

CALIDAD DE EXPERIENCIA (QOE): GENERALIDADES Y CASOS DE ESTUDIO

Ramón J. Sánchez Iborra

Dpto. de Ingeniería de la Información y las Comunicaciones
Universidad de Murcia

e-mail: ramonsanchez@um.es

Contenido

- **Introducción**
- QoE. Definición
- Análisis subjetivo de QoE
- Análisis objetivo de QoE
- Casos de estudio

Introducción

- QoS → método clásico e “ingenieril” para estimar la calidad entregada en un determinado servicio → métricas de red
- ¿Suficiente?



¿Afecta igual la pérdida de un paquete cuando se visualiza un video en una pantalla 4K de 60” que en un teléfono móvil?

¿Toleramos más los fallos cuando el servicio es barato?

Dentro de un flujo de datos, ¿da igual qué paquete se pierda?

¿Cómo afecta el retardo a distintos tipos de servicios (video-llamada vs. película VoD vs. futbol *live streaming*)?

Introducción

- Curiosidades relacionadas con la percepción del servicio que tiene un cliente típico:
 - El 82% de la insatisfacción de los clientes está provocada por la percepción de baja calidad del servicio contratado y la incapacidad del proveedor de incrementar esta calidad
 - De cada persona que se comunica con el proveedor de servicio para presentar un queja, 29 no lo hacen
 - 1 cliente frustrado se lo transmite a otros 13 clientes
 - El 90% de abandonos del servicio se realizan sin mostrar disconformidad o queja frente a la baja calidad del servicio → el proveedor desconoce la insatisfacción de sus clientes

Introducción

- La calidad debe ser evaluada desde la perspectiva del **usuario**

Rueda de QoS (ITU-T Rec. G.1000)

- Usuarios cada vez también productores de multimedia

- Las métricas de QoS que percibe el usuario



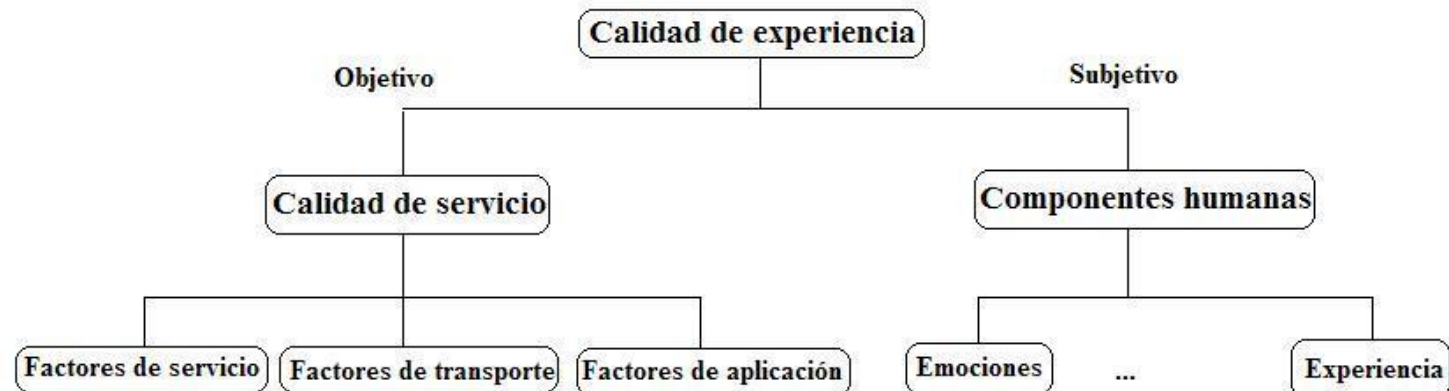
- Calidad de Servicio (QoS) → Calidad de Experiencia (QoE)

Contenido

- Introducción
- **QoE. Definición**
- Análisis subjetivo de QoE
- Análisis objetivo de QoE
- Casos de estudio

QoE. Definición

- Calidad de Experiencia: aceptabilidad **global** de una aplicación o servicio, tal y como se **percibe subjetivamente** por el **usuario** final (definición ITU-T)
- La QoE engloba todos los efectos extremo a extremo y se puede ver influenciada por las expectativas del usuario y el contexto



QoE. Definición

Aspectos humanos

Edad, genero, nivel educativo, influencias culturales, efectos socio/psicológicos, capacidades perceptivas, expectativas, experiencias previas, preferencias, aspectos económicos....



QoE. Definición

Aspectos técnicos:

Relacionados con la
(de)codificación y transporte
de la información

Parámetros de QoS

Elementos objetivos y
cuantificables

Aspect	Quality Influence Factors
Transport / Network	- Round trip / one-way delay - Jitter - Packet loss ratio - Delay burstiness distribution - Loss burstiness distribution - Bottleneck bandwidth - Congestion period
Physical	- SNR / SIR / SINR - Bit rate - BLER - Outage probability - Packet / Symbol / Bit Error Probability - Outage capacity - Ergodic capacity / throughput - Diversity order / coding gain - Area spectral efficiency - Energy efficiency

QoE. Definición

Contexto

Factores de entorno, tipo de terminal, rol del usuario, utilidad de la comunicación, urgencia de la comunicación, soporte al usuario, facilidad de instalación y uso, tarifa, contenido multimedia....



