

Experimentos numéricos sobre cooperación en redes móviles

Fernando A. Miranda Bonomi¹, Miguel A. Cabrera¹

(1) *Laboratorio de Telecomunicaciones, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán.*

fmirandabonomi@facet.unt.edu.ar

mcabrera@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN: La cooperación en las comunicaciones móviles permite mejorar simultáneamente la eficiencia en el uso de la infraestructura celular, la calidad de servicio de datos y la eficiencia energética de los terminales. Se presentan los resultados de experimentos numéricos en simulaciones estocásticas basadas en actores. Su propósito es comparar el desempeño de las comunicaciones cooperativas con el de las comunicaciones autóricas en un escenario idealizado, con la finalidad de explorar las potenciales ganancias y limitaciones en vistas a un modelado estadístico más riguroso.

Palabras clave: COOPERACION, REDES MOVILES, SIMULACION, ACTORES, COMPARACION

1 INTRODUCCIÓN

Los dispositivos móviles se están constituyendo en la principal vía de acceso a servicios de datos, como correo electrónico, video por internet y redes sociales (Gutierrez et al. 2011).

La infraestructura celular enfrenta dificultades para sostener una demanda cada vez mayor en el tráfico de datos (UMTS Forum 2011).

Las comunicaciones cooperativas permiten un mejor aprovechamiento de la red celular y presentan potenciales beneficios para usuarios y operadores por igual (Fitzek et al 2007; Albiero et al 2008; Sarvanko et al 2010).

1.1 La problemática

Con el creciente uso de dispositivos móviles conectados a la red celular para el acceso a internet, el tráfico de datos será en el futuro cercano el principal tráfico sobre la red celular (UMTS Forum 2011). Para soportar un tráfico creciente y la utilización simultánea de la red por un número cada vez mayor de usuarios, la industria de las comunicaciones celulares se está decantando por el despliegue de células cada vez más pequeñas, pasando de celdas que cubrían grandes zonas de una ciudad (macrocelas) hacia celdas que cubren áreas específicas de un edificio (femtoceldas) (Duan et al 2012).

Los usuarios de telefonía móvil esperan un acceso fluido y consistente a datos, pues los terminales dependen en grado creciente del acceso a internet para brindar servicios a sus usuarios (UTMS Forum 2011; Gutierrez et al 2011).

1.2 La solución cooperativa

A causa de lo expuesto, ha cobrado gran relevancia en tiempos recientes el concepto de comunicaciones cooperativas, que implica que los usuarios cooperan en su uso de la red celular, compartiendo información y coordinando sus actividades mediante vínculos de corta distancia a fin de obtener beneficios mutuos. La actividad coordinada permite un mejor aprovechamiento de la infraestructura, pues la información puede compartirse entre terminales en lugar de pedirse repetidamente de la red celular (Zhang et al 2007).

La cooperación redonda en beneficios para los usuarios, pues los vínculos de corta distancia insumen un gasto energético menor que los vínculos con la red celular y las tasas de transferencia son también considerablemente mayores (Fitzek et al 2007; Albiero et al 2008; Sarvanko et al 2010).

Los terminales móviles poseen capacidades para formar vínculos de corta distancia entre pares sin necesidad de infraestructura de red (por ejemplo mediante bluetooth), pero no hay aún un marco universalmente aceptado que permita la comunicación cooperativa.

1.3 Motivaciones para la cooperación

Desde el punto de vista del usuario final, la cooperación puede parecer a primera vista inconveniente, pues debe compartir con otros usuarios haciendo uso de sus recursos energéticos. Sin embargo, el beneficio a obtener es significativo, pues también otros usuarios

compartirán con él, y la obtención de información mediante vínculos de corto alcance implica un gasto energético sustancialmente inferior a la obtención mediante la red celular.

Otra motivación potencial es la calidad de servicio percibida, que mejorará dado que parte de la información podrá obtenerse de otros usuarios por vínculos locales.

También cabe destacar que la red local entre pares (P2P) que se generaría tiene potenciales aplicaciones como plataforma estándar para juegos en línea, sensado distribuido, aplicaciones de realidad aumentada y todo aquello que requiera de vínculos inalámbricos locales (Albiero et al 2008; Fitzek et al 2007; Sarvanko et al 2010).

2 OBJETO Y METODOLOGÍA

2.1 Objeto

Como parte de la línea investigativa del Laboratorio de Telecomunicaciones en el área de comunicaciones cooperativas, se han realizado una serie de simulaciones empleando un modelo basado en actores.

