

Empleo de OPNET y MATLAB

para evaluar el impacto de los codificadores de voz en aplicaciones NGN/VoIP

MSc. Ing. Rafael Silot Trabajo, Esp. en Telemática, Centro de Telecomunicaciones Baracoa, Dirección Territorial Guantánamo, ETECSA, y Dr. Andrés Subert Semanat, Profesor Titular del ISPJAM, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba.
fello@gtm.etcscs.cu, asubert@fie.uo.edu.cu

I Introducción

La tendencia actual de los operadores de telecomunicaciones es el tránsito hacia una nueva implementación de VoIP—*Voice over Internet Protocol*— en una red pública, el paso de un escenario corporativo restringido a una red pública de VoIP. La convergencia de las redes de comunicaciones y de datos ha permitido un rápido crecimiento de las aplicaciones en tiempo real, por ejemplo, de telefonía IP. Las redes IP no están diseñadas para soportar aplicaciones en tiempo real y factores tales como la demora en la red, la variación de la demora y la pérdida de paquetes, conducen a un deterioro de la calidad de la voz percibida por el usuario. El mayor reto en estas redes es cómo medir o predecir la calidad de la voz lo más exacta y eficientemente posible, con el propósito de controlar y monitorear la QoS—*Quality of Service*— para asegurar los requerimientos técnicos y comerciales.

Estos factores son los que, en definitiva, van a determinar que estas aplicaciones y los nuevos servicios ofrecidos sean aceptados por los usuarios finales, los cuales emiten su

valoración de acuerdo a la QoS percibida. En las redes de conmutación de paquetes, dentro de las cuales se encuentran las redes IP, la degradación de la calidad de la voz percibida no solamente es causada por los parámetros a los cuales se hizo referencia anteriormente; además de ellos, deben considerarse otros factores no ligados a la red IP como el deterioro provocado por los *codecs* teniendo en cuenta su comportamiento no lineal al variar las condiciones de la red [1-2].

El *gateway* o pasarela VoIP interconecta la red IP con la red PSTN—*Public Switching Telephone Network*— y adapta los esquemas de procesamiento de voz. Los componentes de la pasarela que afectan la calidad de la voz son los *codecs*, los Detectores de Actividad de Voz—*Voice Activity Detector (VAD)*—, CNG—*Comfort Noise Generation*— y la memoria intermedia en el receptor para almacenar los paquetes o *jitter buffer* como es conocido en la bibliografía en inglés.

La información de voz analógica es digitalizada, comprimida y fragmentada en pequeñas partes antes

de enviarse a través de la red. En el destino, los paquetes son reensamblados en el orden correcto, combinados, se descomprimen y son convertidos a la señal analógica original. En este proceso intervienen los componentes expuestos los cuales inciden en la QoS que se presta al usuario final.

Lo que conlleva a profundizar en este tema es que, tradicionalmente, se ha estimado la QoS sólo en base al estado de la red de transporte, midiendo valores de pérdida de paquetes, retardos, ancho de banda disponible y otros. Estas medidas no reflejan fielmente la QoS experimentada por el usuario final. Existe un nuevo enfoque para enfrentar este problema tomando en consideración que es un tema netamente subjetivo porque depende de lo que el usuario perciba del mismo. Se propone además de los parámetros de la red de transporte, tener en cuenta el procesamiento de la información en los equipos de acceso y la valoración que tiene el usuario del servicio que recibe. Esto condiciona realizar una valoración de la QoS extremo a extremo.

2 Metodología

Las aplicaciones de redes convergentes basadas en IP enfrentan varios retos técnicos tales como pérdida de paquetes, retardos o demoras, tamaño del paquete y variaciones en su tiempo de llegada. Es importante considerar todos los factores que degradan la calidad de la voz y es preciso establecer los valores límites y rangos de los mismos. Para estas circunstancias, se crea un entorno integrado de simulación con el cual modelar, simular y analizar los resultados. En el trabajo también se analiza la posibilidad de complementar el estudio de simulación mediante el uso del MATLAB—MATrix LABoratory/Laboratorio de Matrices—.