QoE. Definición

- Medición/Estimación de QoE: escala *Absolute Category Rating* (ACR) (ITU-T Rec P.800)
- Se mide en la escala MOS (*Mean Opinion Score*)

MOS	Calidad	Deterioro
5	Excelente	Imperceptible
4	Buena	Perceptible pero no molesto
3	Media	Algo molesto
2	Pobre	Molesto
1	Mala	Muy molesto

QoE. Definición

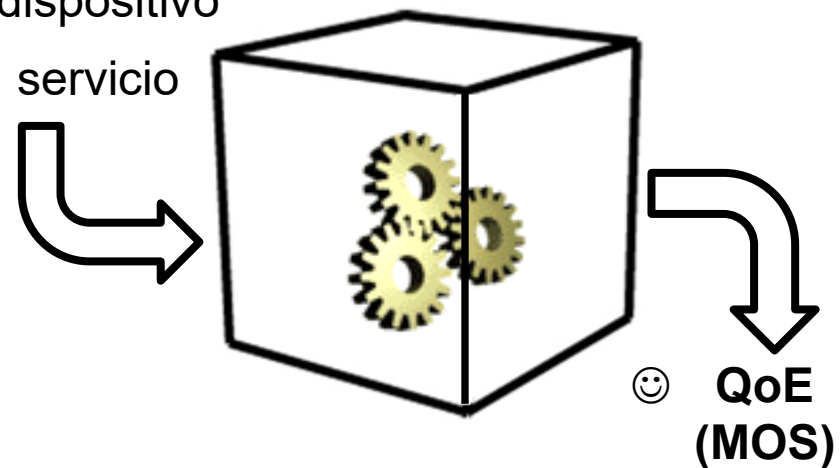
¿Cómo medir QoE?

Test subjetivos



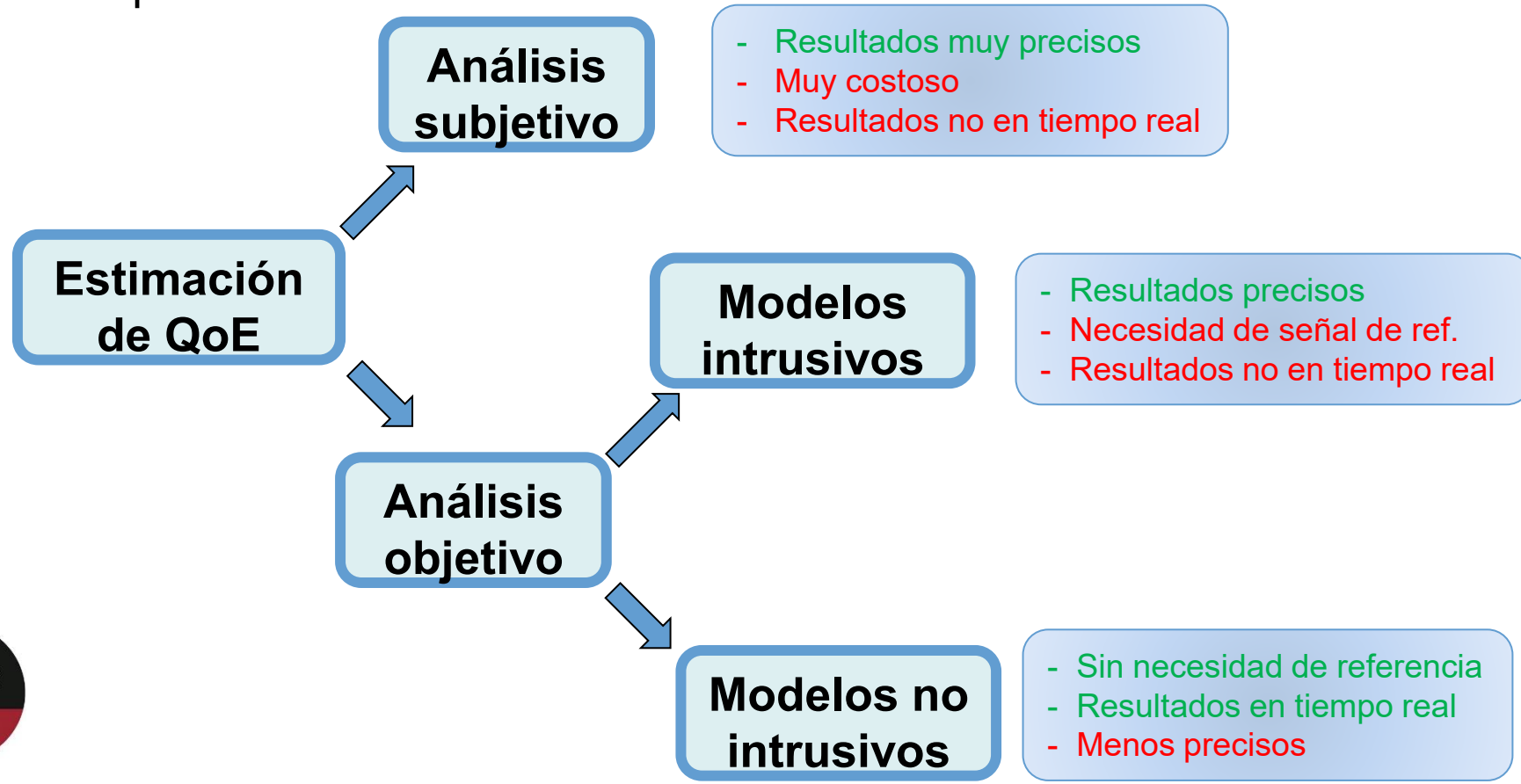
Medidas de red
Caract. dispositivo
Caract. servicio

