

ANÁLISIS DEL TRASPASO DE USUARIOS MÓVILES ENTRE CELDAS DE UN SISTEMA “EVOLUCION A LARGO PLAZO”

Ernesto E. Quiroz M., Neftalí Oroz Moreno, Roberto Sepúlveda Cruz
 Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital (CITEDI-IPN)
 Avenida del Parque 1310, Mesa de Otay, Tijuana, B. C., 22510
 Tel. +52 (664) 623-1344, Fax +52 (664) 623-1388
 {eequiroz, noroz, rsepulve}@citedi.mx

RESUMEN

LTE logra mejorar las características operativas respecto a su antecesor UMTS en prácticamente todos los subsistemas. El traspaso entre celdas es una de las áreas críticas de operación, que determinan si el usuario percibe el servicio como bueno o malo, pues es en el momento del traspaso en el que se puede perder información de una sesión (datos, voz o video), romper el enlace, o efectuar falsos traspasos entre celdas. Esta problemática es tomada en el presente trabajo, en el que se desarrolla una herramienta de análisis del traspaso entre celdas LTE, que toma en cuenta el enlace radioeléctrico del móvil con un grupo de celdas cercanas, la posición de las celdas, la trayectoria del móvil y su velocidad, para determinar de acuerdo a diversos criterios de disparo, el momento en que inicia el handoff, y de esta manera poder comparar estos criterios entre sí, y determinar el más apropiado.

1. Introducción

LTE (Long Term Evolution: Evolución a Largo Plazo) es el nombre de la 4a Generación de los sistemas celulares, cuya estandarización terminó en 2009 (Release 8), y ya están empezando a operar en algunas localidades de países de Asia, Europa y Norteamérica. No obstante esto, seguirán coexistiendo por muchos años con sistema celulares existentes de generaciones anteriores, como 3.5G (HSDPA/HSUPA: High-Speed Downlink Packet Access/High-Speed Uplink Packet Access: Acceso de Paquetes de Enlace Descendente de Alta Velocidad/Acceso de Paquetes de Enlace Ascendente de Alta Velocidad), 3G (UMTS: Universal Mobile Telecommunications System: Sistema de Telecomunicaciones Móviles Universales) y 2.5G (EGPRS: Enhanced General Packet Radio Service: Servicio de Paquetes Generales de Radio Mejorados). A la fecha LTE cuenta con 3 versiones, denominadas Release 8 [1], Release 9 [2] y Release 10 [3].

LTE es un sistema “Todo IP”, basado en conmutación de paquetes, la interfaz de aire está basada en OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiplex: Multiplexión por División de Frecuencia Ortogonal), y la tecnología de antenas múltiples MIMO (Multiple Input Multiple Output: Múltiples Entradas Múltiples Salidas) [4].

LTE es la tecnología de más rápido desarrollo de sistemas móviles de la historia. El número de operadores que invierten en LTE se ha incrementado 98% desde junio de 2010, y se prevé que al menos 91 redes LTE estarán en servicio comercial a finales de 2012 [5]. La Tabla 1 presenta una perspectiva de rendimiento de 3G, LTE y LTE-A (LTE Advanced) [6, 7].

Tabla 1: Comparativo de capacidades: LTE y 3G

Características	3G Versión 6	LTE Versión 8	LTE Versión 10
Enlace			
Tasa de Transmisión Pico	14.4 Mbps	300 Mbps	1 Gbps
Eficiencia Pico Espectral	3 bps/Hz	16 b/s/Hz	16 (* 4 X 4) y 30 (*8 X 8) b/s/Hz
Enlace Ascendente			
Tasa de Transmisión Pico	11 Mbps	75 Mbps	500 Mbps
Eficiencia Pico Espectral	2 bps/Hz	4 b/s/Hz	8.1 (* 2 X 2) y 16.1 (* 4 X 4)
Sistema			
Retardo del 2 vías	200 ms	4.9 ms	4.9 ms
Ancho de	5 MHz	1.4 – 20	1.4 – 100 MHz

