

Estudio sobre calidad de servicio (QoS) para comunicaciones multimedia usando Skype

Ochoa C. Ramiro, Otero E. Alma, González B. Rubén

Resumen - Las comunicaciones multimedia han tomado una gran preponderancia tanto en los negocios como en el hogar. Ejemplo de ello es el incremento en el uso de aplicaciones para telefonía por Internet y para videoconferencia. Incluso, las aplicaciones tradicionales de mensajería instantánea han sido mejoradas agregándoles la capacidad de realizar llamadas de voz y/o de videoconferencia. Sin embargo, para poder efectuar dichas comunicaciones las redes deben poder satisfacer requerimientos mínimos de Calidad de Servicio (QoS, por sus siglas en inglés). En este artículo realizamos un primer acercamiento al estudio de algunos parámetros de QoS de manera experimental. Proponemos una metodología para llevar a cabo dicho estudio y aportamos unos primeros resultados que permiten dar cuenta de la QoS que se otorga a una aplicación multimedia tanto para comunicaciones de voz como de videoconferencia. En particular, analizamos el tráfico generado con una aplicación líder en el mercado de la videoconferencia de escritorio denominada Skype. Es una aplicación que aunque gratuita, es de código cerrado y no se detalla información técnica acerca de esta. La metodología propuesta nos permite descifrar algunos detalles técnicos de dicha aplicación. Para ello, analizamos los datos de trazas capturadas experimentalmente obteniendo resultados para parámetros como la variación de retardo en la llegada de paquetes, porcentaje de pérdida de estos y su tamaño.

Palabras clave— Jitter, Medición de Calidad de Servicio, Videoconferencia, VoIP, tcpdump.

I. INTRODUCCIÓN

Desde la introducción popular y masiva de Internet hace ya casi dos décadas a la fecha, sus usos y aplicaciones se han visto aumentados enormemente. Esto es debido básicamente a las mejoras tecnológicas de las diversas plataformas, que han permitido que los dispositivos de cómputo y sus aplicaciones integren diversos servicios. Hemos pasado de usar Internet para enviar correo electrónico y hacer navegación por páginas web planas, a escenarios de comunicaciones multimedia interactivas, entre otros.

Las aplicaciones de mensajes instantáneos, por

ejemplo, han incrementado sus capacidades integrando la posibilidad de realizar llamadas de voz y/o de videoconferencia. Sin embargo, la tecnología de las redes se no ha sido del todo capaz de responder a dichos cambios, pues hasta estos días, seguimos teniendo Internet sin poder ofrecer garantías estrictas de QoS, para poder dar servicio a tales aplicaciones. Pese a algunas propuestas de arquitecturas para poder ofrecer calidad de servicio, en el mejor de los casos sólo un subconjunto de dichas estructuras se implementa actualmente en los dispositivos de red.

A diferencia de las transmisiones de datos, las comunicaciones multimedia le presentan nuevos retos a las redes. Las comunicaciones de voz y videoconferencia requieren que se les garanticen recursos mínimos para poder llevar a cabo transmisiones efectivas. Algunos de los parámetros a observar al respecto son por ejemplo, el retraso en los paquetes, la pérdida de estos, la variabilidad en el retraso al recibir estos (jitter).

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar si las necesidades de garantías de calidad de servicio son proporcionadas por Internet para aplicaciones de videoconferencia de escritorio, en particular de Skype. Para ello, proponemos una metodología que, mediante el uso de herramientas de software libre, nos permite hacer medidas de forma experimental y así dar cuenta de la Calidad de Servicio obtenida. Además, en el caso de Skype, nos permite hacer deducciones de los codecs (codificadores/decodificadores) que utiliza. Así, las aportaciones que hace nuestro trabajo son en dos sentidos: en primer lugar una metodología para obtener datos a partir de mediciones en una plataforma de experimentación, y en segundo lugar, aportamos datos respecto la calidad de servicio con la que se atiende una aplicación de escritorio para comunicaciones multimedia.