El objetivo principal es la comparación entre dos estrategias de obtención de información, una estrategia no cooperativa (autárquica) y una cooperativa.

2.2 Metodología

Los experimentos consistieron en la ejecución de una serie de simulaciones basadas en actores variando uno o más parámetros. El motor de simulación empleado es NetLogo 5.0.4 (Wilensky 1999).

Se obtuvo de random.org (random.org 2013) una lista de 100 números aleatorios, y para cada valor de los parámetros se efectuaron 100 simulaciones inicializando el generador de números pseudoaleatorios con cada uno de los números aleatorios obtenidos.

2.3 Simulación

Las simulaciones son estocásticas basadas en un generador de números pseudoaleatorios, la semilla de dicho generador determina junto con los demás parámetros el desarrollo de una simulación.

La simulación consiste en actores que modelan usuarios, posicionados en un tablero formado por cuadros. Los usuarios pueden ser cooperadores (comparten información entre sí) o autarcas. La acción se desarrolla por turnos.

El tablero es cuadrado, de cuarenta cuadros de lado. Tiene topología toridal, es decir que si se

excede el borde derecho se reingresa por el izquierdo, si se excede el superior se reingresa por el inferior, y viceversa.

Cada cuadro del tablero tiene una propiedad de calidad de enlace celular, que se asigna de forma pseudoaleatoria. Este parámetro modela la cobertura de la red celular en la posición del cuadro.

Todos los usuarios deben obtener el mismo conjunto de bloques de información. Pueden obtener bloques de la red celular o de sus pares (cuando estos los posean).

Cada usuario tiene una cantidad inicial de energía disponible para operar. Solo se considera en la simulación el consumo energético correspondiente a transferencias de bloques.

Si un usuario agota su energía es removido de la simulación.

Si un autarca consigue todos los bloques se convierte en autarca retirado, no gasta más energía durante el resto de la simulación.

Si un cooperador consigue todos sus bloques puede convertirse en autarca retirado o en semilla una semilla continúa compartiendo sus bloques mientras cuente con energía suficiente.

Cuando todos los usuarios han obtenido la totalidad de los bloques la simulación se da por finalizada.

La operación de transferencia de un bloque es atómica.

Los parámetros que gobiernan la simulación son los siguientes:

- Semilla del generador de números pseudoaleatorios.
- Número total de usuarios.
- Porcentaje de cooperadores (del número total de usuarios).
- Movilidad (probabilidad de moverse en un turno) de los usuarios, parametrizada valor promedio y desviación, limitada hacia abajo en cero.
- Tamaño del contenido (número de bloques).
- Probabilidad de que un cooperador sea semilla (siga compartiendo luego de terminar de bajar sus bloques).
- Mínimo nivel de energía necesario para el rol de semilla.
- Costo energético de recepción desde red celular.
- Costo energético de transmisión a un par.
- Costo energético de recepción de un par.
- Energía inicial, parametrizada por valor promedio, mínimo y desviación (sin considerar recorte por mínimo).

- Rango de los vínculos entre pares, parametrizado por
 - Distancia máxima para establecimiento de un vínculo.
 - Distancia de ruptura de un vínculo.
- Parámetros que limitan la transferencia de bloques en un turno:
 - Máximo número de bloques que pueden recibirse de pares.
 - Máximo número de bloques que pueden transferirse a pares.
 - Máximo número de bloques que pueden solicitarse a la red celular (la solicitud tiene una probabilidad de éxito que depende de la calidad de servicio).
 - Máximo número de bloques que pueden obtenerse por turno (independientemente del método).

2.4 Medidas

Luego de cada simulación en un experimento se colectaron datos sobre el estado de los agentes y las características de la simulación.

3 EXPERIMENTOS

3.1 Variación del número de usuarios

En este experimento se varió el número de usuarios manteniendo todos los otros parámetros constantes. Se espera que los autarcas se desempeñen de forma independiente. Los cooperadores, por otra parte, trabajan en conjunto, y se espera que al haber un mayor número se incrementen las posibilidades de compartir información. Por ejemplo, es posible que habiendo solo dos usuarios cooperadores la distancia entre ellos no permita en ningún momento de la simulación la formación de un vínculo.