*Estimadores
objetivos*



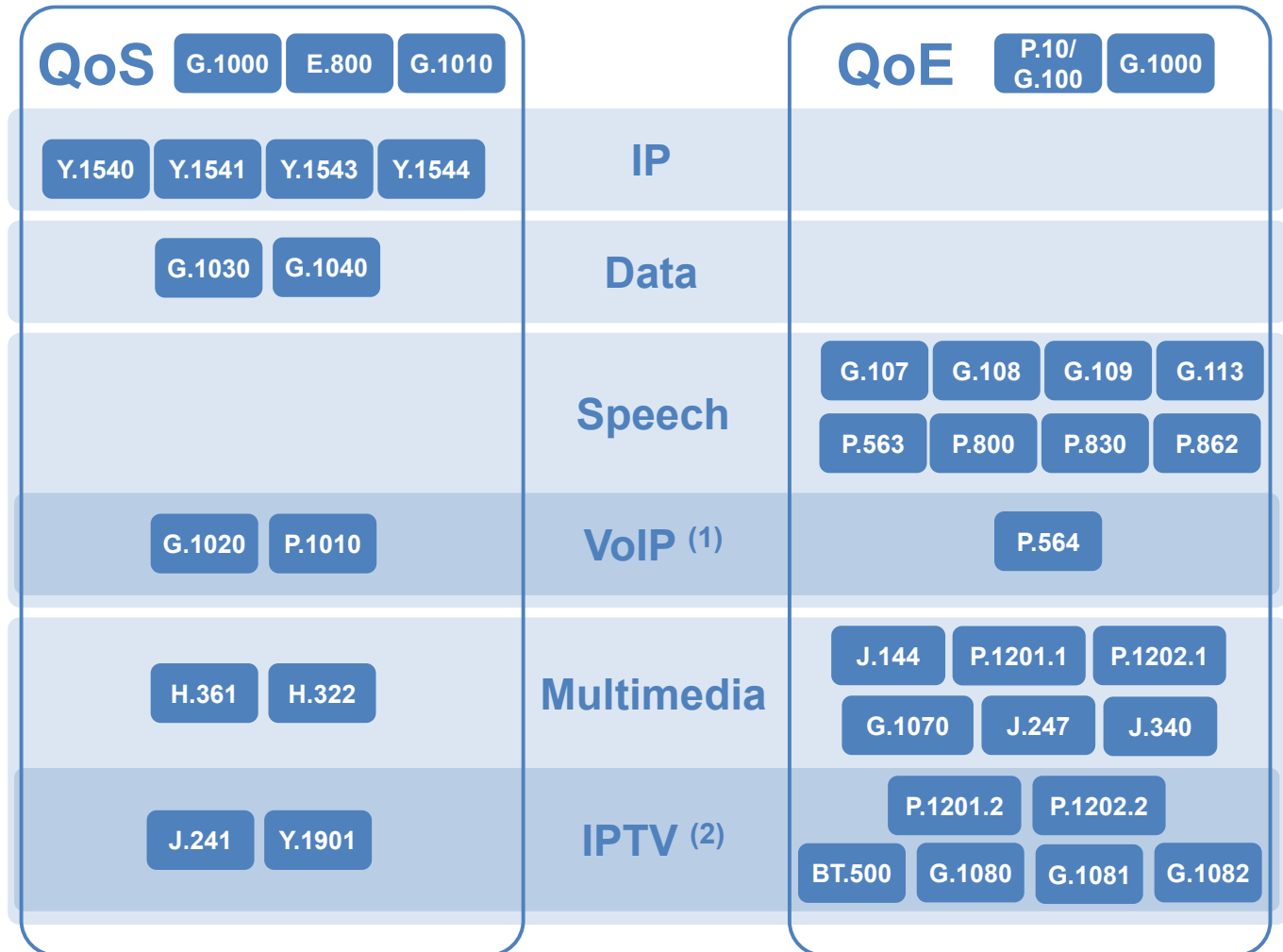
QoE. Definición

- ¿Cómo medir QoE?
 - **Metodologías subjetivas:** grupo de usuarios evalúa el servicio
 - **Metodologías objetivas:** algoritmos matemáticos emulan la respuesta humana