2.1 Impacto de la red y otros parámetros de deterioro sobre la calidad de la voz

La pérdida de información es un fenómeno común en las redes conmutadas por paquetes dentro de las cuales se encuentran las redes IP. No se establecen circuitos físicos entre los extremos y los paquetes provenientes de diferentes fuentes se almacenan en colas en espera de ser transmitidos por el enlace de salida de cada enrutador. Un paquete de entrada se pierde en la red si no encuentra espacio en la cola. Mientras más personas accedan a la red, los enrutadores se congestionan más y se produce la pérdida de paquetes. La pérdida de paquetes puede ocasionar daños severos a la calidad de la voz transmitida sobre IP. Aunque el cerebro humano es capaz de reconstruir algunas palabras perdidas, demasiadas pérdidas pueden generar una señal ininteligible.

Un retardo excesivo puede afectar seriamente una conversación. Se ha determinado que un retardo inferior a 150 mseg es aceptable en la mayoría de las aplicaciones [3]. El retardo es insignificante en la PSTN, debido a que en las redes de conmutación de circuitos solamente está presente el retardo de propagación y este depende de la distancia. Pero en VoIP, hay muchas fuentes de retardo que

se suman para hacer del retardo uno de los mayores retos técnicos para las redes de convergencia basadas en IP.

Desarrollar herramientas que permitan simular lo que pasa con una señal cuando es transmitida sobre una red IP es muy importante. Estas herramientas permiten entonces probar los sistemas de comunicaciones de voz sin construir prototipos de hardware y ensamblar costosas configuraciones de prueba de red en el laboratorio.

En este trabajo, se propone un sistema de simulación de VoIP para analizar el impacto de estos factores, el cual emplea OPNET IT GURU [4] como herramienta de ingeniería para optimizar la red, que permite simular el comportamiento de una red de comunicaciones. Con el objetivo de entender el impacto de las interferencias de la red sobre la calidad de la voz percibida para aplicaciones de VoIP, se desarrolla una plataforma de simulación. Esta ofrece una ventana para el análisis y evaluación de la calidad de voz. Se evalúa, no solamente los efectos de las variaciones en las condiciones de la red de transporte, sino también el efecto de varios esquemas de codificación mediante la modelación de problemas que se pueden encontrar en redes reales.

La integración de OPNET con MATLAB [5] permite utilizar la potencialidad de MATLAB para realizar todo tipo de análisis estadísticos con los resultados obtenidos con el simulador. MATLAB es un software matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado con un lenguaje de programación propio. En el siguiente epígrafe se presenta el modelo con el cual se simula la comunicación en un sistema de VoIP.

2.2 Modelo de red VoIP con el simulador OPNET

El trabajo con el simulador de redes de comunicaciones OPNET, trata de comprobar el comportamiento de los distintos codificadores de la voz utilizados actualmente en las Redes de Próxima Generación —*Next Generation Networks* (NGN)— para aplicaciones en tiempo real. El propósito es evaluar el funcionamiento de la red en su conjunto bajo diferentes condiciones y para distintos codificadores. En la figura 1 se muestra el escenario a través del cual se realizó la simulación.

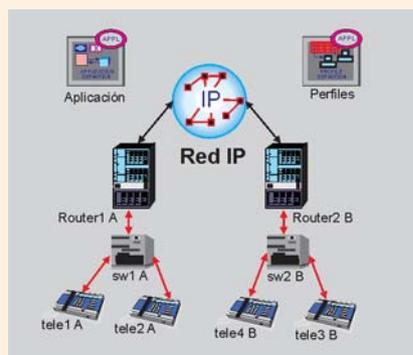


Figura 1 Proyecto VoIP con OPNET.
(Fuente: elaboración propia).

El escenario de VoIP de este proyecto se implementó de forma tal que las llamadas se realicen desde los equipos o nodos —de acuerdo con la terminología OPNET— de la zona A hacia la zona B, llamadas punto a punto; es decir, tele1 A con tele3 B y tele2 A con tele4 B. La utilización de la red simulada permite probar varias configuraciones de red y diferentes algoritmos de codificación, bajo diferentes condiciones:

- ♦ Condiciones típicas de operación.

