

Análisis de métodos de estimación de la capacidad de accesos a Internet para aplicaciones en tiempo real

Eduardo A. Viruete-Navarro, Julián Fernández-Navajas, Elena Macián-Senz, Ignacio Martínez-Ruiz, José Ruiz-Mas

Grupo de Tecnología de las Comunicaciones (GTC). Instituto de Investigación de Ingeniería en Aragón (I3A)
Centro Politécnico Superior (CPS). Universidad de Zaragoza (UZ).

Edificio Ada Byron. Campus Río Ebro. c/ María de Luna 3, 50.018 – Zaragoza (Spain)

Teléfono: 976 76 2698 Fax: 976 76 2111 E-mail: {eviruete, navajas, emacian, imr, jruiz}@unizar.es

Abstract. In the last few years, IP networks and multimedia real time applications running on them have experienced an amazing development. These applications require plenty of network resources for a correct performance. The EQoSIM system provides an easy way of measuring network performance. One of its parts, capacity estimation, requires a special treatment in order to avoid calculation errors due to clock granularity. This article presents various different treatments of clock granularity illustrated with experimental tests of an ADSL, Cable-Modem, UMTS and Satellite Internet access.

1 Introducción

Desde su inicio, Internet ha experimentado un gran incremento de usuarios y datos transferidos. Así, en la actualidad, la mayoría de los servicios ofrecidos en nuestra sociedad consiguen valor añadido mediante el uso de Internet. Esto justifica el continuo desarrollo de aplicaciones *software* sobre redes de comunicación entre ordenadores para permitir la adaptación a este nuevo entorno. Estas nuevas formas de usar Internet han motivado cambios en el tipo de información transmitida: los nuevos servicios multimedia generan una cantidad significativa del tráfico que viaja por la red. Además, las expectativas de crecimiento futuro en aplicaciones como telemedicina, videoconferencia, o voz sobre IP (*Voice over Internet Protocol*, VoIP) indican que cantidad irá en aumento.

Como consecuencia de esta evolución y para soportar el creciente número de usuarios y sus necesidades, las tecnologías de acceso a Internet se han diversificado. Las características heterogéneas de los diferentes accesos a Internet, junto con las exigencias de los usuarios, hacen necesaria la definición de la calidad de servicio (*Quality of Service*, QoS) [1], [2] que ofrecen, particularmente cuando se trata de servicios en tiempo real. En la actualidad, los accesos a Internet pueden variar desde el tradicional módem analógico hasta los más recientes accesos digitales de banda ancha, tanto cableados como inalámbricos (Fig. 1). Estos accesos presentan características muy heterogéneas: diferente ancho de banda y retardo, asimetría, tamaño variable de trama, etc., lo que se traduce en diferentes niveles de QoS.

A lo largo del tiempo se han desarrollado diversas herramientas de estimación de parámetros relacionados con la QoS, como son el ancho de banda, el retardo o la tasa de pérdida de paquetes. No

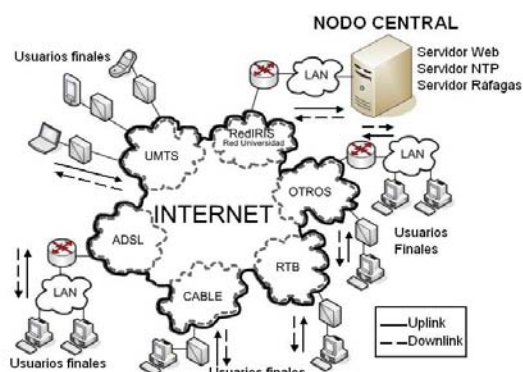


Figura 1. Escenario general de red

obstante, el ancho de banda ha sido el parámetro tradicionalmente usado por los usuarios finales para cuantificar las prestaciones de su acceso a Internet. Los populares *test* de velocidad de la conexión a Internet [3-6] realizan una estimación del ancho de banda midiendo el tiempo de descarga de uno o varios ficheros de tamaño fijo desde diferentes servidores geográficamente dispersos. Esta forma de estimación del ancho de banda es rápida y sencilla, pero tiene varios inconvenientes, entre los que destaca el hecho de que está enfocada hacia la estimación del ancho de banda utilizado para la transferencia de ficheros, generalmente sobre el protocolo TCP (*Transmission Control Protocol*). Por el contrario, las aplicaciones multimedia en tiempo real suelen usar el protocolo RTP (*Real-time Transport Protocol*) [7], el cual, a su vez, se transporta sobre el protocolo UDP (*User Datagram Protocol*). Como consecuencia del distinto comportamiento de los protocolos TCP y UDP, los *test* de velocidad de la conexión a Internet existentes en la actualidad no son tan útiles para las aplicaciones

multimedia en tiempo real. Por tanto, se hace necesaria una herramienta que sirva de estimador fiable de las prestaciones de los accesos a Internet en cuanto al uso de aplicaciones multimedia en tiempo real se refiere.