El resto del artículo se estructura como sigue: En la primera sección hacemos una breve introducción a las aplicaciones de escritorio para comunicaciones multimedia. En la segunda sección introducimos nuestra metodología. Posteriormente presentamos los resultados obtenidos para finalmente, presentar nuestras conclusiones.

II. BREVE DESCRIPCIÓN DE UNA APLICACIÓN DE COMUNICACIONES MULTIMEDIA

Las comunicaciones multimedia las podemos clasificar en dos tipos: las aplicaciones y plataformas especializadas, y las de escritorio. En el primer sector, encontramos toda una gama de aplicaciones y equipo profesional con el que se

Manuscrito recibido el 17 de Mayo de 2007.

Alma D. Otero Escobar es profesora de asignatura de la Licenciatura en Sistemas Computacionales Administrativos y forma parte del grupo de investigación CONETS (Computer Network and Telematics Services) y es colaboradora del Cuerpo Académico "Tecnologías de la información y las organizaciones inteligentes en la sociedad del conocimiento" de la Universidad Veracruzana (e-mail: aotero@uv.mx)

suele equipar por ejemplo las aulas de videoconferencia. Básicamente es un hardware especializado en que los codecs (de la voz y/o imagen), son implementados en el mismo hardware, proporcionando una mejor calidad. Por otro lado, tenemos la videoconferencia de escritorio o doméstica. En este caso hablamos de la computadora personal equipada con aquellos recursos (micrófono, cámara Web, etc.) que nos permiten llevar a cabo comunicaciones multimedia. Nuestro trabajo se centra en este último enfoque.

Actualmente existe una gama de aplicaciones que permiten integrar dichos recursos de hardware y aplicarlos por ejemplo a videoconferencia. Para nuestra investigación decidimos usar una llamada Skype. Los motivos para usarla son básicamente dos: por un lado el gran éxito que tiene actualmente [4], debido a las facilidades y características que le acompañan. Y por otro lado, que es una herramienta propietaria y que no se conocen grandes detalles técnicos de sus codecs por ejemplo, haciendo por tanto técnicamente interesante estudiarla para intentar obtener esos detalles. A continuación la describimos brevemente.

Skype es una red de telefonía peer-to-peer, fundada por Niklas Zennström y Janus Friis, los creadores de Kazaa, utilizando un protocolo propietario. Su éxito reside en la gran compresión de éste sin afectar prácticamente a la calidad de la transmisión de voz.

Skype [1] ofrece varios servicios: i) VoIP permite dos usuarios de Skype establecer corrientes de audio de dos vías y apoya conferencias de hasta 4 usuarios, ii) IM (Instant messaging) permite que dos o más usuarios de Skype intercambien mensajes pequeños del texto en tiempo real, y iii) File transfer, permite a sus abonados enviar un archivo a otro usuario de Skype. Skype también ofrece los servicios pagados que permiten que los usuarios de Skype inicien y reciban llamadas vía números de teléfono regulares a través de las entradas VoIP-PSTN [6]. Las versiones más recientes de, Skype incluyen la posibilidad de hacer uso de una cámara Web y por tanto, de poder llevar a cabo videollamadas.

DESARROLLO DE LOS EXPERIMENTOS

Para medir la calidad en el Servicio, uno de los factores a tener en cuenta para su estimación es el retardo; este es el tiempo que debe de esperar el destinatario de los datos desde que el emisor transmite dichos datos. El retardo es un factor extremadamente importante en VoIP. Necesitamos que dicho retardo sea constante y por debajo de un límite (típicamente 110 ms), que nos permita interactividad entre usuarios. Otro factor es el jitter (variación en el retardo); este es la diferencia entre los retardos medios de dos paquetes adyacentes al arribar al destino. La red IP no garantiza el mismo camino para cada paquete: puede haber distintos saltos para cada paquete y el retardo en los enrutadores puede ser diferente. Generalmente cuando en una red de datos hay congestión de paquetes se puede producir una pérdida de estos, siendo por ello, también un factor a observar. En el caso de transmisión de voz si perdemos

un paquete perdemos parte de la información enviada. En consecuencia, los retardos, el jitter y la pérdida de paquetes son algunos de los parámetros básicos indicadores de calidad de servicio en una red.