♦ Condiciones de deterioro de los parámetros.

El objetivo es verificar los requerimientos de calidad para la implementación de VoIP.

La figura 2 señala las cuatro aplicaciones configuradas: G.711, G.729 —VAD no habilitado—, G.723.1 y G.729B —VAD habilitado—. El propósito es evaluar el funcionamiento de la red en su conjunto bajo distintas condiciones y para distintos codificadores.

(Aplicación) Atributos	
Type: Utilities	
Attribute	Value
name	Aplicación
model	Aplicación Config
ACEI Tier Information	None
Application Definitions	(...)
rows	4
rows 0	voip...G.711,(...)
rows 1	voip...G.729,(...)
rows 2	voip...G.723,(...)
rows 3	voip...G.729B,(...)
Voice Encoder Schemes	(...)
rows	4
rows 0	G.711.20 msec.0.0.1.0.64 Kbps.Disable
rows 1	G.729.20 msec.5 msec 1.0.8 Kbps.Disable
rows 2	G.723.20 msec.7msec 1.0.5.3 Kbps.Disable
rows 3	G.729(silence).20 msec.5msec1.0.8 Kbps.Enabled

Figura 2 Configuración del Nodo de Aplicación. (Fuente: elaboración propia).

El desarrollo de esta herramienta permite obtener información base para tomar decisiones adecuadas durante el diseño o durante las implementaciones, además de establecer o formular las normas que deben cumplir estas tecnologías con el fin de obtener máxima eficiencia y calidad. En la configuración se tuvo en cuenta que coincidieran las recomendaciones de la UIT con la terminología OPNET.

En la figura 3 se configura el nodo de perfiles donde se define el comportamiento de los abonados —tele1 A, tele2 A, tele3 B y tele4 B—. Estos perfiles en escenarios diferentes implementan las cuatro aplicaciones correspondientes a los codificadores.

(Perfiles) Atributos	
Type: Utilities	
Attribute	Value
name	Perfiles
model	Profile Config
Profile Configuration	(...)
rows	4
rows 0	tele1 A.(...).Serial(Ordered).inform (60. 560).End of Simulation. Once at Star Time
rows 1	tele2 A.(...).Serial(Ordered).inform (60. 560).End of Simulation. Once at Star Time
rows 2	tele3 A.(...).Serial(Ordered).inform (60. 560).End of Simulation. Once at Star Time
rows 3	tele4 A.(...).Serial(Ordered).inform (60. 560).End of Simulation. Once at Star Time

Figura 3 Configuración en el Nodo de Perfiles. (Fuente: elaboración propia).

A medida que los algoritmos de compresión son más sofisticados las demoras introducidas en este proceso son mayores por lo que el tamaño de la carga útil que se transmite en el paquete —tramas de voz por paquetes— debe ser menor para compensar la demora. Por tal motivo, para un

mismo retardo de conformación de los paquetes, la carga útil que se transmite para los distintos codificadores es diferente.

3 Resultados de la simulación

A continuación se muestran los resultados obtenidos para cada escenario (Figuras 4, 5, 6, 7, 8, 9).

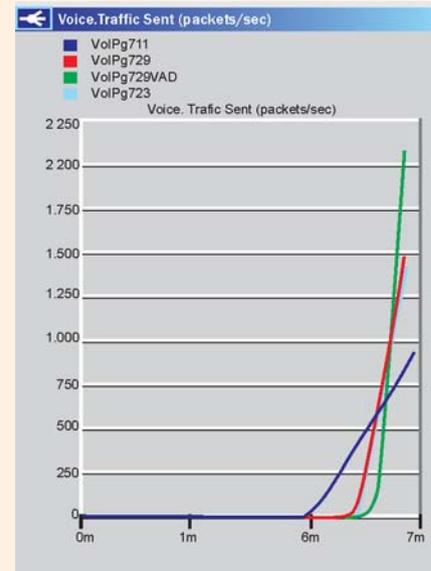


Figura 4 Simulación del tráfico de voz enviado para cada codificador en condiciones normales. (Fuente: elaboración propia).

