

SIMULACIÓN DE PROPAGACIÓN DE UN SISTEMA MU – MIMO EN UNA RED 4G – LTE

Javier Enrique Arévalo Peña

Ingeniero Electrónico, Especialista en Telecomunicaciones Móviles, Magister en Ingeniería de Telecomunicaciones, Fundación Universidad Autónoma de Colombia. javier.arevalo@fuac.edu.co, jarevalop@gmail.com

Recibido: 27-01-2014, aceptado: 03-07-2014, versión final: 27-01-2014¹

RESUMEN

La implantación de redes móviles celulares 4G – LTE adoptada por Colombia, genera el aumento y demanda de servicios de servicios inalámbricos que se ofrecen a los usuarios móviles. En este sentido, la capacidad de la red para ofrecer los servicios de calidad a los usuarios se mejora a través del uso de sistemas multiantena MIMO (Multiple Input Multiple Output). Para observar este comportamiento se presenta un caso de estudio en la ciudad de Bogotá D. C. (Colombia) realizando un proceso de simulación de propagación empleando el software ICS Designer y sistemas de múltiples antenas MU – MIMO (Multi User – MIMO) efectuando una comparación con las antenas estándar en términos de cobertura e interferencia.

Palabras clave: *redes celulares, LTE, radio propagación, sistemas de antenas MU – MIMO.*

ABSTRACT

The introduction of 4G - LTE mobile cellular networks adopted in Colombia, increase the demand for wireless services offered to mobile users. In this sense, the network capacity to provide quality services to users is improved through the use of multi antenna MIMO (Multiple Input Multiple Output). To observe this behavior a case study is presented in Bogota D. C. (Colombia) performing a simulation process using the ICS propagation Designer software and multi antenna systems MU - MIMO (Multi User - MIMO) making a comparison with standard antennas in terms of coverage and interference.

Keywords: *cellular networks, LTE, radio propagation, MU – MIMO antenna systems.*

1 Semillero SITEL (Semillero de Investigaciones en Telecomunicaciones y Electrónica), Grupo de Investigaciones en Electrónica y Telecomunicaciones, Programa de Ingeniería Electrónica. Trabajo financiado por el Sistema Unificado de Investigaciones – SUI de la Fundación Universidad Autónoma de Colombia.

1. INTRODUCCIÓN

Las redes móviles LTE (Long Term Evolution) tienen dentro de sus características principales el empleo de sistemas multiantena MIMO (Multiple Input Multiple Output). Entre ellas se observan varios tipos de los cuales el sistema MU – MIMO (Multi – User MIMO) es el que puede atender múltiples usuarios a través de un sistema de multicanalización especial (Sibille y otros, 2011).

Por su parte, ICS Designer (Advanced Topographic Development & Images, 2012), es una herramienta de planeación y diseño de redes de telecomunicaciones inalámbricas suministrada por la empresa ATDI y adquirida por la Fundación Universidad Autónoma de Colombia para realizar labores de investigación en esta área de trabajo. En ella es posible efectuar la simulación de propagación de los estos sistemas MIMO sobre una cartografía digital de alta resolución, en este caso de estudio, un escenario de la ciudad de Bogotá D.C. (Colombia).

El presente artículo se divide en los siguientes puntos. En el segundo punto se describe el procedimiento de simulación. En el tercer punto se muestran los resultados obtenidos de las simulaciones realizadas y en el cuarto punto se indican las conclusiones de los resultados y se hace referencia al trabajo futuro.

2. SIMULACIÓN DE RADIOPROPAGACIÓN

Para efectuar el proceso de simulación de los sistemas MU – MIMO y de las antenas estándar se establece un área de trabajo, se determinan los parámetros LTE y se establece el proceso de simulación con ICS Designer.

2.1. Área de Estudio

La simulación se efectúa sobre un sector de población urbana densa ubicada en los alrededores de la sede de la Fundación Universidad Autónoma

de Colombia en el centro histórico de la ciudad de Bogotá D. C. Se establecieron siete sitios de estaciones base con tres sectores cada una, es decir, un total de 21 transmisores/receptores LTE (eNodoB). El área cubierta para el estudio es de 1.353 Km² y el lugar de los sitios se muestran en la Figura 1 y en la Tabla 1, atendiendo a la nomenclatura empleada en Colombia.



Figura 1.
Delimitación del área de estudio.

Tabla 1.
Ubicación sitios estaciones base.

Sitio estación base	Ubicación
A	Carrera 8 Calle 10
B	Carrera 3 Calle 13
C	Carrera 6 Calle 12
D	Carrera 5 Calle 15
E	Carrera 3 Calle 18
F	Carrera 8 Calle 17
G	Carrera 2 Calle 12

2.2. Parámetros LTE

Los parámetros estimados de la red LTE son extraídos del reporte técnico 3GPP TR 36.942 (Advanced Topographic Development & Images, 2012a), (3GPP, 2010), y son mostrados en la Tabla 2.