Los experimentos diseñados para analizar experimentalmente la QoS proporcionada por la red a las comunicaciones con Skype, fueron desarrollados de la



Fig. 1 Escenario de experimentación.

siguiente manera: Utilizamos dos computadoras personales denominadas Pc1 y Pc2 (ver Fig. 1); a ambas se les instaló el software de Skype [7], sobre el sistema operativo Windows XP.

En cada PC se ejecuta Skype y entre los usuarios se establece una sesión de videoconferencia. Asimismo, en cada PC se ejecuta la herramienta Ethereal [5]; esta permite hacer una captura de todo el tráfico que pasa por la interfase de red, de tal forma que, esto nos permite recolectar la información del flujo de paquetes en ambas computadoras producto de la sesión de videoconferencia.

La metodología que se presenta para el capturado y procesado de trazas de tráfico multimedia, se esquematiza se en el diagrama de flujo de la Fig. 2, y a continuación lo describimos: Para el monitoreo del tráfico y flujo de los paquetes de datos, voz y video se utilizó Ethereal [5], guardando los resultados con formato de lectura de tcpdump[8]; para obtener archivos de texto plano, se hizo el procesado de las trazas obtenidas con Ethereal, usando tcpdump[9]. Esto es debido a que generamos dos trazas independientes de las cuales debemos obtener los datos del tiempo de transmisión y de recepción de los paquetes. Para ello, nosotros utilizamos el campo *id* de la cabecera IP. Para poder tener acceso a tal información, lo conseguimos utilizando la línea de comando `tcpdump -vr [Archivo] - > archivo.txt`; el paso del parámetro *v* al tcpdump, nos permite abrir la cabecera IP y por tanto poder observar tales valores.

Para proseguir con la manipulación de la información, se importó el archivo de texto plano a un manejador de base de datos, eligiendo como parámetro de separación de datos, el carácter 32 ASCII. Durante este paso realizamos una depuración de los registros eliminando aquellos que contenían paquetes de control y de señalización; una vez concluida la depuración se llevó a cabo la codificación de una consulta mediante SQL para identificar los paquetes coincidentes en ambas trazas, la de transmisión y la de recepción, basándonos para ello en el número de *id*

proveniente de la cabecera IP, así como su respectivo tiempo de salida y de llegada.

A continuación se procedió a realizar el cálculo entre la llegada de un paquete y otro obteniendo el tiempo de espaciado entre paquetes (interpacket space time).

Por último se exportaron los resultados a una herramienta para ser graficados.

III. RESULTADOS DEL EXPERIMENTO

A continuación presentamos los resultados obtenidos al aplicar la metodología descrita previamente:

A. Tamaño de paquetes

Un primer análisis que hacemos, es respecto al tamaño de los paquetes. Para esto construimos el diagrama de caja (boxplot) que se muestra en la Fig. 3, utilizando el programa R [11]. Utilizamos este tipo de gráfico pues es una estadística más robusta y permite además, resumir y visualizar de manera prácticamente directa aspectos interesantes de los datos, por ejemplo, la simetría o si existen datos extremos que puedan introducir errores en la estimación. En la tal figura,