* = MIMO

Entre los nuevos servicios de LTE (Release 9) destacan Los servicios de localización (LCS: Location service), también llamado de posicionamiento móvil o de determinación de la

posición, que entrega información específica acerca de la ubicación geográfica de terminales móviles como teléfonos móviles, PDAs y otros dispositivos conectados a otros elementos móviles, como las personas, paquetes y vehículos. [8]. El Release 9 también incluye al Servicio Multimedia de Difusión/Multiemisión (MBMS: Multicast Broadcast Multimedia Service), que es una mejora del sistema UMTS para proporcionar la capacidad de difusión de servicios en la red, es decir, es un servicio de punto a multipunto. Su principal aplicación es TV Móvil. [9].

2. Gestión de movilidad en LTE

Se denomina Handoff (HO) al procedimiento utilizado en comunicaciones móviles celulares con el objetivo de transferir el servicio de un usuario móvil de una estación base a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente. Este mecanismo garantiza la continuidad del servicio cuando un móvil se traslada a lo largo de su zona de cobertura.

El procedimiento de traspaso consta de cuatro etapas, como ilustra la figura 1. El traspaso de la celda fuente a la celda destino inicia si se cumplen ciertos criterios basados en las mediciones [4].

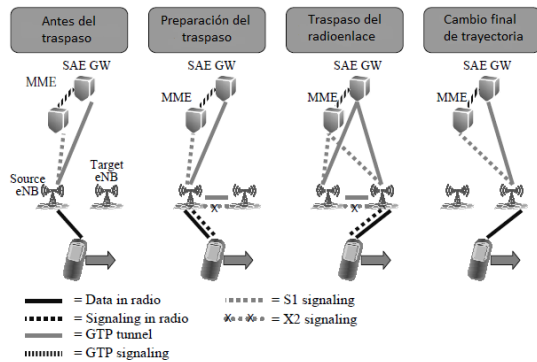


Figura 1: Procedimiento de traspaso entre celdas vecinas.

El UM (Usuario Móvil) se mueve de izquierda a derecha. En la fase inicial, el UM tiene conexión en el plano del usuario al eNodeB fuente y además al System Architecture Evolution Gateway (SAE GW). La conexión de señalización S1 existe entre el eNodeB y el MME. Cuando la celda destino cumple con el reporte de medición del umbral, el UM envía el reporte de medición al eNodeB. El eNodeB establece la conexión de señalización y túnel GTP (GPRS Tunneling Protocol) a la celda destino. Una vez que el eNodeB destino tiene los recursos disponibles, el eNodeB fuente envía la

orden de traspaso al UE. El UM puede cambiar la conexión de radio del eNodeB fuente al eNodeB destino. El núcleo de red no está consciente del traspaso en este punto en el tiempo. La conexión del núcleo de red es finalmente actualizado y este procedimiento es llamado cambio final de trayectoria (Late path switching) [10].

3. Simulador del Handoff

Para efectuar el análisis de la eficiencia del HO se desarrolló una herramienta computacional, que permite determinar, para una trayectoria particular de un UM, si se cumplen las condiciones de HO, así como la posición (coordenadas) en que se cumple, la distancia al límite de la celda fuente, el tiempo disponible para efectuar el HO, y a cuál de las celdas del sistema se traslada.

El Simulador consta de tres interfaces de interacción usuario-sistema. La función primordial de cada interfaz se describe por medio de la figura 2.

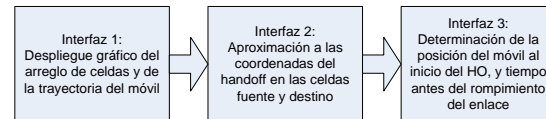


Figura 2: Diagrama a bloques del simulador de handoff

El diagrama de flujo (figura 3) corresponde a la Interfaz 2, y cumple el objetivo de encontrar el punto exacto donde inicia el handoff. Esta etapa verifica si se cumplieron las condiciones de inicio de handoff (margen de umbral y margen de histéresis); de ser así el handoff dará inicio y la interfaz indicará el número de la celda a la cual el usuario móvil se conecta, la distancia del punto de inicio del handoff al límite de la celda y el tiempo disponible de handoff.

