



4. Protocolos y arquitecturas para servicios multimedia

Servicios Telemáticos Avanzados
4º Grado en Ingeniería en Tecnologías de Telecomunicación
Especialidad de Telemática



Indice

Hora 1

1. Servicios multimedia
2. Preparación del contenido multimedia
3. Calidad de la Voz
4. Parámetros de la red

Hora 2

5. Tipos de servicios multimedia
6. Arquitecturas para la provisión de servicios multimedia
7. Streaming
8. Voz sobre IP (VoIP)
9. Televisión sobre IP (IPTV)

Hora 3

10. Protocolos multimedia
 - 10.1 Real-Time Transport Protocol (RTP)
 - 10.2 Real-Time Transport Control Protocol (RTCP)
 - 10.3 Real-Time Streaming Protocol (RTSP)
 - 10.4 H.323

Hora 4

- 10.5 Session Initiation Protocol (SIP)
 - 10.5.1 SIP llamada directa
 - 10.5.2 SIP llamada vía proxy
 - 10.5.3 SIP llamada vía servidor Redirección
 - 10.5.4 SIP entre proveedores
- 10.6 Atravesando NATs

1. Servicios multimedia

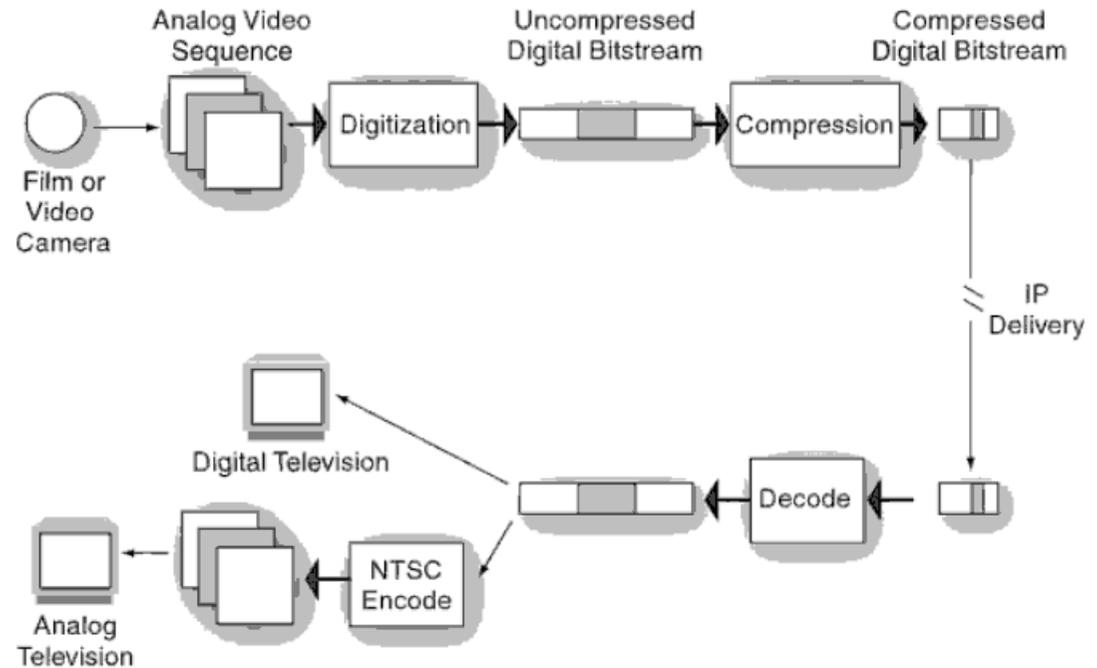
- ▶ En los últimos años hemos asistido al crecimiento de aplicaciones de red que transmiten y reciben audio y video por Internet, permitido por
 - El aumento de ancho de banda en las redes de acceso
 - El aumento en la potencia de los sistemas informáticos
- ▶ Las **aplicaciones de red multimedia** se caracterizan porque intercambian un **medio continuo de información** que normalmente es de audio o/y video aunque puede extenderse a otros medios (pizarra electrónica, compartición escritorio, etc)
- ▶ Ejemplo de aplicaciones de red multimedia
 - Video streaming
 - Telefonía IP
 - Internet radio
 - Teleconferencia
 - Juegos interactivos
 - Realidad aumentada
 - Educación a distancia

Servicios multimedia

- ▶ Con medio continuo de información se refiere a un flujo continuo de datos que tiene requisitos temporales
 - Su transmisión se realiza en **streaming**: se envía el contenido por la red a la misma velocidad con la que tiene que ser consumido por el receptor
 - Esto se contrapone al mecanismo de descarga de archivos, que supone el envío de contenido a la máxima velocidad que permita la red
- ▶ A diferencia de las aplicaciones elásticas (web, email, ftp, etc), las aplicaciones multimedia son normalmente sensibles
 - A unos requisitos de ancho de banda
 - Al retardo extremo a extremo
 - Al jitter
 - A la pérdida de datos

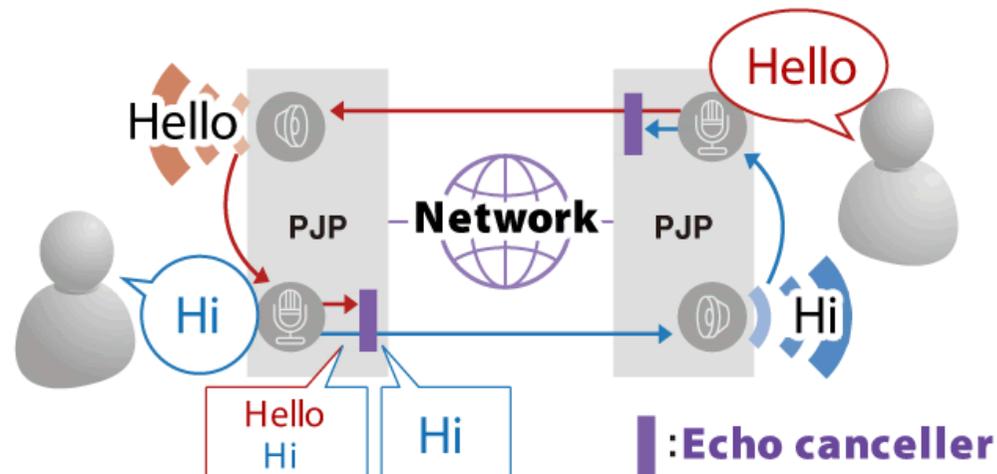
2. Preparación del contenido multimedia

- ▶ Procesos de preparación necesarios
 - Captura
 - Digitalización
 - Compresión
 - Paquetización/streaming



