

# Sonda experimental de monitorización de redes móviles para eventos

Alejandro Moreno-Sancho, Eduardo Baena, Sergio Fortes, Raquel Barco

{aams, ebm, sfr, rbm}@ic.uma.es

Dpto. de Ingeniería de Comunicaciones. Universidad de Málaga, campus Teatinos. 29010 Málaga, España.

**Abstract-** The high increase of people using mobile networks added to high influx situations, events such as, concerts or football matches occur, have been causing trouble with the management of those networks, causing a reduction of quality for the user. In this article it is exposed the bad effects of this events and linking them up with the final quality of the user in different experiments that will also be explained. Analyzing data from certain LTE nodes located in Lerkendal Stadium in Norway, we have been able to appreciate that problems. Recognising when the change of quality is caused and how it behaves is the first step to make a solution that improves the situation.

## I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas actuales de gestión de redes móviles han sido objeto de numerosos desarrollos y avances en los últimos años. Especialmente en las redes 5G dada su heterogeneidad y creciente flexibilidad en el uso del espectro, dichos sistemas serán una parte crucial en la operación de las mismas. A pesar del esfuerzo, no obstante, existen algunos problemas que persisten y dificultan la gestión de redes móviles entre los que cabe destacar aquellos que no son detectados por los sistemas de gestión como las “sleeping cells”, zonas con interferencias, baja cobertura y en general cualquier inconveniente que disminuya la QoS (Quality of Service o Calidad de Servicio) experimentada por los usuarios y pase inadvertida. Adicionalmente los drive-tests que se realizan para mapear los despliegues de red se realizan de forma puntual y no capturan la evolución en el tiempo. Esto es especialmente importante en lugares donde se realizan eventos con gran concentración de gente.

El troubleshooting en estos lugares también es difícil solamente disponiendo de los indicadores de red y sin disponer de un terminal de usuario para poder localizar dónde se encuentra la incidencia.

Aunque en la literatura existen diversos estudios que hacen uso de las trazas de usuario para operaciones relacionadas con la gestión de red y específicamente de la calidad de servicio o QoS no se ha propuesto, aún hasta dónde llega el conocimiento de los autores, un framework de integración de dichas trazas en los sistemas OSS (Operation Support Systems) para su aplicación con diversos propósitos. Por otro lado, en relación con su uso en eventos, existen artículos que hacen uso de tecnologías anteriores a 4G [1] y en cualquier caso carecen de la extensión y completitud que sería necesario para poder estudiar en profundidad cómo cambia el entorno radio, la movilidad de los usuarios en la realización de eventos y por ende cómo afecta a la operación de las redes.

En este artículo se describe el esquema de sondas experimentales que sirven de base para recoger trazas y de un caso de uso de ejemplo sobre las mismas. Dichas trazas incluyen las capas 1,2 y 3 del modelo OSI involucradas en la comunicación con las estaciones base [2] además de medir el rendimiento de diversas aplicaciones del usuario.

En la sección II se explica la tecnología usada para la toma de muestras, posteriormente, en la sección III, pasaremos a ver el tipo de muestras tomadas y el lugar específico de donde las hemos tomado. Finalmente, en la sección IV se procederá al análisis de dichas muestras.

## II. SONDA EXPERIMENTAL

La plataforma de experimentación abierta MONROE (Measuring Mobile Broadband Networks in Europe) es la tecnología que ha sido usada para la toma de muestras. La plataforma MONROE [3] es un entorno software creado a partir de un proyecto H2020 con el mismo nombre que gestiona más de 300 sondas de LTE y Wifi distribuidas por toda Europa. La tecnología del software de la sonda LTE MONROE se basa en el software Docker [4]. Los Dockers o contenedores proporcionan un entorno aislado para ejecutar aplicaciones, envolviendo el código del software en un completo sistema de archivos que contiene todo lo necesario para su ejecución. Esto garantiza que el software funcionará igual, independientemente de su entorno. Los contenedores Docker comparten los recursos subyacentes del host, pero sólo incluyen lo que necesitan para ejecutar sus aplicaciones. Usando Dockers, se pueden programar múltiples experimentos y medidas para ejecutarse en la sonda LTE que permiten comparar el rendimiento de cada red y explorar formas de combinar recursos de diferentes redes. Este concepto se ilustra en la Fig. 1. La configuración del hardware para esta sonda se muestra en la Fig. 2.