QoE. Definición

- Modelos estandarizados para medir QoE y QoS

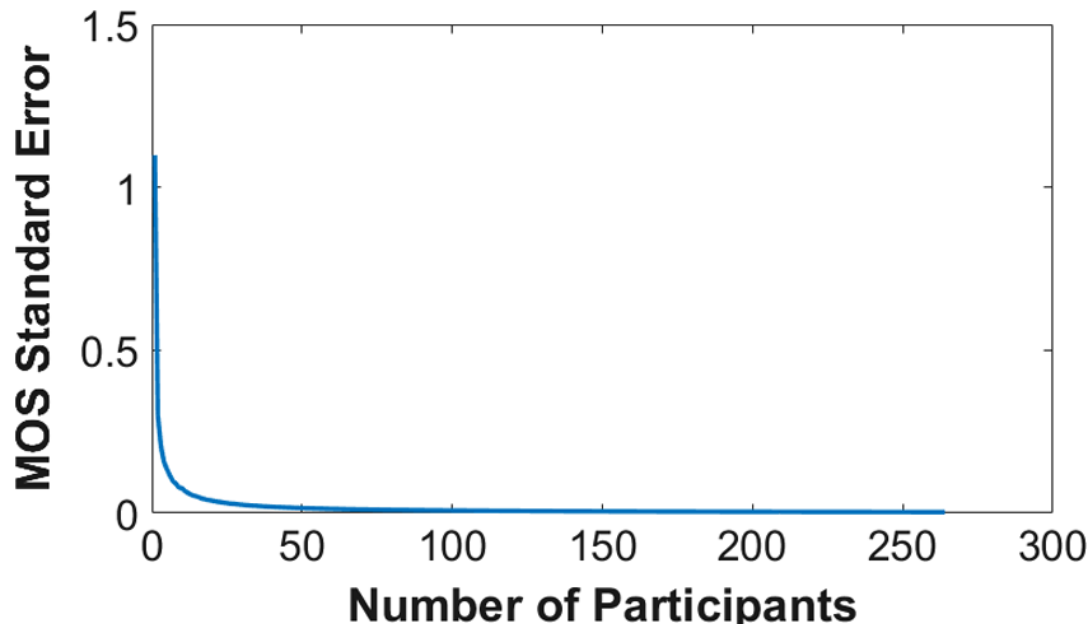


Contenido

- Introducción
- QoE. Definición
- **Análisis subjetivo de QoE**
- Análisis objetivo de QoE
- Casos de estudio

Análisis subjetivo de QoE

- Metodología estándar para evaluar QoE
- Fiable, precisa y válida cuando el número de participantes es suficiente



Análisis subjetivo de QoE

- Problemas:
 - Metodología que requiere gran infraestructura (participantes, laboratorios acondicionados)
 - No permite resultados en tiempo real y es muy cara
 - Influencia de la cultura y expectativas de los participantes, además de otras razones:
 - Interés económico
 - Cansancio de los participantes
 - Falta de implicación
 - Otras (múltiples) razones subjetivas



Análisis subjetivo de QoE

- Otras metodologías de análisis subjetivo de QoE (condiciones no controladas):
 - Crowdsourcing: macro-encuestas a través de Internet. Similar a un test subjetivo presencial pero cada participante realiza el test desde una localización (problemas de fiabilidad de los datos recogidos)
 - Evaluación directa del servicio:



Análisis subjetivo de QoE – Audio

- Tests de escucha: sólo se evalúa la calidad del sonido:
 - Definición
 - Ruidos
 - Eco
 - Voz robotizada
 - Distorsiones
 - ...
- Tests conversacionales: se evalúa la interacción en la conversación:
 - Parámetros anteriores y....
 - Sincronización (retardo) en la conversación
 - Eco propio

Análisis subjetivo de QoE – Video

- Tests de imagen: solo se evalúa la calidad de la imagen
 - Definición
 - Pixelización
 - Distorsiones
 - Colores
 - ...
- Tests audiovisuales: se evalúa imagen y sonido:
 - Parámetros anteriores y...
 - Calidad de audio
 - Sincronización de audio y video
- Tests de experiencia completa:
 - Tiempo de zapping
 - Buffering inicial
 - Servicios añadidos (subtítulos, info. adicional, etc.)
 - ...

Contenido

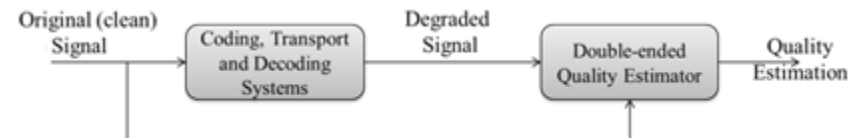
- Introducción
- QoE. Definición
- Análisis subjetivo de QoE
- **Análisis objetivo de QoE**
- Casos de estudio

Análisis objetivo de QoE

- Metodologías matemáticas que tratan de emular la respuesta de un persona ante el servicio evaluado
- Según si requiere la señal original o no, se clasifican en:

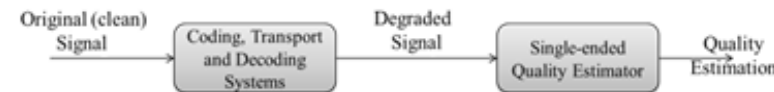
- Métodos intrusivos: comparan la señal recibida con la señal original

- Precisos
- No permiten estimaciones en tiempo real



- Métodos no intrusivos: no se necesita la señal original para estimar la calidad de la señal recibida

- Menos precisos
- Permiten estimaciones en tiempo real
- Diversos tipos según la información que empleen



Análisis objetivo de QoE

Métodos intrusivos de estimación de QoE

- Se emplean en fases de planificación del sistema o cuando no son necesarias medidas en tiempo real
- La señal original está disponible tanto en origen como en destino
- La señal recibida (degradada) se compara con la señal original y se estima el grado de deterioro
- Alta precisión: se emplean para baremar la precisión de las metodologías no intrusivas

Análisis objetivo de QoE - Audio

Métodos intrusivos de estimación de QoE

- Ejemplo para VoIP: **modelo PESQ** (*Perceptual Evaluation of Speech Quality*). ITU-T Rec. P.862
- Alinea temporalmente ambas señales de audio
- Una vez alineadas, las compara muestra a muestra
- Devuelve una estimación global de la transmisión en escala MOS
- Modelo estándar para comparar la fiabilidad de los modelos propuestos como alternativas

Análisis objetivo de QoE

Métodos no intrusivos de estimación de QoE

- Se emplean en fases producción, con el objetivo de evaluar la QoE que se está entregando
- Permite análisis en tiempo real, por lo que se pueden tomar acciones correctivas cuando se detecta una bajada de calidad
- ¿De dónde tomamos información para estimar QoE?
 - Parámetros de red
 - Paquete IP
 - Señal multimedia
 - ...