Parámetros:

- Número total de usuarios: {4; 10; 20; 24; 30; 36; 44; 54; 66; 78; 92; 136; 164}
- Porcentaje cooperadores: 50%
- Movilidad 28 desviación 12
- Contenido: 600 bloques
- Probabilidad de ser semilla: 100%
- Energía mínima semilla: 15
- Energía recepción celular: 140 / 1000
- Energía transmisión a par: 41 / 1000

- Energía de recepción de par: 25 / 1000
- Energía inicial 200 desviación 0 piso 10
- Vínculos:
 - Distancia máxima creación: 10
 - Distancia de ruptura: 10
- Límites de transferencia por turno:
 - Recepción de pares: 10
 - Transmisión a pares: 10
 - Solicitud a red: 31
 - Tasa máxima: 10

3.2 Variación del costo relativo de la transmisión entre pares

Se varió el costo de transmisión celular. De este modo se abarató la transmisión celular respecto a la transmisión entre pares. Se espera que si la transmisión entre pares es más costosa que la celular la cooperación puede significar un ahorro de tiempo pero generará un gasto adicional de energía. Del mismo modo, se espera que una transmisión entre pares poco costosa signifique un ahorro tanto de energía como de tiempo.

- Número total de usuarios: 50
- Porcentaje cooperadores: 50%
- Movilidad 28 desviación 12
- Contenido: 600 bloques
- Probabilidad de ser semilla: 100%
- Energía mínima semilla: 15
- Energía recepción celular: {40; 60; 80; 100; 120; 140; 200} / 1000
- Energía transmisión a par: 41 / 1000
- Energía de recepción de par: 25 / 1000
- Energía inicial 200 desviación 0 piso 10
- Vínculos:
 - Distancia máxima creación: 10
 - Distancia de ruptura: 10
- Límites de transferencia por turno:
 - Recepción de pares: 10
 - Transmisión a pares: 10
 - Solicitud a red: 31
 - Tasa máxima: 10

4 RESULTADOS

Para el análisis de los datos generados por los experimentos se empleó el entorno R para análisis estadístico (R Core Team 2013). Para cada experimento se cargaron los datos tabulados y se realizaron gráficos de línea ilustrando los resultados en función de la variable de control. Se presentan a continuación los resultados en forma gráfica, y las conclusiones correspondientes.

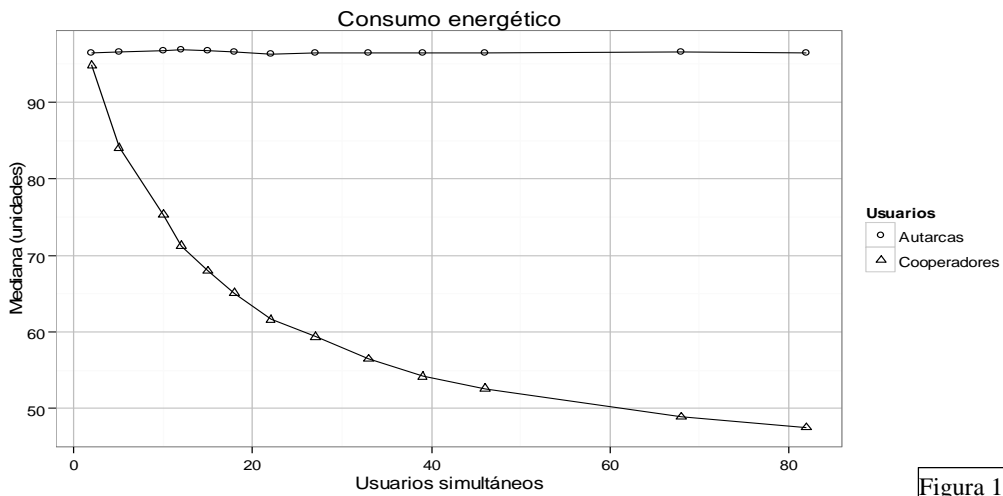


Figura 1

4.1 Variación del número de usuarios

En los gráficos de las Fig. 1 a 3 se presentan los resultados del experimento de variación del número de usuarios

4.1.1 Consumo energético

En Fig. 1 puede observarse que con cada incremento del número de usuarios simultáneos se produce un significativo descenso en el consumo energético de los cooperadores. A partir de cinco usuarios (segundo punto) se observa una diferencia significativa entre autarcas y cooperadores.

4.1.2 Carga de la red celular

Fig. 2 muestra un marcado descenso en la cantidad de bloques obtenidos de la red celular

por cada usuario cooperativo en función del crecimiento del número de cooperadores operando simultáneamente, lo que significa una descarga importante de la red, llegando a cerca de un sexto de la carga que exigirían usuarios autárquicos.