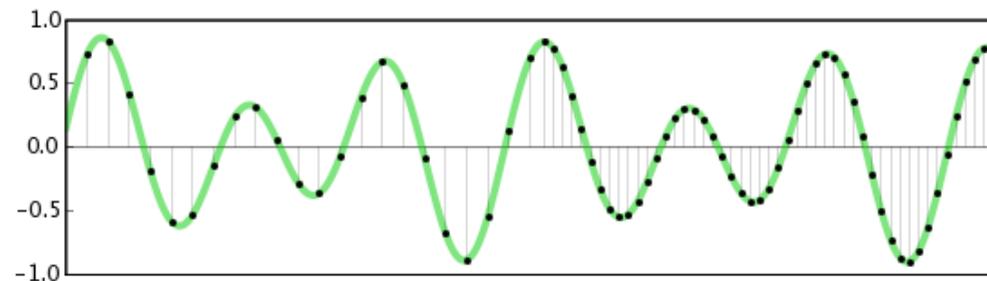
Preparación del contenido multimedia

- ▶ Proceso de captura
 - Audio/video en origen son señales analógicas
 - Es necesario preparar esta señal para convertirla en información que se pueda transportar en una red de datos
 - Actualmente lo normal es disponer de dispositivos de captura con salida digital e incluso comprimida
 - Cancelación de eco: en audio, importancia de disponer de estos esquemas para comunicaciones bidireccionales interactivas (manos libres o no)



Preparación del contenido multimedia

- ▶ Proceso de digitalización
 - Proceso de muestreo (Teorema de Nyquist)
 - Señal analógica de audio debe ser muestreada por el Teorema de Nyquist a 2 veces su frecuencia máxima.
 - Ejemplo audio:
 - Voz calidad teléfono (4 KHz), muestreada por a 8KHz
 - Tamaño por muestra 8 bits (256 niveles de intensidad)
 - Señal digital: 8KHz x 8 bits = 64 Kbps (PCM, Pulse Code Modulation)
 - Ejemplo video:
 - Tamaño video 320x240 pixels
 - 25fps, 256 colores (8bits)
 - Señal digital: 320x240 x 25 x 8 = 15,36 Mbps



Preparación del contenido multimedia

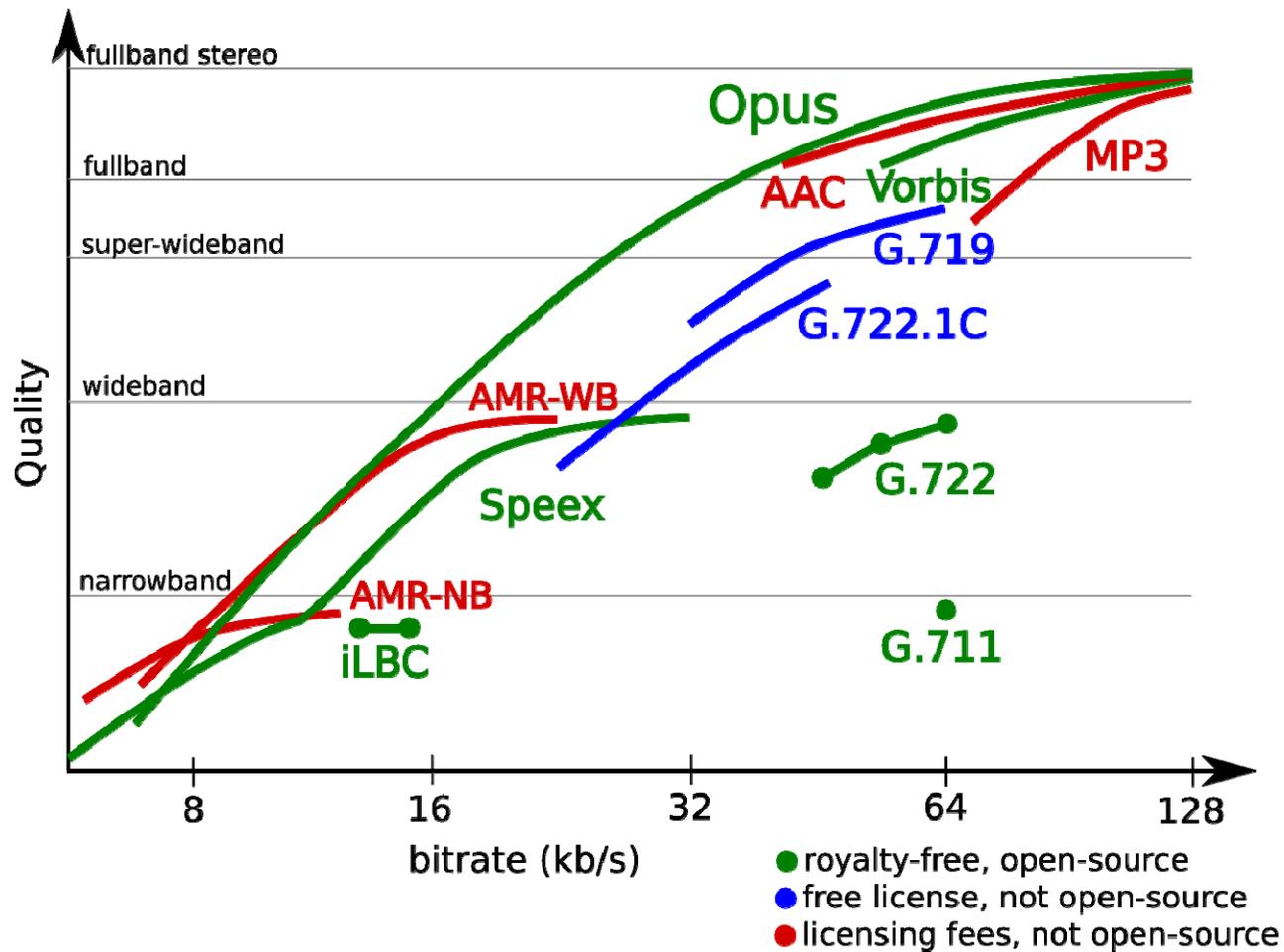
- Proceso de compresión
 - Codec: codificador/decodificador
 - A considerar:
 - Tipo de compresión CBR (Constant Bit Rate) / VBR (Variable Bit Rate)
 - Ratio de compresión
 - Compresión espacial
 - Compresión temporal
 - Compresión con o sin pérdidas (perceptible la diferencia)
 - Tiempo de compresión (posibilidad o no de hacerlo en tiempo real)
 - Robustez ante pérdidas
 - Detección de silencios
 - Ejemplo audio: fuente PCM 64Kbps comprimida en GSM 13Kbps, G.729 8Kbps y G.723.3 6,4-5,3 Kbps
 - Ejemplo video: fuente 15,36Mbps RAW comprimida en MPEG2/MPEG4 se quedan por debajo de los 500Kbps (ratios 100-200:1)