Para los cálculos de pérdidas en el espacio libre se aplicaron los modelos Okumura-Hata y COST 231. Pérdida en el espacio libre (Modelo de Okumura-Hata (150-1,500 MHz) para áreas urbanas) [11].

$$L = 69.55 + 26.16 \cdot \log_{10}(f) - 13.82 \cdot \log_{10}(h_B) - C_H + [44.9 - 6.55 \cdot \log_{10}(h_B)] \cdot \log_{10}(d)$$

Para ciudades tamaño pequeñas o medianas,

$$C_H = 0.8 + (1.1 \cdot \log_{10}(f) - 0.7) \cdot h_M - 1.56 \cdot \log_{10}(f)$$

Para ciudades grandes,

$$C_H = 8.29(\log_{10}(1.54 \cdot h_M))^2 - 1.1, \text{ si } 150 \leq f \leq 200$$

$$C_H = 3.2(\log_{10}(11.75 \cdot h_M))^2 - 4.97, \text{ si } 200 < f \leq 1500$$

Donde:

L = Pérdida en el espacio en áreas urbanas (dB).

h_B = Altura de la antena de la estación base (30 - 200 m)

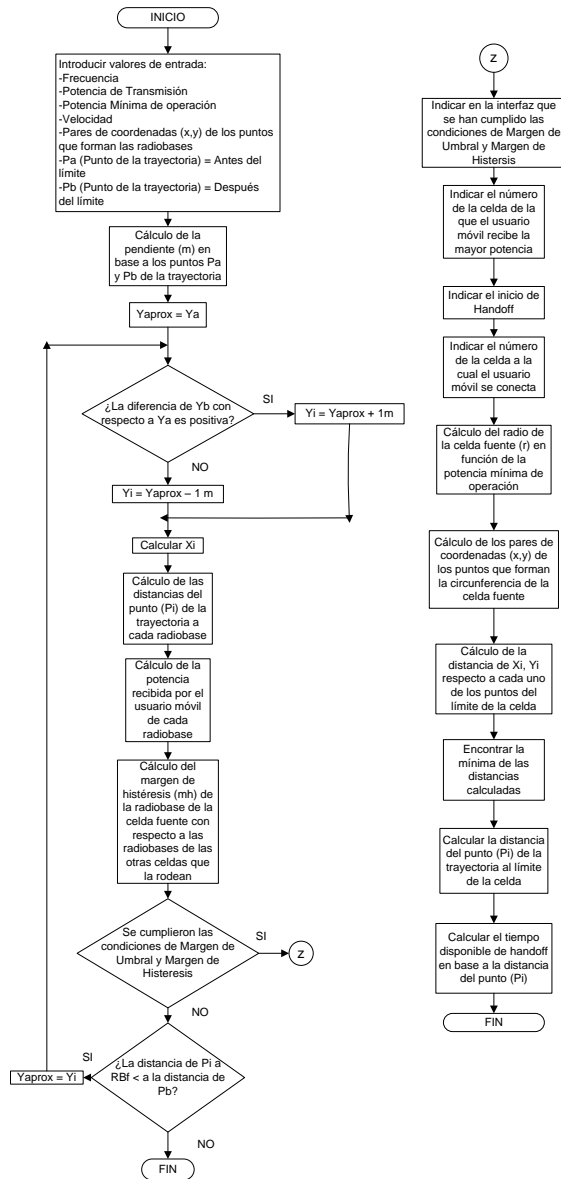


Figura 3: Diagrama de flujo del simulador de handoff

h_M = Altura de la antena de la estación móvil (1 - 10 m).

f = Frecuencia de transmisión (MHz).

C_H = Factor de corrección de la altura de la antena

d = Distancia entre la estación base y la estación móvil (1 - 20Km).

Pérdida en el espacio libre (Modelo de COST 231(1,500-2,000 MHz))

$L = 46.3 + 33.9 \cdot \log(f) - 13.82 \cdot \log(h_B) - a(h_R) + [44.9 - 6.55 \cdot \log(h_B)] \cdot \log(d) + C$

Altura de la antena de la estación móvil: 1 a 10 m.

