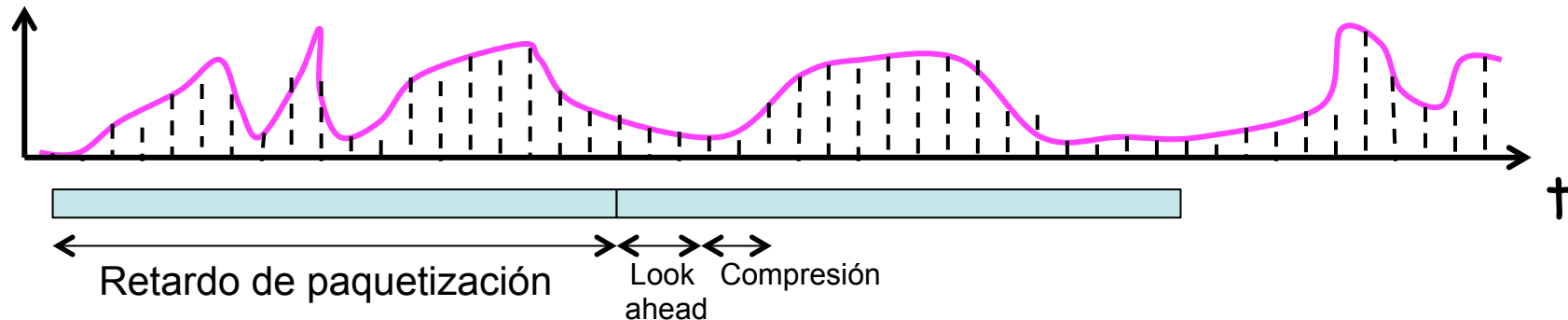
- **Retardo de procesamiento del codificador**
  - Tiempo que lleva al DSP comprimir las muestras
  - También afecta en descompresión (menor, se suelen juntar al calcular)
  - Depende del coder y de su implementación (fabricante, en torno a 2-20ms)
- (...)





# Componentes del retardo

- **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

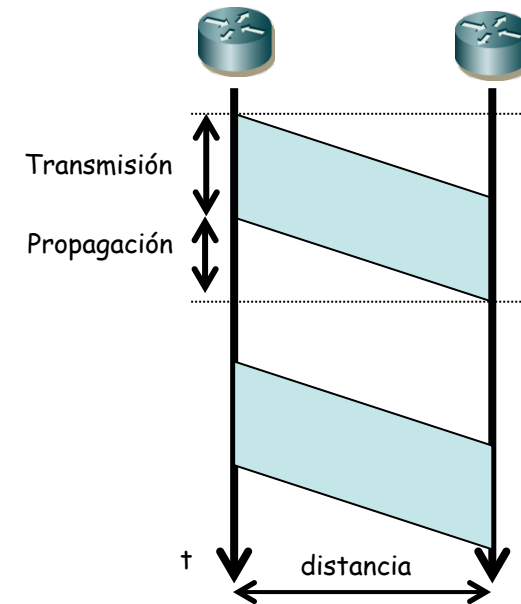


# Retardos constantes

## Retardo de serialización

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

(...)

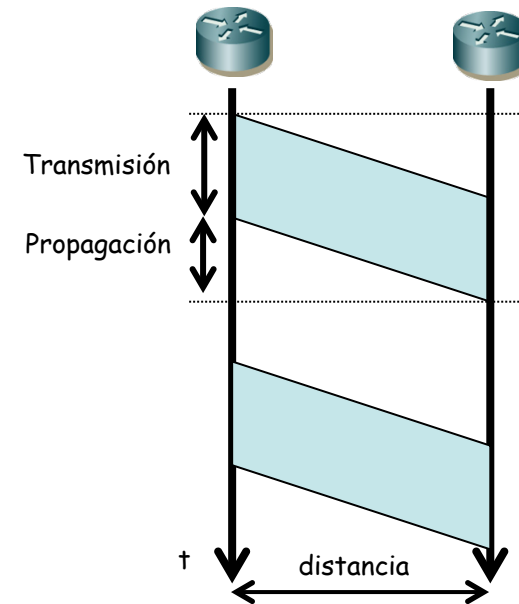


# Retardos constantes

## Retardo de propagación

- Coaxial terrestre, radio:  $4\mu\text{s}$  cada Km ( $250.000\text{Km/s}$ )
- Fibra:  $5\mu\text{s}$  cada Km ( $200.000\text{Km/s}$ )
- 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)

(...)