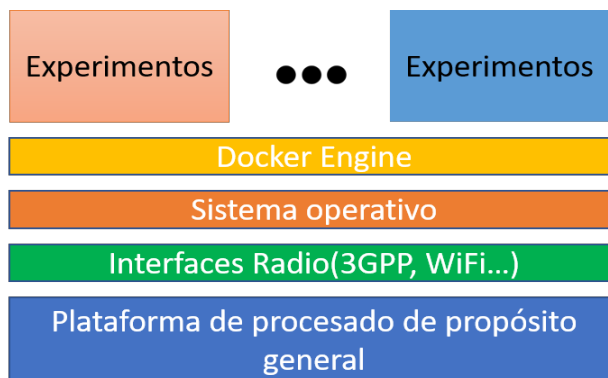


Fig. 1. Esquema del uso de Dockers

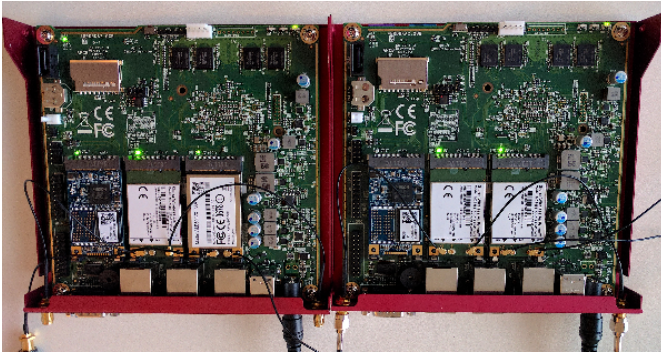


Fig. 2. Fotografía del hardware de dos nodos Monroe, a la izquierda un nodo de tipo Tail, con un Cat6 y un adaptador Wifi, a la derecha uno del tipo Head, con 2 modems LTE

### III. CAMPAÑA DE MEDIDAS DE EVENTOS

La campaña de medidas se ha llevado a cabo programando 3 sondas colocadas en el estadio de fútbol, Lerkendal Stadium, del equipo Rosenborg BK, ubicado en Trondheim (Noruega). Cada uno de los nodos dispone de 2 interfaces LTE Cat6 con tarjetas SIM: una del operador Telia company y otra de Telenor. Estas operadoras tienen sus estaciones base colocadas de diferente forma alrededor del estadio, lo que nos permite estudiar el comportamiento, anterior, durante y posterior a los partidos y comparar entre ambas. Los eventos sociales generan un gran impacto en la calidad de Servicio que se da a los usuarios y por tanto son de gran interés para el análisis [1] [5] [6] [7]. En Fig. 3 y Fig. 4 tenemos la distribución de las estaciones base dependiendo de la operadora.

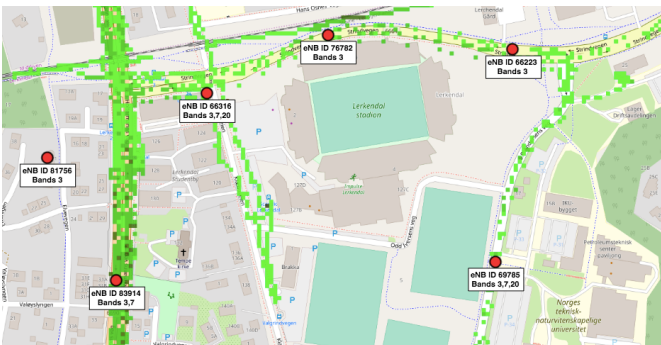


Fig. 3. Disposición de las estaciones base de Telenor



Fig. 4. Disposición de las estaciones base de Telia

En la campaña “Experiments in Lerkendal” se analizan los datos recogidos en 17 días de partido, con la intención de obtener indicadores del comienzo de este, para lograr un mecanismo que nos permita reconocer acumulaciones de personas antes de que estas ocurran. Esto permitirá sin duda

la mejora de la QoE (Quality of Experience) del usuario, además de evitar posibles errores en dichas estaciones debido a la preparación previa de estas. En la campaña “Mobile Insight” (que recoge 6 partidos) además de los parámetros modem se añade un sniffer de tráfico de las capas radio LTE (PDCP, NAS, RRM, RRC, MAC y PHY) [8] [9], desarrollado por la universidad de UCLA, que guarda los paquetes intercambiados con la estación base. En base a esta traza se pueden extraer indicadores de las capas radio que ayuden a profundizar en la influencia sobre el rendimiento en los servicios y los efectos entre capas.

