

Evaluación del Impacto de los Canales con Desvanecimiento sobre la Calidad de Experiencia en Sistemas VoIP

Ramón Sánchez Iborra, María-Dolores Cano

Grupo de Ingeniería Telemática. Departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
Antiguo Cuartel de Antigones. Plaza del Hospital, Nº 1, 30202 Cartagena (Murcia)

Teléfono: 968338872

E-mail: {ramon.sanchez, mdolores.cano}@upct.es

Resumen *Voice over IP (VoIP) y las redes inalámbricas son tecnologías que están recibiendo un creciente interés tanto por la comunidad científica, como por los usuarios finales. La estimación de calidad en aplicaciones multimedia se ha establecido como un elemento clave durante las fases de desarrollo, implantación y control de las mismas; la tendencia actual está orientada a la percepción subjetiva que tiene el usuario del servicio que está consumiendo (Quality of Experience, QoE), más allá de la tradicional medición de parámetros de red (Quality of Service, QoS). Este trabajo evalúa, a través de simulación, el efecto de los canales con desvanecimiento sobre el tráfico VoIP en redes 802.11, y su efecto sobre la QoE. Utilizamos los modelos de propagación de Rice, Rayleigh y Espacio Libre, para emular distintos escenarios y estudiar cómo afecta el desvanecimiento a los niveles de calidad que proporcionan distintos códecs. De los resultados obtenidos se extrae que el desvanecimiento tiene un efecto severo sobre la QoE en sistemas VoIP, afectando en mayor medida a códecs con tasas de codificación más bajas.*

1. Introducción

Hoy en día, la tecnología VoIP está cobrando gran relevancia tanto entre la comunidad científica como entre los usuarios finales. Un gran número de trabajos centrados en la mejora de diversos aspectos de VoIP, como la capacidad de los sistemas o los niveles de calidad alcanzados en las llamadas, se pueden encontrar en la extensa bibliografía relacionada [1, 2]. Por su parte, los usuarios finales encuentran VoIP como una tecnología muy atractiva, ya que permite realizar llamadas telefónicas a bajo coste, sin importar la localización de los interlocutores. Además, la reciente expansión de las redes WiFi (IEEE 802.11), permite a los usuarios realizar llamadas con mayores niveles de calidad y, en ocasiones, sin coste alguno. Centrándonos en la medición de calidad, la tendencia actual es evaluar qué percibe el usuario (QoE), más allá de las clásicas mediciones de parámetros de red (QoS), centradas en medir el comportamiento de una serie de índices clave, como el retardo o la pérdida de paquetes, para poder estimar la calidad del servicio proporcionado. La metodología recomendada para evaluar QoE, consiste en realizar una batería de encuestas de calidad llevadas a cabo por personas, que puntúan la calidad que ellos perciben en una serie de llamadas; las distintas puntuaciones obtenidas de estos test son ponderadas, obteniendo un resultado medio de opiniones (*Mean Opinion Score*, MOS) en una escala 1-5. Este método, aunque preciso, requiere de un gran coste, tanto de tiempo como económico; además, no permite la evaluación de la QoE en tiempo real, por lo que no es posible su utilización para detectar posibles problemas en algún punto de la comunicación durante el transcurso de la misma.

Existen numerosas alternativas a esta metodología que tratan de estimar la QoE en tiempo real. Una de las más utilizadas es el Modelo-E [3]. Este modelo tiene en cuenta un gran número de parámetros que pueden provocar un descenso en la calidad de la comunicación, como el retardo, la pérdida de paquetes o el códec utilizado. Estos factores conforman una escala aditiva llamada R . Una vez obtenido este valor, que mide la calidad conversacional de la llamada, se puede obtener una estimación de QoE, ya que existe una relación directa entre MOS y R , tal y como se muestra en la Tabla I.