4.1.3 Tasa de transferencia

Puede observarse en Fig. 3 un incremento significativo de la tasa de transferencia de usuarios cooperativos al crecer el número de usuarios operando en forma simultánea. A partir de cinco usuarios simultáneos (segundo punto) hay una diferencia significativa respecto a usuarios autárquicos.

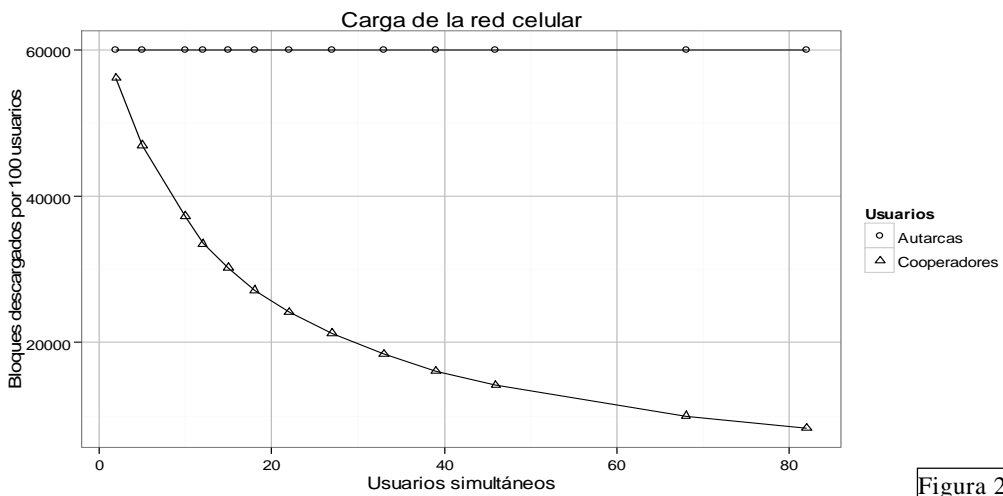


Figura 2

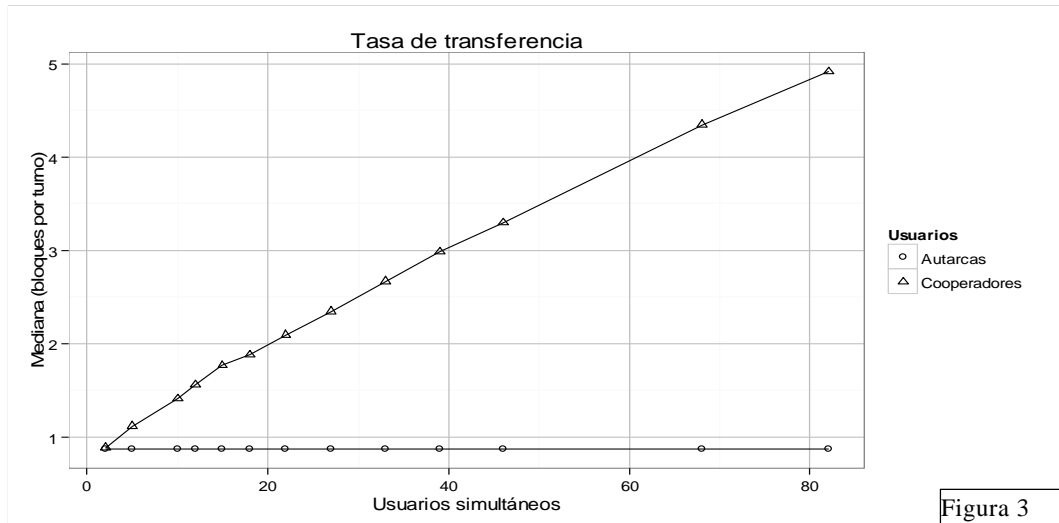


Figura 3

4.2 Variación del costo relativo de la transmisión entre pares

Los gráficos de las Fig. 4 a 6 muestran los resultados del experimento de variación del costo relativo de la transmisión entre pares

4.2.1 Consumo energético

En Fig. 4 puede observarse que para un costo de recepción celular de 40 (del orden del costo de la transmisión a un par) (primer punto) los cooperadores presentan un consumo significativamente superior a los autarcas, mientras que para un costo de recepción celular de 60 (segundo punto) o superior se revierte la situación habiendo un significativo ahorro para los cooperadores. El costo de una transferencia entre pares (transmisión más recepción) es de 66.