Codecs audio

	Formato	Frec. Muestreo (KHz)	Canales	Caudal por canal (Kb/s)	Uso
Bajo Retardo (ITU-T)	PCM (G.711)	8	1	64	Telefonía
	ADPCM (G.721)	8	1	32	Telefonía
	SB-ADPCM (G.722)	16	1	48/56/64	Vídeoconferenc.
	MP-MLQ (G.723.1)	8	1	6,3/5,3 variable	Telefonía Internet
	ADPCM (G.726)	8	1	16/24/32/40	Telefonía
	E-ADPCM (G.727)	8	1	16/24/32/40	Telefonía
	LD-CELP (G.728)	8	1	16	Telefonía/Videoc.
	CS-ACELP (G.729)	8	1	8	Telefonía Internet
	RPE-LTP (GSM 06.10)	8	1	13,2	Telefonía GSM
	CELP (FS 1016)	8	1	4,8	
LPC-10E (FS 1015)	8	1	2,4		
Elevado Retardo (ISO)	CD-DA / DAT	44,1/48	2	705,6/768	Audio Hi-Fi
	MPEG-1 Layer I	32/44,1/48	2	192-256 variable	
	MPEG-1 Layer II	32/44,1/48	2	96-128 variable	
	MPEG-1 Layer III (MP3)	32/44,1/48	2	64 variable	Hi-Fi Internet
	MPEG-2 AAC	32/44,1/48	5.1	32-44 variable	Hi-Fi Internet

Codecs audio

- ▶ Codecs más recientes: Opus, iLBC

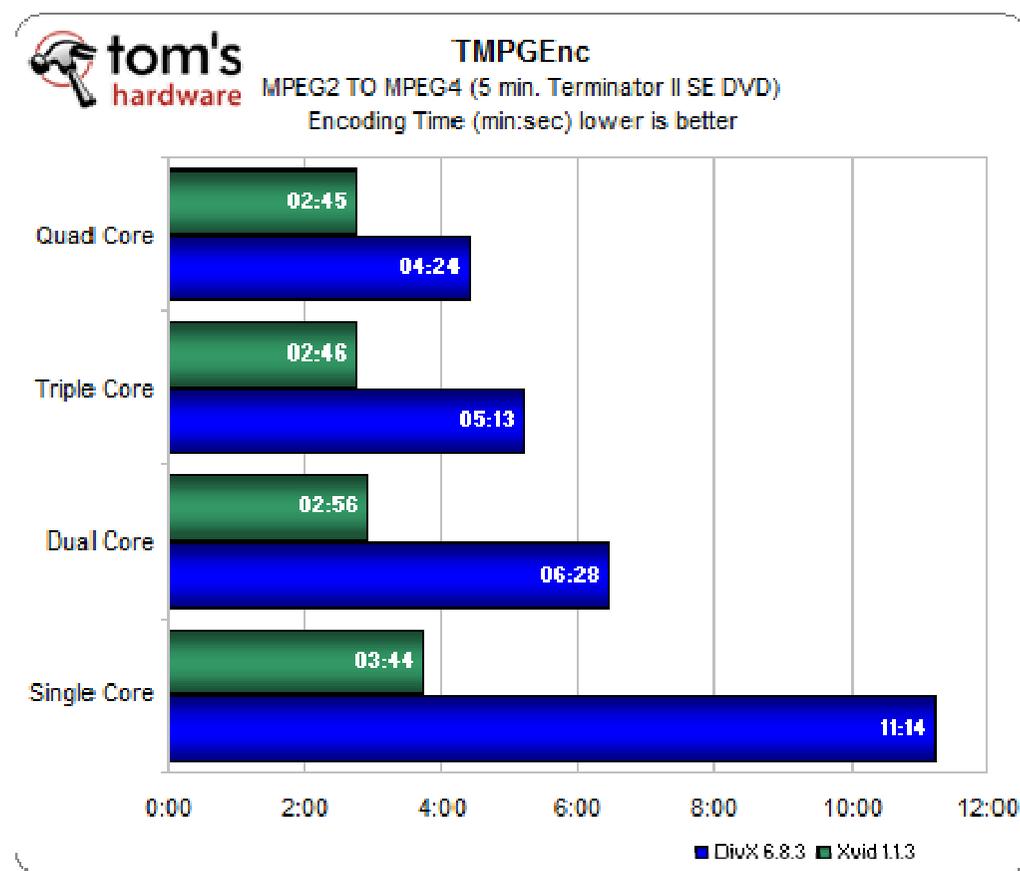


Codecs video

	Estándar/Formato	Ancho de banda típico	Ratio de compresión
	CCIR 601	170 Mb/s	1:1 (Referencia)
Bajo retardo	M-JPEG	10-20 Mb/s	7-27:1
	H.261	64 Kb/s – 2000 Kb/s	24:1
	H.263	28,8-768 Kb/s	50:1
	MPEG-1	0,4-2,0 Mb/s	100:1
Elevado retardo	MPEG-2	1,5-60 Mb/s	30-100:1
	MPEG-4	28,8-500 Kb/s	100-200:1