El efecto del códec empleado, retardos, pérdida de paquetes, etc. ha sido estudiado por diversos autores de forma intensiva para redes inalámbricas. Sin embargo, el efecto de la capa física no ha sido prácticamente analizado a pesar de repercutir directamente sobre la calidad del servicio. En este trabajo, analizamos el efecto de los canales con desvanecimiento sobre comunicaciones VoIP en redes 802.11g [4], teniendo en cuenta su influencia sobre QoE. Con este fin, hemos utilizado el modelo de Rice, para emular una situación indoor, con línea de visión directa entre transmisor y receptor, y el modelo de Rayleigh para representar una situación indoor sin visión directa entre transmisor y receptor; finalmente, se ha hecho uso del modelo de Espacio Libre para comparar los resultados anteriores con una situación al aire libre y sin desvanecimiento [5]. Para analizar la sensibilidad de distintos tipos de códecs al efecto de los canales con desvanecimiento, se han empleado los estándares g711 (ley A) [6] que trabaja a una tasa de muestreo de 64 Kbps y el g726 [7], en tres de sus posibles configuraciones, a saber, 24, 32 y 40 Kbps. Los anchos de banda utilizados en la red

Tabla I. Relación Entre R, Mos Y Satisfacción De Usuario

| R | Satisfacción del Usuario | MOS |
|----------|---------------------------------------|-------------|
| 90 - 100 | Muy Satisfecho | 4.34 – 4.50 |
| 80 - 90 | Satisfecho | 4.03 – 4.34 |
| 70 - 80 | Algunos Usuarios Insatisfechos | 3.60 – 4.03 |
| 60 - 70 | Muchos Usuarios Insatisfechos | 3.10 – 3.60 |
| 50 - 60 | Casi Todos los Usuarios Insatisfechos | 2.58 – 3.10 |
| 0 - 50 | No Recomendado | 1 – 2.58 |

inalámbrica han sido 54 y 11 Mbps, ambos incluidos en las especificaciones del estándar 802.11g. El resto del documento se organiza como sigue. En la sección 2 se analiza la metodología empleada para estimar la QoE. El entorno utilizado para llevar a cabo las distintas simulaciones realizadas se describe en la sección 3. En la sección 4 se muestran los resultados obtenidos. Finalmente, se presentan las conclusiones extraídas de este trabajo.

2. Estimación de la QoE

Como se ha comentado en la sección anterior, realizar test de calidad subjetivos resulta una metodología muy costosa y no permite obtener resultados en tiempo real. En este trabajo se ha hecho uso del Modelo-E para estimar el MOS en cada una de las llamadas. El resultado de este modelo es un factor denominado R , que se calcula siguiendo la expresión (1),

$$R = R_o - I_s - I_d - I_e - I_{eff} + A \quad (1)$$

donde R_o es la señal-a-ruido de la señal de voz; I_s representa los desajustes que se producen al mismo tiempo que se habla, como cambios de volumen; I_d incluye los problemas causados por el retardo de los paquetes en recepción; I_{e-eff} reúne los desajustes debidos a los códecs con tasas de muestreo bajas y las pérdidas de paquetes en la red; finalmente, A es el factor de compensación, el cual trata de capturar la tolerancia a fallos por parte de un usuario cuando éste se beneficia de otros aspectos, como la movilidad durante la comunicación, la lejanía entre interlocutores, etc. R estima la calidad conversacional de la llamada y es utilizado para predecir la calidad percibida por el usuario, como se muestra en la tabla I. Obtener R conlleva complejos cálculos teniendo en cuenta multitud de parámetros. Es por ello que la ITU-T propuso un Modelo-E reducido, en el que únicamente se tienen en cuenta los desajustes provocados por la transmisión de la señal a través de la red. De esta forma, la expresión de R queda reducida tal y como se muestra en (2),

$$R = 93.4 - I_{dd} - I_{e-eff} \quad (2)$$

donde I_{dd} representa los desajustes debidos al retardo en las conexiones, asumiendo que no existe eco y I_{e-eff} incluye el efecto de la pérdida de paquetes y la codificación de la voz. Esta versión reducida del Modelo-E es la que se ha utilizado en este trabajo para estimar la QoE en las comunicaciones VoIP.

3. Entorno de Simulación

Para poder evaluar el efecto de los canales con desvanecimiento sobre el tráfico VoIP, se han llevado a cabo una serie de simulaciones. El entorno que se ha empleado ha sido el simulador de redes Omnet++ v4.2.2 con las librerías Inet [8]. Además, se ha hecho uso de la herramienta *VoIPTool*, que se puede encontrar en las citadas librerías. Esta herramienta permite la generación y transmisión de flujos VoIP realísticos, pudiendo configurar diferentes parámetros relevantes para la transmisión VoIP, como el tamaño de cabeceras y paquetes, tasa de muestreo, etc.