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

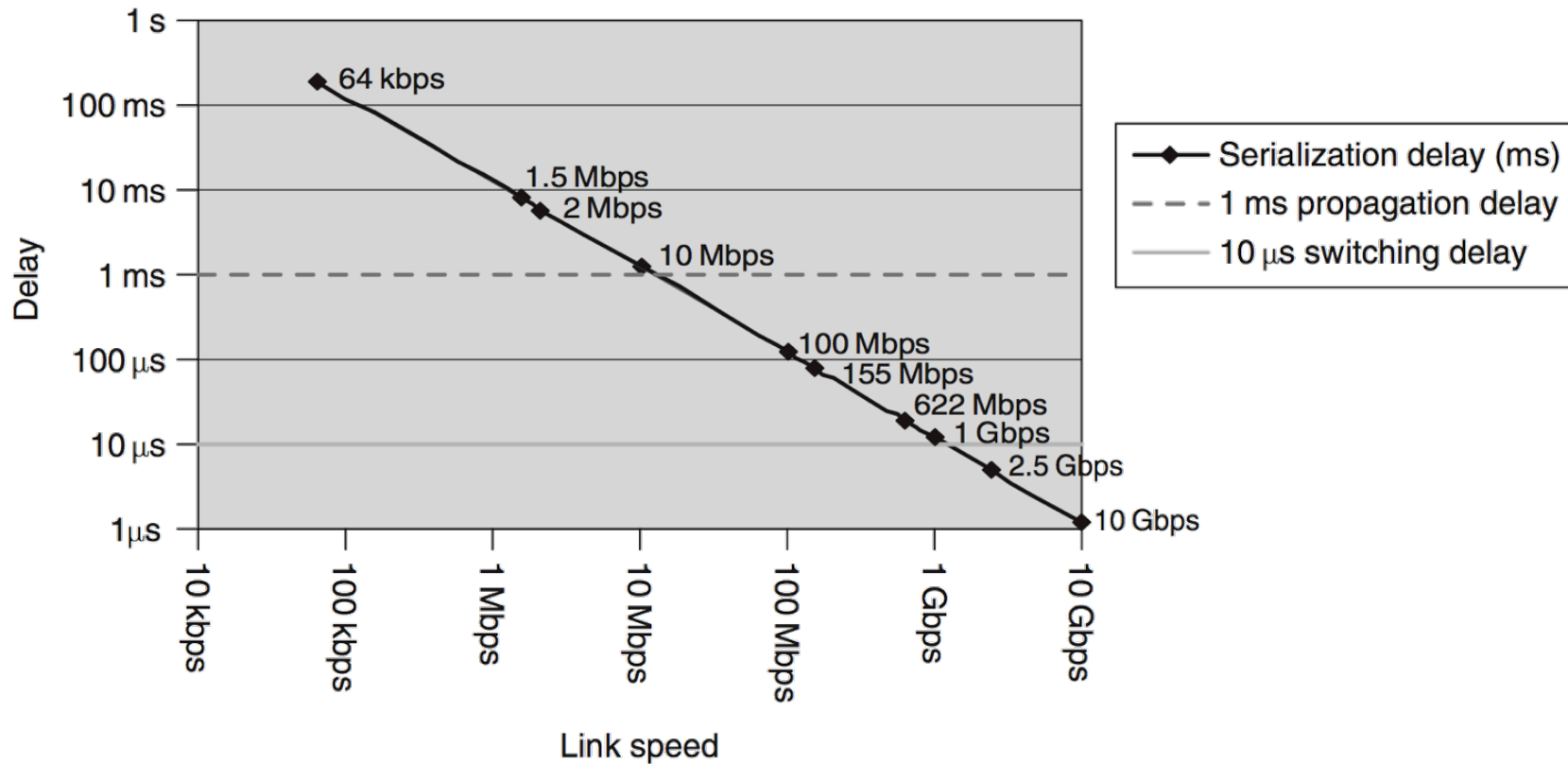
## Tiempo de procesado/conmutación

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



# Retardos constantes

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

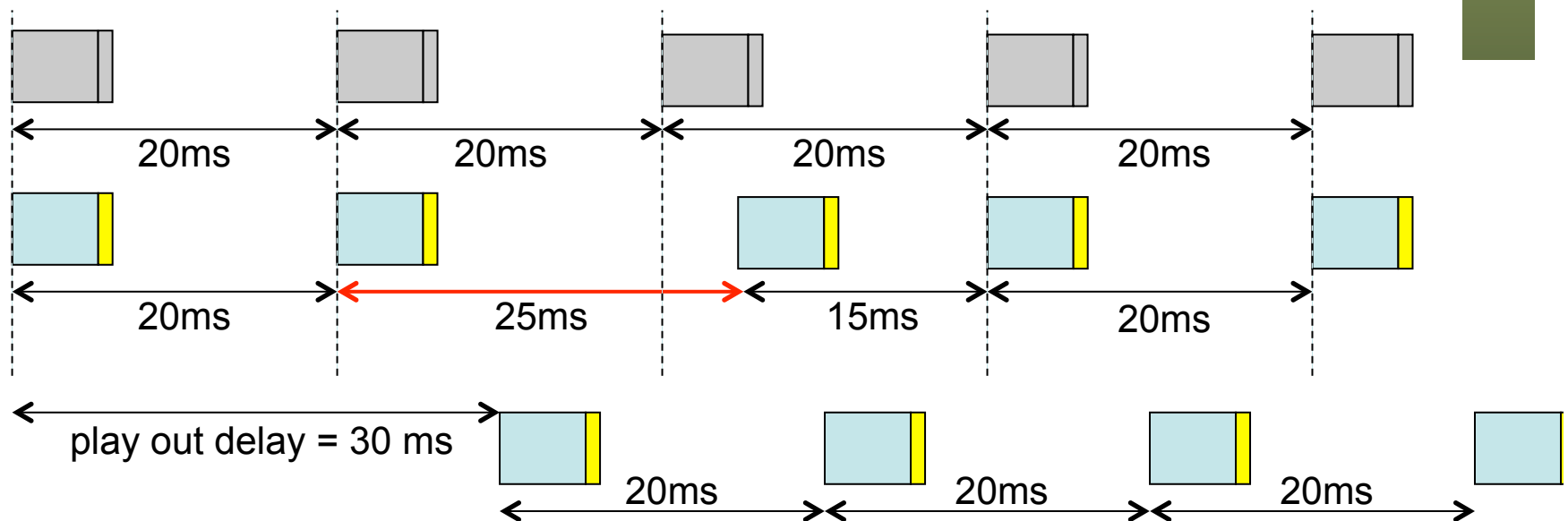


# Retardos constantes

# Retardos variables

# De-jitter delay

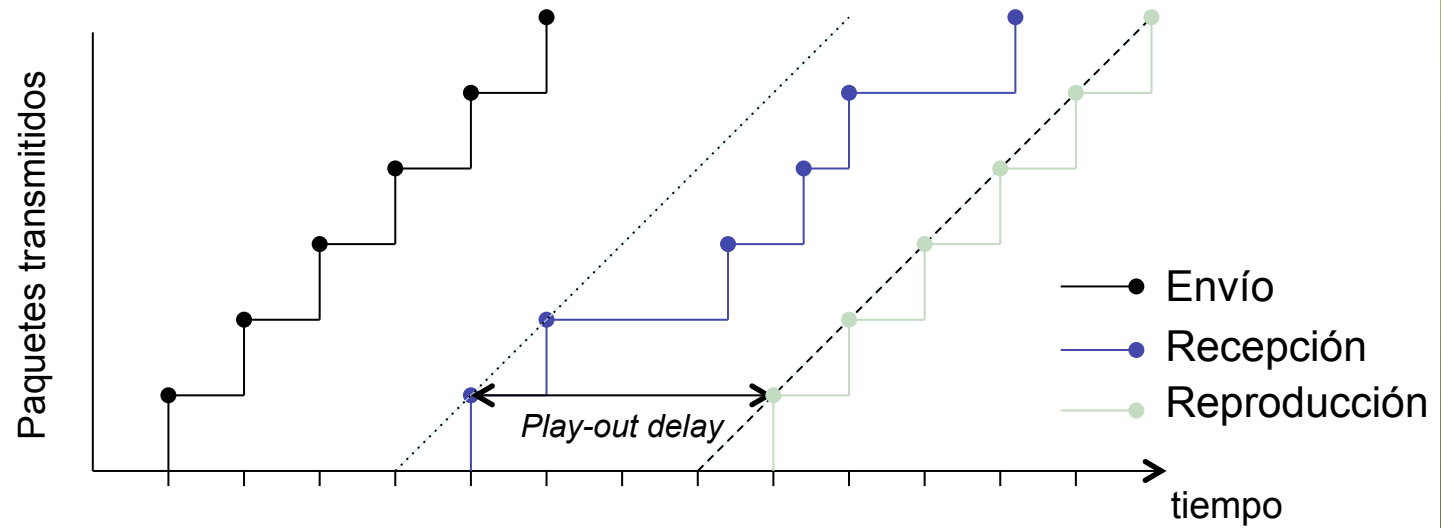
- “De-jitter buffer” o “play-out buffer”
- Introducen un *play out delay*
- Variación en el retardo → retardo constante en el receptor
- Obliga a la red a tener menor retardo
- Si el buffer es demasiado pequeño obliga a la red a garantizar un jitter bajo





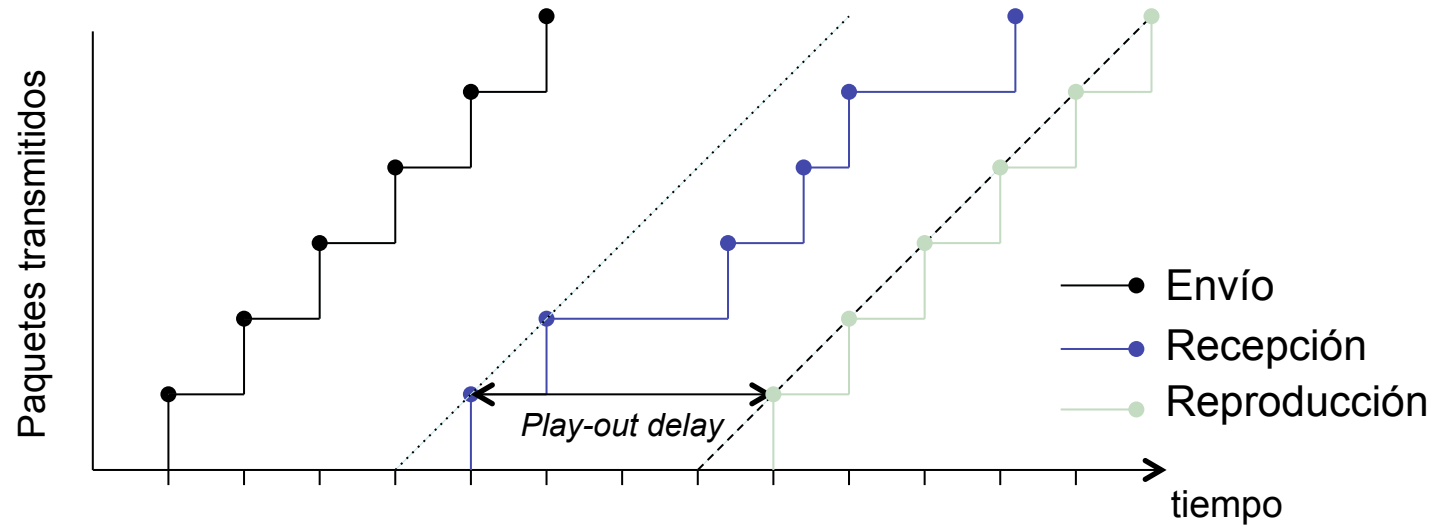
# De-jitter delay

- Ejemplo de buffer muy grande:

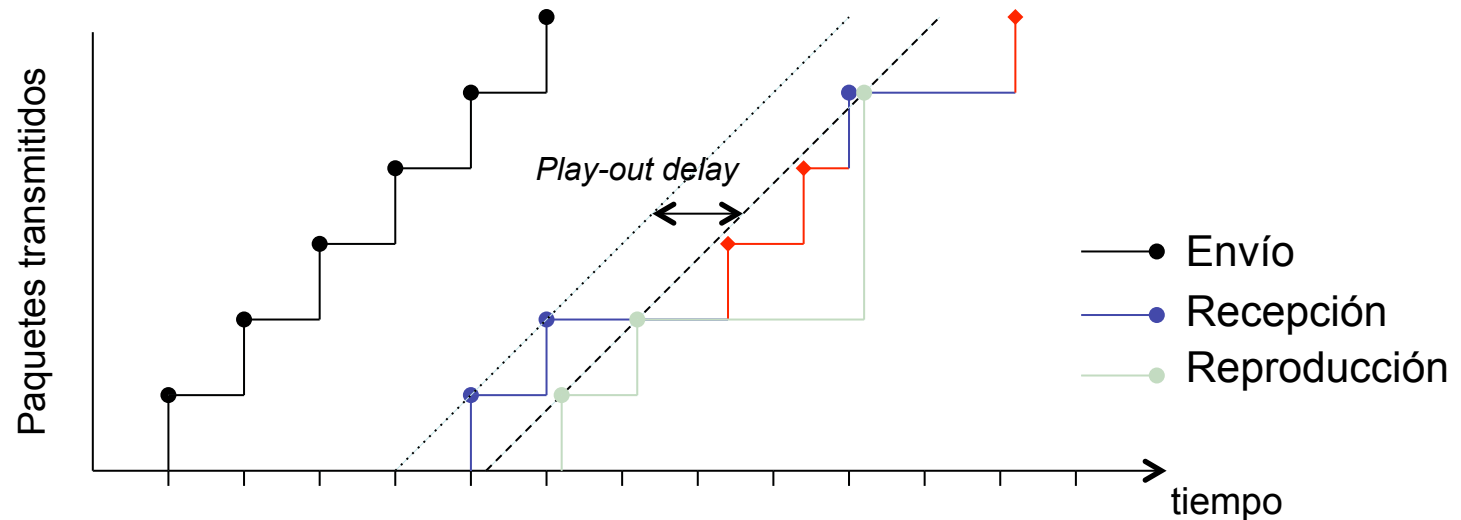


# De-jitter delay

- Ejemplo de buffer muy grande:

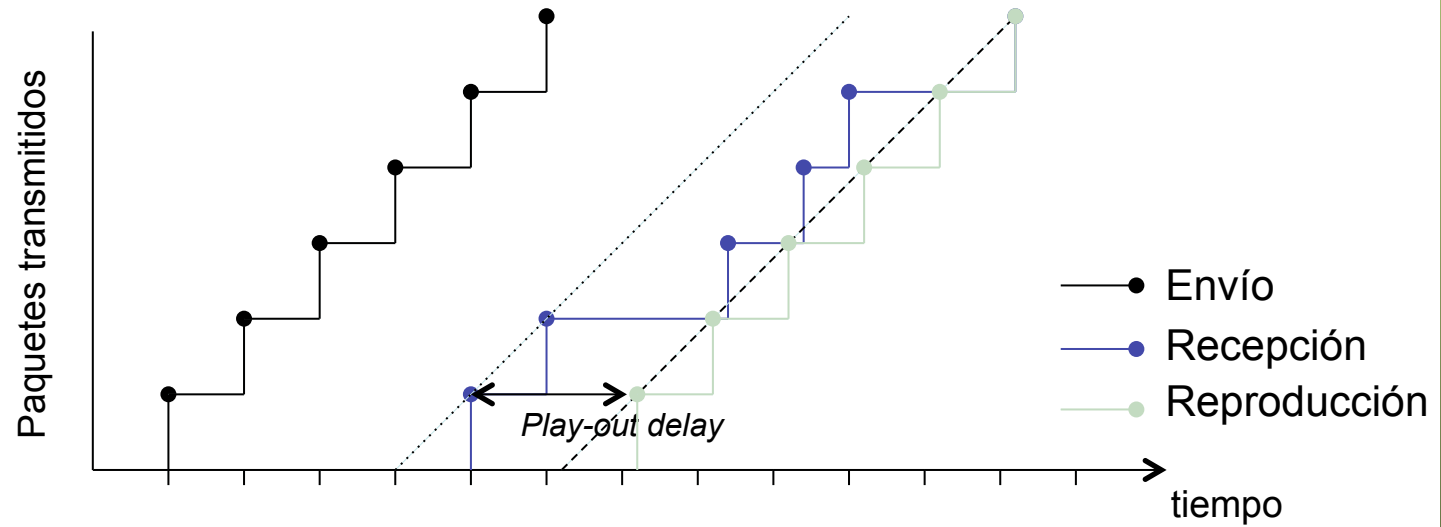


- Ejemplo de buffer demasiado **pequeño**:



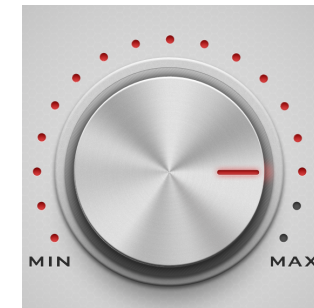
# De-jitter delay

- Ejemplo de buffer óptimo:



# De-jitter delay

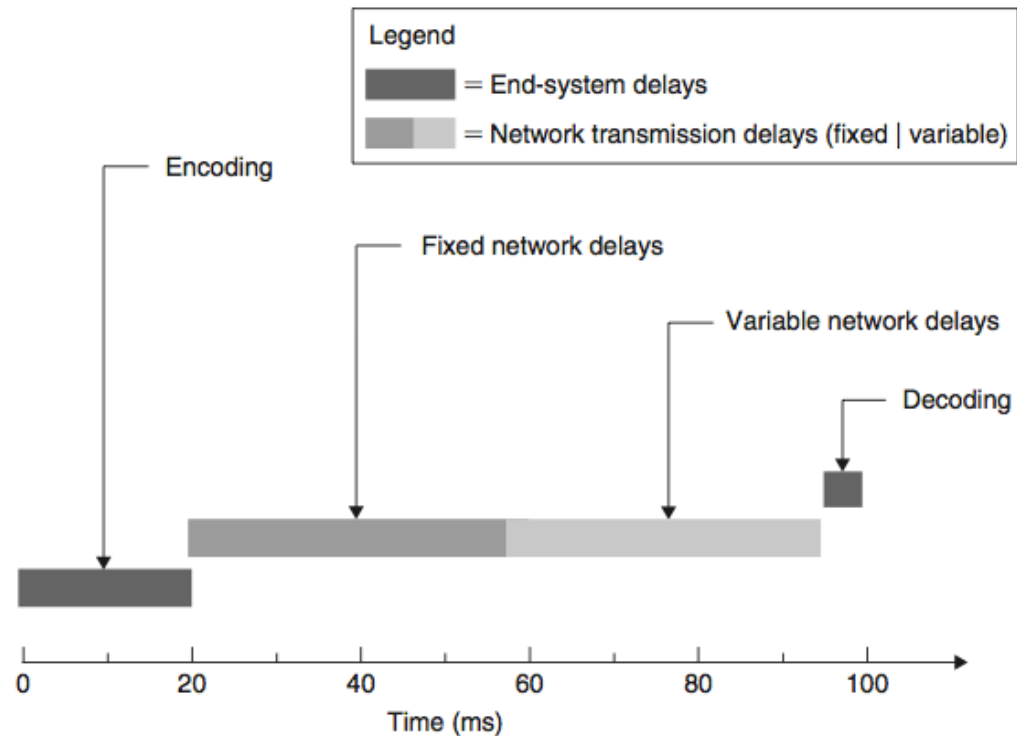
- Valor óptimo: el del retardo variable extremo a extremo
- Valores de *play out delay* en torno a los 40 ms
- Se emplea buffer adaptativo (con un valor máximo)
- Si se vacía el buffer entonces la próxima llegada se retiene durante el *play out delay* para reiniciar buffer
- Si se produce un underflow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



# Retardos variables

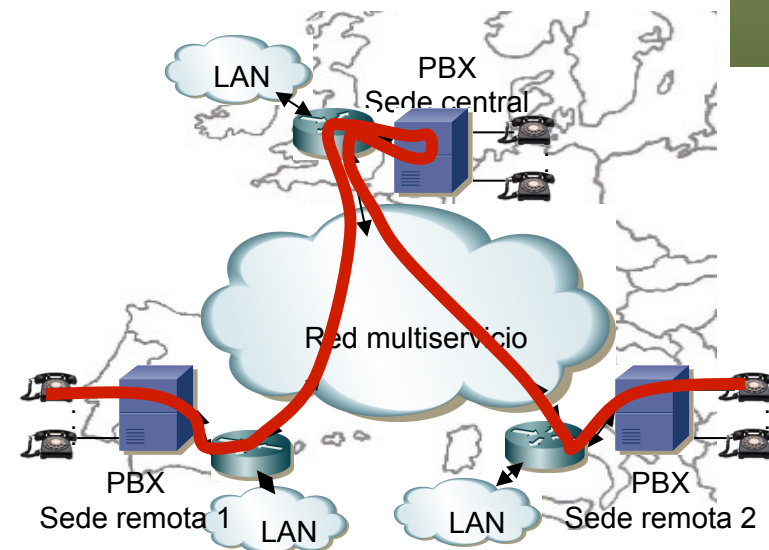
## Retardo en cola (scheduling delay)

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



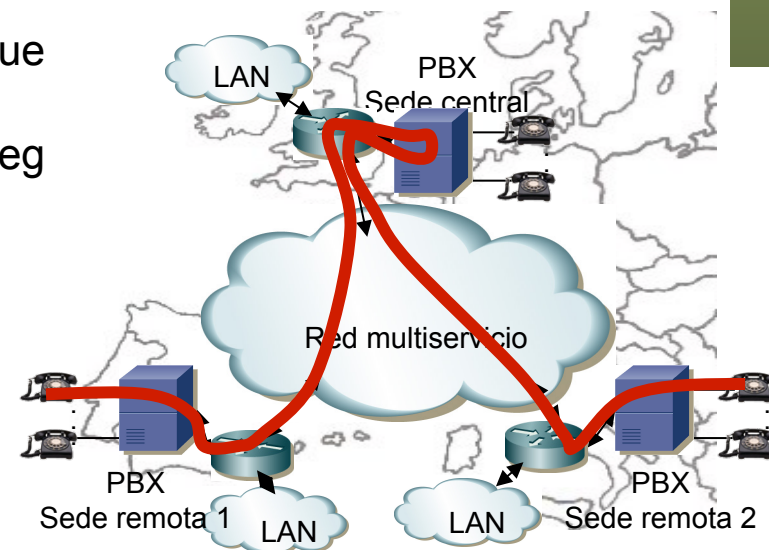
# Otros retardos

- 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
- (...)