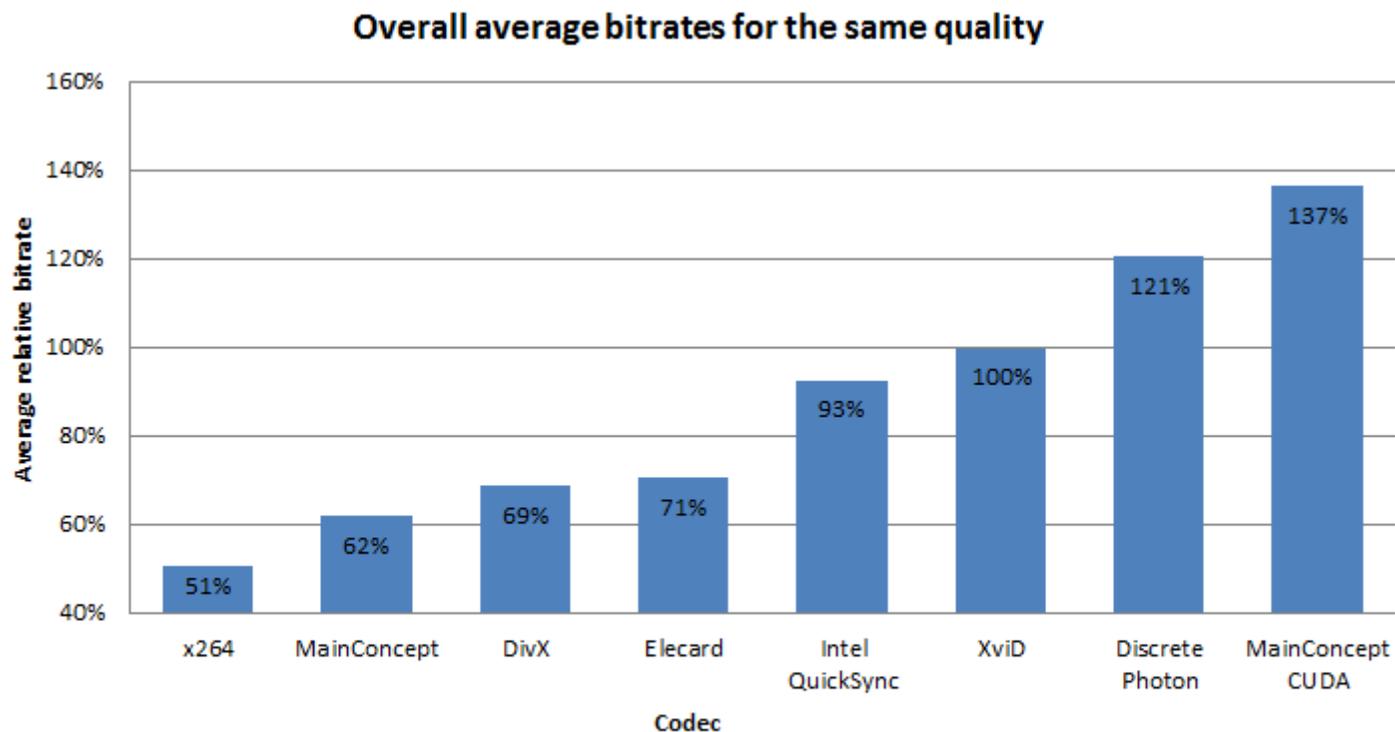
Codecs video

- ▶ En vídeo, especialmente importante el coste de compresión



Codecs video

- Compromiso entre calidad y bitrate resultante



Eighth MSU MPEG-4 AVC/H.264 Video Codecs Comparison

http://www.compression.ru/video/codec_comparison/h264_2012/

Compresión con pérdidas



784 bytes



1208 bytes



1900 bytes



3457 bytes



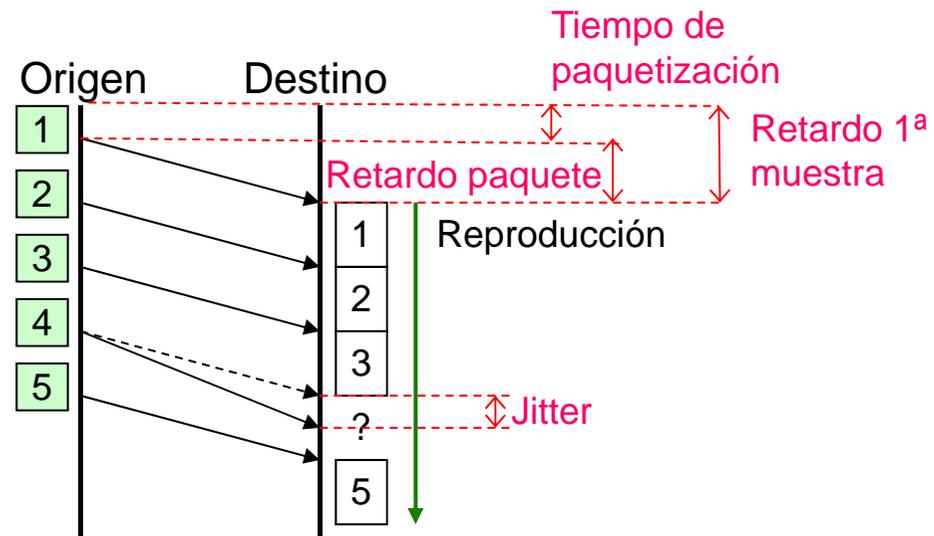
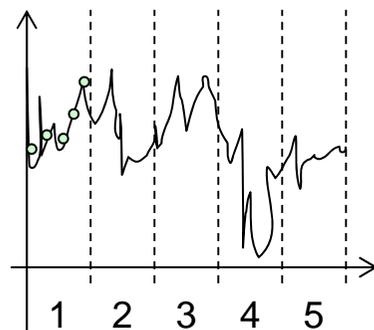
5372 bytes