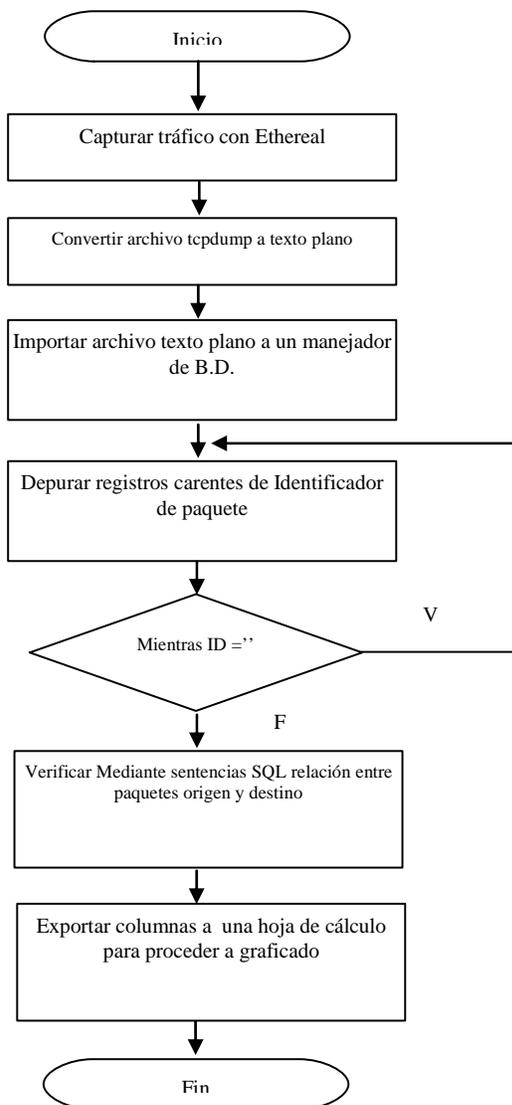


Fig. 2 Diagrama de Flujo de la metodología propuesta.

graficamos dos boxplots uno que

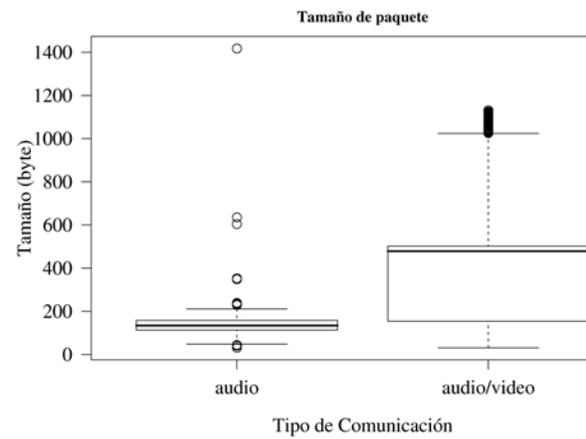


Fig. 3. Tamaños de paquete de Audio y Voz.

corresponde a una comunicación de solo audio (VoIP) y otro que corresponde a una videoconferencia.

Por las características mismas del boxplot, es fácilmente observable que cuando sólo se transmite audio, se obtiene una gráfica prácticamente simétrica, la mediana se sitúa aproximadamente en un tamaño de paquete de 160 bytes. Asimismo, observamos la presencia de muy pocos valores atípicos. Por el contrario, en la caja correspondiente a la videoconferencia, la mediana se aproxima a los 440 bytes, pero sobre todo, vemos una asimetría notoria causada por el gran porcentaje (el segundo cuartil del boxplot) de paquetes con tamaño inferior al de la mediana, y sin embargo el tercer cuartil se extiende a valores de 1000 bytes. Asimismo, hay un número de valores atípicos por encima del valor máximo.

El análisis de ambas cajas, nos permite inferir que los tamaños generados por el codec de Skype para audio, son menores que los tamaños de los paquetes de video, provocando esto la diferencia entre las cajas de audio y videoconferencia.