Dentro de cada una de las muestras obtenidas existe un rango variado de granularidades e información de los diversos mecanismos que se llevan a cabo durante la comunicación. En los siguientes puntos se explica con brevedad las características de cada una de estas muestras y su configuración para este estudio:

- i. HTTP: Intervalo de ejecución de 15 minutos desde 1 hora antes, hasta 1 hora después de cada partido, aportando información de los tiempos de carga de la página solicitada. (i.e [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)).
- ii. FTP: Programado con la misma frecuencia que HTTP y habiéndose ejecutado secuencialmente con respecto a éste. Se midieron tiempo de descarga, throughput y tiempo de establecimiento o setup.
- iii. PING: Obteniendo el tiempo de ida y vuelta de paquetes ICMP medido en ms (Round Trip Time o RTT) y ejecutado cada minuto en un proceso paralelo durante todo el tiempo que el nodo estuvo tomando medidas.
- iv. MODEM: Es una traza de captura de métricas radio como el RSSI (Received Signal Strength Indicator), RSRP (Referenced Signal Received Power) y el RSRQ (Reference Signal Received Quality). Además de información de la banda e id de cada celda a la que se encuentra conectada, ejecutado cada segundo.
- v. Mobile Insight: Captura de la información de todos los paquetes intercambiados en todas las capas radio LTE.

Los partidos de los cuales se han obtenido datos, además de la cantidad de muestras y tipo de información obtenida en los mismos, han sido almacenados en un archivo csv para procesarlos con mayor comodidad, además de permitir el fácil acceso a dicha información a partir de scripts. El formato de dicho fichero se muestra en la TABLA I. En esta, se aprecia que cada fila indica un partido, donde se da información en cada columna de la fecha, hora, asistencia y cantidad muestras tomadas por operador. Debido a la magnitud de la tabla, solo se muestra parte de ella.

TABLA I  
FORMATO DEL ARCHIVO DE RECOGIDA DE DATOS

Partido	Fecha	Hora	Asistencia	Op 0	Op 1
Lillestrom	14-09-2019	18:00	12183	2420	5300
Cork city	16-08-2018	20:45	8028	3506	4091
Brann	28-09-2018	20:00	12578	1674	3682

#### IV. ANÁLISIS

En esta sección se realiza un análisis de los datos obtenidos en las 2 campañas de medidas lanzadas. Primero analizaremos los datos obtenidos de Modem de varios partidos de fútbol entre 2018 y 2019, y luego los obtenidos en una segunda campaña con una mayor granularidad e información recogida en las trazas, además, de los datos obtenidos en días en los que no se celebra ningún evento.

##### A. Entorno de radio con Modem

En primer lugar, se ha analizado cómo cambia el entorno radio durante los días de partido (eventos) con respecto a días normales, a partir de la información de los parámetros obtenidos de las trazas modem. Para ello se han escogido los datos pertenecientes a uno de los nodos con id 371 a través de su interfaz conectada a la red del operador Telia.