Análisis objetivo de QoE - Audio

Métodos no-intrusivos de estimación de QoE

MODELOS ESTÁNDAR

- Modelo-E (G.107): paramétrico
- P.561 & P.562: híbrido
- P.563: basado en señal de voz
- P.564: análisis de cabecera VoIP
- ANIQUE+ (ANSI): basado en señal de voz

MODELOS ALTERNATIVOS

- Mezclas de Gaussianas (Falk *et al.* 2006-2007; Wang *et al.* 2008-2010)
- Redes neuronales (Sun and Ifeachor, 2002; Mohammed *et al.* 2004; Cheriff *et al.* 2012; Mahdi and Picovici, 2010)
- Modelos exponenciales (Hoßfeld *et al.* 2007-2008; Jung and Manzano, 2014)
- Programación genética (Raja *et al.* 2007-2009)
- Modelos híbridos (Jelassi *et al.* 2009; Ding *et al.* 2007; Falk and Chan 2008)

Análisis objetivo de QoE - Audio

Métodos no-intrusivos de estimación de QoE

- Ejemplo para VoIP: **Modelo-E** (Rec. ITU-T G.107)
- Diseñado en un principio como metodología para planificación de redes
- Proporciona una estimación de QoE empleando parámetros de red
- Resultados obtenidos en la escala R (0-100). Conversión a MOS:

R	USER SATISFACTION	MOS
100	Very Satisfied	
94		4.4
90	Satisfied	4.3
80		4.0
70	Some Users Dissatisfied	3.6
60	Many Users Dissatisfied	3.1
50	Nearly All Users Dissatisfied	2.6
0	Not Recommended	1.0

Análisis objetivo de QoE - Audio

Métodos no-intrusivos de estimación de QoE

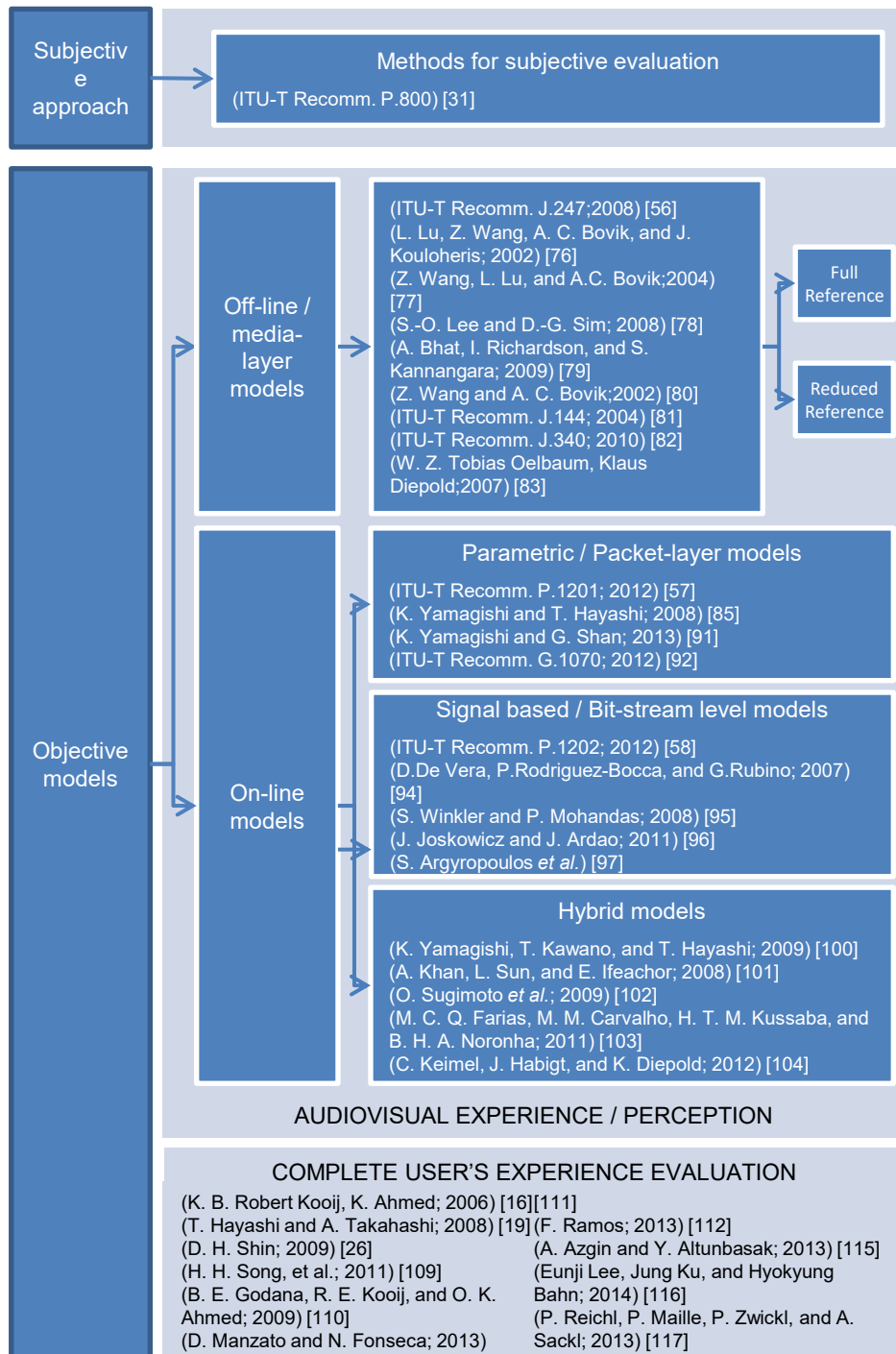
- **Modelo-E**
- Cálculo de R :