B. Tiempo inter-paquete de salida (voz)

En este apartado analizamos el comportamiento del tiempo inter-paquete a la salida (transmisión). La Fig. 4 muestra la gráfica de dispersión para el tiempo inter-paquete para cuando sólo se transmite voz. De los cálculos obtenidos vemos que el codec del skype durante los períodos de actividad envía paquetes cada 30 ms en promedio. Con este dato, y el promedio de tamaño de paquete obtenido en el inciso anterior, podemos estimar entonces la tasa de generación de paquetes que tiene el codec. Si consideramos que el tamaño promedio del paquete de voz es de 145 bytes, y que un paquete se transmite cada 30 ms, entonces se infiere que el codec del skype genera bytes de voz a razón de 4 kilobytes por segundo.

C. Variación de retardo en la llegada de paquetes (voz)

La Fig. 5 muestra el jitter obtenido a la llegada de los paquetes. Si comparamos esta gráfica con la Fig. 4, vemos que prácticamente tenemos el mismo tiempo inter-paquete. Así que podemos decir que básicamente la diferencia entre el jitter y el inter-espaciado de paquetes a la salida es igual. La diferencia se da en el orden de los microsegundos obteniéndose un promedio de dicha variación de 2

microsegundos y por tanto, haciéndose imperceptible. En ambas gráficas se muestra sólo un segmento de 100 paquetes de todo el experimento, para poder mostrar con mejor definición y detalle los resultados. Finalmente cabe señalar que si a la llegada la variación en el retardo es del orden de los microsegundos, se determina que en este aspecto la red proporcionó garantías de calidad de servicio adecuadas con respecto al jitter.

D. Tiempo inter-paquete para videoconferencia

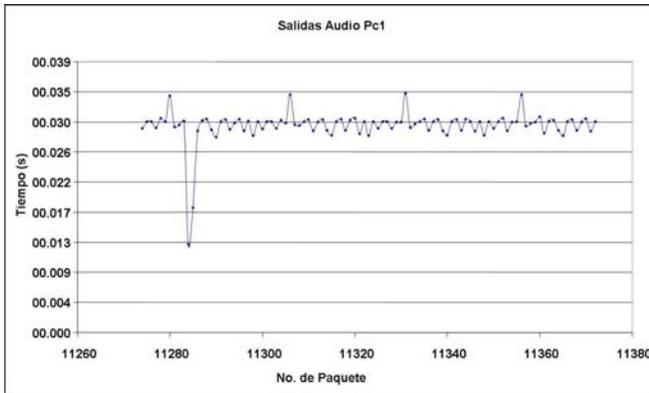


Fig. 4 Gráfica del tiempo (s) de espaciado entre paquetes en la transmisión de Audio.

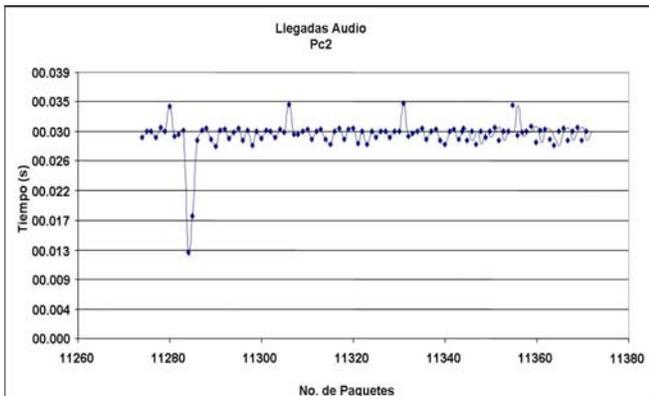


Fig. 5 Gráfica variación en el retardo de llegada de paquetes de Audio

Las Figs. 6 y 7 muestran el retardo entre paquetes para el caso de una videoconferencia. De ellas, sólo podemos determinar que en este caso y bajo las condiciones presentes, la red no impuso gran penalización de retardo, por lo que la gráfica del jitter de recepción prácticamente sigue a la del espacio entre paquetes al ser transmitidos. Situación que de manera similar se presentó en el caso de transmisión de sólo voz. Por lo mismo, la diferencia se da en el rango de los microsegundos, por lo que resulta imperceptible en la gráfica de llegada de paquetes.