Después de la ubicación de los sitios y de asignar los parámetros de la red LTE, el proceso siguiente es efectuar las simulaciones de radio propagación. En este punto, se emplean diferentes variables que se describen más adelante, para determinar el comportamiento de los sistemas multiantenas MU – MIMO con respecto a las antenas estándar. En este caso se emplean arreglos de 4x4 para las antenas MIMO. Debido al uso de cartografía de alta resolución de 5 m., el modelo de radio propagación empleado es el ITU 525/526 Bullington, como lo recomienda el proveedor para este tipo de escenarios (Advanced Topographic Development & Images, 2013).

Tabla 2.
Parámetros LTE.

Parámetro	Valor
Potencia nominal eNodoB	10W
Ganancia antena Tx/Rx	15 dBi
Pérdidas en líneas y conectores	0.5 dB
Frecuencia de operación	2 GHz
Ancho de banda de canal	5 MHz
Modulación	64QAM
Ruido	- 98 dBm
Relación C/N	1 dB
Sensibilidad	- 119 dBm
Porcentaje señal de referencia	10%
Porcentaje señal PDSCH	70%
Porcentaje señal de control	20%

3. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Los resultados de las simulaciones se concentran en tres aspectos: la cobertura de la señal de referencia (RSRP: Reference Signal Received Power), la calidad de servicio para la señal de referencia (RSRQ: Reference Signal Received Quality) y un análisis de interferencia (SNIR: Signal to Noise to Interference Ratio)

3.1. Cobertura de la Señal de Referencia (RSRP)

La cobertura de la señal de referencia se efectúa sobre la opción de cobertura compuesta

que computa el porcentaje de señal de referencia indicada en los parámetros del e-nodoB. Los resultados de RSRP pueden ser categorizados en tres rangos (Kreher *y otros*, 2011), (Sesia *y otros*, 2011). Si el RSRP es mayor a - 75 dBm, una excelente calidad de servicio (QoS), siempre y cuando no halla demasiados usuarios compitiendo por el ancho de banda de la celda. Si el RSRP está en el rango de - 75 dBm a - 95 dBm, se puede esperar una ligera degradación en la calidad de servicio, y el rendimiento (throughput) puede reducirse de un 30% a 50%. Si el RSRP está por debajo de - 95 dBm, la calidad de servicio es inaceptable y las condiciones de radio propagación estarán en su peor caso.

La Figura 2 presenta la cobertura de la señal de referencia RSRP comparando la cobertura de la antena estándar y la antena MU – MIMO de cuatro elementos. Se pueden observar en la antena estándar cubrimientos del 46.69% para RSRP mayores a - 75 dBm, del 45.34% para RSPR entre - 75 dBm y - 95 dBm y del 7.76% para RSPR por debajo del - 95 dBm. Mientras que para la antena MU – MIMO las coberturas para RSRP mayores a - 75 dBm son del 60.46%, del 38.41% para la RSRP entre - 75 dBm y - 95 dBm y del 1.04% para RSRP por debajo del - 95dBm.

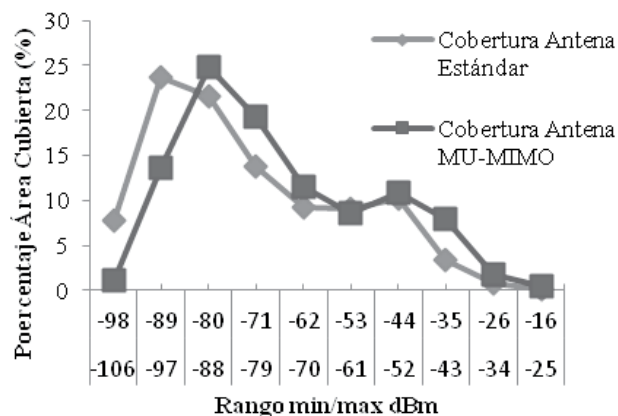


Figura 2.
Cobertura RSRP

3.2. Calidad de Servicio para la Señal de Referencia (RSRQ)

Ahora se emplea el factor RSRQ para determinar la calidad de servicio dedicada a la señal de referencia. Al igual que para el RSRP, pueden ser definidos tres rangos de calidad (Kreher y otros, 2011), (Sesia y otros, 2011). Si el valor de RSRQ es mayor que - 9 dB hay una garantía de servicio para el usuario adecuada. Si el valor de RSRQ está entre - 9 dB y - 12 dB, puede considerarse como neutral, con una pequeña degradación de la calidad de servicio para el usuario. Si el valor de RSRQ está por debajo de - 13 dB, la eficiencia tiende a caer y se entra en las peores condiciones de transmisión.