30274 bytes

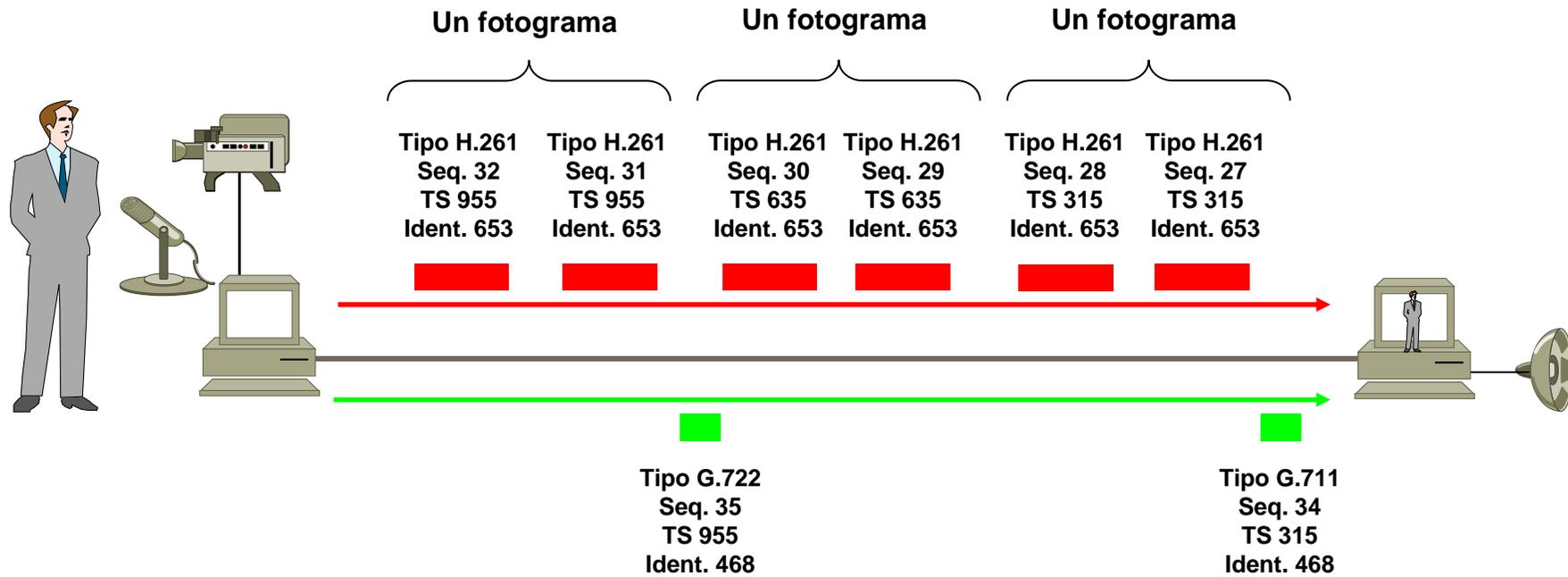
Preparación del contenido multimedia

- Proceso de paquetización/streaming
 - Ejemplo: voz PCM 64Kbps, paquetes de 200 bytes -> 40paq/sg -> 25ms entre paquetes
 - Adaptar el contenido comprimido para su envío por la red
 - A considerar:
 - Tamaño de paquetes
 - Tiempo de paquetización: menor a menor tamaño de paquete
 - Efecto de las pérdidas: menor a menor tamaño de paquete (si el medio no tiene pérdidas a ráfagas)
 - Tiempo entre paquetes



Ejemplo de paquetización de vídeo

A 25 fps se emite un fotograma cada 40 ms



- Flujo vídeo (ident. 653)
- Flujo audio (ident. 468)

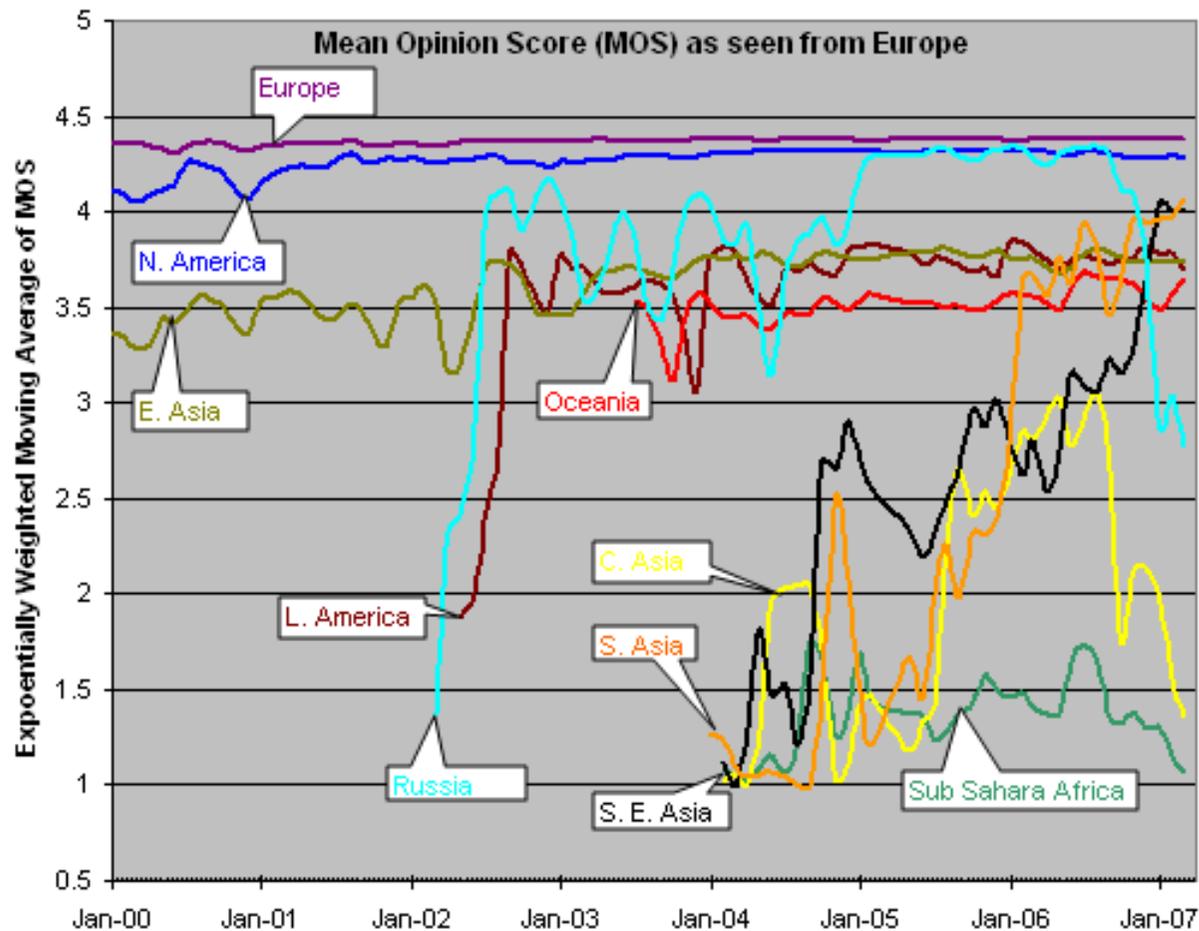
En este ejemplo cada paquete de audio contiene 80 ms o sea 640 muestras (el audio que corresponde a dos fotogramas)

