

Midiendo retardos y pérdidas en las redes móviles de alta velocidad

Iria Prieto⁽¹⁾, Mikel Izal⁽¹⁾, Eduardo Magaña⁽¹⁾ y Daniel Morató⁽¹⁾

iria.prieto, mikel.izal, eduardo.magaña, daniel.morato @unavarra.es.

⁽¹⁾Dpto. de Automática y Computación Universidad Pública de Navarra. Campus Arrosadía 31006, Pamplona.

Abstract—Mobile networks are constantly evolving, but still, due to their nature, it is not trivial to analyse how they face up different kinds of traffic. On the Internet a wide range of services can be found. Usually the majority send large packets, i.e Web services, but others, like VoIP, send small packets. The question is how the mobile networks manage all this traffic. In this work experiments to measure losses and times of sending different packet size bursts are described. Also, preliminary results for experiments with a real network mobile client, are analysed showing that the performance of the network is different depending on the size of packet.

I. INTRODUCCIÓN

Desde su nacimiento las redes móviles están experimentando constantes avances en cuanto a la velocidad se refiere. El 3G que implemente el UMTS HSPA+ puede alcanzar teóricamente velocidades de hasta 28 Mbps en el sentido de bajada de tráfico, [1]. Hoy en día en España, en algunas comunidades y para algunas operadoras, ya está funcionando el 4G. Mientras tanto, en el mundo de la investigación ya se habla del rendimiento del 5G. Pese al incremento de la velocidad, todavía el rendimiento de las conexiones estarán condicionados por factores como la cobertura, número de clientes conectados, etc.

Ligada a la expansión de las redes móviles se comienzan los estudios de rendimientos a nivel de aplicación. En [2] los autores sugieren que el rendimiento de las aplicaciones está condicionado en parte por la capa de red. En este tipo de redes, debido al propio medio, cabría esperar que los paquetes de menor tamaño se perdieran menos. Sin embargo, en las redes cableadas, con el fin de sacarles el máximo rendimiento, se intenta mandar paquetes del mayor tamaño posible. Por lo tanto, cuando un cliente móvil realiza una petición a un servidor Web éste le mandará paquetes grandes con el fin de enviar el menor número posible de paquetes y obtener los mayores rendimientos en las conexiones. Nuestro objetivo con este artículo es verificar si realmente se podría mejorar el rendimiento de los clientes móviles mediante el envío de paquetes pequeños para los dos sentidos de tráfico, envío y recepción en el dispositivo 3G.

En la literatura se pueden encontrar algunos artículos de estudios del 3G realizados para operadoras de otros países. En [3] los autores analizan la influencia del tamaño de paquete para la medida del “One-way delay” en el sentido de tráfico de bajada, es decir enviando hacia el dispositivo con 3G, para diferentes operadoras de Austria. Un año más tarde, en el 2011, otros autores analizaban, en el trabajo [4], los retardos para el tráfico de subida y su dependencia con el tamaño de

paquete. En su trabajo no se relacionaban los dos sentidos ni se comprobaban otros factores como las pérdidas de paquetes.

Otros estudios se han centrado en los retardos observados en estas redes, [5]. En su artículo los autores presentaban medidas del RTT, obtenidas a través de pings y realizados durante varios meses. Sin embargo, esos retardos no eran relacionados con el tipo de tráfico enviado por un cliente.

Realizar un análisis de las redes móviles conlleva una serie de dificultades ligadas a la naturaleza de la propia red. Primero se debe tener en cuenta que para realizar las medidas se necesita un cliente real conectado a alguna de las operadoras. Diferentes operadoras pueden tener comportamientos distintos ante la entrada de tráfico, como por ejemplo modelos de colas para los clientes con tráfico masivo de subida. Además factores como la cobertura de red, pueden afectar a los resultados obtenidos puesto que poca cobertura significaría un aumento de paquetes perdidos en el medio.

Otro punto a tener en cuenta a la hora de diseñar el escenario de captura es que para observar el tráfico en sólo uno de los sentidos cada vez, recibido en el 3G o enviado, se necesita al menos de otro cliente que escuche o envíe en el otro lado. Para imitar una situación real el otro cliente podría ser un ordenador conectado a una red de Internet cableada, como si se tratase de un servidor Web al que accede un cliente móvil.