La razón de que aparezcan resultados cercanos a un valor de cero, es que en el caso de una videoconferencia el Skype abre dos puertos y dos sesiones, una para el audio otra para el video. Los codecs para ambas comunicaciones actúan simultáneamente, y el nivel de

análisis en que tenemos las trazas,, sólo se distingue la

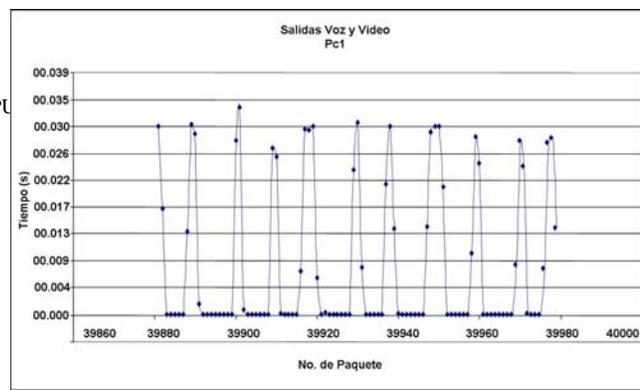


Fig. 6 Tiempo de espaciado entre paquetes de transmisión de Audio y Video.

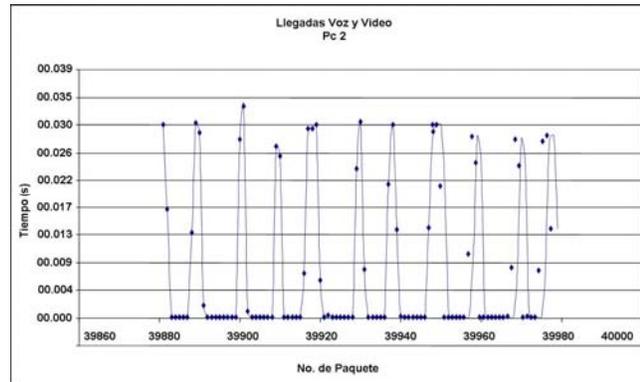


Fig. 7 Gráfica variación en el retardo de llegada de paquetes de Audio y Video.

transmisión de paquetes UDP, sin poder distinguir de entre ellos los de voz y video. Así que, hay paquetes de audio que se generan casi simultáneamente con los de video, por lo que el espacio inter-paquete multimedia es cercano a cero.

En la Fig. 8 mostramos la función de distribución acumulativa complementaria (CCDF por sus siglas en inglés), para el jitter de los paquetes tanto de audio como de videoconferencia. La CCDF nos permite graficar la máxima excursión de amplitudes pico. En este caso, resulta que los paquetes de audio tienen mayor probabilidad de tener un valor de jitter menor que en el caso de los paquetes de videoconferencia. La explicación la podemos fundamentar en las mediciones que presentamos en incisos anteriores respecto al tamaño de los paquetes. Como lo presentamos, el tamaño de los paquetes de videoconferencia presenta dos aspectos, por un lado tienen mucha variación en cuanto a su longitud, y por otro lado, dicha longitud es mayor. Esto produce que la variación de espacio entre paquetes sea mayor, y mayor por tanto la probabilidad de variación. En cambio, los paquetes de audio, tienen mayormente una probabilidad de 1 de mantenerse en un jitter menor a 30 ms.

E. Pérdida de paquetes

Finalmente en la Fig. 9 presentamos la gráfica para pérdida de paquetes. En ella vemos que ésta es menor cuando sólo se transmite audio, comparándolo contra el caso de la videoconferencia. El motivo de que esto sea así está relacionado con el tamaño de los paquetes y el número de estos. Como hemos dicho, los codecs de audio y video generan paquetes simultáneamente durante la videoconferencia, por lo que hay un mayor número de ellos

generados y puestos en la cola de transmisión; esto aunado al mayor tamaño de los paquetes de video, seguramente provocan que la cola se sature y los paquetes que lleguen después, sean descartados provocando las pérdidas.

