



# Análisis de la señal LTE bajo distintas distribuciones de antenas con NS3

Sebastián Arriagada C.  
Ingeniería civil Electrónica  
Universidad técnica  
Federico Santa Marta  
Av. España 1680, Valparaíso  
Email: seba.arriagadac@gmail.com

**Abstract**—El presente trabajo analiza el valor del parámetro *Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio* en escenarios LTE considerando distintas cantidades de torres en el escenario separadas a varias distancias, entendiéndose que éste parámetro describe de manera realista la capacidad de un aparato receptor de extraer la señal de información de un medio donde existe ruido e interferencia.

la asociación encargada de definir las comunicaciones celulares entre aparatos móviles.

LTE por sus siglas en inglés *Long Term Evolution* es la tecnología de acceso a la red que funciona sobre la infraestructura 4G (a partir de su *Release 8*) y se compone de una red de acceso al medio y un *Core* basado en IP. La red de acceso al medio usa métodos asimétricos para descarga y subida de datos usando técnicas de división de frecuencias, a saber, **OFDMA** para el *downlink* y **SC-FDMA** para el *uplink*.

## 1. Introducción

Aunque en muchos de los enlaces de comunicación se considera como un parámetro elemental de diseño la **relación señal a ruido (SNR)** (Por sus siglas en inglés *Signal-to-Noise ratio*) para determinar la dificultad del aparato receptor para obtener la señal de información que ha atravesado un medio ruidoso, en algunos casos se requiere de información adicional para realizar modelos antes de instalar los equipos finales.

En particular al realizar modulación de señales inalámbricas se debe considerar los efectos de multitrayectorias por rebotes y atenuación de la onda al atravesar el medio. Estos efectos en general causan interferencia en la misma señal por lo que se hace indispensable analizar la potencia de la señal de información con el modelo de propagación de la onda.

Para cumplir con dichos propósitos es necesario usar un parámetro descriptivo de dicha situación y este es: la **Relación a Interferencia-más-Ruido de la Señal (SINR)** (por sus siglas en inglés *Signal-to-Interference-plus-Noise ratio*) la cual se puede calcular para cada punto considerando la potencia de la señal, el ruido y la interferencia en dicho punto.

A continuación se analiza la calidad de la señal LTE transmitida en un escenario urbano con antenas en torres variando ciertos parámetros relevantes para dicha propagación. Este análisis se basa en las imágenes obtenidas con el modelos LTE del software NS3.

## 2. Redes LTE

Esta tecnología es desarrollada por la **3GPP** (Por sus siglas en inglés *3rd Generation Partnership*) que es

## 3. Relación a Interferencia-más-Ruido de la señal

En teoría de información y telecomunicaciones la relación de señal a interferencia más ruido (**SINR**, por sus siglas en inglés *Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio*) se usa para dar límites superiores teóricos en la capacidad del canal. Se define como la potencia de una señal, dividido por la suma de la interferencia y el ruido de fondo.

$$SINR(\vec{x}) = \frac{P(\vec{x})}{I(\vec{x}) + N(\vec{x})} \quad (1)$$

Donde  $P$  es la potencia de la señal estudiada,  $I$  la interferencia de la señal en el punto y  $N$  el ruido en dicho punto.

Si la potencia del ruido tiende a cero, se obtiene la relación de señal a interferencia (**SIR**, *Signal-to-Interference Ratio*) y si la interferencia de las señales es cero, la **SINR** tiende a la relación señal-a-ruido (**SNR**, *Signal-to-Noise Ratio*).

Dada la complejidad y aleatoriedad de las señales inalámbricas se suelen usar modelos geométricos-estocásticos para predecir la señal en cada punto del espacio estudiado. En particular, en el presente trabajo se estudiará la variación del parámetro **SINR** en el escenario LTE planteado.

## 4. NS3

Es un software de simulación de redes basado en eventos discretos. Se distribuye bajo la licencia pública GNU permi-

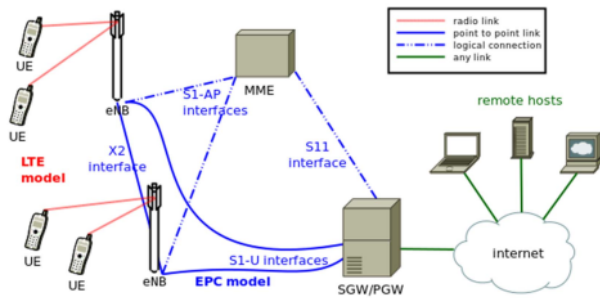


Figure 1. Arquitectura LTE propuesta en simulador LENA.

tiendo compartir todo el código usado con la comunidad en línea. Se usa principalmente para educación e investigación. Incluye un gran número de tecnologías tanto cableadas como inalámbricas para usarse directamente. Además, tiene una gran comunidad en línea que genera módulos nuevos a partir de las tecnologías emergentes y realiza mejoras a los escenarios ya incluidos.

Este software permite simular redes tanto con infraestructura como *Ad-hoc*, permitiendo simular capas física y MAC de dispositivos virtuales modelados en los entornos propuestos.