# 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



# Retardos variables



# Transporte de voz

# Transporte de voz

- Sobre red de conmutación de circuitos
- Sobre red de conmutación de paquetes
- Múltiples formas según la tecnología de red
- Y cada una puede ofrecer diferentes mecanismos
- Brevemente comentaremos:
  - VoATM: CES con AAL1 estructurado o no, trunking con AAL2
  - VoIP y DiffServ
  - Voz y MPLS: TDMoMPLS, VoMPLS con AAL2
  - Voz y Carrier Ethernet: CESoETH

# Voz digital en la PSTN: Elementos

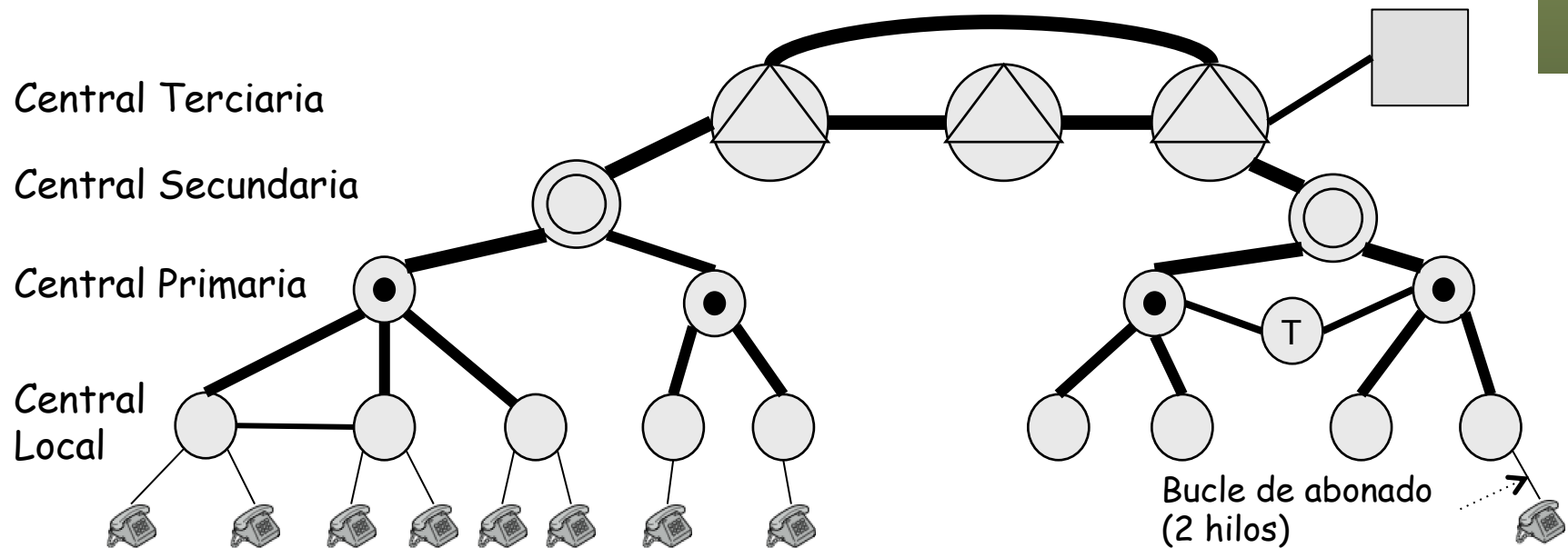
# Red jerárquica

Es una red Jerárquica

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

Red complementaria

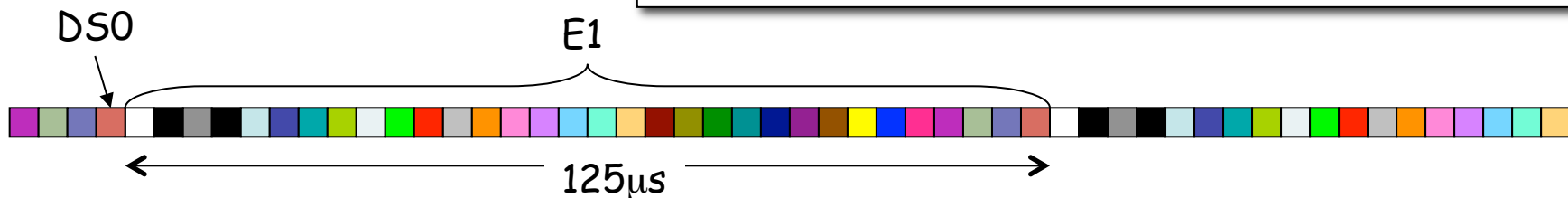
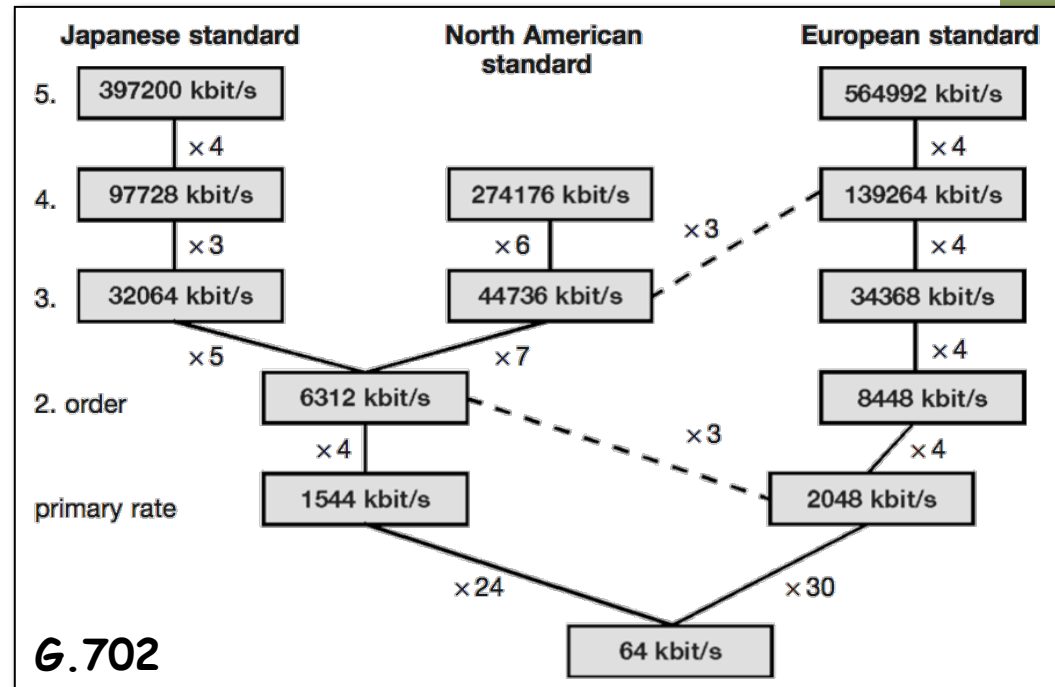
- Secciones directas entre centrales con suficiente tráfico entre ellas
- Centrales Tándem: centrales de tránsito sin abonados



# PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

## Multiplexación TDM

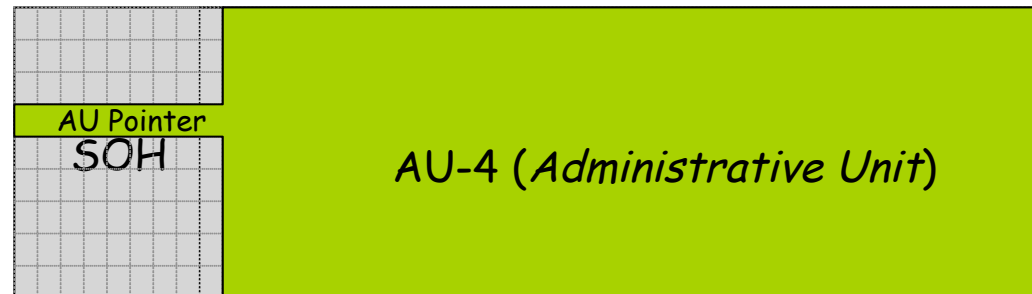
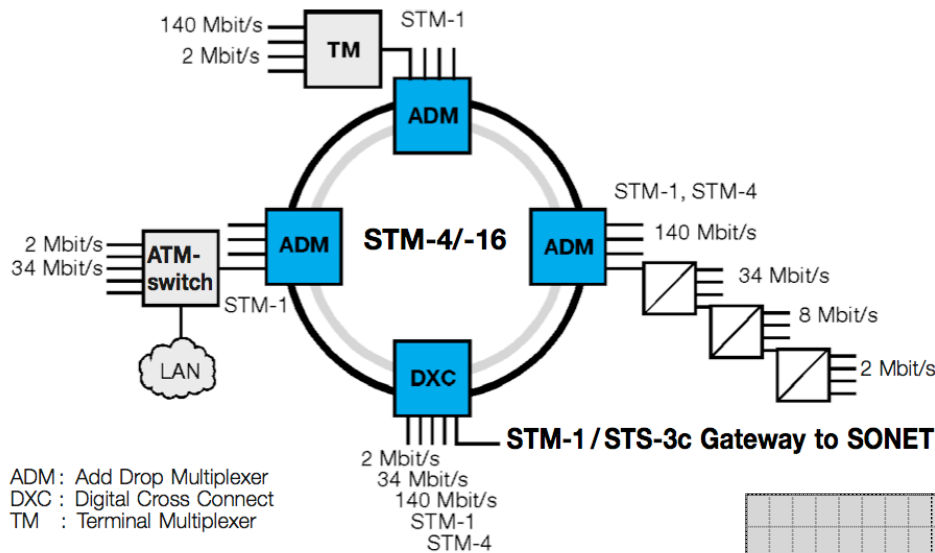
- E1 (2048Kbps) = 32xE0
- E2 = 4xE1, E3 = 4xE2, E4 = 4xE3
- T1 (DS1, 1.54Mbps) = 24xDS0
- T2 = 4xT1, T3 = 7xT2
- G.701-703



# 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

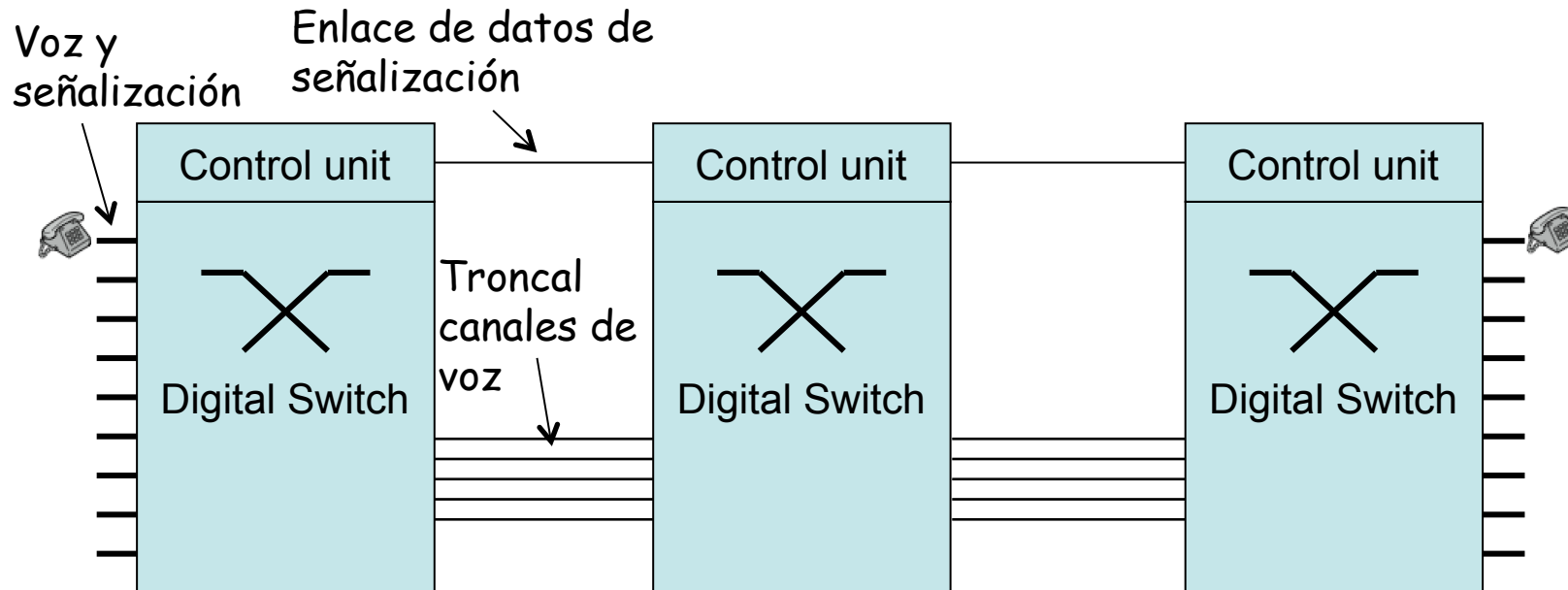


# Señalización

## 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

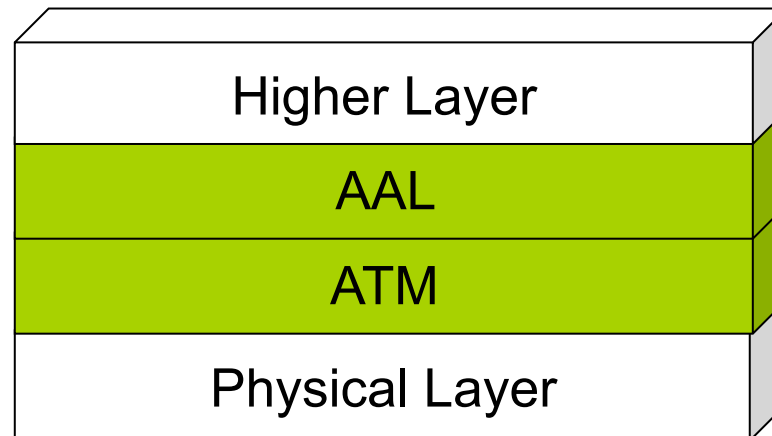


# VoATM



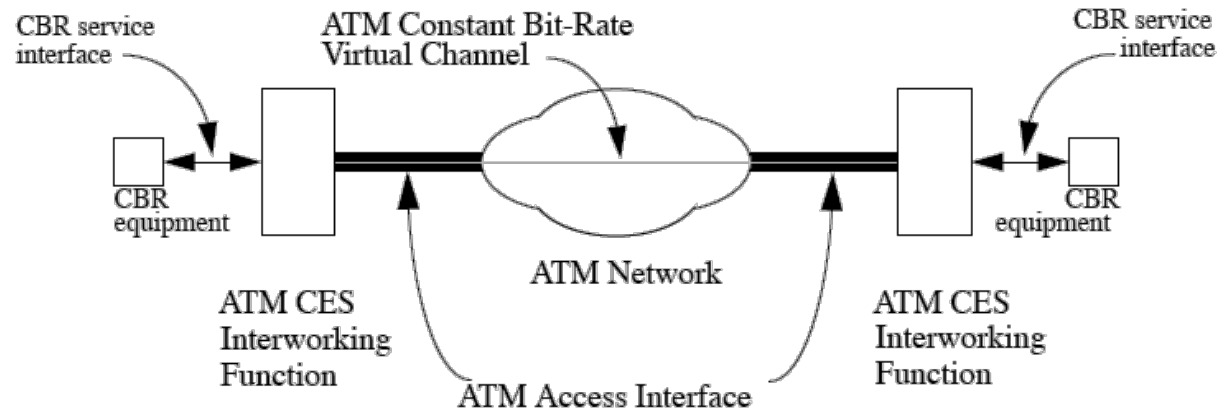
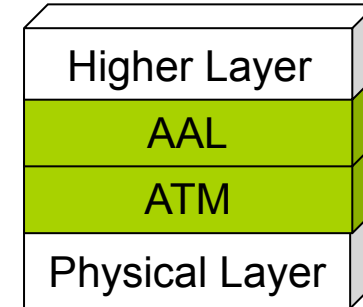
# Voice over ATM (VoATM)

- No ha logrado llegar hasta el escritorio
- 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



# ATM: 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

# ATM: Trunking con AAL2

- ITU-T I.363.2
- Transporte de voz comprimida con detección/supresión de silencios y eliminación de canales inactivos
- Múltiples canales de voz en un circuito
- 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

# VoATM

# VoIP y DiffServ

# VoIP y DiffServ

- Clasificación en función de interfaz, puertos TCP/UDP, IP Precedence, DSCP, direcciones IP, etc
- Expedited Forwarding (EF)
- Marcado de EF DSCP 101110
- Planificador con prioridad (PQ, LLQ)
- Para la señalización:
  - DSCP CS5 (RFC 4594) o CS3 (Cisco)
  - En torno a 150 bps garantizados por llamada
  - No usar mecanismos de AQM
- (...)