Altura de la antena de la estación base: 30 a 200 m

Distancia del enlace: 1 hasta 20 km

Para ambientes suburbanos o rurales:

$a(h_R) = (1.1 \cdot \log(f) - 0.7) \cdot h_R - (1.56 \cdot \log(f) - 0.8)$

$C = 0$ dB para ciudades medianas y áreas suburbanas

$C = 3$ dB para áreas metropolitanas

Donde:

h_R = Altura efectiva de la antena de la estación móvil. Unidad: Metro (m)

$a(h_R)$ = Factor de corrección de la altura de la antena de la estación móvil como se describe en el modelo de Hata para áreas urbanas.

4. Caso de Estudio

En esta sección se muestran un caso de estudio para una trayectoria de movimiento del UM, posición de celdas y valores de entrada que se muestran en la siguientes figuras..

En la figura 4 se muestra la Interfaz 1 que se encarga de desplegar de forma gráfica un arreglo de 10 celdas y una trayectoria del usuario móvil. Las posiciones del eNodeB de cada celda, y los puntos de la trayectoria se expresan mediante pares de coordenadas (x,y).

En este Caso particular se utilizan los siguientes valores: potencia mínima de operación, (-79.6 dBm), potencia de transmisión (43 dBm), frecuencia (1400 MHz), margen de umbral (1 dB), altura antena estación base (30 m), altura del equipo móvil (10 m) y tamaño de la ciudad.

Proporciona los resultados de potencia de umbral (-78.6 dBm), radio de la celda (0.9937 Km) y el radio del umbral (0.93082 Km).

La Interfaz 2 (figura 5) utiliza los parámetros introducidos en la interfaz 1, así como algunos de sus valores de salida mencionados anteriormente.

Proporciona los siguientes resultados: al terminar su recorrido el móvil ha rebasado el Margen de Umbral (-82.0487 dBm), ha cumplido con el Margen de Histéresis (-16.3693 dB), recibe la mayor potencia de la celda 3, indica que se efectuó el disparo de HO, su celda destino es la 3, y no hay rompimiento del enlace.

La Interfaz 3 (figura 6) se encarga de localizar el punto exacto donde da inicio el HO, para lo cual toma la interfaz 2, dos pares de puntos de la trayectoria del usuario móvil, antes y después de que el HO ha dado inicio, el único valor que se introduce es la velocidad a la cual va el usuario móvil (120 Km/Hr).

Proporciona los siguientes resultados: las coordenadas en que se cumplen las condiciones de rebasar el Margen de Umbral (-78.6223 dBm) y el