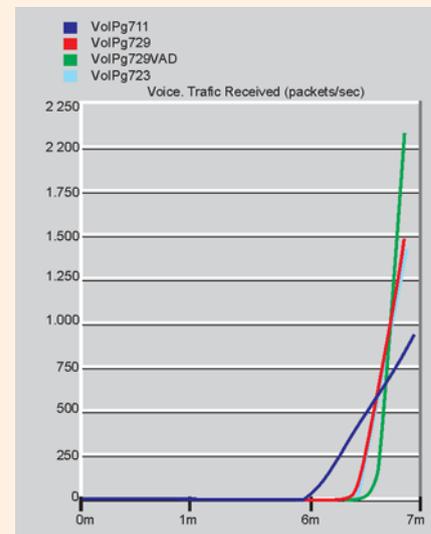


Figura 5 Simulación del tráfico de voz recibido por cada decodificador en condiciones normales. (Fuente: elaboración propia).

Se observa, en la figura 4, el tráfico enviado para cada codificador en condiciones normales de la red, el *codec* que más tráfico envía a través de la red es el G729 con VAD activado, lo cual demuestra la importancia de su utilización, permite un 40 % de ahorro del ancho de banda, sólo admite la transmisión de paquetes con información útil, al suprimir el envío de los paquetes de silencio —funcionalidad del VAD—. En la figura 5 se muestra la simulación del tráfico de voz recibido por cada codificador en condiciones normales, este tráfico no varía respecto al tráfico enviado. En la figura 6, se presenta la simulación del tráfico de voz enviado en condiciones desfavorables, es decir, cuando hay una degradación de condiciones en la red, una pérdida de paquetes del 5 % y demoras de 250 ms.

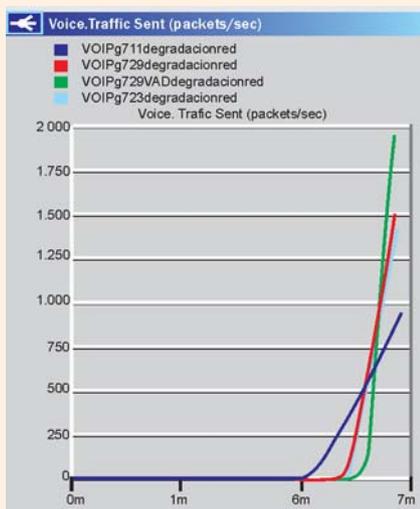


Figura 6 Simulación del tráfico de voz enviado para cada codificador en condiciones desfavorables. (Fuente: elaboración propia).

La simulación del tráfico de voz recibido por cada decodificador en condiciones desfavorables se muestra en la figura 7. En ella se puede observar, también, el comportamiento para una pérdida del 5% de los paquetes enviados y demoras en el orden de 250ms —condiciones desfavorables—.

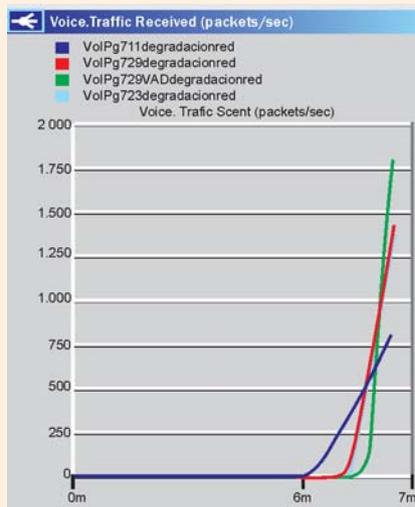


Figura 7 Simulación del tráfico de voz recibido por cada decodificador en condiciones desfavorables. (Fuente: elaboración propia).

Otra situación evaluada es el comportamiento de la pérdida de paquetes cuando se emplea cada decodificador (Figura 8).