Para ello se ha representado en la Fig. 5 el nivel de potencia recibida o RSRP a lo largo del tiempo desde 3 horas antes de cada partido hasta 1 hora después, superponiendo un total de 6 partidos diferentes. En esta gráfica es posible distinguir además de una gran variabilidad temporal del parámetro, una abrupta disminución del mismo durante aproximadamente 1 hora antes del comienzo del partido (marcado con una línea vertical negra el comienzo del partido), seguido de un tiempo de recuperación, que ocurre a mediados del partido hasta 1 hora después del comienzo

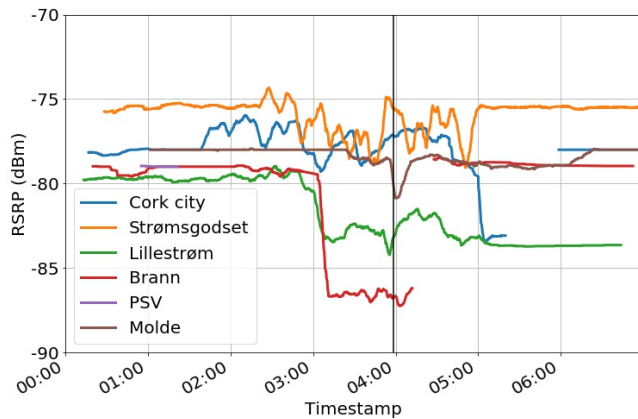


Fig. 5. RSRP del nodo 371 durante varios partidos.

Sobre todo, en los trazos rojo y verde, que son los que corresponden a partidos con mayor asistencia, es donde sufre una caída de mayor magnitud. Como se observará en las siguientes secciones este comportamiento es claramente perjudicial para la calidad de experiencia del usuario.

Para asegurarnos que se trata de un fenómeno exclusivamente relacionado con el desarrollo del evento se han recogido muestras durante días “normales” (días en los que no hay partido) que se pueden ver en la Fig. 6. Dichas muestras han sido recogidas durante un periodo de duración de 24 horas para poder comprobar si existen anomalías similares en momentos determinados. Se deduce de la figura mencionada que, los patrones se mantienen estables a lo largo del día en torno a valores entre -76 dBm, -78 dBm y -80dBm, demostrando así que la anterior anomalía, probablemente, fue producida debido al evento de estudio.

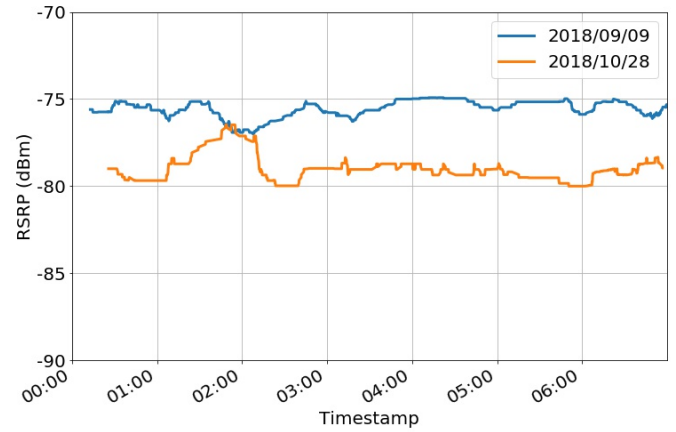


Fig. 6. RSRP de nodo 371 durante días normales.

##### B. Entorno de radio con Mobile Insight

En la campaña “Mobile Insight” se ha obtenido información adicional de la señal radio de las celdas vecinas a partir de las trazas de los mensajes intercambiados con la estación base.

Mediante estas muestras se realiza una representación (Fig. 7) de la evolución temporal del RSRP de la celda a la que está conectada el nodo, junto a la de las celdas vecinas detectadas. También, se incluye una representación del nivel de RSRQ en la Fig. 8.

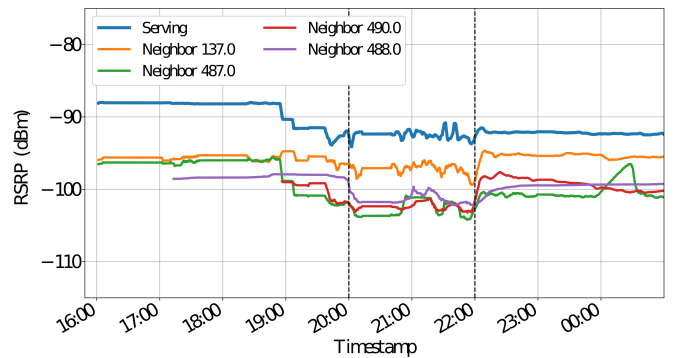


Fig. 7. RSRP de la celda servidora del nodo 371 y de sus vecinas.