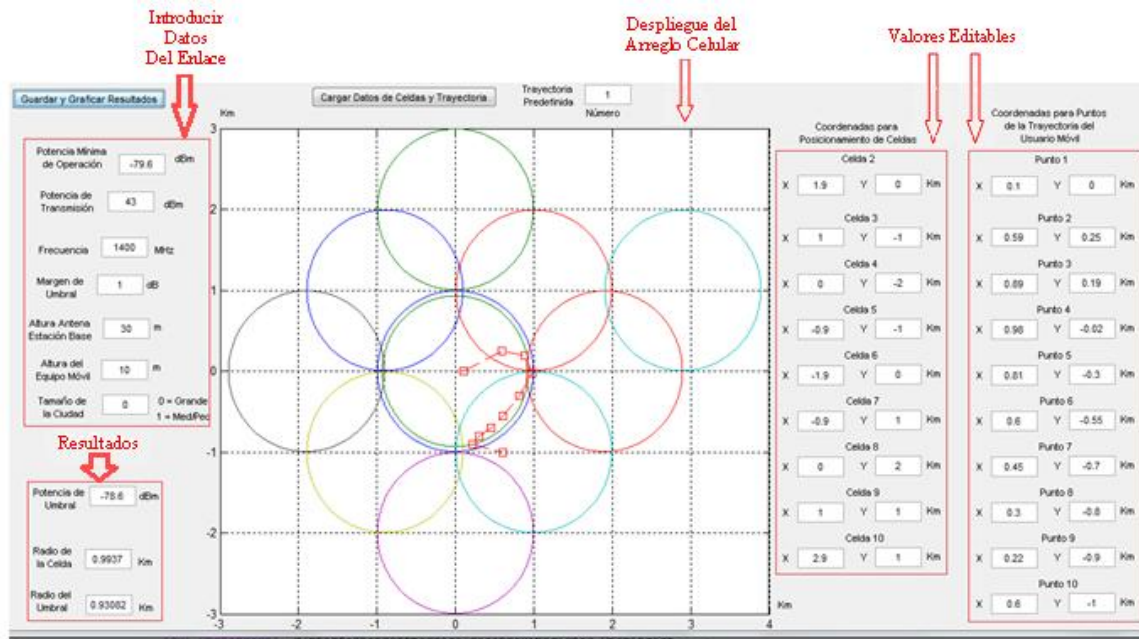


Figura 4: Despliegue gráfico del arreglo de celdas y de la trayectoria del móvil

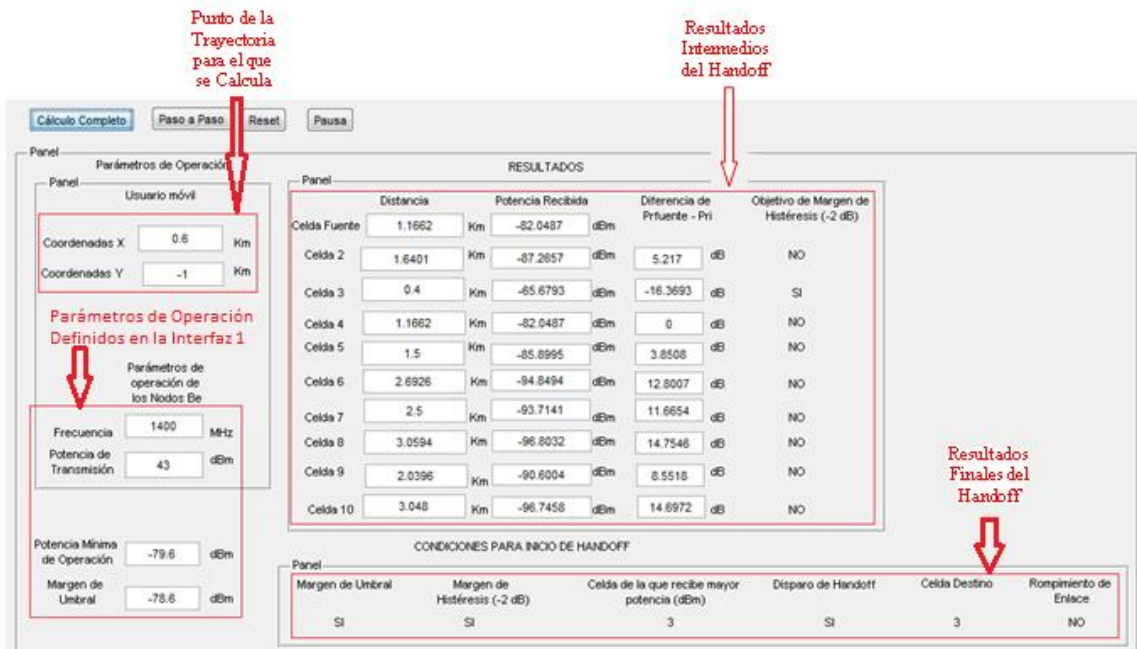


Figura 5: Aproximación a las Coordenadas del Handoff en las Celdas Fuente y Destino