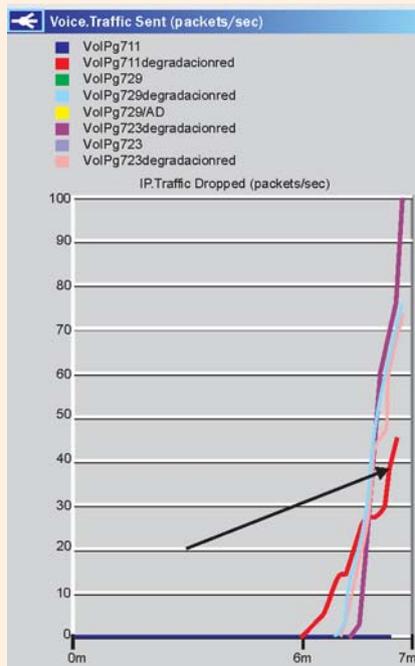


Figura 8 Simulación de la pérdida de paquetes por cada codificador. (Fuente: elaboración propia).

La pérdida de paquetes máxima debe ser inferior al 1% para garantizar la QoS. Cuando mayor es el grado de compresión del *codec*, más perjudicial es la pérdida de paquetes. El *codec* menos afectado por la pérdida de

paquetes es el G.711, en el rango evaluado, hasta 5 % de pérdidas de paquetes.

Cuando se reduce la velocidad de codificación, los requerimientos de ancho de banda también se reducen, lo que posibilita, en la red de transporte, poder manejar más conexiones simultáneas. El codificador G.711 es el que más carga la red, por lo que utiliza menos eficientemente sus recursos.

En la figura 9 se muestra la carga de utilización de la red por cada codificador.

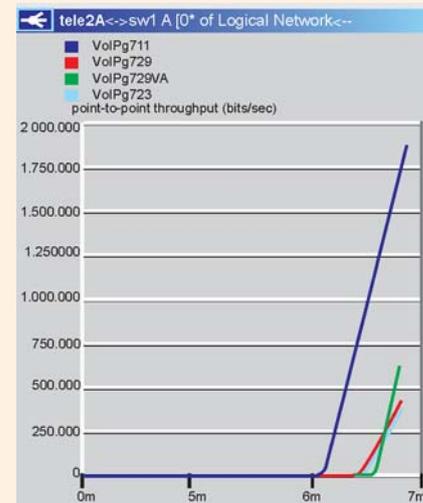


Figura 9 Simulación de la carga de utilización de la red por cada codificador. (Fuente: elaboración propia).

Por último, la figura 10 expone el comportamiento de la demora de propagación cuando se emplea cada uno de los codificadores vocales. La gráfica comprueba que los codificadores que tienen mayor razón de codificación admiten mayor demora y son los que proporcionan mayor calidad de la voz. Se deben activar los mecanismos en los terminales que contrarresten las deficiencias en la red IP.

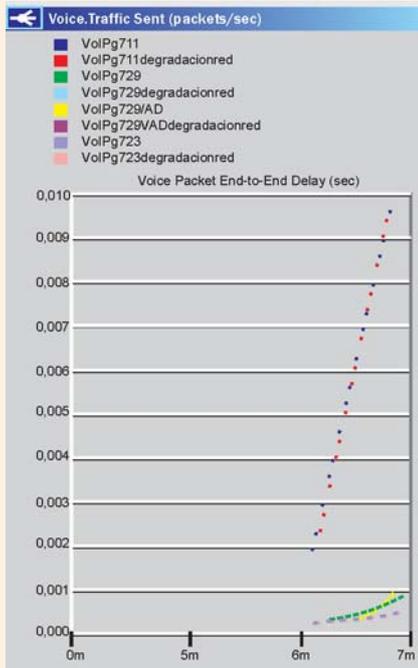


Figura 10 Simulación del comportamiento de la demora con el empleo de cada codec. (Fuente: elaboración propia).

Al aumentar el deterioro de la red, han de activarse, en los terminales, los mecanismos que permitan contrarrestar las deficiencias en la red IP, es decir, cambiar automáticamente por orden del elemento de control centralizado o *softswitch* hacia un codificador más idóneo.