Por todos estos motivos se ha desarrollado un sistema *on-line* de estimación de la QoS para accesos a Internet denominado EQoSIM (Evaluación de QoS en accesos a Internet para aplicaciones Multimedia) [8-9]. El sistema está especialmente enfocado hacia las aplicaciones multimedia en tiempo real y realiza la estimación de QoS desde el punto de vista del usuario final, de una forma fácil y sencilla. EQoSIM es capaz de estimar la capacidad máxima del acceso a Internet, el ancho de banda disponible en el mismo, el retardo en una comunicación, su variación (*jitter*) y la tasa de pérdida de paquetes. Estos cuatro parámetros de QoS han sido considerados como los más influyentes en el funcionamiento de aplicaciones multimedia en tiempo real.

La estimación de la capacidad es un elemento de vital importancia. Existen multitud de métodos para su estimación, pero la mayoría de ellos no tienen en cuenta la granularidad del reloj. Este valor se puede definir como el intervalo real de tiempo en el cual el reloj del sistema mide el mismo instante, y depende del Sistema Operativo y el lenguaje de programación utilizado [10]. Esto no afecta si los equipos de medición de tiempos se encuentran optimizados y obtienen mucha precisión. En caso contrario, se requiere un análisis específico, como el presentado en este artículo, de la problemática del tratamiento de la granularidad para un cálculo correcto de la capacidad que evite posibles errores en la estimación.

2 La calidad de servicio y su estimación

2.1 El concepto de calidad de servicio

La QoS en una aplicación telemática puede definirse como [1]:

“Conjunto de las características, tanto cuantitativas como cualitativas, de un sistema distribuido necesarias para alcanzar las funcionalidades requeridas por una aplicación”.

En todo caso, el concepto de QoS es muy amplio, ya que no está limitado sólo al tipo de acceso a Internet y sus características. Factores tales como el tipo de servidor donde reside la información, su situación geográfica, los protocolos de comunicación usados, las tecnologías de red que atraviesa la comunicación o la capacidad de los enlaces pueden influir en la QoS. Por otro lado, la QoS puede considerarse desde diferentes puntos de vista: seguridad, prestaciones, velocidad, fiabilidad, impresión subjetiva para el usuario, etc. Además, la QoS también depende del

tipo de aplicación considerada, puesto que no todas las aplicaciones tienen los mismos requerimientos.

2.2 Definición y elección de parámetros de QoS

Los parámetros que condicionan en mayor medida la QoS para aplicaciones multimedia en tiempo real son: la capacidad, el ancho de banda disponible, el retardo, la variación del retardo y la tasa de pérdidas. Estos parámetros se pueden clasificar en tres grupos [10]. En primer lugar los relacionados con el ancho de banda, entre los que se encuentran la capacidad y el ancho de banda disponible. En segundo lugar los relacionados con el tiempo, como el retardo y la variación del retardo. Por último, los relacionados con las pérdidas, como la tasa de pérdidas.

Para poder definir estos parámetros, es necesario aclarar los conceptos nodo, enlace, salto y camino extremo a extremo, descritos dentro de un esquema genérico de red como el de Fig. 2:

-Nodo: dispositivo perteneciente a la red que se encarga entre otros aspectos del procesado y posterior encaminamiento de los paquetes que le llegan.

-Enlace: parte integrante de la red que une dos nodos.

-Salto: es el conjunto que forman un nodo y el enlace que le sigue.

-Camino extremo a extremo: conjunto de saltos que conectan un terminal fuente con un terminal destino.

Una vez aclarados estos términos, los distintos parámetros citados anteriormente se definen como:

-Capacidad (C) o Ancho de Banda (*Bandwidth*, BW): se puede entender como la máxima tasa de transferencia en un salto. Extendiendo este concepto se define la capacidad de un camino extremo a extremo como la máxima tasa de transferencia que el camino puede alcanzar de la fuente al destino; es decir, la mínima de las capacidades de todos los saltos que conforman el camino extremo a extremo. El salto con menor capacidad del camino es el denominado *narrow link*. En este trabajo se ha optado por entender la capacidad a nivel de capa 3 (nivel IP)

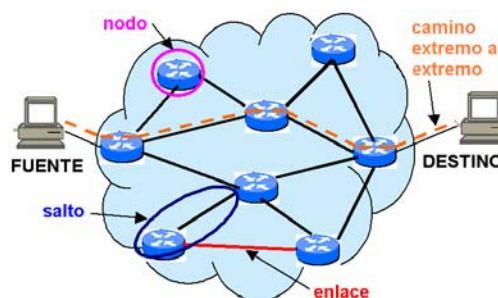


Figura 2. Esquema genérico de red

porque, de este modo, se independiza la medida del tipo de tecnología física de las distintas redes que atraviesan los paquetes de medida.