# VoIP y DiffServ

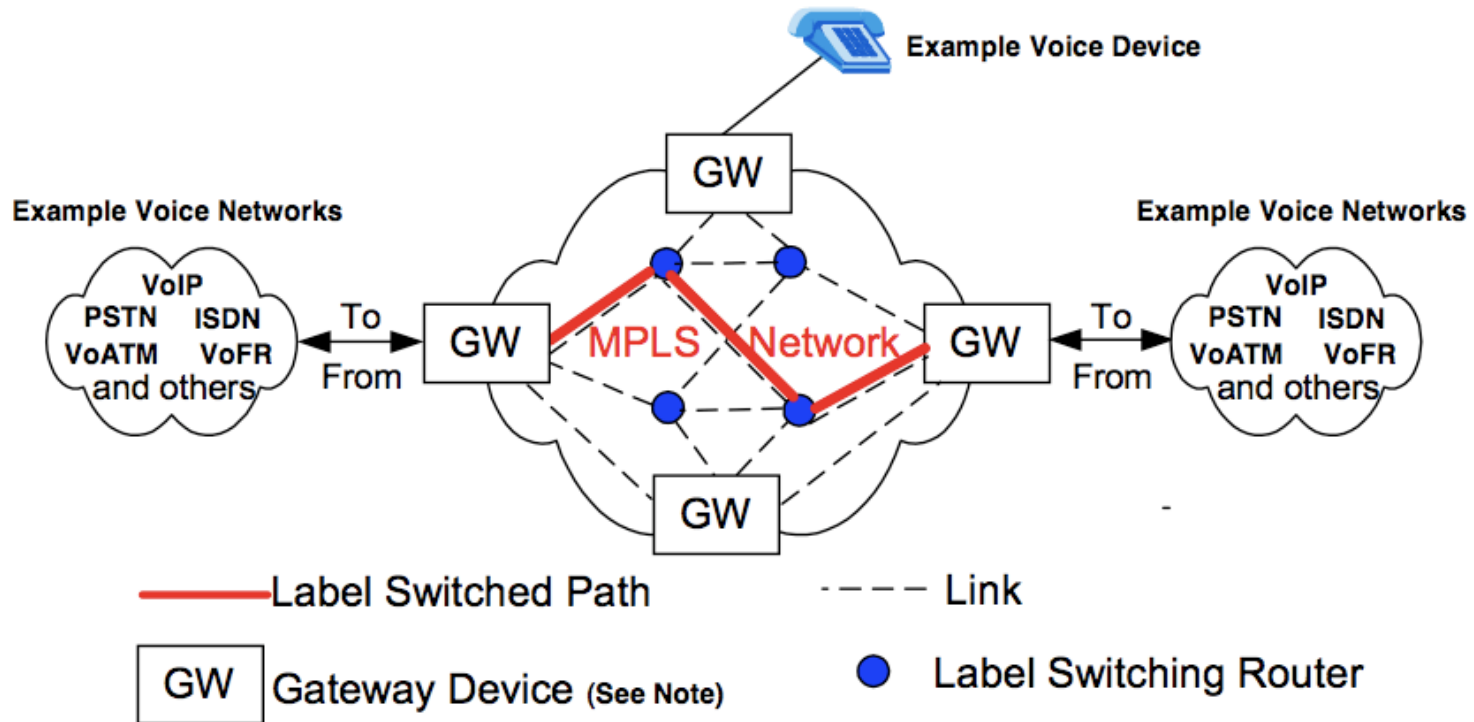
- Limitar la cantidad de voz con CAC (si es caso limitar local al nodo con policer)
- Local CAC
  - El propio gateway determina si tiene suficientes recursos
  - Si tiene suficiente memoria o DSP para soportar la llamada
- Network CAC
  - Validar que la red tiene suficientes recursos
  - Retardo, pérdidas y jitter
  - Si no hay camino con calidad entonces usar la PSTN (*PSTN fallback*)
- RSVP



# VoIP y DiffServ

# VoMPLS

# VoMPLS

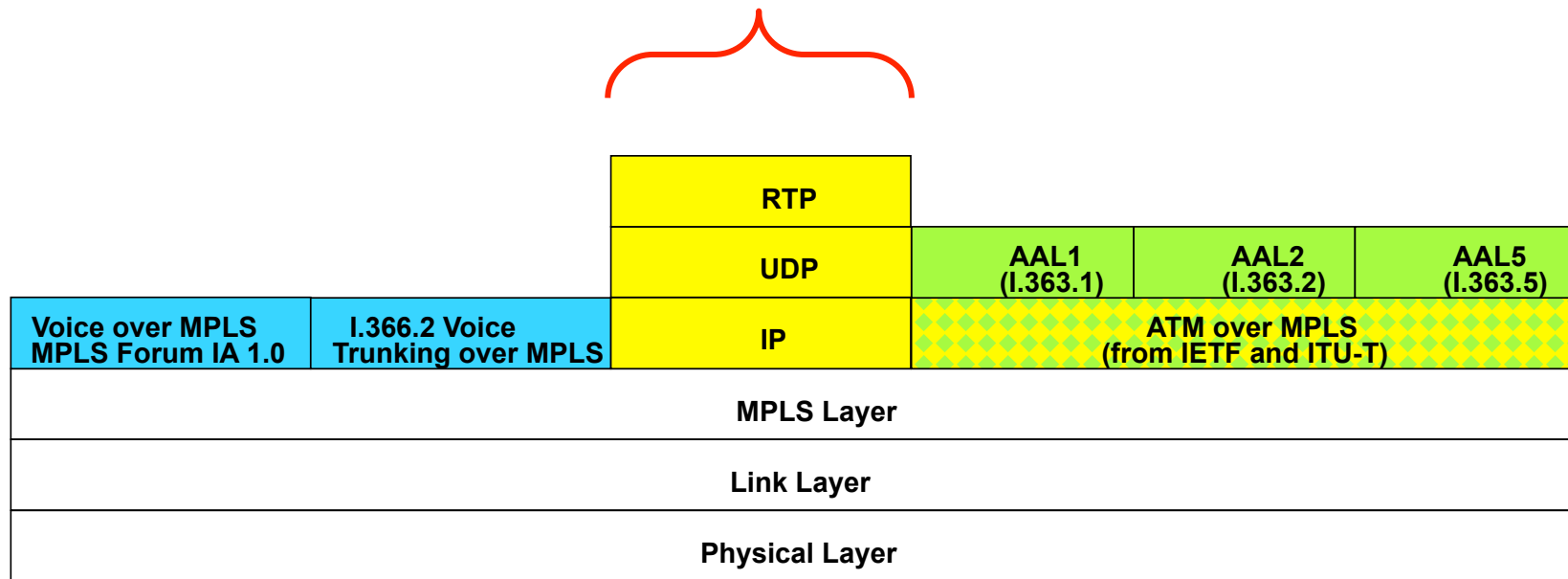


# VoMPLS

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

Encapsulación de audio codificado en paquetes MPLS:

- Voz sobre IP sobre MPLS (simple transporte de IP)
- (...)



Legend:

Alliance

IETF

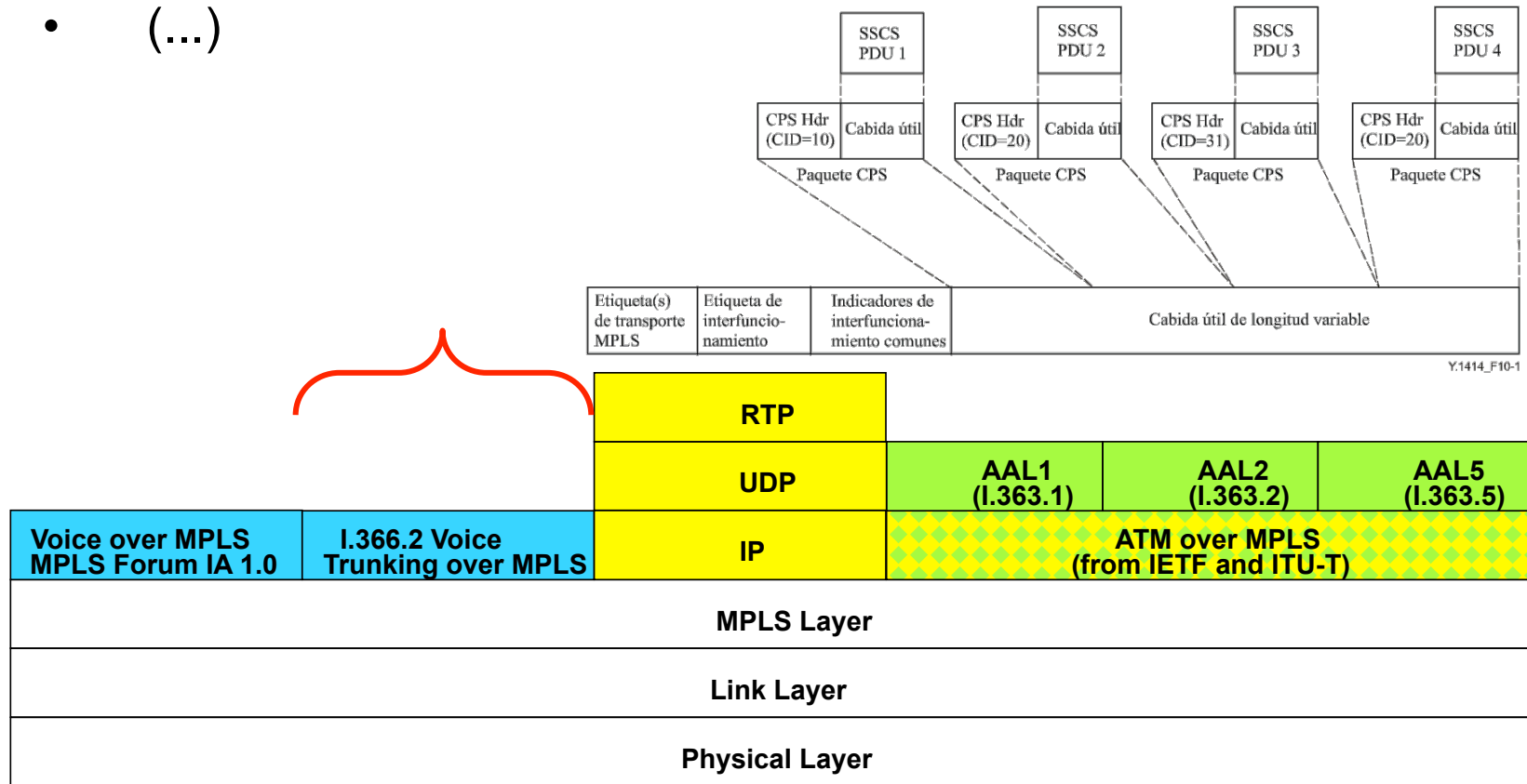
ITU-T

# 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:

- Voz sobre MPLS usando AAL2 (ITU-T I.366.2)
- (...)



Legend:

Alliance

IETF

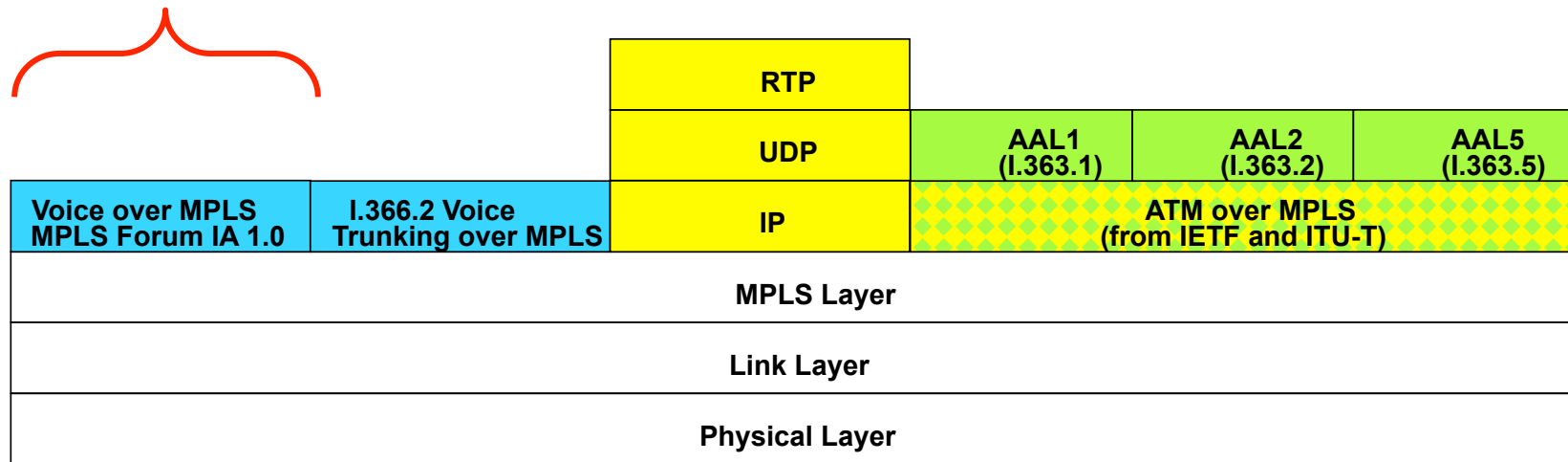
ITU-T

# 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:

- MPLS Forum: “Voice over MPLS - Bearer Transport Implementation Agreement 1.0”
  - Comprimida o sin comprimir
  - Supresión de silencios
  - Transporte de señalización



Legend:

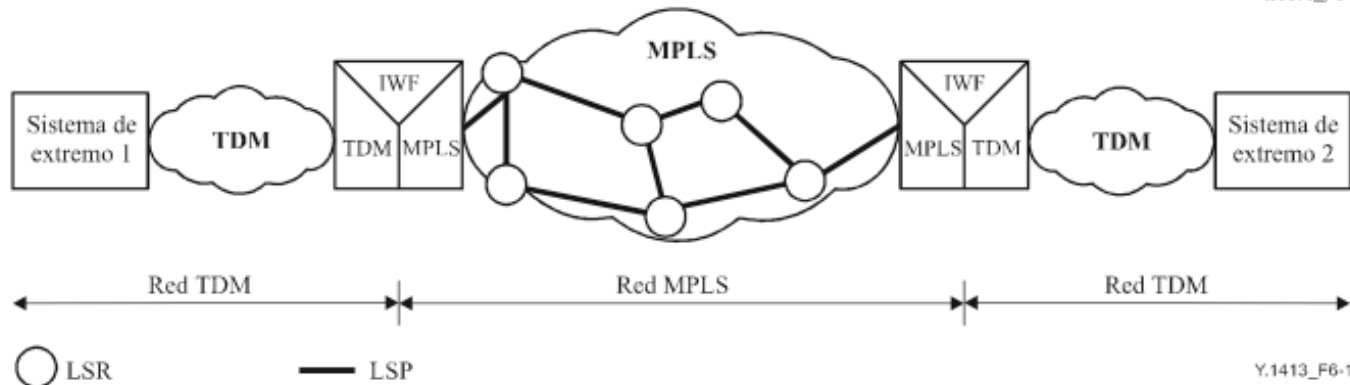
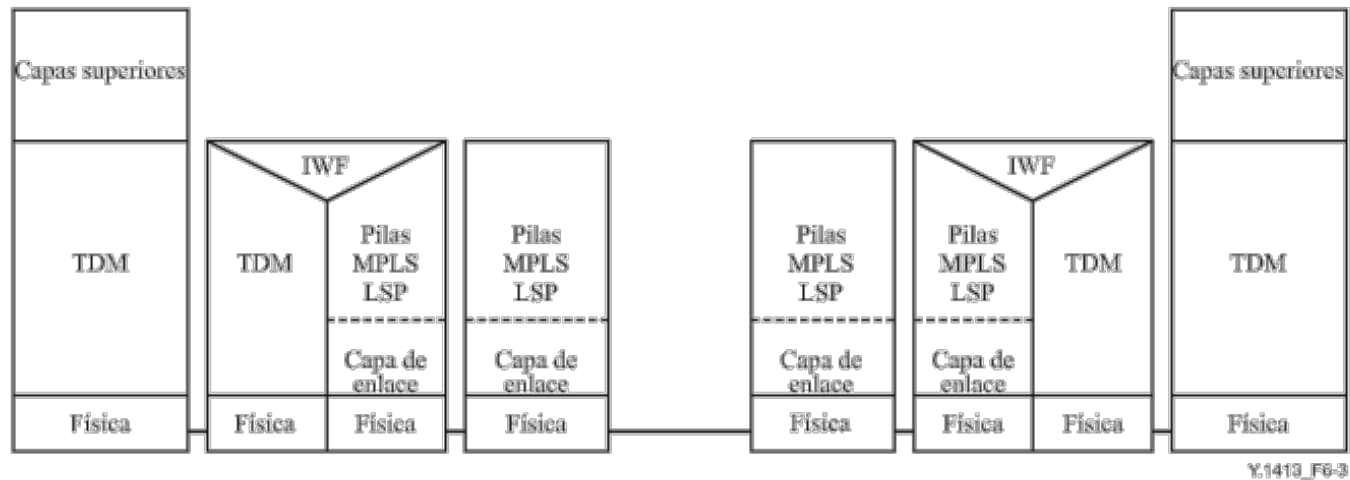
Alliance

