

# Análisis y monitorización de una red de comunicaciones móviles a nivel de aplicación

Noel Ortiz Becerra, Laura Perales Palma, Isaac Gual Llena, Fernando Hoyas Gil, David Lozano Serrano y Ramon Ferrús Ferré  
Escola Politècnica Superior de Castelldefels  
Avd. Canal Olímpic s/n, 08860 Castelldefels  
Universitat Politècnica de Catalunya  
Email: [noelortiz@ya.com , ferrus@tsc.upc.es]  
Telf: 93 413 7116

## Área V. Servicios y Aplicaciones

### Resumen

*En el presente documento se describe el desarrollo de una herramienta de análisis y monitorización de red destinada a caracterizar el comportamiento de los mecanismos de comunicación visibles a nivel de aplicación e un teléfono móvil. La motivación del desarrollo de dicha herramienta viene dada por el creciente aumento de terminales móviles con capacidad de descarga y ejecución local de aplicaciones y la necesidad de tener un buen conocimiento de las capacidades de red ofrecidas a dichas aplicaciones para el desarrollo de diferentes servicios. Dicho software, inexistente hasta la fecha, permite realizar pruebas entre un terminal y un servidor de red fija así como entre dos terminales móviles mediante el soporte de un servidor remoto, de manera totalmente fiable, teniendo además un sencillo uso por parte del usuario.*

### 1. Introducción

El mundo de las tecnologías móviles ha experimentado un crecimiento espectacular en los últimos años, y nuevos sistemas, como GPRS (*General Packet Radio Service*) o, el recientemente aparecido en el mercado, UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*), que permiten el acceso a servicios multimedia e Internet de alta velocidad, con Calidad de Servicio garantizada, han hecho su aparición en el mercado con rapidez, ofreciendo nuevas posibilidades y permitiendo la creación de nuevas aplicaciones, que necesitan cada día un ancho de banda mayor y obligan a los terminales a tener una mayor capacidad de procesado.

GPRS ofrece una conexión basada en peso y no en tiempo, una alta capacidad y servicios basados en la transmisión de paquetes, a velocidades de entre 20 y 40 Kbps, mientras que UMTS ofrecerá servicios incluso a más altas velocidades, de entre 128 y 250 Kbps.

Durante éstos años se ha incrementado notablemente la preocupación por la calidad de las comunicaciones, especialmente debido a los nuevos requerimientos, donde el tráfico de voz ya no es el único tipo de información a transmitir, relegándose éste a un segundo plano en cuanto a nuevo desarrollo de tecnologías, y dando prioridad a un buen grado de satisfacción por parte del cliente, ampliando el abanico de ofertas y, lógicamente, velocidad de transmisión de los nuevos terminales.

Dichos requerimientos hacen imprescindible disponer de una herramienta de gestión que nos

ofrezca una información fidedigna de la red que va a soportar nuestro equipo y nos muestre las características reales del enlace entre dos terminales móviles. Dicha caracterización de la bondad de las comunicaciones en los terminales móviles resulta imprescindible a la hora de desarrollar aplicaciones en dichos terminales que hagan uso de los recursos de comunicación ya que, en gran medida, el diseño de muchas aplicaciones puede estar condicionado a las prestaciones ofrecidas por la red.

No existe ninguna oferta de este tipo en la actualidad, y sería de gran utilidad disponer de una aplicación que nos mostrara datos reales del tráfico de información que se produce entre nuestros terminales móviles, siendo, así mismo importante, el poder almacenar dicho tráfico en bases de datos para su posterior comparación y creación de estadísticas sobre el desarrollo de la red.