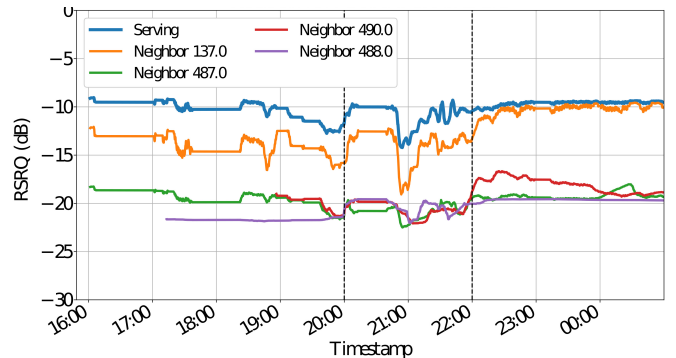


Fig. 8. RSRQ de la celda servidora del nodo 371 y de sus vecinas.

Resulta de especial interés realizar un estudio detallado de la información de radio de celdas vecinas no solo para ver su comportamiento y observar que también esta reducción de calidad se produce en ellas, sino con objeto de que, al poder observar una reducción menor se podría asignar parte de los terminales a dichas celdas vecinas para evitar sobrecargar la antena más cercana al estadio. Igual que en Fig. 5, podemos apreciar el efecto del evento sobre los parámetros graficados.

### C. Indicadores de rendimiento de las aplicaciones

Una vez caracterizado el comportamiento de la potencia de la señal recibida en los días en los que hay partido, se requiere comprobar cómo ha afectado dicho comportamiento al rendimiento de las aplicaciones lanzadas en los experimentos anteriormente descritos. Debido a la magnitud de los datos obtenidos en ambas campañas se mostrarán solo los resultados del nodo 371 con operador Telia, aunque, los resultados para el resto de los nodos y operadores presentan gran similitud. En primer lugar, para el servicio FTP, es posible apreciar una disminución de la velocidad de descarga antes y durante el partido, como se observa en la Fig. 9. Esta gráfica muestra la función distribución de probabilidad acumulada (CDF), por ejemplo, para FTP 10MB, la probabilidad de que el throughput sea menor o igual que 20 Mbps es aproximadamente 80% antes del partido, peor comparado con el 20% de probabilidad que registramos durante este, también en este momento, la carga de páginas web es peor, Fig. 10, indicando que la reducción de calidad se produce mayormente, antes del comienzo del partido.

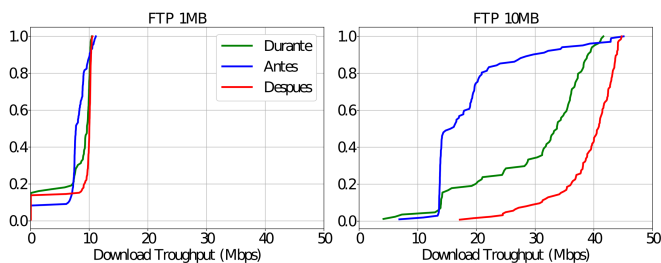


Fig. 9. CDF de la velocidad de descarga de archivos de 1 y 10 MB, 2 horas antes, durante y después de los partidos.

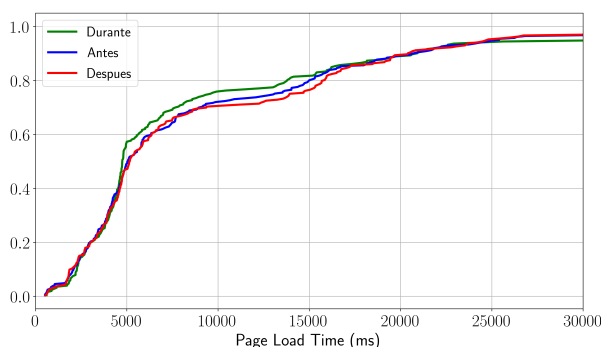


Fig. 10. CDF de la velocidad de carga de páginas web durante 2 horas antes, durante y después de los partidos.