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



# 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

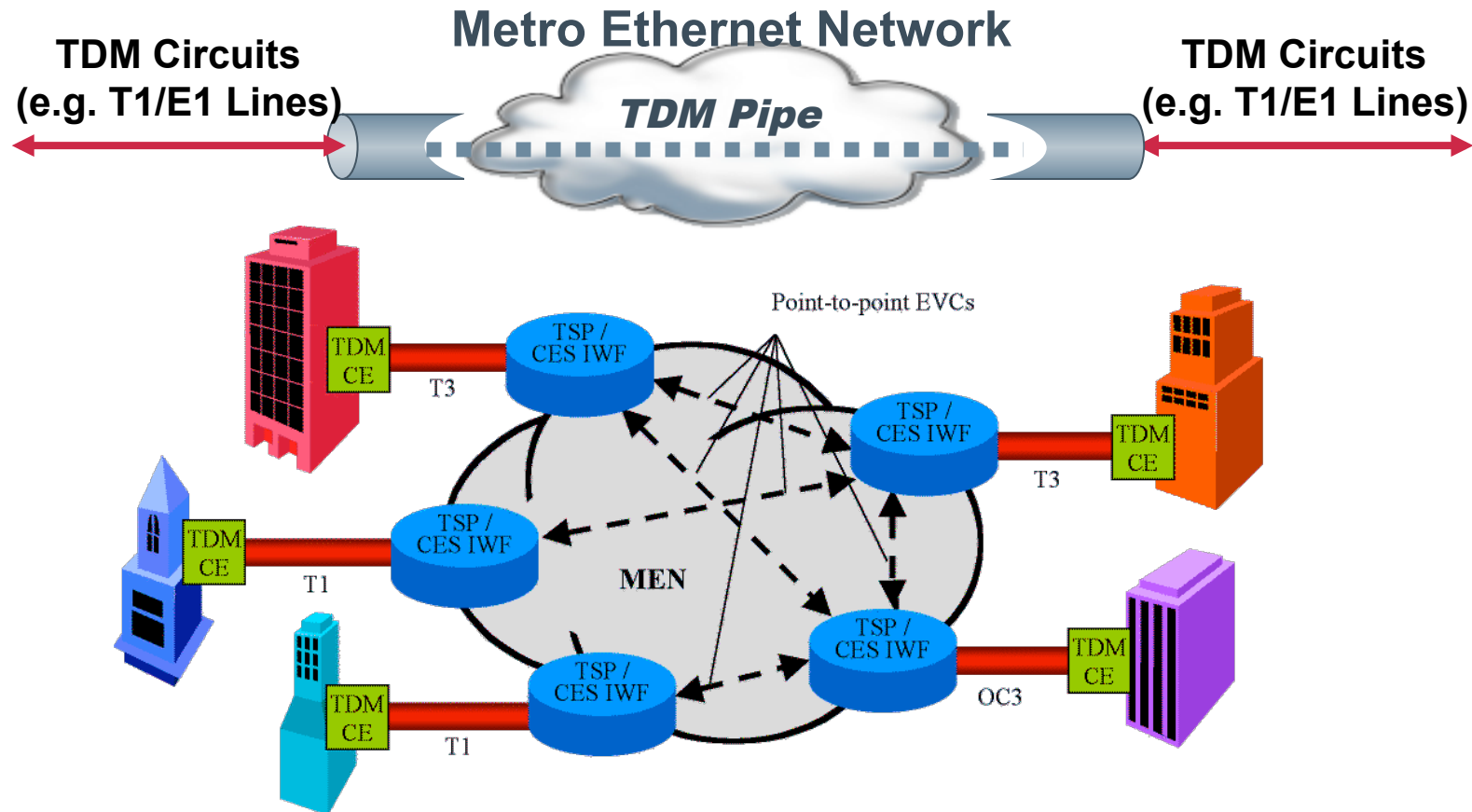


# VoMPLS

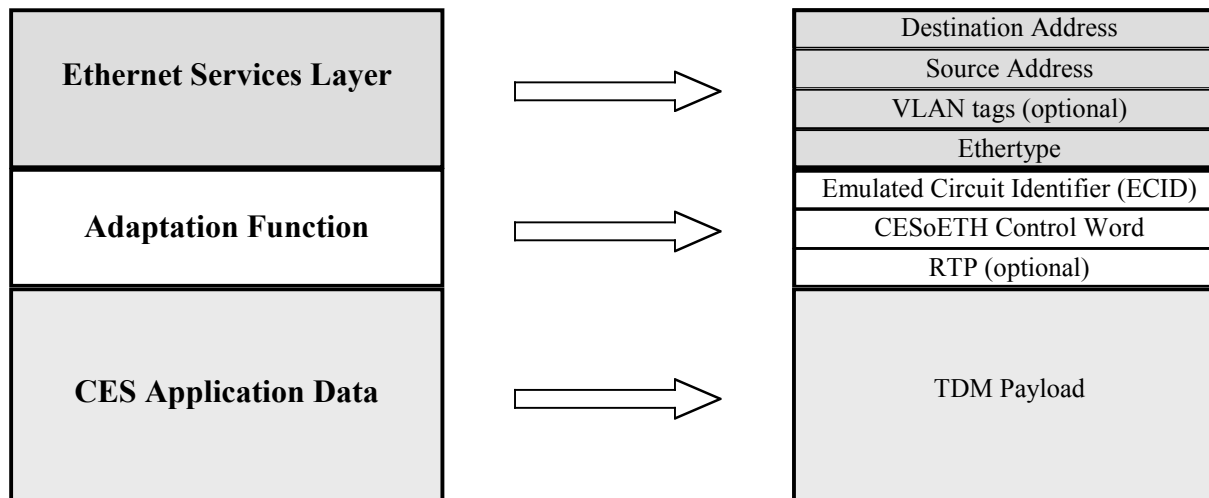
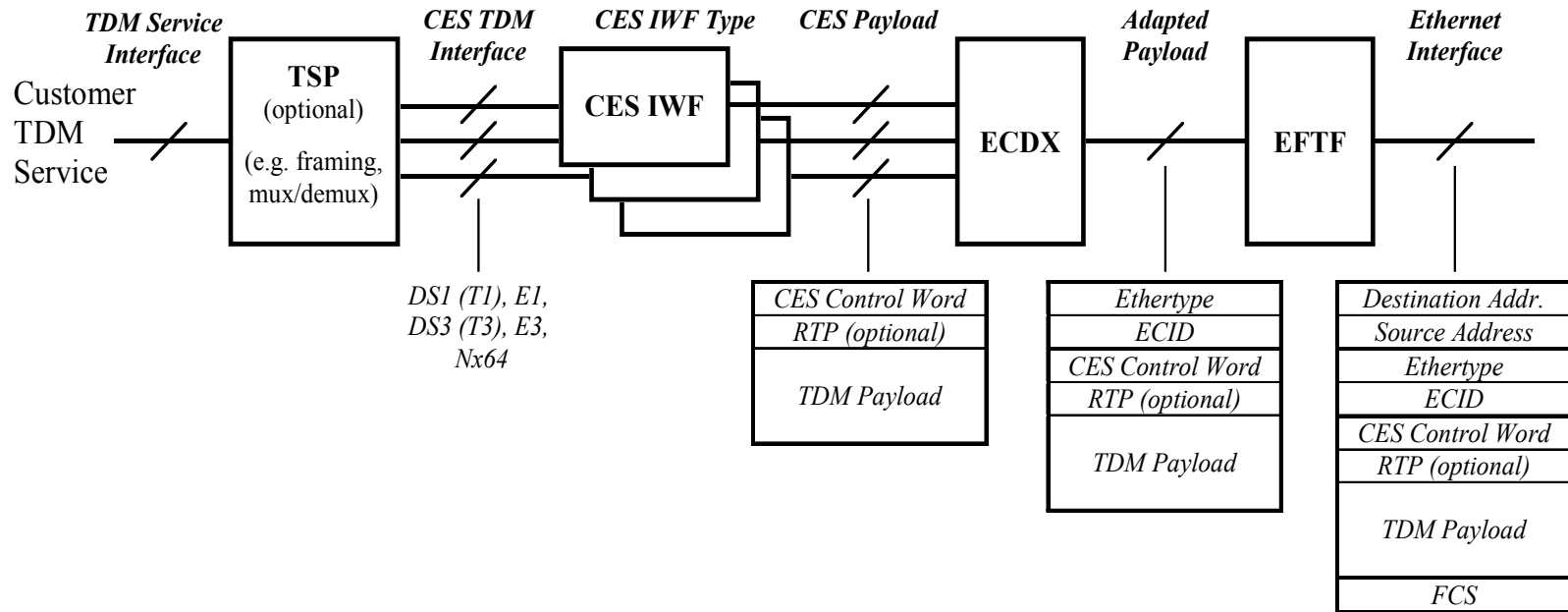
# VoEth

# 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.)



# CESoETH



# VoEth