### 2. Alcance de la investigación

En este contexto, se presenta una aplicación desarrollada íntegramente por un grupo de investigación de la *Universitat Politècnica de Catalunya*, compuesto por estudiantes de ingeniería de telecomunicación, mediante el empleo de tecnologías en auge, como es el uso de la API de programación de aplicaciones *java2 microedition* (J2ME). Mediante J2ME el terminal móvil se transforma en una versátil plataforma para el soporte de múltiples aplicaciones que pueden acceder a los recursos de computación y comunicación del teléfono. El objetivo principal de la aplicación desarrollada es poder caracterizar el comportamiento de dichos recursos de comunicaciones visibles desde la máquina virtual de J2ME.

Debido a que en la actualidad una aplicación de este tipo es inexistente, el propósito de este proyecto es paliar esa necesidad, ofreciendo un software de medición de la red que nos permitirá en todo momento saber en qué condiciones se está trabajando. Nuestro programa, además, permitirá realizar diferentes tipos de pruebas, adaptables a las necesidades de cada usuario y a las posibilidades de los terminales.

En el marco de lo anteriormente expuesto, se presentan los objetivos que han motivado el desarrollo de esta investigación, orientada a explorar y analizar principalmente las siguientes características:

- Análisis de la calidad de la red sobre la que se tomarán medidas a nivel de aplicación. Es importante remarcar que la caracterización de la red se hace a nivel de aplicación, es decir, a nivel de las funciones de la API de J2ME que disponen las aplicaciones como soporte de comunicaciones.
- Comparación entre realidad y teoría de los sistemas GPRS, en relación con las velocidades de transmisión ofrecidas y las obtenidas en la práctica.
- Capacidad de los terminales móviles según la carga de trabajo que deben soportar, especialmente en situaciones límites.

Estas razones, entre otras, nos llevan a la creación de un software que, implantado sobre un terminal móvil comercial, nos ofrecerán todos estos datos, con pruebas realizadas de una manera completamente transparente al usuario y con la posibilidad de almacenar los resultados en un entorno remoto y fiable. Además, una de nuestras máximas ha sido la sencillez de utilización ya que, bien es cierto que la aplicación está destinada a un público con conocimientos de redes móviles, no es necesario ser un experto en el manejo y configuración de software a la hora de realizar los análisis.

Aunque este software de red está inicialmente pensado para trabajar sobre GPRS, otra de sus ventajas es su adaptabilidad, ya que no sólo nos permite trabajar entre dos terminales móviles sino que es posible su establecimiento en diferentes plataformas – Ethernet, Wireless LAN... – sin ningún tipo de modificación en su configuración, es decir, el propio código se adapta al tipo de conexión del que dispongamos, sin problemas por parte del usuario.

### 3. Descripción del sistema de monitorización

#### 3.1. Arquitectura

Supongamos que un operador desea conocer el estado de la red móvil tal y como la vería un usuario normal. A continuación mostramos, de una manera muy gráfica y explicativa, el funcionamiento del sistema completo.

Puesto que el objetivo debería ser ofrecer un buen servicio la operadora realizaría las medidas con terminales móviles conectados a su propia red de forma que se encontraría en iguales condiciones que el usuario del servicio que ofrecen. Las medidas se realizarían con dos terminales “A” y “B” conectados, por ejemplo, a la red, GPRS.

Los terminales deberán soportar J2ME y tener instalada la aplicación. Uno actuará como cliente J2ME y el otro como servidor TCP o UDP. Cuanto mayor sea la memoria y la capacidad de procesamiento del terminal menores serán las posibilidades de saturación y se obtendrán resultados más ajustados a los valores teóricos. Por lo tanto, si se quiere comprobar el estado de la red tal y como la ve un usuario se recomienda no utilizar móviles de última generación si no una gama media que es la que la mayoría de la población con teléfono móvil posee.

El terminal móvil “A” establecería una conexión TCP o UDP con el terminal “B” que también está conectado a la red. Se parte de la base que el terminal “A” no dispone de la IP del terminal “B” por lo tanto no podría establecer dicha conexión. En este momento entraría en juego un elemento de red externo con más capacidad que un dispositivo móvil, propiedad de la operadora, que podría estar situado en cualquier tipo de red, y del que conoceríamos su dirección. Este elemento es necesario para aligerar la carga computacional en el dispositivo móvil puesto que su capacidad es limitada y sus funciones serían básicamente la resolución de direcciones y los cálculos de resultados a partir de unos parámetros que ambos móviles le enviarían.