La Figura 3, presenta las coberturas RSRQ en el área de estudio. Para la antena estándar los valores mayores de RSRQ de - 9 dB tienen una cobertura del 14.56%, los valores entre - 9 dB y - 12 dB tienen cobertura del 53.73% y los valores por debajo del - 13 dB tienen una cobertura del 31.50 %. Para la antena MU – MIMO, los valores de RSRQ mayores a - 9 dB tienen cobertura del 26.57%, los valores entre - 9 dB y - 12 dB tienen cobertura del 49.68% y los valores por debajo del - 13 dB tienen una cobertura del 23.71 %.

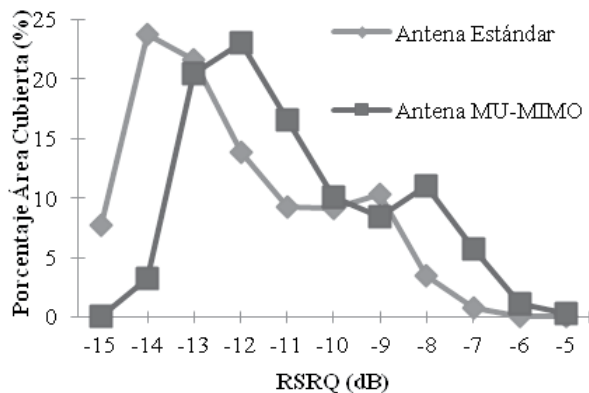


Figura 3.
Cobertura RSRQ

3.3. Análisis de Interferencia (SNIR)

Este análisis de interferencia se enfoca en los resultados de tres simulaciones: SNIR (PDSCH), SNIR (Canales de Control) y SNIR (RSRQ). En ambos casos se consideran adecuados valores elevados de estos parámetros como un desempeño satisfactorio del sistema (Cardona y otros, 2011).

La simulación de SNIR (PDSCH) (dB) obedece a la relación $C \text{ (dBm)}/\text{RSSI} \text{ (dBm)}$, en la cual $C \text{ (dBm)}$ es la potencia recibida para el canal de tráfico deseado PDSCH en el enlace de bajada y el RSSI (Received Signal Strength Indicator) (dBm), es la potencia total recibida de todas las fuentes.

En la Figura 4 se indican los valores cubiertos por SNIR (PDSCH) para las antenas estándar y MU – MIMO. Tomando en cuenta el comportamiento mostrado, las antenas estándar tienen un cubrimiento entre 9 dB y 14 dB de 56.77% y para valores entre 15 dB y 20 dB de 16.07%. Las antenas MU – MIMO tienen un cubrimiento entre 9 dB y 14 dB del 34.26% y para valores entre 15 dB y 20 dB de 38.46%.

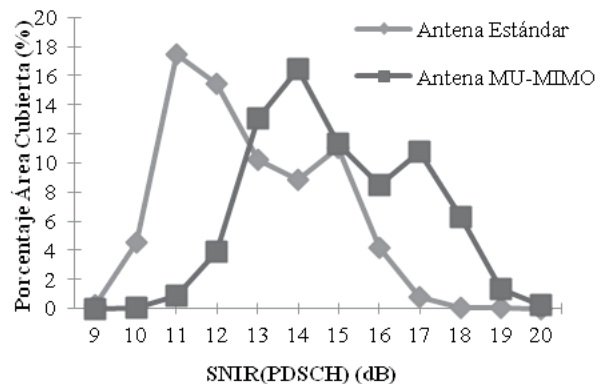


Figura 4.
Cobertura SNIR (PDSCH).

La simulación de SNIR (Canales de Control) (dB) es usado para analizar la interferencia de todos los canales transmitidos por el eNodo – B excepto los canales de tráfico.



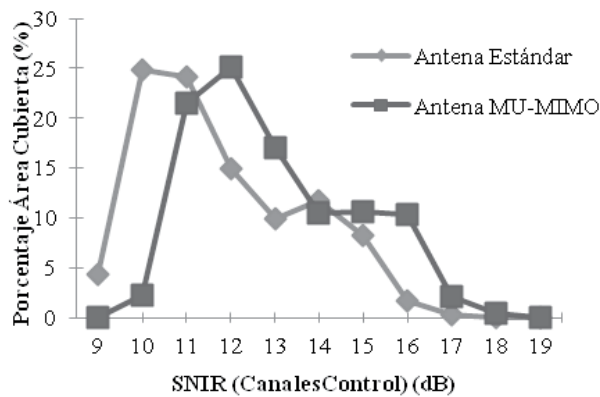


Figura 5.
Cobertura SNIR (CanalesControl).

La Figura 5 muestra el comportamiento de cobertura de SNIR (Canales de Control) para la antena estándar y la antena MU -MIMO. Para la antena estándar se puede establecer un cubrimiento para valores entre 9 dB y 13 dB del 78.05 % y para valores entre 14 dB y 19 dB del 21.91%. Para la antena MU -MIMO la cobertura para valores entre 14 dB y 19 dB es del 65.91% y para valores entre 14 dB y 19 dB del 34.07%.