3. Calidad de la Voz

- ▶ Mean Opinion Score (MOS)
 - Sistema de valoración subjetiva de calidad de la voz
 - Un conjunto de personas escuchan las muestras de voz y puntúan la calidad percibida
 - Escala 1(peor)-5(mejor)
 - Valor 4 se considera de calidad comercial



Calidad de la Voz: MOS



<https://confluence.slac.stanford.edu/display/IEPM/MOS>

Calidad de la Voz: parámetros

- ▶ 5 parámetros que afectan a la calidad de la voz:
 - Codec
 - Diferentes codecs utilizan diferentes esquemas de compresión con y sin pérdidas
 - Pérdida de paquetes -> Ancho de Banda
 - La voz tolera una baja tasa de pérdida de paquetes ($<10^{-3}$)
 - El codec puede compensar sus efectos
 - Retardo
 - ITU-T G.114 recomienda 150ms para “buena” interactividad.
 - Entre 100 y 250ms se consideran “aceptables”.
 - Jitter
 - Demasiado jitter degrada la calidad al asimilarse a pérdidas
 - Compensable con buffers pero con limitaciones por el retardo asumible
 - Eco
 - Como en la RTB se hacen necesarios compensadores de eco (realimentaciones) para una buena calidad

Efecto
de la
red

Codecs VoIP

Standard	Compression Method	Bit Rate	MOS Score
G.711	Pulse Code Modulation (PCM)	64Kbps	4.1
G.723.1	Multipulse, Multilevel Quantization (MP-MLQ)	5.3Kbps	3.9
G.723.1	Algebraic Code Excited Linear Predictive (ACELP)	6.4Kbps	3.65
G.726	Adaptive Differential PCM (ADPCM)	40, 32, 24 and 16 Kbps	3.85
G.728	Low Delay-Code Excited Linear Predictive (LD-CELP)	16 Kbps	3.61
G.729	Conjugate Structure-Algebraic Code Excited Linear Predictive (CS-CELP)	8 Kbps	3.92, 3.7

Comparativa con otros codecs

<i>Nombre</i>	<i>Org.</i>	<i>Descripción</i>	<i>Bit Rate (kbps)</i>	<i>Frecuencia Muestreo (kHz)</i>	<i>Tamaño cuadro (ms)</i>	<i>Obs.</i>	<i>MOS (ideal)</i>
G.711	UIT	Pulse Code Modulation (PCM)	64	8	Muestreada	Ley- A Ley- μ	4.1
G.729	UIT	Conjugate-structure algebraic-code-excited linear-prediction (CS-ACELP)	8	8	10	Bajo retardo (15 ms)	3.8
GSM	ETSI	Regular Pulse Excitation - Long Term Prediction (RPE-LTP)	13	8	20	Usado por GSM	3.5-3.7
iLBC		Linear Predictive Coding (LPC)	15.2 13.33	8	20 30		4.1