$$R = R_o - I_s - I_d - I_{e-eff} + A$$

- R_o : SNR básica. Usualmente se le da el valor 93.4
- I_s : desajustes que se producen simultáneamente con la producción vocal (nivel de volumen no-óptimo, ecos...)
- I_d : desajustes provocados por retardos
- I_{e-eff} : desajustes provocados por el códec y las pérdidas de paquetes
- A : factor de ventaja que permite compensar desajustes cuando el usuario se beneficia de movilidad, bajo coste del servicio, etc.

Análisis objetivo de QoE - Video

- Los servicios de video son mucho más complejos que los de voz: gran cantidad de variables y elementos del servicio han de ser tenidos en cuenta para estimar QoE
- Muy distintos tipos de servicios, formatos, dispositivos de reproducción, etc.
- La modelización de este tipo de servicios está en continuo desarrollo
- No existe una técnica general que permita evaluar cualquier tipo de servicio de video



Análisis objetivo de QoE - Video

- Todos los modelos anteriores son complejos y están indicados para un tipo muy concreto de servicio de video
- Métricas estadísticas de análisis de imagen (procesado de imagen) que se suelen emplear usualmente:
 - **PSNR (*Peak Signal-to-Noise Ratio*)**: compara el video original y el recibido (método intrusivo) y proporciona la relación (en dBs) de la potencia de señal de la señal original frente a la recibida. Emplea la luminancia de la imagen como parámetro objetivo
 - **SSIM (*Structural Similarity Index*)**: también compara la señal enviada y la recibida, pero se centra en evaluar la distorsión estructural de las imágenes. Normaliza los píxeles y los compara
- Ambos métodos se suelen utilizar como primera aproximación para el cálculo de calidad en la transmisión de una señal de vídeo ya que son válidos para cualquier tipo de servicio de vídeo (compara las imágenes original y recibida, una vez decodificadas)

Análisis objetivo de QoE - Video

- Limitación de PSNR



(a)

(b)

Análisis objetivo de QoE - Video

- Ejemplo: modelo paramétrico (Yamagishi and Hayashi, 2008 & Joskowicz and Ardao, 2009):

$$V_q(MOS) = 1 + 4k \left(1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{a \cdot Br}{v_1} \right)^{v_2}} \right) e^{-\frac{PLR}{v_3}}$$

- *PLR: Packet Loss Rate*
- *Br: Bit rate*
- *a: resolución del vídeo*

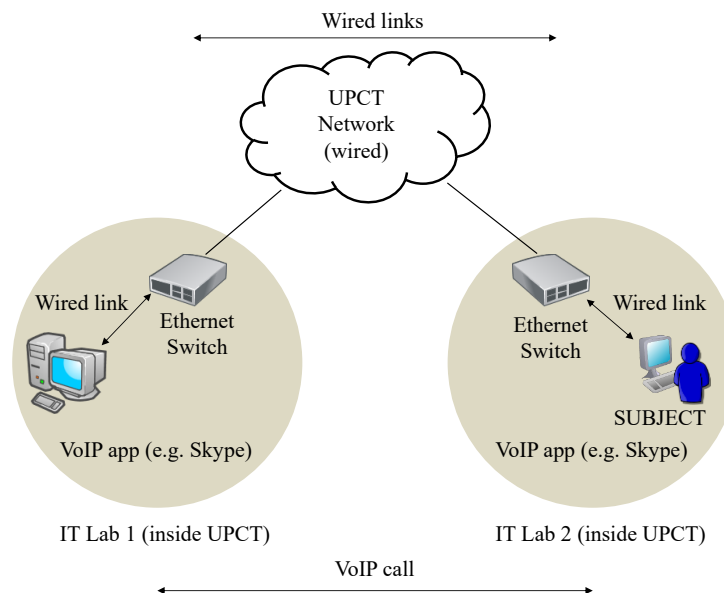
k, v₁, v₂ y v₃: parámetros experimentales dependientes del códec empleado

Contenido

- Introducción
- QoE. Definición
- Análisis subjetivo de QoE
- Análisis objetivo de QoE
- Casos de estudio

Caso de estudio - VoIP

- Evaluación de 2 apps VoIP:
Jitsi (G.722. 24 Kbps) vs. *Skype* (Silk. Auto bit-rate)
- Evaluación llevada a cabo por 60 sujetos. Test MOS-LQ (*Listening Quality*). Metodología según la Rec. ITU-T P.800



Caso de estudio - VoIP

Metodología

- Participantes divididos en grupos de 20 sujetos
- Cada sesión como máximo de 15 minutos para evitar fatiga o falta de atención
- Cada participante escuchó 4 locuciones (2 masculinas y 2 femeninas) en distinto orden
- Volumen de locuciones y auriculares de escucha calibrados y con todos sus características tabuladas (impedancia, respuesta en frecuencia, etc.)