El problema de utilizar un móvil para realizar los experimentos es que no es trivial el controlar que no haya otro tráfico interferente que pueda estar influyendo en las medidas. Aunque se pueden instalar Firewalls no se puede estar seguro de cómo están utilizando los sistemas operativos los sockets de los teléfonos. Por ejemplo, en algunos modelos móviles de Samsung con sistemas operativos de Android, debido a las capas instaladas por los fabricantes, el indicador de la fuerza de la señal, que normalmente se puede sacar con una llamada al sistema, no funciona [6].

El resto del artículo se organiza como sigue: en la sección II se describe el escenario de los experimentos, en la sección III se presenta los resultados de los experimentos realizados distinguiendo los mismos para el envío y recepción desde el dispositivo móvil y por último en la sección IV se presentan las conclusiones.

II. ESCENARIO

Para los experimentos, con el fin de utilizar un entorno móvil limpio de otro tipo de tráfico que no sea el propio del experimento, se utiliza un ordenador con un módem USB

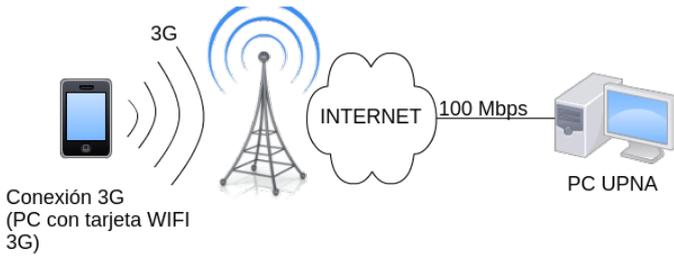


Fig. 1. Escenario de captura

libre compatible con HSPA, concretamente se utiliza el modelo Huawei E1752Cu, y un ordenador conectado a la red de la Universidad Pública de Navarra, Fig. 1. Para las pruebas se utiliza un cliente real de telefonía móvil adscrito a una operadora de red real, Operadora1.

Para el estudio del impacto del tamaño de los paquetes, tanto en el tráfico recibido y enviado de la red móvil, en cada experimento se envían varias ráfagas de paquetes de un mismo tamaño. Para poder ver objetivamente con qué frecuencia se pierden paquetes el protocolo utilizado es UDP. Si se utilizara tráfico TCP sería muy difícil de discernir un retardo provocado por un paquete reenviado porque se había perdido, de uno provocado por la espera en alguna cola de la red. Como se sugiere en el trabajo [7], el tráfico UDP y TCP es tratado en principio con la misma preferencia por las operadoras.

Con el fin de obtener varias pruebas en un mismo experimento, se envían varias ráfagas esperando un tiempo prudencial entre un envío y otro, 5 segundos. La espera entre un envío y otro permite que las ráfagas sean independientes unas de otras. Si se mandaran muchos datos de golpe la red se podría colapsar y tanto los retardos de los paquetes como las pérdidas se verían afectados. De esta forma se puede medir cuánto tarda en enviarse al completo cada ráfaga así como los paquetes perdidos en cada una.

Los experimentos se realizan para diferentes velocidades y tamaños de paquetes. En la figura Fig. 2 se muestra el diseño de los mismos. A continuación se especifica las características de los experimentos realizados:

- Por cada experimento se mandan 10 ráfagas de 10KBytes cada una.
- En cada experimento se utilizan diferentes tamaños de paquetes de datos, s : 100, 300, 500, 700 y 1000 Bytes.
- Los experimentos se repiten enviando a diferentes velocidades, ν , las ráfagas. Velocidades analizadas: 10 y 20 Mbps.
- La velocidad está determinada por el tiempo de envío entre un paquete y el siguiente, δ . Este tiempo sigue una distribución exponencial dependiente de la velocidad de la ráfaga, ν (Bps), y el tamaño de paquete, s (Bytes), Ec. 1.

$$\delta = \frac{s}{\nu} \quad (1)$$

Los experimentos son lanzados desde el lado del cliente 3G



Fig. 2. Esquema de envío de ráfagas

TABLE I
TIEMPOS TEÓRICOS PARA RECIBIR UNA RÁFAGA

Velocidad	Tiempo (segundos)
10 Mbps	0.0078
20 Mbps	0.0039

para evaluar el sentido de subida y desde la red cableada para evaluar el sentido de bajada. Para cada caso, el lado que hace de servidor debe de estar esperando paquetes a un puerto y el cliente deberá de conocer la IP y puerto del servidor que escucha. Para ambos casos el puerto de escucha puede ser un argumento de entrada en los scripts de envío de datos. Obtener La IP sin embargo, para el caso en el que el servidor es el cliente móvil, puede ser un problema debido a que ésta no es accesible con simples comandos cómo ifconfig o ipconfig, dependiendo de si estamos usando los sistemas operativos Linux o Windows. Para solventar este problema, el servidor móvil deberá de enviar primero un paquete al cliente de red cableada y a partir de ahí esperar los paquetes que le lleguen a un determinado puerto. De esta forma el cliente conocerá la IP del servidor móvil para poder enviarle las ráfagas de paquetes.