En nuestras simulaciones hemos utilizado los códecs g711 (64 Kbps) y g726 (24, 32 y 40 Kbps) con el fin de analizar el comportamiento de diferentes tipos de codificaciones ante el efecto de los canales con desvanecimiento. El escenario simulado se ha basado en una configuración “semi-cableada”, donde los transmisores de la comunicación VoIP se conectan a un punto de acceso de forma inalámbrica (802.11g), mientras que los receptores se conectan al punto central de forma cableada (Ethernet). Cada transmisor mantiene una única conversación VoIP con un receptor. El efecto de los canales con desvanecimiento es introducido por los diferentes modelos de propagación empleados, es decir, Rice, Rayleigh y Espacio Libre. Cada uno de ellos introduce unos niveles de desvanecimiento distintos, lo que permite el análisis del comportamiento de los códecs utilizados ante diferentes situaciones.

4. Resultados

En esta sección se muestran los resultados obtenidos en la batería de simulaciones llevadas a cabo, en las que se ha estimado el MOS en cada una de las llamadas realizadas, con el fin de analizar el efecto de los canales con desvanecimiento sobre la calidad de las mismas. Siguiendo las directrices de la ITU-T, se ha tomado una llamada como válida si el MOS obtenido a su finalización alcanza un valor mínimo de 3.1. La Fig. 1 muestra el número de llamadas aceptadas por el sistema y el nivel de calidad medio obtenido, para los códecs g711 y g726 a 32 Kbps. Se aprecia que en todos los escenarios simulados, el MOS estimado para el códec g711 es mayor que para el caso de g726 (32 Kbps); además, centrándonos en cada códec por separado, se aprecia que en los entornos con más desvanecimiento (Rayleigh), el códec g726 (32 Kbps) muestra una caída en el nivel de MOS con respecto a los otros escenarios, situación que no ocurre en el códec g711. Así, se demuestra que los códecs con tasas de muestreo más bajas son menos robustos al efecto del desvanecimiento que aquellos que no utilizan compresión. Centrándonos en el número de llamadas que acepta el sistema, se comprueba que utilizando tasas de codificación más bajas, el sistema tiene una mayor capacidad de aceptación de llamadas, pero en detrimento de la calidad de las mismas.

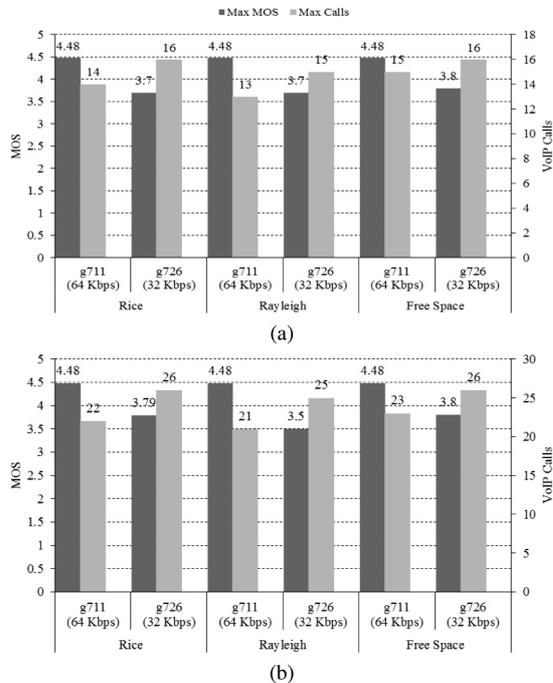


Fig. 1: Comparación del máximo número de llamadas en el sistema y el MOS obtenido, para los códecs g711 y g726 (32 Kbps) y los distintos modelos de propagación estudiados. (a) 11 Mbps. (b) 54 Mbps.