4.2.2 Carga de la red celular

Como los usuarios en esta simulación se comportan en forma agnóstica respecto del costo relativo de la transferencia entre pares, el número de transferencias celulares para los cooperadores es constante respecto al costo de las transferencias. Puede observarse en Fig. 5, en concordancia con el experimento del apartado 4.1, que la carga sobre la red de cada usuario cooperativo disminuye significativamente respecto a los autarcas.

4.2.3 Tasa de transferencia

Debido a lo explicado en el punto anterior, la tasa de transferencia es constante respecto al costo relativo de la transferencia entre pares.

La Fig. 6 muestra, en concordancia con el

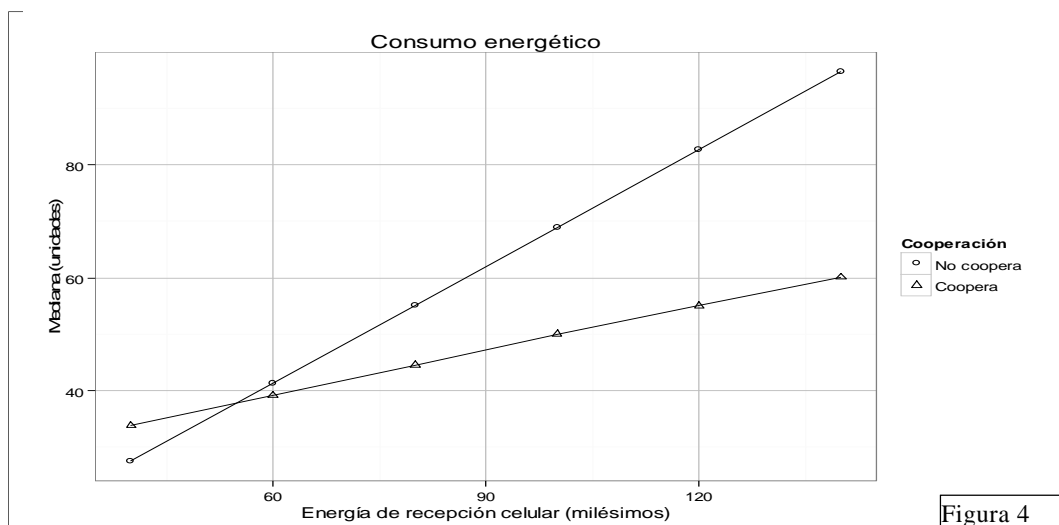


Figura 4

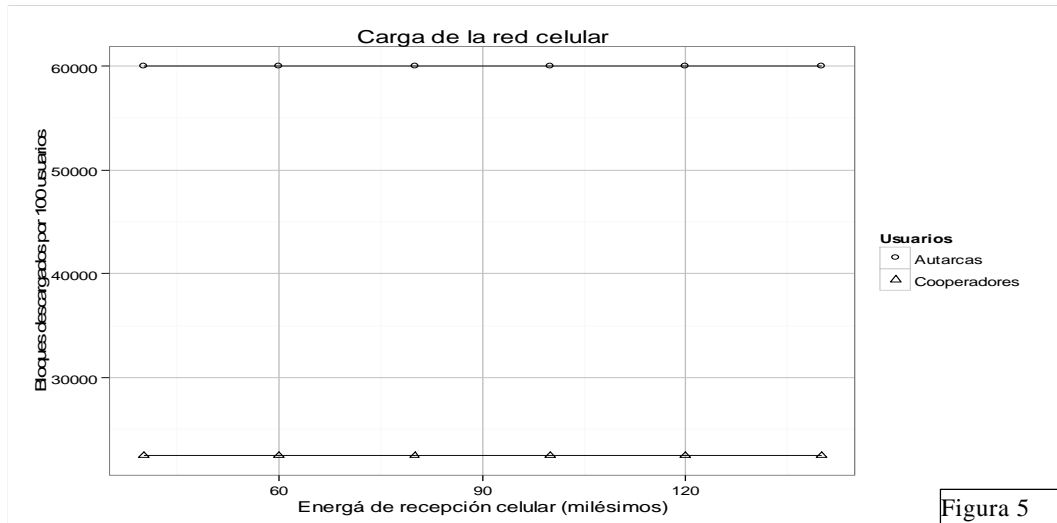


Figura 5

experimento del apartado 4.1, una importante mejora en la tasa de transferencia para los cooperadores.