-Ancho de banda disponible (*Available Bandwidth*, ABW): el tráfico que genera una aplicación a menudo compite con el procedente de otras aplicaciones y otros usuarios, es decir, los enlaces son compartidos. Este hecho nos conduce a una posible definición de ancho de banda disponible como la capacidad no usada en un determinado salto y que por lo tanto, está disponible para las nuevas aplicaciones que queramos usar. Extendiendo la definición a un camino de H saltos, se define el ancho de banda disponible extremo a extremo como el mínimo de los anchos de banda disponibles en los H saltos. El salto con menor ancho de banda disponible es el denominado *tight link*. El *narrow link* y el *tight link* no tienen por qué coincidir, por ello, cuando en el presente artículo se hable de cuello de botella de la comunicación, nos referiremos al más restrictivo de estos dos términos. El ancho de banda disponible, a diferencia de la capacidad, depende de la utilización de la red [11].

-Retardo: tiempo que tarda un paquete en ir de fuente a destino. Es la suma de cada uno de los tiempos de cada salto. Los tiempos de salto constan de cuatro componentes: tiempo de transmisión, tiempo de propagación, tiempo de procesado y de encolado.

-Variación del retardo (*jitter*): este parámetro mide, en el destino, cuanto varía el retardo de los distintos paquetes. Es muy importante para aplicaciones multimedia en tiempo real.

-Tasa de pérdidas: es el porcentaje de paquetes perdidos en una comunicación.

2.3 Métodos de estimación de los parámetros escogidos de QoS

Los métodos de estimación de los parámetros escogidos de QoS, admiten distintas clasificaciones [8,9]. Una primera clasificación divide los métodos de estimación en: Métodos activos (necesitan introducir tráfico adicional a la red para la estimación) y métodos pasivos, que realizan los cálculos aprovechando las comunicaciones ya existentes en la red.

Otra clasificación que se puede llevar a cabo, los separa en dos grupos: Métodos basados en el *Round Trip Time* (RTT) que miden a la vez ambos sentidos de comunicación y métodos *One-Way* que miden de forma independiente ambos sentidos.

Por último, podemos realizar la clasificación según el protocolo usado para la medida: métodos que usan UDP (apropiados para la medida de aplicaciones multimedia), métodos que usan TCP (apropiados para la medida de aplicaciones relacionadas con la transferencia de archivos), y métodos que usan ICMP (*Internet Control Message Protocol*).

3 Elección del método de estimación de los parámetros escogidos de QoS

Para nuestro propósito, que es la caracterización de accesos a Internet orientada hacia aplicaciones multimedia en tiempo real, lo más adecuado sería seleccionar un método activo, pues no depende de si hay o no tráfico; *one-way*, pues necesitaremos medir accesos asimétricos (como ADSL o cable); y basado en UDP, ya que las aplicaciones multimedia lo utilizan como protocolo de transporte.

Dentro de este tipo de métodos podemos distinguir dos grupos: Por un lado aquellos dedicados al estudio de C y ABW y por otro los que analizan el retardo, su variación y la tasa de pérdidas. En el presente trabajo nos centraremos en el primero de ellos. Dentro de este grupo destacan el siguiente conjunto de técnicas [11-16]:

Tamaño de paquete de prueba variable (*Variable Packet Size probing*, VPS). Estima la capacidad de saltos individuales.

Dispersión de pares/trenes de paquetes (*Packet Pair/Train Dispersion*, PPTD). Estima la capacidad extremo a extremo.

Flujos periódicos de auto-carga (*Self-Loading of Periodic Streams*, SLoPS). Estima el ancho de banda disponible extremo a extremo.

Trenes de pares de paquetes (*Trains Of Packet Pairs*, TOPP). Estima el ancho de banda disponible extremo a extremo.

La herramienta de análisis, que usada en EQoSSIM, utiliza el método PPTD [8,12] para la estimación de la capacidad, y una variación del método SLoPS [9] para la estimación del ancho de banda disponible.

La técnica PPTD consiste en el envío de ráfagas de k paquetes consecutivos de tamaño constante (S) ($k \geq 2$) desde la fuente al destino. La dispersión (separación temporal entre paquetes), medida en el destino, que estos paquetes experimenten, nos permitirá estimar la tasa máxima que se puede alcanzar en la red atravesada. Por tanto, C se estima mediante la siguiente fórmula:

$$C = \frac{(k-1) \cdot S}{t_k - t_1} \quad (1)$$

t_k : tiempo de llegada del paquete i

t_1 : tiempo de llegada del paquete 1

Sin embargo, si existe tráfico de otro origen simultáneamente con el de prueba se produce una subestimación de la capacidad como consecuencia de

que los paquetes de otro origen se entremezclan con los de prueba aumentando la dispersión de estos últimos. Este efecto es más acusado conforme mayor sea k , ya que entonces aumenta la probabilidad de que el tráfico de otro origen que circula por la red se introduzca entre los paquetes de prueba.

4 Diseño y descripción de las pruebas

En el presente trabajo se van a estudiar únicamente aquellas pruebas encaminadas a la medida de C . El primer paso consiste en encontrar un tipo de prueba que sea aplicable al mayor número de accesos para, con posterioridad, desarrollar un procesamiento de los datos obtenidos similar para todos los accesos.