El terminal “A” le haría una petición al servidor de la IP del terminal destino. El PC resolvería la IP mediante tablas de correspondencia entre IP y número de teléfono. Una vez dicha IP es conocida por el terminal “A” se establecería una conexión con el terminal “B” y se procedería al inicio de las pruebas en los dos sentidos (uplink y downlink), vía conexión GPRS. Los parámetros obtenidos de dichas pruebas por ambos móviles se enviarían al servidor, o equipo remoto, que sería un PC, mediante una conexión segura.

El servidor, que como hemos dicho es el encargado de los cálculos, realizaría las operaciones necesarias para obtener resultados de: velocidad, retardo paquetes perdidos, etc y enviaría los resultados al terminal móvil “A”.

Comparando los resultados con los valores teóricos se puede comprobar el estado de la red.

## SERVERIDOR

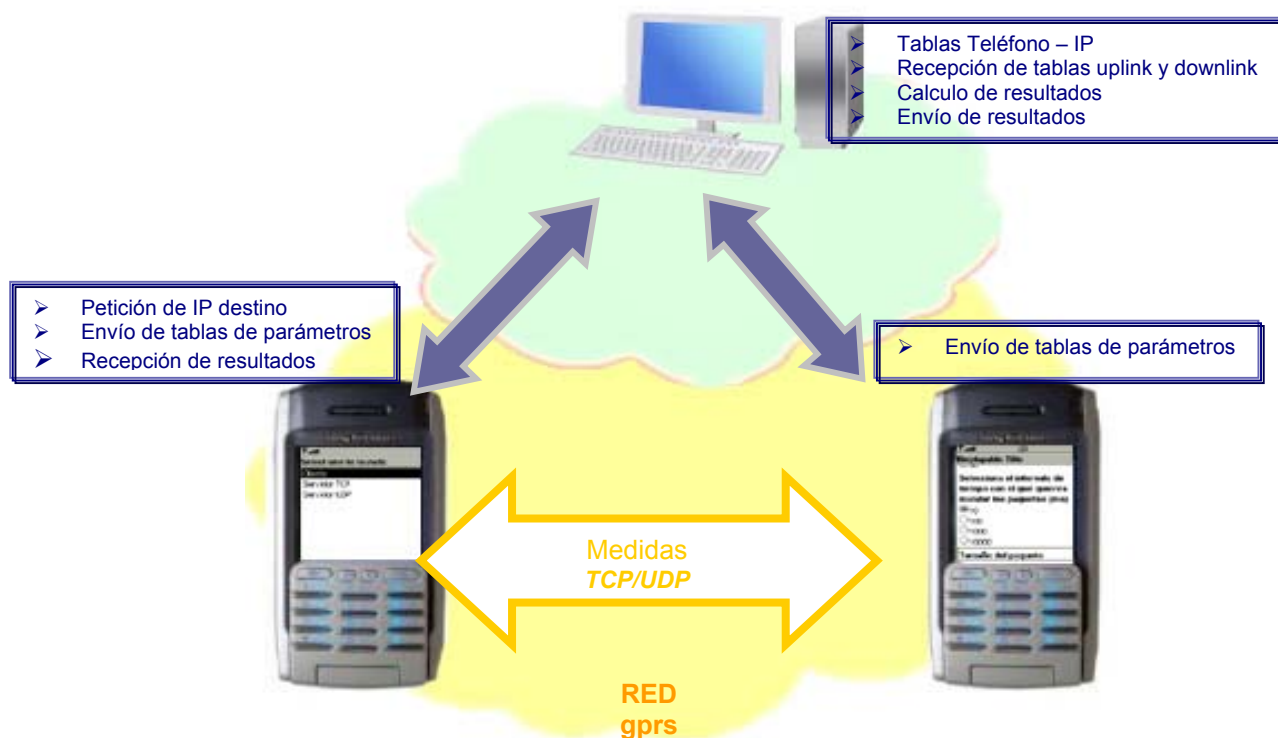


Fig 1. Arquitectura del sistema.