IV. CONCLUSIONES

En el presente artículo hemos estudiado el tráfico que generan aplicaciones para comunicaciones multimedia de escritorio; en particular, hemos estudiado una de las herramientas de mayor posicionamiento a nivel mundial que se denomina skype. Usando esta, efectuamos dos experimentos para capturar trazas de tráfico: uno en el

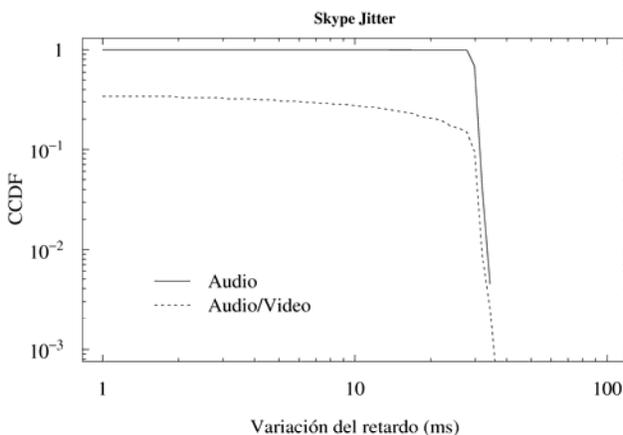


Fig. 8 Gráfica de comparación de las funciones complementarias de distribución (CCDF) de la variación de retardo para los paquetes de llegada.

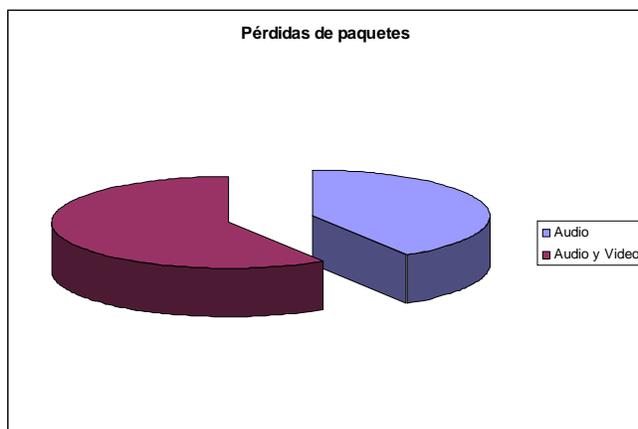


Fig. 9 Porcentaje de Pérdidas de paquetes en relación a Audio y Audio y Video.

Hemos propuesto una metodología para analizar dichas trazas, basándonos en algunas herramientas de software específicas para el monitoreo de redes como ethereal y tcpdump, y aplicaciones de informática comunes como hoja de cálculo y manejador de bases de datos. Esto hace que nuestra propuesta tenga una aplicabilidad alta dado lo accesible de los componentes a usar. Asimismo, el método de observar la cabecera y en base a ello determinar los parámetros de QoS, nos lleva a decir que es fácilmente aplicable para otras aplicaciones de videoconferencia de escritorio.

Dicha metodología nos ha permitido estudiar algunos parámetros de calidad de servicio como jitter y pérdida de paquetes además de analizar el tamaño de estos. Hemos visto que para las condiciones que estaban presentes al momento de realizar los experimentos, la red no introdujo mayor penalización a las comunicaciones, por lo que se pudo establecer la comunicación con cierta calidad de servicio. A partir de dichos datos, hemos inferido algunas características de los codecs propietarios del Skype.