4.1 Aspectos a tener en cuenta en el diseño de las pruebas

El diseño de las pruebas para este trabajo debe tener en cuenta diversos factores: En primer lugar los parámetros propios del método de estimación de QoS elegido. A continuación, las características y limitaciones de la herramienta seleccionada para realizar las medidas, EQoSIM. En tercer lugar, la heterogeneidad de los accesos a medir. Y por último, la variabilidad en el tiempo de los parámetros usados para estimar la QoS.

4.1.1 Parámetros propios del método de estimación elegido, PPTD

Los parámetros propios del método de estimación de la QoS elegido son varios: La longitud de las tramas (S), el número de tramas por ráfaga (k) y el tiempo entre ráfagas.

Con respecto a la longitud de las tramas de medida deberemos comprobar qué efectos tiene su variación. La longitud máxima de un paquete que atraviesa una red Ethernet es de 1500 bytes (1472 bytes de datos UDP). Por tanto, se decidió realizar pruebas con longitudes a nivel de datos UDP de 100, 400, 700 y 1000 bytes. Para poder comparar los resultados entre ráfagas de distinto valor de S , tendremos que enviar en cada periodo de prueba, ráfagas de tramas de todos los tamaños seleccionados.

En cuanto al número de tramas por ráfaga, k , la bibliografía consultada [11-16] y las pruebas realizadas indican que conforme mayor es k , menor es el error en la estimación del ancho de banda disponible. Pero, al aumentar k , la carga introducida en la red por la herramienta aumenta. Esto nos lleva a un compromiso en la elección de k : aumentar su valor supone una mejor estimación en detrimento de la eficiencia de utilización de la red. Estudiaremos este hecho variando el valor de k entre 2 y 20 para observar su influencia.

En cuanto al tiempo entre ráfagas, viene acotado por dos valores. Por un lado, es necesario que este tiempo sea lo suficientemente grande como para considerar independiente el comportamiento de la red frente a dos ráfagas consecutivas. Por otro, este tiempo debe ser menor que el de variación de los parámetros estudiados para poder hacer un seguimiento adecuado del acceso. Por todo ello utilizaremos valores de 1 minuto.

4.1.2 Características de EQoSIM

La principal característica que debemos considerar es la granularidad del reloj con que se toman los tiempos en los terminales desde los que se harán las pruebas. Ésta nos influirá en los resultados introduciendo un error que mediremos y analizaremos convenientemente [10]. Esta granularidad será distinta en función del tipo de terminal, del sistema operativo y de la implementación del *applet* que tengamos.

4.1.3 Heterogeneidad de los accesos

La heterogeneidad de los accesos influirá entre otras cosas en el tiempo entre ráfagas mencionado anteriormente, y por tanto, en el diseño de la prueba a realizar. No podemos permitir que dos ráfagas consecutivas se solapen en el cuello de botella, es más, se debe intentar garantizar que el comportamiento de la red sea independiente entre dos ráfagas consecutivas. Para ello tendremos que trabajar con la velocidad de cada acceso como se explicará más adelante.

4.1.4 Variabilidad de los parámetros estimados

Los parámetros que estiman la QoS pueden variar con el tiempo. Sin embargo, esta variación para el parámetro capacidad, no es muy rápida. Por ello, usaremos como periodo de prueba el minuto.

Ante tal variedad de factores que caracterizan una prueba y que determinan el resultado de la misma, nos hemos decantado por simplificar la selección de factores de la siguiente forma:

Todas las ráfagas mandadas serán de 20 tramas, el número máximo que habíamos indicado anteriormente para el parámetro k . De esta forma, posteriormente se podrá inferir qué hubiera pasado si se hubiera enviado un número menor, n , de tramas, haciendo los cálculos con los datos de las n primeras tramas de la ráfaga. Esta decisión se tomó debido a la imposibilidad de mandar ráfagas diferentes con k desde 2 hasta 20, y S de los distintos tamaños elegidos en un tiempo inferior a un periodo de prueba.

Para estar en condiciones de comparar los resultados de las ráfagas enviadas con distintas longitudes, en cada periodo (1 minuto) se envía una ráfaga de cada

tamaño mencionado en el orden siguiente: primero la ráfaga de 100 bytes de datos UDP, después la ráfaga de 400 bytes de datos UDP, luego la ráfaga de 700 bytes de datos UDP y por último la ráfaga de 1000 bytes de datos UDP. Debemos volver a intentar garantizar que la red se comporte de manera independiente ante dos ráfagas consecutivas. Con este fin, se deja entre cada dos ráfagas de un mismo periodo una separación temporal en el origen de 10 segundos. Esta distribución en el tiempo será válida para accesos con velocidades mayores de 12 Kbps.

$$\frac{(700 + 20 + 8) \times 8 \times 20}{10} = 11648 \text{ bps} = 11.6 \text{ Kbps} \quad (2)$$

Esto es debido a que la que limita es la ráfaga de 20 tramas de 700 bytes en 10 s^1 .