El programa está estructurado y bien separado en funciones, de manera que sea escalable y adaptable a futuras ampliaciones. Así, partiríamos de tres clases principales, las que diferencian el cliente del servidor y, a su vez, los dos tipos de protocolo implementados en éste último. Lógicamente, el servidor soporta más carga computacional debido a que es el encargado de mantener los datos recogidos durante las pruebas, hacer los cálculos y enviar la tabla de resultados al servidor.

A continuación ofrecemos una explicación muy básica de los módulos más importantes que comprenden la aplicación y el momento en el que se ejecutan.

- **Sincronismo:** el cliente crea una conexión tipo datagrama (UDP) con el servidor. Se procede a un intercambio de datagramas de dimensiones pequeñas y se calcula el desfase temporal entre el cliente y servidor. Cada vez que el servidor tenga que hacer una marca temporal se le sumara o restara el desfase dependiendo si este ha sido positivo o negativo.

- **Control:** El cliente le pasa al servidor los parámetros elegidos por el usuario para que el servidor pueda hacer el mismo tipo de pruebas en el enlace de bajada. Dichos parámetros pueden ser: intervalo de salida de paquetes, número de pruebas enviadas o mida del paquete.

- **Pruebas Uplink:** En el enlace de subida el cliente establece una conexión (TCP o UDP) con el servidor y se procede al envío de paquetes. Las pruebas tienen unas características marcadas por el usuario. Así por ejemplo pueden consistir en el envío de 100 paquetes de 1000 Bytes con un intervalo de 10 ms. Los paquetes contienen una marca temporal con el tiempo de salida del cliente. A medida que el servidor recibe paquetes los marca con su hora local +/- el desfase e los inserta en una tabla.

- **Pruebas Downlink:** Una vez el cliente ha enviado todos los paquetes el servidor procede a hacer lo mismo. El cliente inserta los datos de los paquetes recibidos en una tabla.

- **Pruebas RTT:** Se mide el tiempo que tarda un paquete en salir del punto A (cliente o servidor), llegar al punto B y volver al punto de salida. Se realizan las pruebas del RTT cliente y servidor al mismo tiempo. El RTT depende del tamaño del paquete que enviamos.

- **Envío de tablas:** Al finalizar las pruebas downlink el cliente le envía la tabla al servidor.

- **Cálculo de resultados:** con las dos tablas obtenidas el servidor realiza cálculos de: Velocidad: media,

máxima, mínima; retardos: medio, máximo, mínimo; desviaciones tanto del retardo como de la velocidad RTT. Y para las pruebas UDP se añade: Pérdida de paquetes y desorden de paquetes.

- **Presentación por pantalla:** El servidor envía la tabla con los resultados al cliente y éste los imprime por pantalla.

### 3.2. Diseño del sistema

El programa que se ha diseñado tiene la finalidad de medir la calidad de la red GPRS de la operadora a la que nos conectamos a través del propio terminal de usuario. El móvil se deberá conectar a un servidor (PC u otro móvil) para poder realizar el análisis de la red, por lo que el usuario ha de tener en cuenta que la cantidad de tráfico que utilice para realizar las pruebas supondrá un gasto económico.