En los experimentos de ping podemos ver también el efecto de los partidos en el RTT, Fig. 11, hay que tener en cuenta que aquí se busca que el RTT sea lo menor posible, la gráfica, por tanto, es inversa a las anteriores. En este caso es durante el partido, donde obtenemos peores resultados.

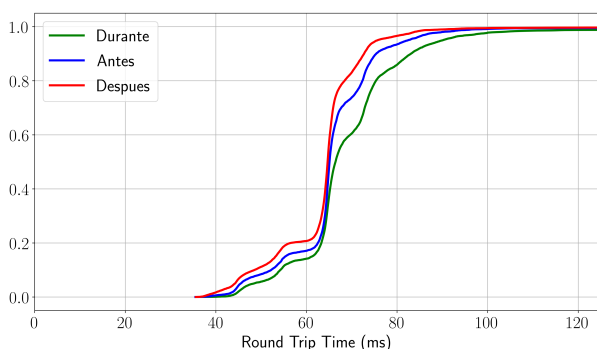


Fig. 11. CDF del RTT de los partidos analizados.

### V. CONCLUSIONES

En este artículo se ha mostrado el potencial de uso de sondas virtualizadas para diversas aplicaciones en la gestión de redes móviles durante eventos [10]. La capacidad ofrecida por las sondas permite visualizar información radio además de acceder al plano de usuario e integrarlo con las tareas de gestión de red. Al obtener indicadores más cercanos a la calidad real del usuario, se permitirá una mejor aproximación cuando se llegue a una solución del problema. Dada la considerable extensión de la campaña de medidas se han mostrado los resultados en base a una sola sonda y operador, no obstante, como trabajo futuro se analizarán en detalle las diferencias de comportamiento entre operadores y nodos.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está parcialmente financiado dentro de los proyectos H2020 Locus (grant agreement n. 871249), MONROE (grant agreement n. 644399) y por la Junta de Andalucía y fondos FEDER (Programa Operativo FEDER Andalucía 2014-2020) proyecto IDADE-5G (UMA18-FEDERJA-201).

### REFERENCIAS

- [1] S. Fortes, D. Palacios, I. Serrano and R. Barco, "Applying Social Event Data for the Management of Cellular Networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 56, no. 11, pp. pp. 36-43, 2018.
- [2] 3. TR25.913, «Requirements for evolved UTRA (E-UTRA) and evolved UTRAN (E-UTRAN)».
- [3] Ö. Alay, A. Lutu, M. Peón-Quirós, V. Mancuso, T. Hirsch, K. Evensen, A. Hansen, S. Alfredsson, J. Karlsson, A. Brunstrom, A. Khatouni Safari, M. Mellia and M. Ajmone Marsan, "Experience: An Open Platform for Experimentation with Commercial Mobile Broadband Networks," in *In Proceedings of the 23rd Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom '17)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 70–78, 2017.
- [4] M. and D. , "Docker: lightweight Linux containers for consistent development and deployment," *Linux Journal*, 2014.
- [5] C. Tselios and G. Tsolis, "On qoe-awareness through virtualized," in *2016 IEEE 21st International Workshop on Computer Aided Modelling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD)*, pp. 1-9, Oct 2016.
- [6] P. Castagno, V. Mancuso, M. Sereno and M. A. Marsan, "Why your smartphone doesn't work in very crowded environments," in *2017 IEEE 18th International Symposium on A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM)*, pp. 1-9, June 2017.
- [7] P. Castagno, V. Mancuso, M. Sereno y M. A. Marsan, «Limitations and sidelink-based extensions of 3gpp cellular access protocols for very crowded environments,» *Computer Networks*, vol. 168, p. 107046, 2020.
- [8] Y. Li, C. Peng, Z. Yuan, J. Li, H. Deng y T. Wang, «MobileInsight: Analyzing Cellular Network Information on Smartphones,» *ACM MobiCom*, 2016.
- [9] [Online]. Available: <https://curl.haxx.se/docs/manpage.html>.
- [10] C. Tselios y G. Tsolis, «On qoe-awareness through virtualized probes in 5g networks,» *IEEE 21st International Workshop on Computer Aided Modelling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD)*, p. 159–164, Oct 2016.