III. RESULTADOS

A la hora de analizar los paquetes perdidos se debe de tener en cuenta que los desordenados también pueden corresponder a paquetes perdidos que son reenviados por el nivel de enlace inalámbrico. En estos casos, el tiempo observado entre un paquete y otro sería al menos el doble debido al reenvío.

Para comprobar como se comporta cada lado de la red 3G, tanto la subida como la bajada, se analiza, de forma independiente, el efecto del tamaño de paquete y la velocidad a la que es enviado o recibido. En los siguientes subapartados se explica los resultados obtenidos para cada sentido.

A. Tráfico de bajada, desde Internet hacia el 3G

El tráfico de bajada sirve para estudiar la percepción de la red de los clientes móviles al acceder a una página web ya que es el servidor Web quien envía más paquetes y datos con el fin de servir la página.

El tiempo en el que se recibe una ráfaga de 10KB completamente es muy superior al teórico, Tabla I, como se aprecia en Fig. 3. Para el caso de tamaños de paquetes grandes el tiempo de recepción tiende a estabilizarse, mientras que para los paquetes más pequeños, de 100, 300 y 500, se aprecia un aumento significativo del tiempo.



Fig. 3. Tiempo medio que tardan las ráfagas en recibirse, tráfico de bajada



Fig. 5. Tiempo medio que tardan las ráfagas en recibirse, tráfico de subida

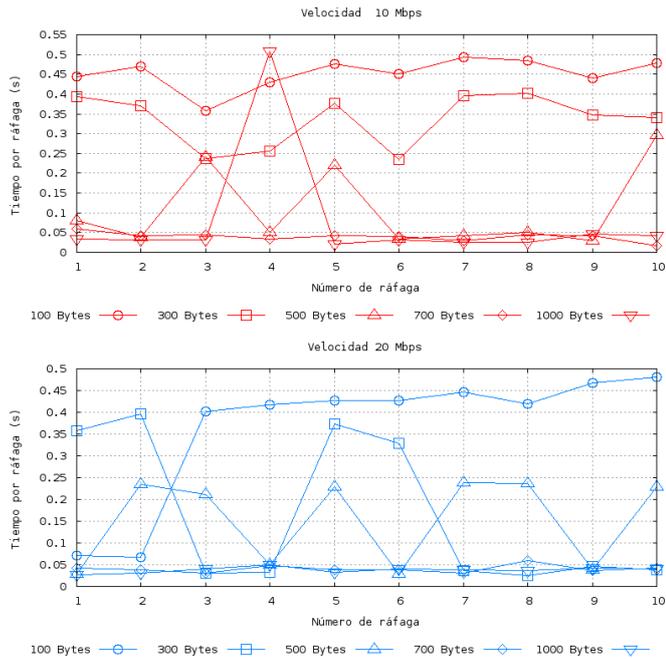


Fig. 4. Tiempo de cada ráfaga en recibirse, tráfico de bajada

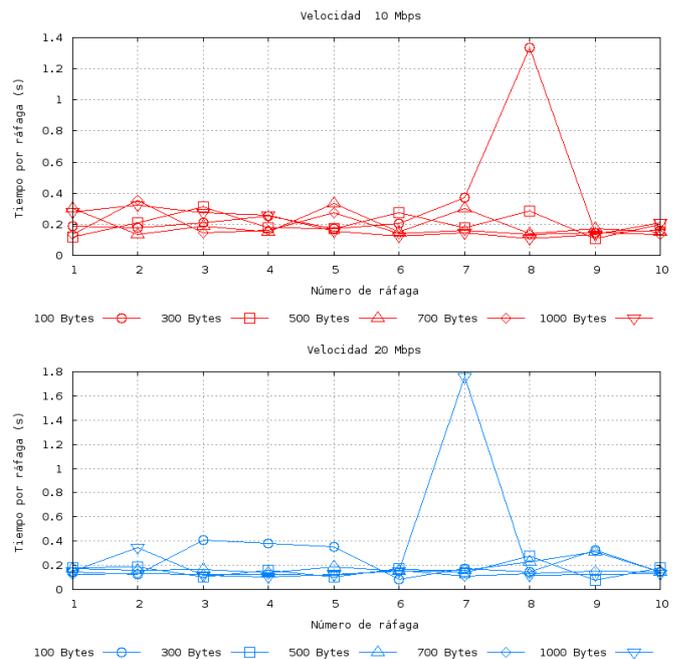


Fig. 6. Tiempo de cada ráfaga en recibirse, tráfico de subida

Se debe destacar que en algunos casos, incluso enviando con un mismo tamaño de paquete a velocidades más lentas, 500 Bytes y comparando 10Mbps con 20Mbps, el tiempo medio de recepción de la ráfaga es menor para la velocidad más baja, 10 Mbps. Este hecho está provocado porque la recepción de las ráfagas está condicionada por el estado de la red y algunas de las ráfagas pueden sufrir grandes demoras, como se puede apreciar en Fig. 4.