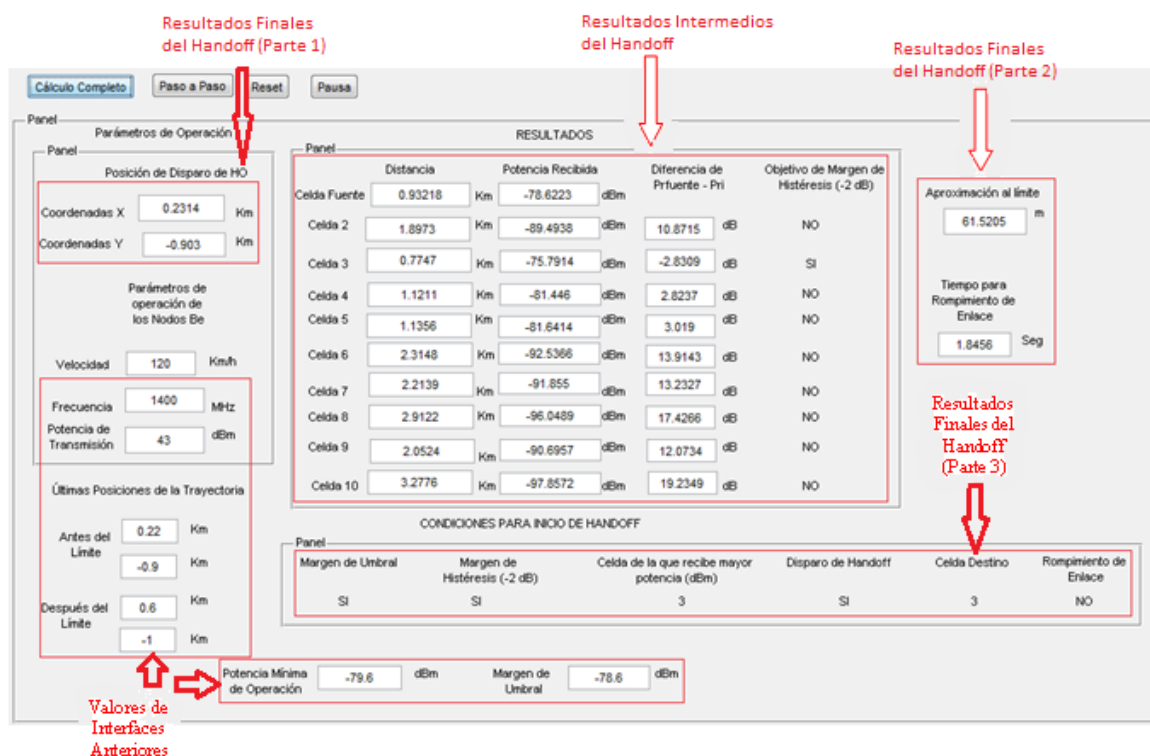


Figura 6: Determinación de la Posición del Móvil al inicio de Handoff, y Tiempo antes del Rompimiento del Enlace

Margen de Histéresis (-2.8309 dB), la mayor potencia recibida es de la celda 3, se efectúa el disparo del HO, la distancia desde el punto de inicio de HO hasta el límite de la celda (61.5205 m) y el tiempo antes de que el enlace llegue a romperse (1.8456 seg.), su celda destino es la 3, y no hay rompimiento del enlace.

La herramienta computacional permite verificar escenarios de HO, en que las variables principales son las siguientes: Posición de los nodos transmisores eNB, trayectoria del usuario, velocidad del usuario, margen de histéresis (2 a 5 dB) [12, 13, 14, 15], potencia de transmisión (40 a 49 dBm) [16, 17, 18, 19, 20], potencia mínima de operación, frecuencia de transmisión (1.5 a 3 GHz) y margen de umbral (1 a 8 dB) [21]

5. Conclusiones

En este trabajo se presenta una herramienta computacional que permite a un diseñador de sistemas LTE, conocer si un determinado arreglo de celdas y características operativas cumplen las expectativas para efectuar el HO en el tiempo adecuado. Ofrece opciones para el cambio de los parámetros del enlace, la posición de las celdas, la

velocidad del móvil, etc., e indica si hubo handoff, rompimiento de enlace, celda destino, y otros resultados adicionales relevantes.

Esta plataforma tiene aplicación en el diseño de arreglos celulares, y en el análisis de la ejecución del handoff.