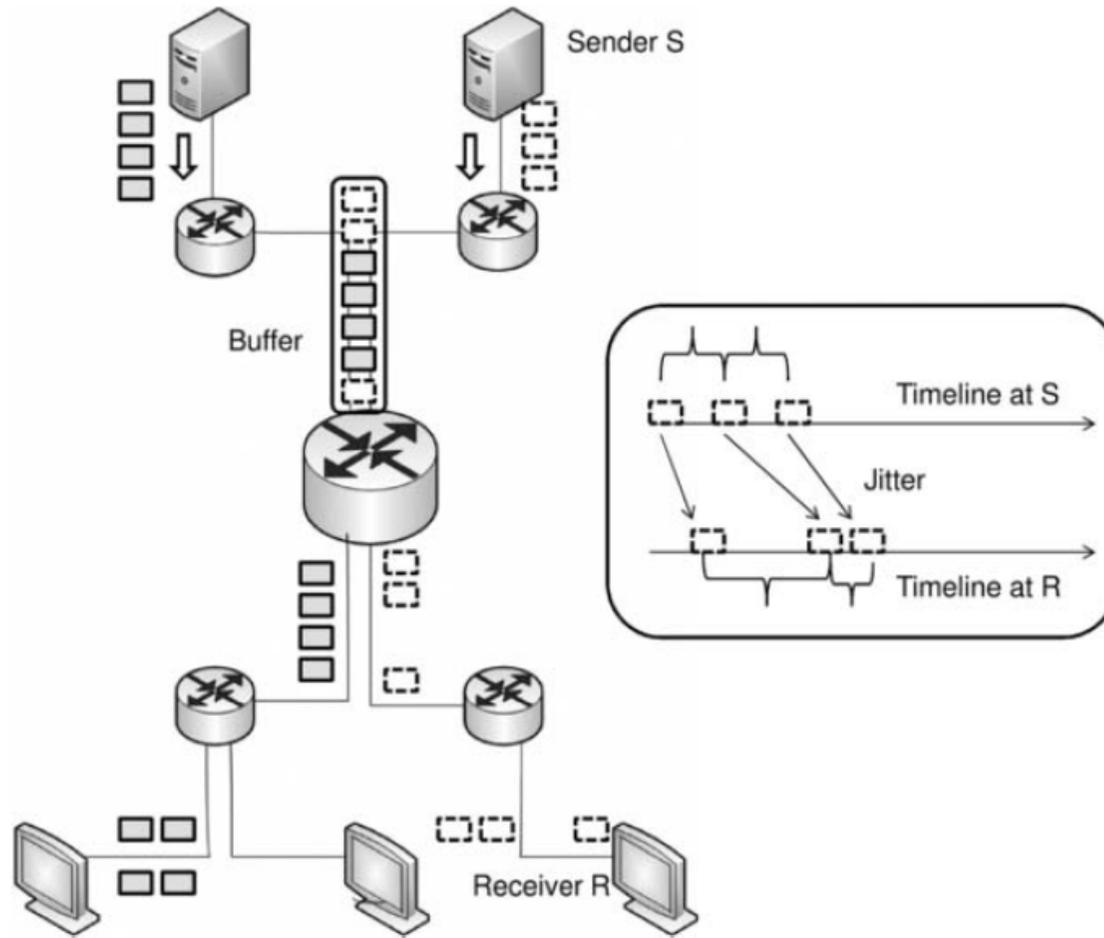
4. Parámetros de la red

- ▶ Parámetros de la red de importancia en aplicaciones multimedia
 - Ancho de banda
 - Necesidad o no de mantener un ancho de banda sostenido
 - Al no cumplirse se traduce en pérdidas
 - Pérdidas
 - Importancia de la robustez del esquema de compresión y envío
 - Retardo
 - Inconveniente para servicios interactivos
 - Jitter
 - Se puede asimilar a las pérdidas en el peor caso

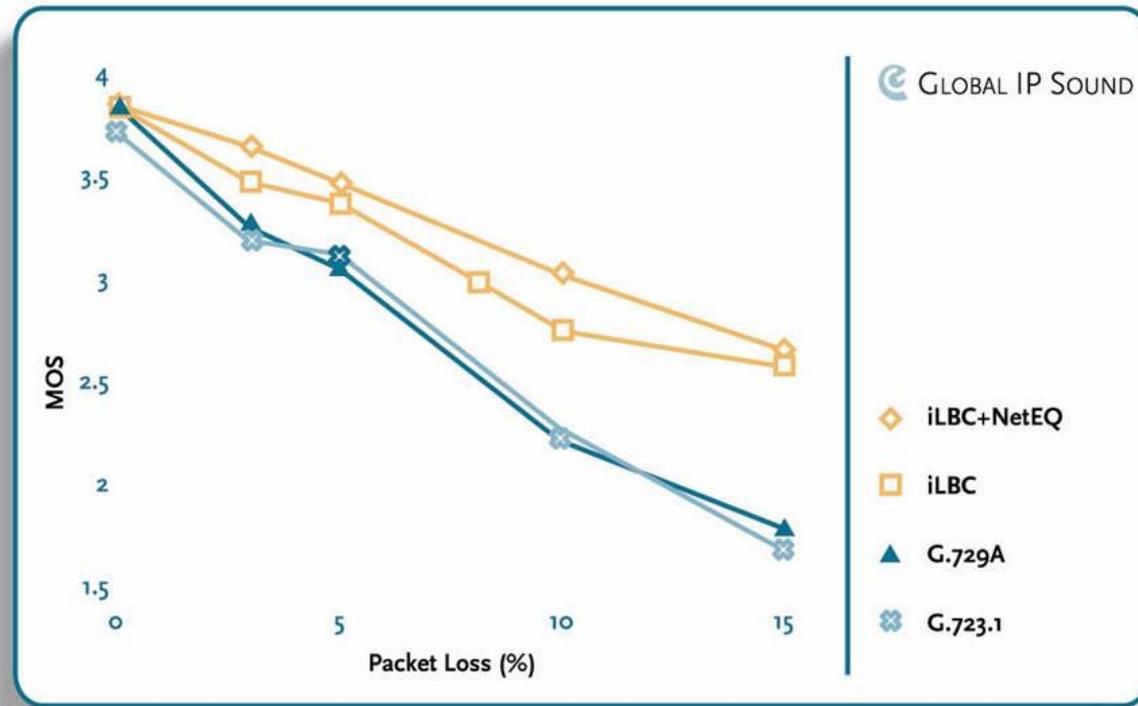
Parámetros de la red

- ▶ Los servicios multimedia pueden compensar ciertos parámetros de la red
 - Por ejemplo, mediante el uso de buffers
- ▶ Pero en otras ocasiones no quedará más remedio a que la red garantice unos valores de parámetros de red
 - Calidad de Servicio: diferentes tipos de aplicaciones/usuarios dispuestos a “pagar” por garantizar un canal de comunicaciones suficiente.
 - Service Level Agreements (SLAs)
 - En oposición al esquema de funcionamiento actual de Internet: Best Effort
 - Neutralidad de la red