En la Fig. 4 para la velocidad de 10 Mbps y enviando paquetes de 1000 Bytes, la ráfaga 4 tarda más tiempo en recibirse comparada con el resto. Esto es debido a un único paquete de la ráfaga que se recibió 0.488s más tarde que el anterior y provoca un notable retraso.

B. Tráfico de subida, desde el 3G hacia Internet

El tráfico de subida es importante puesto que puede limitar la velocidad de las conexiones con los servidores si las respuestas a los mismos son lentas. El tiempo medio en com-

pletarse cada ráfaga de 10KBytes para diferentes velocidades y tamaños de paquetes, muestra como los paquetes pequeños provocan que las ráfagas tarden más en recibirse, Fig 5.

En la figura anterior, Fig 5, cabe destacar como no hay tanta diferencia al enviar paquetes grandes como la observada anteriormente para el tráfico de bajada. Si bien se consigue un tiempo menor en las ráfagas enviadas con paquetes pequeños para la subida que la obtenida en la bajada, en el caso de las ráfagas enviadas mediante paquetes grandes se obtiene un tiempo considerablemente peor al de la bajada. Concretamente destaca el tiempo obtenido para las ráfagas enviadas a 20 Mbps y formadas por paquetes de 1000 Bytes. La media de tiempo en recibirse las ráfagas es incluso mayor que la obtenida enviando a menor velocidad, 10 Mbps. Este aumento del tiempo en realidad es provocado por un paquete que tarda mucho en recibirse en una ráfaga concreta, la 7, e incrementa notablemente la media, Fig 6.

Si se compara el tiempo en recibir en general las ráfagas

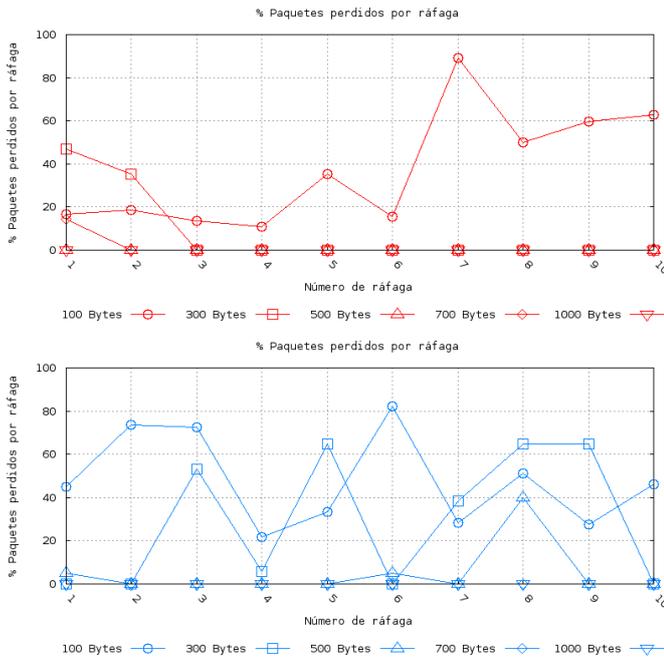


Fig. 7. Paquetes perdidos por ráfaga, tráfico de subida

con el tráfico contrario, es decir con el de bajada, se observa un aumento significativo del tiempo de éstas. Mientras que para la bajada se conseguían recibir ráfagas de 10KBytes en menos 40ms, para este sentido el tiempo mínimo logrado es de 100ms.