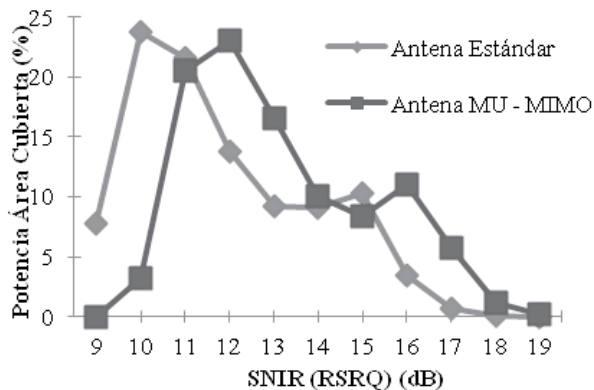


Figura 6.
Cobertura SNIR (RSRQ)

La última simulación de interferencia es la de SNIR (RSRQ) (dB), que básicamente representa la cobertura de la señal piloto. En la Figura 6 se

muestran los comportamientos de las coberturas para la antena estándar y la antena MU - MIMO. Para la antena estándar la cobertura entre 9 dB y 13 dB es de 76.12 % y para valores entre 14 dB y 19 dB es de 14.56%. Para la antena MU - MIMO la cobertura entre 9 dB y 13 dB es de 63.35% y para valores entre 14 dB y 19 dB es de 26.57%.

CONCLUSIONES

El comportamiento mostrado de la antena estándar y la antena MU - MIMO en el escenario de estudio, demuestra las mejoras en cubrimiento de la antena MU - MIMO en cada parámetro analizado y dentro de los valores que se indicaron satisfactorios. Las simulaciones de RSRP, RSRQ y SNIR indican que estos arreglos de múltiples antenas benefician la cobertura y la calidad de la red 4G - LTE.

En la evolución de las redes LTE y en posteriores sistemas inalámbricos de nueva generación, los estudios de radio propagación y el desarrollo de modelos adecuados requieren de seguir procesos de simulación como el descrito en este artículo. Se espera continuar el análisis de radio propagación en trabajos posteriores involucrando además otros sistemas multiantena.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar sus agradecimientos al Sistema Unificado de Investigaciones - SUI de la Fundación Universidad Autónoma de Colombia por el apoyo económico en la presentación de estos resultados, a la empresa TES América Andina Ltda., por su colaboración en la labor de investigación en el área de telecomunicaciones y a la Dirección de Programa de Ingeniería Electrónica por su interés en el desarrollo de estos temas de trabajo.



REFERENCIAS

- Boyer, R. (1988). Technical change and the theory of regulation. In G. Dosi, Ch. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg and L. Soete (Eds.), *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter Publishers
- Cohen, W. M. and Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35, 128-152.
- Cncyt. Colciencias. (2008). *Política Nacional de Fomento a la Investigación y a la Innovación*.
- Chesbrough H. (2006). *Open Business Models*. Boston: Harvard Business School Publishing.
- Eisenhardt, (1989). Kathleen. Building Theories from Case Study Research, *Academy of Management Review*.
- Hernández I. (2010) Documento de Trabajo Glosario Innovación. Evaluación de Impactos de CTI para la Región Occidente. Bogotá. TECNOS – COLCIENCIAS. 2010.
- Johnson, G.; Scholes, K. y Whittington, R. (2006). *Dirección estratégica*. México: Prentice Hall.
- Malaver f., Vargas M. (2011) *Formas de innovar, desempeño innovador y competitividad industrial*. Bogotá Universidad Javeriana –Cámara de Comercio de Bogotá.
- Malerba, F. and Orsenigo, L. (1993). Technological firms and firm behaviour. *Industrial and Corporate Change*, 1 (2), 47-71.
- Nonaka, I. y Takeuchi, H. (1994). *La organización creadora de conocimiento*. México: Oxford University Press.
- Lazonick, W. (2005). The innovative firm. In J. Fagerberg, D. Mowery and R. Nelson (Eds.), *The Oxford Handbook of Innovation* (pp. 29-55). Oxford: Oxford University Press.
- Nelson, R. y Sampat, B. (2001). Las instituciones como factor que regula el desempeño económico. *Revista de Economía Institucional*, 3 (5), 17-51.
- Lundvall, B. A. and Borrás, S. (2005). Science, technology and innovation policy. In J. Fagerberg, D. Mowery and R. Nelson (Eds.), *the Oxford Handbook of Innovation* (pp.599-631). Oxford: Oxford University Press.
- Suñe A., Bravo E., Mundet J., Herrera I. (2012) Publicado en *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*. España