REFERENCIAS

- [1] BASET, S. A., AND SCHULZRINNE, H. An Analysis of the Skype Peer-to-Peer Internet Telephony Protocol. In Proceedings of the INFOCOM '06 (Barcelona, Spain, Apr. 2006).
- [2] GARFINKEL, S. L. VoIP and Skype Security, Jan. 2005.
- [3] J. Rosenberg, J. Weinberger, C. Huitema, and R. Mahy. STUN: Simple Traversal of User Datagram Protocol (UDP) Through Network Address Translators (NATs). RFC 3489, IETF, Mar. 2003.
- [4] Global Index (GI): http://www.skype.com/skype_p2pexplained.html
- [5] Ethereal. <http://www.ethereal.com> Visto el 9 de noviembre de 2006.
- [6] Skype FAQ. http://www.skype.com/help_faq.html
- [7] Skype. <http://www.skype.com>. Visto el 9 de noviembre de 2006.
- [8] tcpdump <http://www.psc.edu/networking/tdg.html> visto el 9 de noviembre de 2006.
- [9] tcpdump <http://www.tcpdump.org> visto el 9 de noviembre de 2006.
- [10] R. <http://www.r-project.org/>. Visto el 10 de noviembre de 2006.



Ochoa C. Ramiro. Nació en la ciudad de Xalacingo, municipio del estado de Veracruz, el 3 de marzo de 1985, recibió en el año 2003 el título de Profesional Técnico en Informática del Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica del Estado de Puebla.

Es estudiante del último año de la Licenciatura en Sistemas Computacionales Administrativos, forma parte del grupo de investigación CONETS (Computer Network and Telematics Services) y es colaborador del Cuerpo Académico "Tecnologías de la información y las organizaciones inteligentes en la sociedad del conocimiento" de la Universidad Veracruzana, sus áreas de interés son diseño y desarrollo de aplicaciones, diseño de sitios Web y actualmente se encuentra trabajando su tesis sobre "Características del tráfico de videoconferencia en Internet". su dirección de correo electrónico es ochoa.ramiro@gmail.com.

que sólo se transmitía voz, y otro haciendo una videoconferencia.



Alma D. Otero Escobar es profesora de asignatura de la Licenciatura en Sistemas Computacionales Administrativos y forma parte del grupo de investigación CONETS (Computer Network and Telematics Services) y es colaboradora del Cuerpo Académico “Tecnologías de la información y las organizaciones inteligentes en la sociedad del conocimiento” de la Universidad Veracruzana, su área de interés se encuentra en las Redes y Telecomunicaciones, Sistemas Distribuidos y Servicios Telemáticos, Alma ha recibido el grado de maestro en Redes y Telecomunicaciones por la Universidad Cristóbal Colón y el grado de Maestro en Administración de Empresas con especialidad en Comercio Electrónico por la Jones Internacional University, su dirección de correo electrónico es aotero@uv.mx.



Rubén A. González Benítez, es desde el 2001 miembro del IEEE. Nació en Xalapa, Veracruz. Obtuvo el grado de Licenciado en Instrumentación Electrónica en 1992 por la Universidad Veracruzana. Realizó estudios de Maestría en Ciencias en Ingeniería Electrónica opción Computación en el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET) de Cuernavaca, Morelos. Es Candidato a Doctor en Arquitectura y Tecnología de Computadores por la Universidad Politécnica de Cataluña de Barcelona, España.

Es Catedrático de Tiempo Completo de la Licenciatura en Sistemas Computacionales Administrativos, fundador del grupo de investigación CONETS (Computer Network and Telematics Services) y es representante del Cuerpo Académico “Tecnologías de la información y las organizaciones inteligentes en la sociedad del conocimiento” todo esto en la Universidad Veracruzana. Sus áreas de interés son las redes de computadoras, calidad de servicio, simulación, redes inalámbricas.

El Prof. González es miembro de la Computer Society de la Standards Society del IEEE desde el 2001. Ha sido miembro del comité científico de varias conferencias internacionales y revisor de libros en el área de redes de computadoras para casas editoriales.