Uno de los aspectos de trabajo futuro es la adaptación a mapas geográficos y urbanos, para un análisis que considere la posición exacta de las celdas en los puntos de interés de un operador celular.

6. Bibliografía

- [1] 3G Release 8. 'Technical Specifications and Technical Reports for a UTRAN-based 3GPP system', TR 21.101.
- [2] Overview of 3GPP Release 9 V0.2.5 (2012-03)
- [3] Overview of 3GPP Release 10 V0.1.4 (2012-03).
- [4] LTE – The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice, Stefania Sesia, Issam Toufik, Matthew Baker, 2009 John Wiley & Sons Ltd.
- [5] <http://www.lteforum2011.com/warsaw/eng/>
- [6] Stefan Parkvall, Anders Furuskär, and Er ik

- Dahlman, Ericsson Research, "Evolution of LTE toward IMT-Advanced," IEEE Magazine, pp. 84-91, 2011.
- [7] Mamoru Sawahashi, Tokyo City University Yoshihisa Kishiyama, Akihito Morimoto, Daisuke Nishikawa, Motohiro Tanno, "Coordinated Multipoint Transmission/Reception Techniques For Lte-Advanced" IEEE Magazine, pp. 1-9, 2010.
- [8]http://www.3g4g.co.uk/LteA/LteA_Pres_0905_NttDoCoMo.pdf Takehiro Nakamura, 3GPP TSG-RAN chairman, 2009, NTT DOCOMO, INC.
- [9] Michelle Wetterwald, Member IEEE, Teodor Buburuzan, and Gustavo Carneiro, "Combining MBMS and IEEE 802.21 for on-the-road-emergency," IEEE Magazine, pp. 1-5, 2008.
- [10] LTE for UMTS: OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access, Harri Holma and Antti Toskala, 2009 John Wiley & Sons, Ltd.
- [11]http://www.emo.org.tr/ekler/6a08a8cd53357d3_ek.pdf
- [12] Jose Alonso-Rubio, "Self-Optimization for Handover Oscillation Control in LTE", IEEE Magazine, pp. 1-4, 2010.
- [13] Jani Puttonen, Janne Kurjenniemi, Olli Alanen, "Radio Problem Detection Assisted Rescue Handover for LTE", IEEE Magazine, pp. 1-6, 2010.
- [14] Van Minh Nguyen, Chung Shue Chen, Laurent Thomas, "Handover Measurement in Mobile Cellular Networks: Analysis and Applications to LTE", IEEE Magazine, pp. 1-6, 2011.
- [15] Dongwook Kim, Mrinalini Sawhney, Hanjin Lee, Hyunsoo Yoon, Namgi Kim, "A Velocity-based Bicasting Handover Scheme for 4G Mobile Systems", IEEE Magazine, pp. 1-6, 2008.
- [16] Sangchul Oh, Hongsoog Kim, Byunghan Ryu, Namhoon Park, "Inbound Mobility Management on LTE-Advanced Femtocell Topology Using X2 Interface", IEEE Magazine, pp. 1-5, 2011.
- [17] Khitem Ben Ali, Faouzi Zarai, Lotfi Kamoun, "Reducing handoff dropping probability in 3GPP LTE Network", IEEE Magazine, pp. 1-8, 2010.
- [18] Konstantinos Dimou, Min Wang, Yu Yang, Muhammad Kazmi, Anna Larmo, Jonas Pettersson, Walter Muller, Ylva Timner, "Handover within 3GPP LTE: Design Principles and Performance", IEEE Magazine, pp. 1-5, 2009.
- [19] Thomas Jansen, Irina Balan, John Turk, Ingrid Moerman, Thomas Kürner, "Handover parameter optimization in LTE self-organizing networks", IEEE Magazine, pp. 1-5, 2010.
- [20] Yejee Lee, Bongjhin Shin, Jaechan Lim, and Daehyoung Hong, "Effects of Time-to-Trigger Parameter on Handover Performance in SON-Based LTE Systems", IEEE Magazine, pp. 1-5, 2010.
- [21]<http://sites.google.com/site/lteencyclopedia/cell-reselection-procedures-in-lte>