5 CONCLUSIONES

Se han realizado dos experimentos numéricos empleando un software de simulación basada en actores. Del análisis de los datos obtenidos es clara la mejora en desempeño que significa la cooperación para este caso muy simplificado. Adicionalmente puede observarse que, en este escenario, siempre y cuando el costo de la descarga desde la red celular sea mayor al costo de la transferencia entre pares (transmisión más recepción) se evidencia un ahorro de energía significativo para los cooperadores. Este modelo simplificado puede ampliarse para

describir situaciones más complejas y evaluar estrategias cooperativas que incluyen igualmente compleja interacción entre los cooperadores, es este uno de los caminos que se está recorriendo actualmente en nuestro laboratorio. Cabe destacar la conveniencia de las herramientas empleadas, ambas disponibles sin cargo, su facilidad de uso y potencia.

6 REFERENCIAS

Albiero F., J. Vehkaperä, M. Katz & F. Fitzek, Overall Performance Assessment of Energy-Aware Cooperative Techniques Exploiting Multiple Description and Scalable Video Coding Schemes, *Communication Networks and Services Research Conference, 2008. CNSR 2008. 6th Annual*, 18-24, 2008.

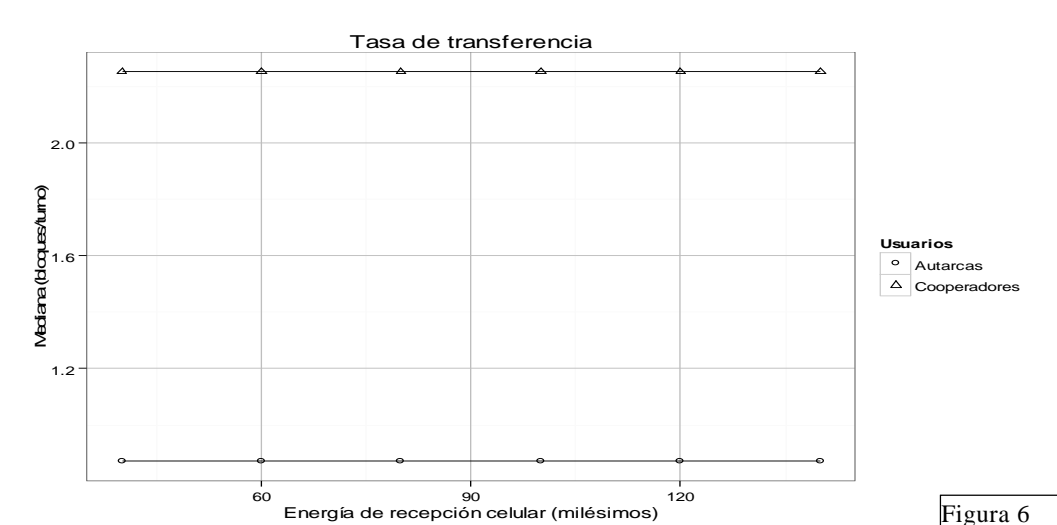


Figura 6

- Duan, L., J. Huang & B. Shou, Economics of Femtocell Service Provision, *IEEE Transactions on Mobile Computing* 99, vol.PP, 1-1, 2012.
- Fitzek, F.H., M.V. Pedersen, & M. Katz, A Scalable Cooperative Wireless Grid Architecture and Associated Services for Future Communications, *13th European Wireless Conference*, Paris, 2007.
- Gutierrez, A., R.G. Dreslinski, T.F. Wensich, T. Mudge, A. Saidi, C. Emmons & N. Paver, Full-system analysis and characterization of interactive smartphone applications, *IEEE International Symposium on Workload Characterization (IISWC)*, 81-90, 2011.
- R Core Team, *R: A Language and Environment for Statistical Computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <http://www.R-project.org/>, 2013.
- random.org, *Random Integer Generator*, <http://www.random.org/integers/>, 2013-07-25 01:56:19 UTC.
- Sarvanko, H., M. Höyhty, M. Katz & F. Fitzek, Distributed resources in wireless networks : Discovery and cooperative uses, *4th ERCIM eMobility Workshop in conjunction with WWIC Lulea* (Sweden), 51-60, 2010.
- UMTS Forum, *Mobile traffic forecast 2010-2012 report*, UMTS Forum, London, 2011.
- Zhang Q., F. Fitzek & M. Katz, Cooperative Power Saving Strategies for IP-Services Supported over DVB-H Networks, *IEEE Wireless Communications and Networking Conference WCNC 2007*, 4107-4111, 2007.
- Wilensky, U., *NetLogo*, Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University. Evanston IL, 1999, <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>, 03/2013.