Caso de estudio - VoIP

Métricas de QoS

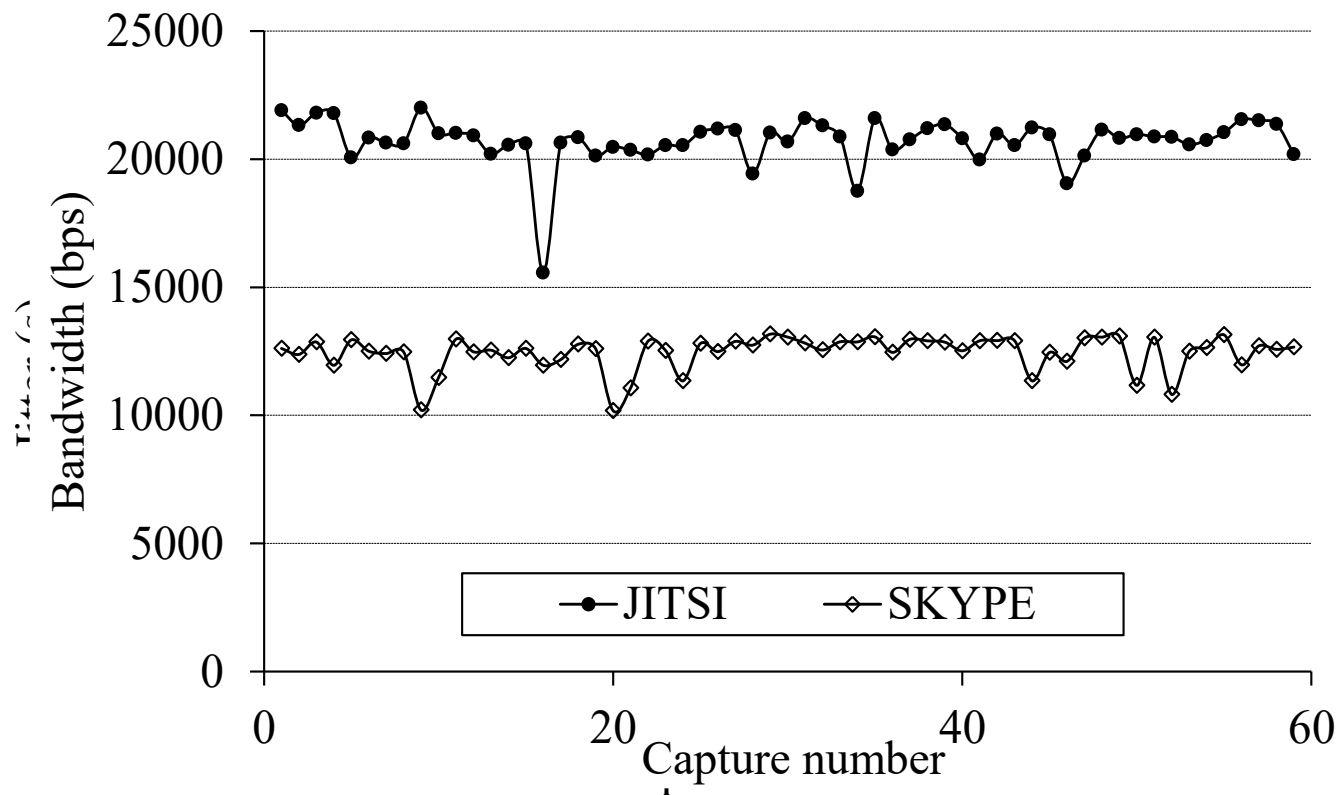
- Ancho de banda total utilizado
- Tamaño de paquetes VoIP
- Jitter
- Porcentaje de pérdida de paquetes

Cuestionario QoE

- Calidad de la llamada (MOS, 1-5)
- Problemas de escucha y deterioros percibidos
- Esfuerzo realizado para comprender las locuciones
- Frecuencia de uso de Internet y de aplicaciones VoIP

Caso de Estudio

Resultados QoS (ancho de banda y desajustes en la red)