4.2 Variantes del método de estimación de C teniendo en cuenta la granularidad

Para realizar las operaciones matemáticas encaminadas a obtener la estimación del parámetro C, se presentan varias alternativas:

- No tener en cuenta la granularidad: la capacidad se calcula mediante (1) utilizando las marcas temporales de la captura de paquetes directamente.
- Teniendo en cuenta la granularidad, obtenemos como resultado para C el rango de valores máximo-mínimo [9], entre los cuales se encontraría el valor estimado de C (Fig. 3).
- Utilizar el valor medio del rango anterior como estimación.
- Obtener el rango máximo-mínimo para diferentes valores de k y tomar el intervalo común a todos ellos: en el caso de que k tome diferentes valores, el rango de valores máximo-mínimo de C varía. Si en una serie de valores de k tomamos el valor mínimo de los máximos y el máximo de los mínimos, obtenemos un intervalo común de menor amplitud.
- Obtener el parámetro C a partir de las tramas capturadas, pero descartando las que se encuentran en el primer y último bloque de granularidad, y tomando como tiempo el ocupado por el resto de bloques. Esto se hace ya que pueden no encontrarse completamente llenos de paquetes e introducirían un error (Fig. 4).

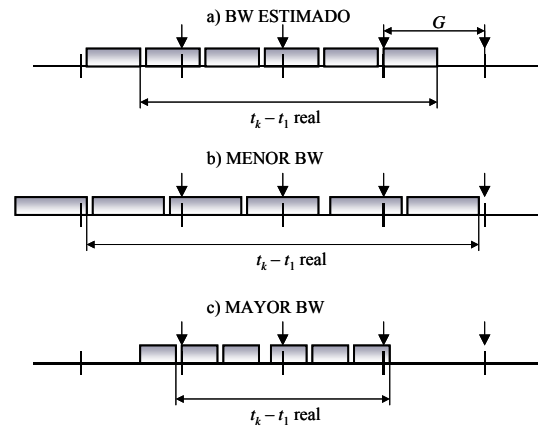


Figura 3: Distintas posibilidades de llegada de una ráfaga de 6 tramas ($k=6$) en $n=4$ intervalos temporales.

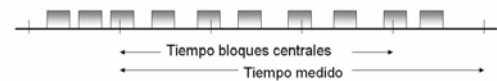


Figura 4: Posibilidades de toma de tiempos

4.3 Descripción de la prueba seleccionada

Una vez analizadas las condiciones de diseño pasamos a definir la prueba que se ha utilizado. Ésta consiste en repetir cada minuto (periodo) el envío de las siguientes ráfagas:

Segundo 0 del periodo: se envía una ráfaga con $k = 20$ tramas y $S = 100$ bytes.

Segundo 10 del periodo: se envía una ráfaga con $k = 20$ tramas y $S = 400$ bytes.

Segundo 20 del periodo: se envía una ráfaga de $k = 20$ tramas y $S = 700$ bytes.

Segundo 30 del periodo: se envía una ráfaga de $k = 20$ tramas y $S = 1000$ bytes.

Esta prueba básica se repetirá tantas veces como queramos para realizar un seguimiento adecuado de los distintos accesos.

5 Resultados obtenidos

En este apartado reflejamos algunos de los resultados obtenidos al utilizar la herramienta EQoSIM para determinar la QoS de los siguientes tipos de accesos a Internet (ADSL, cable, UMTS y Satélite).

Al ser EQoSIM una herramienta en la que el tráfico a generar es de tamaño variable, en función de k y S , los resultados de la QoS obtenida para un mismo tipo de enlace con distintos tipos de tráfico veremos que son ligeramente diferentes y que algunos son más fiables que otros.

¹ Nota: el 20 y el 8 que aparecen sumados en el numerador de (2) corresponden a los bytes de cabeceras IP y UDP respectivamente.

5.1 Resultados de las pruebas sobre ADSL

Sobre un acceso ADSL de 4 Mbps en el DL y 384 Kbps en el UL, se lanzaron durante 24,5 horas un total de 1470 pruebas completas en ambos sentido que combinaban tráficos con tamaños de paquete de 100, 400, 700 y 1000 bytes.

A continuación se presentan los resultados de C y también de pérdidas y desorden en la llegada, aspectos a tener en cuenta en el procesamiento posterior.

5.1.1 Canal Descendente

Para el canal descendente se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto a los porcentajes de pérdidas y desorden (Tabla 1). Llama la atención el hecho de que el porcentaje de pruebas con pérdidas es bajo, inferior al 1%, y sin embargo el porcentaje de pruebas con desorden es considerable, sobre todo en las pruebas de S 400 bytes. Además se ha observado que las pérdidas aparecen concentradas en varias pruebas.