Ejemplo jitter



Fortaleza ante pérdidas



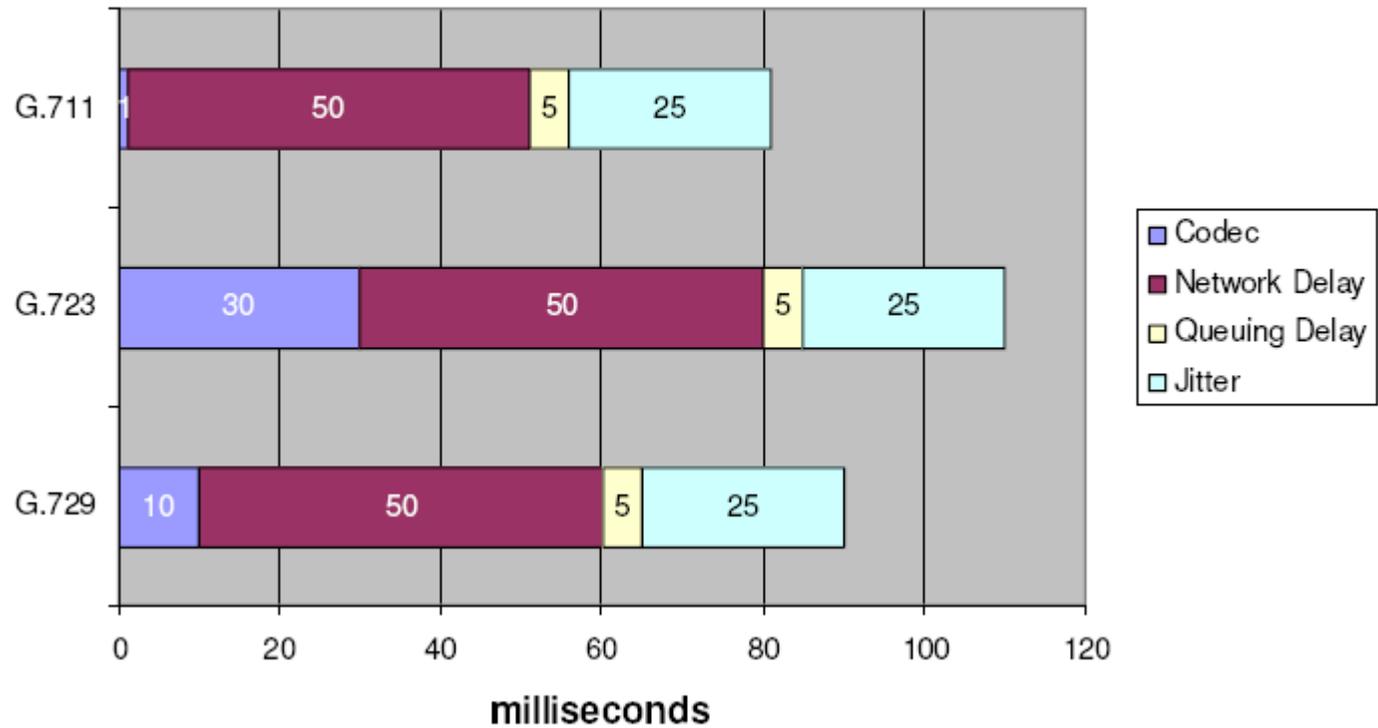
The tests were performed by Dynstat, Inc., an independent test laboratory.
 Score system range: 1 = bad, 2 = poor, 3 = fair, 4 = good, 5 = excellent

Retardo

- ▶ Retardo extremo a extremo incluye:
 - En el llamante: tiempo paquetización + latencia del codec codificador
 - En la red: retardo de red, que incluye a su vez
 - Tiempo de propagación: depende de la distancia
 - Tiempo de transmisión: lo que cuesta poner un bit sobre la red, dependerá de la velocidad de la misma
 - Tiempo de procesado: en equipos activos de red intermedios
 - Tiempo de retardo en cola: depende de las colas y algoritmos de planificación usados en los equipos activos de red. Dependerá de la congestión de la red
 - En el llamado: retardo en buffer + latencia del codec decodificador
- ▶ Retardo de paquetización: tiempo requerido para encapsular un intervalo de audio en el payload del paquete.
- ▶ Longitud payload= (codec bit rate) * (tiempo paquetización)

Latencia del codec

Codec Latency Comparison



Latencia del códec vs. MOS

CODEC	Bit Rate	MOS	Delay
G.711 (PCM)	64Kbps	4.1	0.75ms
G.726 ADPCM	32Kbps	3.85	1ms
G.728 LD-CELP	16Kbps	3.61	3ms-5ms
G.729 CS-ACELP	8Kbps	3.92	10ms
G.729 x 2 Encodings	8Kbps	3.27	10ms
G.729 x 3 Encodings	8Kbps	2.68	10ms
G.729a CS-ACELP	8Kbps	3.7	10ms
G.723.1 MP-MLQ	6.3Kbps	3.9	30ms
G.723.1 ACELP	5.3Kbps	3.65	30ms

Ancho de Banda

- ▶ VoIP: consumo de BW con las siguientes consideraciones
 - 40 bytes para cabeceras IP (20 bytes) / User Datagram Protocol (UDP) (8 bytes) / Real-Time Transport Protocol (RTP) (12 bytes)
 - Compressed Real-Time Protocol (cRTP) reduce las cabeceras IP/UDP/RTP a 2 o 4 bytes (cRTP no está disponible para Ethernet).
 - 6 bytes para cabeceras Multilink Point-to-Point Protocol (MP) o Frame Relay Forum (FRF).12 Layer 2 (L2).
 - 1 byte para el flag de fin de trama en MP and Frame Relay.
 - 18 bytes para cabecera Ethernet L2, incluyendo 4 bytes de Frame Check Sequence (FCS) o Cyclic Redundancy Check (CRC).

Codec	Bit Rate (Kbps)	Codec Sample Size (Bytes)	Codec Sample Interval (ms)	Mean Opinion Score (MOS)	Voice Payload Size (Bytes)	Voice Payload Size (ms)	Packets Per Second (PPS)	Bandwidth MP or FRF.12 (Kbps)	Bandwidth w/cRTP MP or FRF.12 (Kbps)	Bandwidth Ethernet (Kbps)
G.711	64	80	10	4.1	160	20	50	82.8	67.6	87.2
G.729	8	10	10	3.92	20	20	50	26.8	11.6	31.2
G.723.1	6.3	24	30	3.9	24	30	34	18.9	8.8	21.9
G.723.1	5.3	20	30	3.8	20	30	34	17.9	7.7	20.8
G.726	32	20	5	3.85	80	20	50	50.8	35.6	55.2
G.726	24	15	5		60	20	50	42.8	27.6	47.2
G.728	16	10	5	3.61	60	30	34	28.5	18.4	31.5

Ancho de Banda, N terminales

- ▶ Teoría clásica de dimensionamiento en telefonía
 - Medición del volumen de llamadas en Erlangs (una hora de uso del sistema).
 - Ej: 4 llamadas de 30 minutos = 120 minutos = 2 Erlangs
 - Dimensionamiento en función del volumen en la hora cargada.
Simplificación habitual:
$$\text{MinutosDeLlamadasHoraCargada} = (\text{MinutosDeLlamadasMes} / 22) * 0.15$$

(un mes contiene aproximadamente 22 días laborables y durante un día laborable aproximadamente un 15% de las llamadas ocurren en la hora cargada de ese día)
 - Grado de servicio: P_B probabilidad de bloqueo
 - P_B Típicamente $< 1\%$ en la hora cargada
 - Erlang B modelo de bloqueo en telefonía suponiendo llamadas con tiempo entre llamadas exponencial y duración exponencial
 - <http://www.erlang.com/calculator/eipb>
 - Resultado el número de líneas a dimensionar
 - Velocidad a dimensionar en función de codecs y protocolos utilizados