Un estudio en profundidad de las ráfagas recibidas revela que para los casos que se envían paquetes pequeños, éstos tienen una alta probabilidad de pérdida, Fig. 7. Estas pérdidas, que llegan a ser en algunas ráfagas de más del 88% del total de paquetes enviados, por ejemplo para la ráfaga 7 con velocidad 10 Mbps y tamaño 100 Bytes, en un escenario real supondrían una calidad de la experiencia muy mala para el usuario. Pongamos por ejemplo, que el usuario está utilizando un servicio de VoIP con otro cliente. Este tipo de servicios utiliza normalmente UDP para el envío de audio y además estos paquetes tienden a ser pequeños. En estos escenarios existe tráfico bidireccional. En este caso sería prácticamente imposible llevar a cabo una conversación debido a las pérdidas y los retardos observados.

IV. CONCLUSIONES

En este trabajo nuestro objetivo ha sido diseñar un experimento donde se pueda comprobar si los tamaños de paquetes enviados y recibidos desde redes móviles afectan al rendimiento de éstas. Los experimentos han sido diseñados de forma que no saturan las redes por el envío de datos.

Nuestro escenario se basa en un ordenador portátil con módem USB y un cliente adscrito a una red móvil, Operadora1. El otro lado será un ordenador de sobremesa dentro de la Universidad Pública de Navarra con una tarjeta de red 100Mbps. Se prueban dos velocidades, 10 y 20 Mbps y diferentes tamaños de paquetes de datos UDP. Para no saturar

las colas intermedias se envían ráfagas de 10KBytes con un tiempo de espera prudencial entre una y otra, 5s.

En general, tanto para el tráfico de bajada como de subida, los resultados muestran peores rendimientos cuando se usan paquetes de tamaño pequeños. Este hecho es inesperado puesto que en otras redes móviles, como las WI-FIs, los mejores rendimientos eran obtenidos para paquetes de tamaños pequeños. Además, analizando las capturas de tráfico se observa mucha variabilidad del envío de una ráfaga a otra. Una de las razones de esta variabilidad puede ser debido a que las operadoras apliquen ciertas restricciones al detectar un tipo de tráfico impulsivo producido puntualmente por un cliente.

Respecto a la velocidad alcanzada para el tráfico de bajada y subida, como era de esperar, es mayor en el canal de bajada si bien para los dos canales, la velocidad es mucho más baja de lo esperada. Los retardos pueden suponer que el cliente experimente una peor calidad a la hora de navegar por la Web o recibir mensajes de Whatsapp. Pero pueden tener más impacto todavía los paquetes perdidos. Esta cantidad de paquetes perdidos puede suponer que una llamada de VoIP no funcione debido a que no escucharíamos al otro extremo.

En los experimentos se ha comprobado cómo el rendimiento obtenido distaba mucho del esperado. Pese a que las velocidades se incrementen cada vez más, otros factores propios del medio, como la cobertura recibida o el número de clientes que estén usando una misma antena, pueden provocar un decremento del rendimiento prometido.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido desarrollado dentro de la tesis realizada a través de una beca de la Universidad Pública de Navarra.

REFERENCIAS

- [1] S. Tenorio, K. Exadaktylos, B. McWilliams, and Y. Le Pezennec, "Mobile broadband field network performance with hspa," in *Wireless Conference (EW), 2010 European*, April 2010, pp. 269–273.
- [2] J.-H. Kim and C.-W. Lee, "End-to-end user perceived application performance in 3G+ networks," in *Communications, 2004 IEEE International Conference on*, vol. 4, June 2004, pp. 2337–2341 Vol.4.
- [3] P. Arlos and M. Fiedler, "Influence of the packet size on the one-way delay in 3G networks," in *Proceedings of the 11th International Conference on Passive and Active Measurement*, ser. PAM'10. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2010, pp. 61–70. [Online]. Available: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1889324.1889331>
- [4] M. Laner, P. Svoboda, E. Hasenleithner, and M. Rupp, "Dissecting 3G uplink delay by measuring in an operational hspa network," in *Proceedings of the 12th International Conference on Passive and Active Measurement*, ser. PAM'11. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2011, pp. 52–61. [Online]. Available: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1987510.1987516>
- [5] A. Elmokashfi, A. Kvalbein, J. Xiang, and K. R. Evensen, "Characterizing delays in norwegian 3G networks," in *Proceedings of the 13th International Conference on Passive and Active Measurement*, ser. PAM'12. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2012, pp. 136–146. [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-28537-0_14
- [6] "Problema documentado de los dispositivos móviles samsung para obtener la cobertura." [Online]. Available: <https://code.google.com/p/android/issues/detail?id=18336>
- [7] P. Arlos, R. Kommalapati, and M. Fiedler, "Evaluation of protocol treatment in 3G networks," in *Local Computer Networks (LCN), 2011 IEEE 36th Conference on*, Oct 2011, pp. 688–696.