A continuación pueden verse gráficas representativas de los resultados de las medidas de la capacidad del enlace (Figs. 5, 6, 7 y 8). En todas ellas se han representado pruebas sin pérdidas y sin desorden, y tienen en cuenta la incertidumbre provocada por la granularidad del reloj de los terminales desde los que se hacen las pruebas. En las Figs. 5 y 6 se representa la estimación obtenida sin tener en cuenta la granularidad. En las Figs. 7 y 8, sin embargo, se da como resultado un rango de valores posibles para la capacidad teniendo en cuenta la granularidad. Se puede observar cómo en general este rango es menor (estimación más precisa) conforme S y k aumentan. En este caso, para todas las hipótesis y para los cuatro valores de S estudiados, C se encuentra en más de un 85% de las ocasiones entre 3 y 3.5 Mbps.

Puede apreciarse en las figuras que la medida se agrupa en bloques, coincidiendo con las rectas de diferente pendiente que aparecen en las mismas. Si aplicamos el método de rango máximo-mínimo obtenemos valores ajustados con menor k y S, aunque es el método que requiere más proceso. Si aplicamos el cálculo en los bloques intermedios es necesario que k y S aumenten, obteniendo como contrapartida que se simplifica algo el método.

Tabla 1: Porcentaje de pruebas con pérdidas y con desorden sobre el DL ADSL

% Pruebas 100 con Perd.	0.68	% Pruebas 100 con Desord.	28.84
% Pruebas 400 con Perd.	0.75	% Pruebas 400 con Desord.	52.31
% Pruebas 700 con Perd.	0.61	% Pruebas 700 con Desord.	33.67
% Pruebas 1000 con Perd.	0.54	% Pruebas 1000 con Desord.	8.37
% Pruebas Total con Perd.	0.65	% Pruebas Total con Desord.	30.80

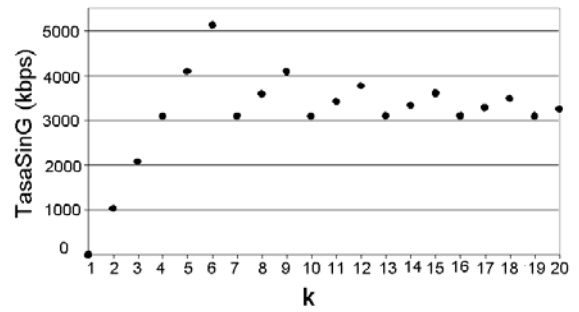


Figura 5. Estimación de C con S=100 en el DL ADSL, sin tener en cuenta la granularidad del reloj

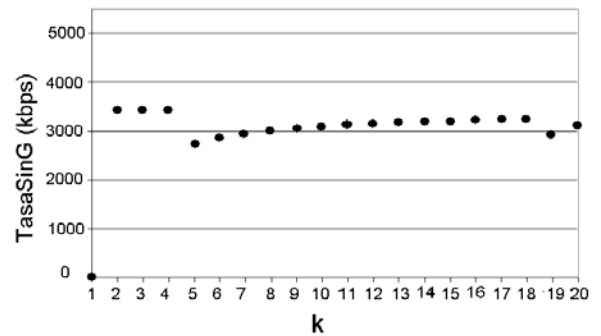


Figura 6. Estimación de C con S=400 en el DL ADSL, sin tener en cuenta la granularidad del reloj

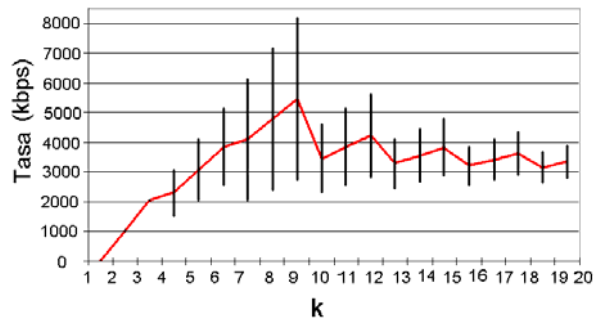


Figura 7. Tasa de referencia con S=100 en el DL ADSL teniendo en cuenta la granularidad del reloj (tasa media y valores máximo y mínimo)

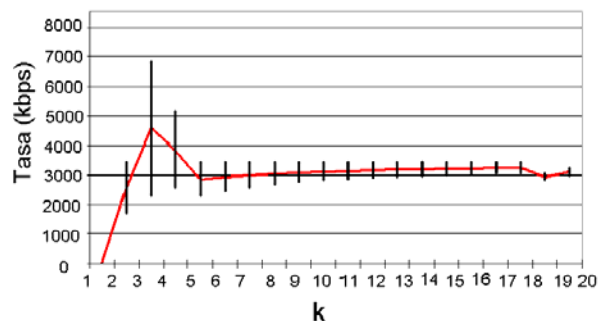


Figura 8. Tasa de referencia con S=400 en el DL ADSL teniendo en cuenta la granularidad del reloj (tasa media y valores máximo y mínimo)