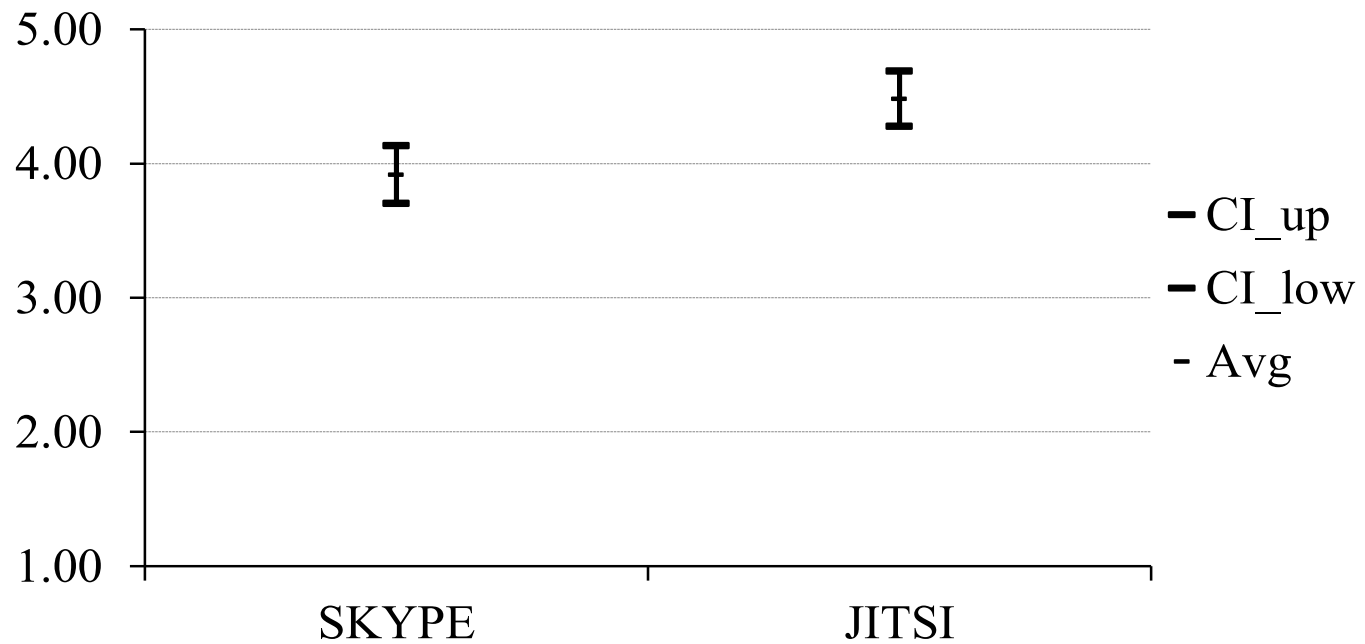


Jitter

Porcentaje de pérdida de paquetes

Caso de Estudio

Resultados QoE (Calidad global percibida (MOS))



Calidad de la locución (MOS-LQ)

Caso de estudio - VoIP

Conclusión

- Jitsi emplea un mayor ancho de banda que Skype
- Skype muestra mayor inestabilidad en dos métricas fundamentales:
 - Pérdida de paquetes
 - Jitter
- Los usuarios valoran con un MOS mayor a Jitsi con respecto a Skype → métricas de QoS y QoE están correlacionadas

Referencias



R. Sanchez-Iborra, M.-D. Cano, S. Moreno-Urrea, and J. J. P. C. Rodrigues, “QoE measurements and analysis for VoIP services,” in *Emerging Research on Networked Multimedia Communication Systems*, D. Kanellopoulos, Ed. IGI Global, 2015, pp. 285–308.

Proyecto: emociones generadas por la VOZ

- Proyecto desarrollado junto con la Universidad Técnica de Berlín
- ¿Qué emociones se generan en las personas cuando escuchan una voz a través de una conversación telefónica?
- Se estudian dos características:
 - Amabilidad
 - Confiabilidad
- Utilidad:
 - Servicios de atención a cliente
 - Voces pre-grabadas
 - ...

Proyecto: emociones generadas por la VOZ

Fase 1: grabación de voces

- Se han realizado grabaciones de textos de duración aproximada 15 minutos leídos por los participantes
- Han intervenido 30 sujetos (hombres y mujeres), no profesionales
- Proceso de grabación completamente controlado y estandarizado

Proyecto: emociones generadas por la VOZ

Fase 2: evaluación de las voces

- Cada una las grabaciones, es evaluada por usuarios
- En cada test, se pregunta al oyente por distintos aspectos de la voz, incluidos los dos señalados anteriormente
- Todo el proceso, en condiciones controladas
- Al final de este proceso, cada voz será catalogada con unas características

Proyecto: emociones generadas por la VOZ

Fase 3: distorsionar las grabaciones

- Cada una de las grabaciones son modificadas:
 - Distintos codecs (*full-band, wide-band, narrow-band*) y *bit rates*
 - Transmisión por una red bajo control
 - Se introducen unas distorsiones controladas: pérdidas, retardos, etc.
 - Se guarda el audio recibido
- Al final del proceso, se obtendrá un banco de audios con unas distorsiones tipificadas con respecto al audio original

Proyecto: emociones generadas por la VOZ

Fase 4: re-evaluar las voces distorsionadas

- Se repite el experimento 2, pero empleando las voces distorsionadas
- Objetivo: evaluar el impacto del códec, la transmisión, etc. sobre la percepción que los usuarios tienen de una determinada voz:
 - Las voces agradables, ¿se vuelven más desagradables al perder calidad?
 - ¿La confiabilidad de una voz se ve afectada por una codificación inapropiada?

...

CALIDAD DE EXPERIENCIA (QOE): GENERALIDADES Y CASOS DE ESTUDIO

Ramón J. Sánchez Iborra

Dpto. de Ingeniería de la Información y las Comunicaciones
Universidad de Murcia

e-mail: ramonsanchez@um.es