El mismo comportamiento se aprecia en la Fig. 2, en la que se realiza una comparativa similar a la anterior, pero teniendo en cuenta únicamente el códec g726, en sus tres tasas de codificación. Es interesante el resultado obtenido para la tasa de 24 Kbps a 54 Mbps (ver Fig. 2.b). Sorprendentemente, para los tres modelos de propagación bajo estudio, se obtienen menos llamadas aceptadas por el sistema que para tasas de codificación más altas. Esto es debido a que se obtienen unos niveles de MOS tan bajos, que aunque hay llamadas adicionales activas en el sistema, éstas tienen que ser descartadas como válidas debido a su bajo nivel de calidad.

5. Conclusiones

Hemos evaluado, vía simulación, el efecto de la capa física sobre el comportamiento de VoIP en entornos inalámbricos 802.11g. Para ello, hemos medido los niveles de QoE alcanzados en las llamadas, empleando distintos códecs (g711 y g726), múltiples modelos de propagación (Rice, Rayleigh y Espacio Libre) y varios anchos de banda (11 y 54 Mbps). Los resultados muestran que los códecs con bajas tasas de codificación son menos robustos ante el efecto de los canales con desvanecimiento, mostrando una disminución de su calidad (MOS) cuando los niveles de desvanecimiento aumentan. Por otra parte, estos códecs permiten aumentar la capacidad de llamadas aceptadas, a cambio de la citada bajada de calidad. Como conclusión general, hemos demostrado que los canales con desvanecimiento tienen una gran influencia sobre VoIP en entornos inalámbricos, y que este efecto no debe ser ignorado cuando se diseñen o analicen este tipo de sistemas.

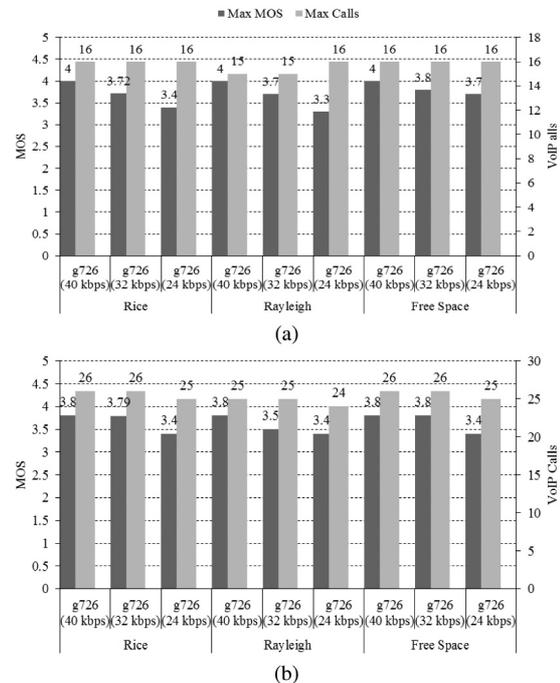


Fig. 2: Comparación del máximo número de llamadas en el sistema y el MOS obtenido, para las distintas tasas de codificación del códec g726 (40, 32 y 24 Kbps) y los distintos modelos de propagación estudiados. (a) 11 Mbps. (b) 54 Mbps.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el MINECO/FEDER con el proyecto TEC2010-21405-C02-02/TCM (CALM) y por el "Programa de Ayudas a Grupos de Excelencia de la Región de Murcia", de la Fundación Séneca, Agencia de Ciencia y Tecnología de la RM.

Referencias

- [1] S. Shin and H. Schulzrinne (2009) Measurement and analysis of the VoIP capacity in IEEE 802.11 WLAN," IEEE Transactions on Mobile Computing, vol. 8, no. 9, 1265–1279.
- [2] S. Yun, H. Kim, H. Lee, and I. Kang (2007) 100+ VoIP calls on 802.11b: the power of combining voice frame aggregation and uplink-downlink bandwidth control in wireless LANs. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 25, no. 4, 689–698.
- [3] The E-model: a computational model for use in transmission planning. ITU-T Recommendation G.107, 2011.
- [4] IEEE 802.11g: further higher data rate extension in the 2.4 GHz Band. 2003.
- [5] A. Goldsmith (2005) Wireless communications, 1st Ed. Cambridge University Press.
- [6] Pulse Code Modulation (PCM) of voice frequencies. ITU-T Recom. G.711, 1972.
- [7] 40, 32, 24, 16 kbit/s Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCM). ITU-T Recommendation G.726, 1990.
- [8] "Omnet++" < www.omnetpp.org >.