Tabla 2: Porcentaje de pruebas con pérdidas y desorden sobre el UL ADSL

% Pruebas 100 con Perd.	20.20	% Pruebas 100 con Desord.	0.00
% Pruebas 400 con Perd.	20.68	% Pruebas 400 con Desord.	0.00
% Pruebas 700 con Perd.	20.27	% Pruebas 700 con Desord.	0.00
% Pruebas 1000 con Perd.	20.34	% Pruebas 1000 con Desord.	0.00
% Pruebas Total con Perd.	20.37	% Pruebas Total con Desord.	0.00

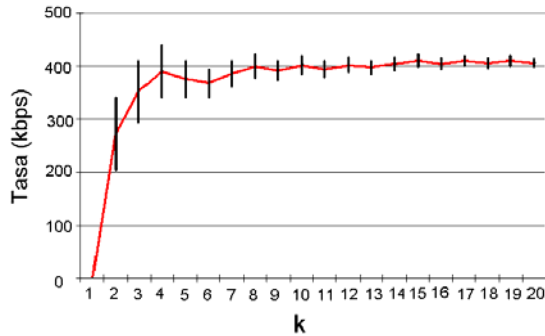


Figura 9. Tasa de referencia con $S=100$ en el UL ADSL teniendo en cuenta la granularidad del reloj (tasa media y valores máximo y mínimo)

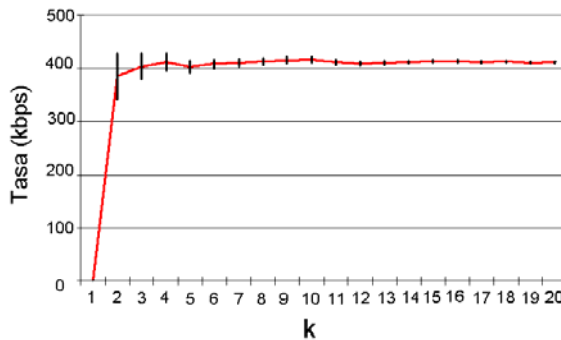


Figura 10. Tasa de referencia con $S=400$ en el UL ADSL teniendo en cuenta la granularidad del reloj (tasa media y valores máximo y mínimo)

5.1.2 Canal Ascendente

Para el canal ascendente se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto a los porcentajes de pérdidas y desorden (Tabla 2)

En este caso el desorden es inexistente mientras que el porcentaje de pruebas con pérdidas es apreciable. A pesar de ello, el porcentaje de tramas perdidas es bajo, inferior al 3%.

En cuanto a la distribución de C (Figs. 9 y 10), para todos los valores de S estudiados se cumple que su valor se encuentra entre 400 y 500 Kbps en más del 90% de las ocasiones. Vamos a poder hacer apreciaciones similares a las mencionadas en el caso del canal descendente. La diferencia fundamental estriba en que ahora disponemos de una capacidad nominal mucho menor y, por tanto, el efecto de la granularidad pasará más desapercibido, puesto que caben menos tramas por bloque.

5.2 Resultados de las pruebas sobre cable

Sobre un acceso de cable de 1Mbps en el DL y 384 Kbps en el UL se lanzaron pruebas durante 18 h (1080 pruebas seguidas en ambos sentidos). A continuación se presentan los resultados para el acceso descendente y el ascendente.

5.2.1 Canal Descendente

En el canal descendente el control de la calidad en transmisión se produce mediante estructuras de colas similares a los de ADSL. Todo ello se confirmó cuando el análisis del método de estimación de C arrojó comportamientos similares a los de ADSL con respecto a las variantes del método de estimación de C teniendo en cuenta la granularidad.

5.2.2 Canal Ascendente

En el canal ascendente de cable se transmite en ventanas temporales fijas lo que hace que las ráfagas se reciban divididas en ráfagas más pequeñas. El tamaño de estas subráfagas está relacionado con el valor de S porque la ventana temporal de transmisión es fija y al variar S varía el número de tramas que caben en la ventana. Este hecho requiere un nuevo método de análisis distinto al abordado en este artículo.

5.3 Resultados de las pruebas sobre UMTS

Se realizó la prueba sobre un acceso UMTS de 128 Kbps en el DL y 64 Kbps en el UL durante 8 h (480 pruebas seguidas en ambos sentidos). Veamos los resultados.

Tanto para el canal descendente, como para el canal ascendente, los resultados del análisis del método de estimación de C arrojaron comportamientos similares a los de ADSL con respecto a las variantes del método de estimación de C teniendo en cuenta la granularidad. Al igual que sucedió con el canal descendente de Cable, estos resultados confirman la utilización, para el control de la calidad en la transmisión, de estructuras de colas similares a las de ADSL.

5.4 Resultados de las pruebas en accesos vía satélite

Se realizó la prueba sobre un acceso vía satélite durante 4 h (240 pruebas seguidas en ambos sentidos) y se obtuvieron estos resultados.