Para hacer uso del programa, inicialmente se establece una jerarquía entre los terminales – cliente y servidor -, y a continuación se pasará a configurar el cliente, modificando las características de los paquetes a enviar, marcando la dirección IP del servidor remoto, el nivel de confianza o la cadencia de las pruebas, entre otros. Una vez hecho esto, los terminales se sincronizarán entre ellos utilizando su reloj interno y se realizará la elección del protocolo a utilizar en la transmisión – UDP o TCP -, en función del nivel de fiabilidad requerido, y el tipo de pruebas que queremos realizar – velocidad *one way*, *Round Trip Time*, retardo, desviación típica, número de paquetes perdidos y desordenados... -, que variarán dependiendo del protocolo escogido. Finalmente después de establecer la conexión y realizarse las pruebas escogidas, el usuario visualizará los resultados por pantalla, siendo además estos almacenados en un ordenador remoto, donde se tendrá una base de datos con un histórico de los resultados obtenidos a lo largo del funcionamiento de nuestro software.

En la siguiente imagen se puede observar el aspecto de la aplicación en tres de las situaciones posibles: modificación de los parámetros de los paquetes de prueba, elección de los tests a realizar y pantalla de resultados.



Fig 2.1. Opciones de medida

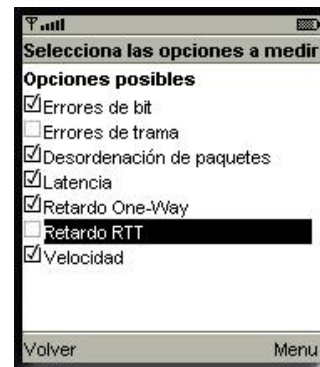


Fig 2.2. Selección de pruebas



Fig 2.3. Aspecto de la aplicación

En todo momento se ha pretendido realizar una aplicación sencilla de utilizar y que resulte visual, de manera que sea fácil acceder a todas las opciones y sea posible volver atrás o interrumpir la conexión en cuanto se desee.

### 4. Análisis de resultados

En las pruebas realizadas sobre un entorno controlado se obtienen, en todos los casos, resultados coherentes y correspondientes a los esperados, especialmente en redes cableadas, demostrando así la fiabilidad de la aplicación desarrollada en este proyecto.

A modo de validación de esta herramienta, mostraremos como ejemplo diferentes gráficas de los resultados obtenidos en TCP y UDP en un espacio controlado, como puede ser una red Ethernet utilizando una IP pública. Para obtener los resultados se han realizado pruebas de 100 paquetes para cada enlace, con tamaños mínimos de 1000 bytes.

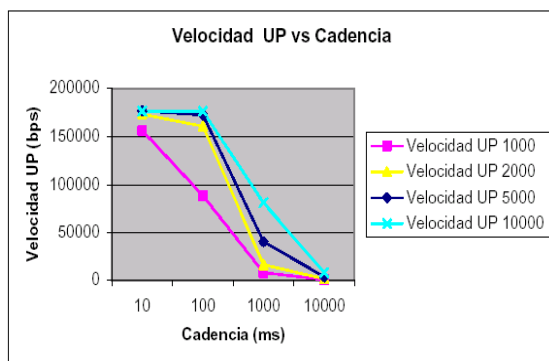


Fig 3.1. Velocidad UP en TCP para diferentes medidas de paquete

Tal como se observa en la figura anterior, a medida que aumenta la cadencia entre paquetes, disminuye significativamente la velocidad, de manera lógica, y vemos como se alcanza un pico de saturación aproximadamente a 100 ms para paquetes grandes.

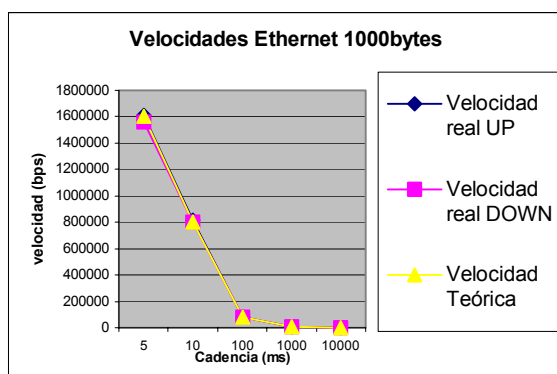


Fig. 3.2. Velocidad One-Way en TCP

Se puede observar que las velocidades reales obtenidas coinciden con la teórica esperada, tanto para el canal UP como el DOWN.