Este es el elemento de la red que debe centralizarse, con la información enviada por los terminales, ordenar el cambio hacia un *codec* que permita mejores garantías a la QoS teniendo en cuenta la degradación de las condiciones o parámetros de la red. Como se planteó en la introducción, las pruebas de QoS son uno de los principales aspectos en las telecomunicaciones modernas, por lo que deben considerarse en las pruebas de aceptación. La QoS debe estar contemplada en la fase de aceptación del equipamiento antes de cursar tráfico real para que, de manera cuantificada, queden relacionados las Notas Medias de Opinión —*Mean Opinion Score* (MOS)—, la evaluación de la Calidad de la Voz

Percibida —*Perceptual Evaluation of Speech Quality* (PESQ)— [6], [7], [8], el tipo de *codec* y los parámetros de la red.

4 Conclusiones

El objetivo de este trabajo es lograr fundamentar la relación entre la calidad de la voz y las diferentes perturbaciones que deterioran la red, las cuales se llevan a cabo utilizando un sistema de simulación para VoIP con el empleo de OPNET IT GURU versión 9.0. Esto permite comprobar, de acuerdo con los resultados de las evaluaciones realizadas, el impacto que tienen los distintos parámetros sobre la calidad de la voz percibida. Con la simulación se ha evaluado el efecto de varios esquemas de codificación mediante la modelación de problemas que pueden encontrarse en redes reales, lo cual permite establecer los umbrales de desempeño de los distintos parámetros de la red.

En las pruebas de aceptación definidas y ejecutadas por los operadores de telecomunicaciones deben incluirse medidas de QoS. Es importante considerar todos los factores que degradan la calidad de la voz y es preciso establecer sus valores límites y sus rangos.

Esta información ayuda a determinar los problemas relacionados con el desempeño del codificador seleccionado, y contribuye a determinar si un codificador es adecuado para un determinado entorno de red de paquete.

5 Recomendaciones

Se propone, como parte de la investigación desarrollada en este tema y como resultado de los estudios realizados y la bibliografía revisada, usar los métodos de medición combinados; es decir, el empleo de la medición de la calidad del servicio, mediante los algoritmos de evaluación de la calidad de forma objetiva, y el empleo de la simulación. Prácticamente, pueden ser utilizados en combinación debido a que en la actualidad los problemas asociados con VoIP aplican una demanda de investigación similar. Como continuación de este trabajo, se recomienda emplear como simulador el OPNET Modeller, versión profesional, porque permite obtener resultados más exactos. 

6 Referencias bibliográficas

- [1] Gustavo Giuliano, H. "Evaluación objetiva de codificadores de voz mediante el método PSQM". <http://sea-acustica.es/publicaciones/4371bp001.pdf>. (acceso mayo 16, 2007).
- [2] Docio-Fernandez, C. Garcia-Mateo, L. Farinetti, J.C.De Martin. "Performance Analysis of Distributed Speech Recognition Over IP Networks on the Aurora Database". <http://www.cad.polito.it/pap/db/icassp02.pdf>. (acceso septiembre 5, 2008).
- [3] "Improving Perceived Speech Quality for Wireless VolP by Cross-Layer Designs". http://www.tech.plym.ac.uk/spmc/staff/zli/Publications_files/mers_thesis_zli.pdf. (acceso mayo 5, 2008).
- [4] Casas Hernández, P.; Guerra Vidal, D.; Irigaray Bayarres, I.; Belzarena, P. "Calidad de Servicio percibida en servicios de voz y video". <http://iie.fing.edu.uy/investigacion/grupos/artes/pqos/pqos.pdf>. (acceso febrero 3, 2007).
- [5] "Aprenda Matlab 6.0". www.tecnun.es/asignaturas/InformatI/AyudaInf/aprendainf/matlab60/matlab60.pdf. (acceso febrero 3, 2009).
- [6] "Voice over IP", SmartBits. <http://www.spirentcom.com/documents/100.pdf>. (acceso mayo 17, 2007).
- [7] "Voice Quality Testing Solutions". <http://www.gl.com/completevqtsolutions.html>. (acceso julio 14, 2008).
- [8] "State of the Art Voice Quality Testing". <http://www.opticom.de>. (acceso mayo 16, 2007).
- [9] OPNET Simulator. <http://www.opnet.com>. (acceso enero 15, 2009).