En ambos sentidos de este acceso las ráfagas de prueba aparecen divididas en subráfagas. A diferencia del UL de cable, no se ha observado una relación temporal que nos permita deducir la existencia de ventanas temporales de transmisión de tamaño fijo. Resultaría interesante el estudio en profundidad del acceso que nos indique la estrategia seguida por la red para conformar las subráfagas.

6 Conclusiones

Tras la realización del estudio, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- En toda la bibliografía se aplican métodos que no tienen en cuenta la granularidad del reloj. Esto no afecta si los equipos que miden los tiempos están optimizados y obtiene mucha precisión. Si queremos que muchos usuarios apliquen medidas precisas de la capacidad de sus accesos a Internet es necesario tener en cuenta que las máquinas que utilicen no tienen el porqué de ser tan precisas. Es entonces cuando cobra relevancia los métodos propuestos en el presente trabajo.
- El método de análisis desarrollado en este artículo se puede aplicar a ADSL, UMTS y el DL de cable. La precisión del método depende de la velocidad a medir, cuanto mayor sea ésta mayor debe ser el valor de k y S . La capacidad del UL de cable viene determinada por ventanas temporales de tamaño fijo por lo que dependerá de S . En el caso de los accesos vía satélite se ha observado que divide las ráfagas en distintas subráfagas. El método que usa la red para realizar este conformado del tráfico no se ha podido detectar a partir de las pruebas realizadas.
- En los casos en los que es factible la aplicación del método usado en este artículo se observa como en general, las estimaciones son mejores conforme mayores son los valores de k y S .
- El efecto que tiene la granularidad del reloj será menor cuanto mayores sean los valores de k y S .
- El efecto de la granularidad será también menor cuanto menor sea la velocidad del acceso estudiado.

Agradecimientos

Este trabajo ha recibido el apoyo de proyectos de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) y de los Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER) TSI2004-04940-C02-01, del VI Programa Marco (Pulsers II IP) IST-27142, y del Ministerio de Educación y Ciencia (beca FPU AP-2004-3568).

Los autores desean hacer constar su agradecimiento a Laura Bueso Ramo por su colaboración técnica en este artículo.

Referencias

- [1] Recomendación ITU-T E.800
- [2] A. Vogel, B. Kerhervé, G. von Bochmann and J. Gecsei, "Distributed Multimedia and QoS: A Survey", IEEE Multimedia, pp. 10 – 18, 1995
- [3] "Test de velocidad del acceso a Internet", URL: http://www.aui.es/au_i_test. Último acceso: 1-4-2007.
- [4] "Velocímetro", URL: <http://www.velocimetro.org>. Último acceso: 1-4-2007.
- [5] "Bandwidth Speed Test", URL: <http://www.bandwidthplace.com/speedtest>. Último acceso: 1-4-2007.
- [6] "Broadband reports Speed Test", URL: <http://www.dslreports.com/stest>. Último acceso: 1-4-2007.
- [7] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications", Internet RFC 3550, Julio 2003.
- [8] J. Fernández, E.A. Viruete, J.C. Ibar, I. Martínez y J.C. Bellido, "Evaluación de QoS en accesos a Internet para aplicaciones Multimedia (EQoSIM)", X congreso Mundo Internet, Abril 2005
- [9] E.A. Viruete, J. Fernández, I. Martínez, "Evaluation of QoS in Internet accesses for Multimedia applications (EQoSIM)", Proceedings of the IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC'06), Las Vegas, pp.356-360, vol. 1, Enero 2006
- [10] E.A. Viruete, J. Fernández, I. Martínez, "Análisis del sistema de estimación de la calidad de servicio EQoSIM", XV Jornadas Telecom I+D, Málaga, Noviembre 2005
- [11] R. Prasad and C. Dovrolis, "Bandwidth Estimation: Metrics, Measurement Techniques, and Tools", IEEE Network, vol 17, n° 6, pp 27 – 35, Noviembre/Diciembre 2003.
- [12] C. Dovrolis, P. Ramanathan, and D. Moore, "What do packet dispersion techniques measure?", in Proc. Conf. Computer Communication, , pp. 905–914, Abril. 2001
- [13] C. Dovrolis, P. Ramanathan, D. Moore, "Packet-Dispersion Techniques and a Capacity-Estimation Methodology", IEEE/ ACM Transactions on Networking, vol.12, n°6, pp 963-977, Diciembre 2004
- [14] M. Jain and C. Dovrolis, "End-to-end available bandwidth: Measurement methodology, dynamics, and relation with TCP throughput", in Proc. ACM SIGCOMM Symp. Communications Architectures Protocols, pp. 295–308, Agosto 2002
- [15] N. Hu, P. Steenkiste, "Evaluation and Characterization of Available Bandwidth Probing Techniques", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 21, n° 6, pp. 879-894, Agosto 2003
- [16] M. Jain, C. Dovrolis, "End-to-end Estimation of the Available Bandwidth Variation Range", SIGMETRICS'05, Junio 2005