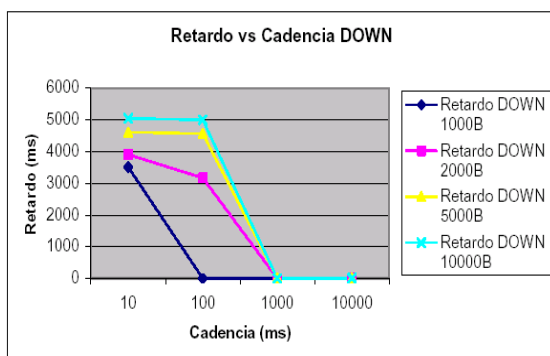


Fig. 3.3. Retardo TCP Down

En la anterior figura, también de manera lógica, el retardo disminuye cuando aumenta la cadencia entre paquetes, lo que viene a decir que para más de 100 ms, en este caso, desaparecen las colas de paquetes en TCP y evitamos los cuellos de botella.

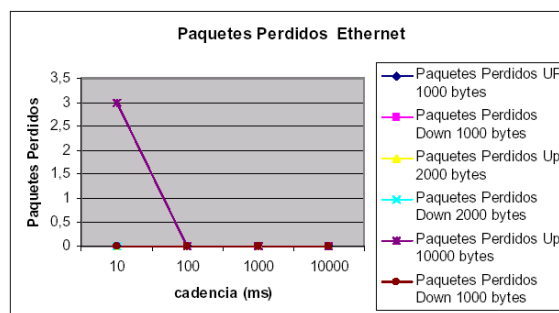


Fig 3.4. Paquetes perdidos en UDP

En esta última gráfica, trazada con resultados obtenidos en UDP, se observa que para la cadencia más baja se han perdido tres paquetes en el envío, siendo este valor nulo para el resto de medidas.

A modo de resumen, se puede observar en lo explicado anteriormente, la utilidad de este software analizador de la calidad de la red, destacando, una vez más, la necesidad de una aplicación de estas características en un entorno móvil de última generación..

## 5. Conclusiones

Durante los meses dedicados a este proyecto se han conseguido obtener resultados válidos y fiables que caracterizan la red. El programa ha sido ejecutado y testado sobre los diferentes escenarios mencionados anteriormente. Dichos resultados han sido contrastados con valores teóricos y comentados. También se ha conseguido observar y caracterizar las diferentes limitaciones provocadas por los protocolos utilizados así como por el mismo terminal.

Como sabemos, una aplicación de estas características siempre puede ampliarse. Así, una de las mejoras planteadas en dicho software sería la posibilidad de medir valores para otros protocolos, tales como http o SMS, por citar dos ejemplos, lo que permitiría hacer de esta aplicación una herramienta prácticamente universal y utilizable para todo tipo de entornos, no simplemente los más típicos, ya implementados.

Cabe mencionar las limitaciones de la aplicación, especialmente en su ejecución en un PC, ya que la máquina virtual de java puede llegar a saturar el sistema en el caso de que intentemos realizar pruebas con cadencias muy bajas, aunque para casos normales no será un problema y el procesador podrá trabajar holgadamente.

## Referencias

[1] Jason Hunter, *Java Servlet Programming*, O'Reilly, 1998.

[2] Varios autores, *Java MIDP 2.0 for P900/P908*, Sony Ericsson Mobile Communications, 2004.

[3] M. Ariza, et al., *J2ME*, 2002.

[4] Varios autores, *About the generic connection framework*, 2003.

[5] M. Gates, A. Tirumala et al. , *Iperf User Docs*, NLANR, 2003.

### **Agradecimientos**

Deseamos agradecer sinceramente el apoyo y ayuda de quien nos ha guiado en este proyecto, Ramón Ferrús, profesor e investigador en la *Escola Politècnica Superior de Castelldefels*. Lógicamente, sin él no hubiera sido posible este trabajo.