#### 4.1. Simulador LENA y el modelo LTE

LENA es el simulador realizado en NS-3 por el Centro Tecnológico de Telecomunicaciones de Cataluña (CTTC). Este simulador diseñado para la red LTE/EPC permite simular y diseñar algoritmos para redes auto-organizadas (SON, Self Organized Network) y otras soluciones, para distintos escenarios de comunicación usados.

La arquitectura propuesta por LENA sigue los lineamientos del estándar LTE definido por la 3GPP y que se muestran en la figura 1.

En particular, para el presente trabajo y dado que se estudia la distribución de las señales en el plano se considera la distribución en celda planteada por el estándar [2] mostrada en la figura 2 donde se ubican torres (o emplazamientos) en el vértice entre 3 celdas hexagonales y en cada torre existen 3 antenas irradiando dentro de cada una de estas celdas. Para el presente estudio no se consideraron *femtoceldas* como las mostrada como un rectángulo dentro de la celda mencionada puesto que estas *femtoceldas* describen la ubicación de redes LTE dentro de hogares confinados por paredes.

## 5. Desarrollo de las simulaciones

Las simulaciones realizadas para el presente trabajo se realizan bajo el entorno NS-3 cambiando ciertos parámetros del archivo **lena-dual-stripe.cc** que puede ser accedido con el siguiente código (considerando que el software NS-3 se instaló en la carpeta "ns-3" y partiendo en esa posición):

```
> gedit src/lte/examples/
  lena-dual-stripe.cc
```

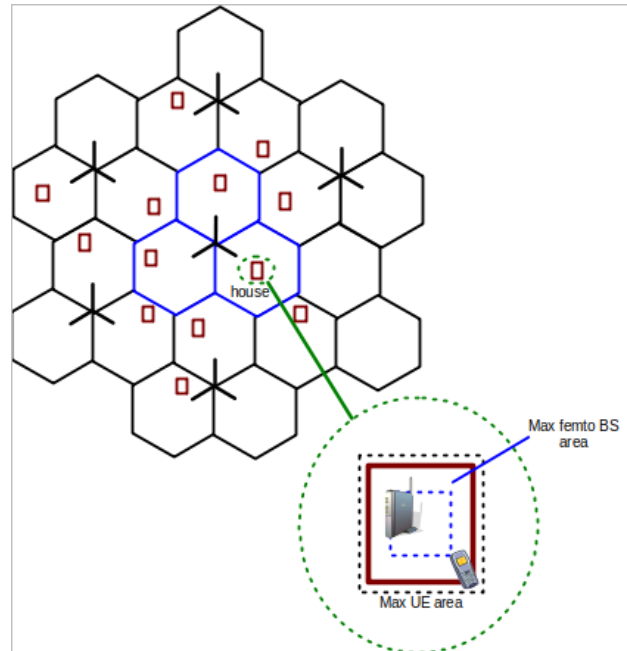


Figure 2. Disposición de las celdas LTE distribidas en el plano XY [1].

Los parámetros más relevantes para las simulaciones realizadas en el presente trabajo se mencionan a continuación, describiéndose la utilidad de cada uno en cada caso:

#### 5.1. Cantidad de emplazamientos

Este parámetro se refiere a la cantidad de torres donde se insertan las antenas LTE. Al definir este parámetro la distribución de estas torres se hace de manera homogénea sobre el plano  $XY$  considerando la disposición mostrada en la figura 2.

#### 5.2. Distancia entre emplazamientos

Este parámetro define la distancia euclidiana entre las torres. En particular este parámetro es apreciable como los puntos concéntricos con mayor valor  $SINR$  en las imágenes resultantes.

#### 5.3. Compilación de código y generación de imágenes resultantes

El código modificado debe ser compilado para obtener el archivo de salida **lena-dual-stripe.rem**, esto se hace con ayuda del comando:

```
> ./waf --run lena-dual-stripe
```

Finalmente, los datos son procesados con **gnuplot** siguiendo los siguientes comandos:

```
> gnuplot
gnuplot> set view map;
gnuplot> set xlabel "x[m]"
```

```
gnuplot> set ylabel "y[m]"
gnuplot> set cblabel "SINR[dB]"
gnuplot> unset key
gnuplot> plot "lena-dual-stripe.rem"
        using ($1):($2):(10*log($4))
        with image
```

## 6. Datos obtenidos

Luego de realizadas las simulaciones se obtienen las imágenes que se incluyen en el presente trabajo. En primer lugar se considera el escenario que incluye 3 torres distanciadas 300, 500 y 700 *m* entre ellas, resultados que se muestran en la figura 3.

En éstas imágenes se observa que la mayor cantidad de puntos de mayor interferencia se observan cuando las torres se separan 500 *m* entre ellas. Además la diferencia en los valores de la SINR son mínimas entre la imagen donde las torres se separan 300 *m* y la imagen donde las torres se separan 700 *m*.

El siguiente caso a considerar es el escenario con 5 antenas como se muestra en la figura 4. En este escenario se un efecto similar que el mostrado en el escenario anterior pero los puntos de mayor interferencia no son tan notorios en el caso de la separación de 500 *m* y se observa un mayor valor de la SINR en los bordes del escenario.

Otro escenario simulado corresponde al emplazamiento de 7 torres separados las mismas distancias antes expuestos mostrados en la figura 5 donde los resultados son sumamente parecidos considerando las distancias de separación, es decir, la cantidad de torres (y antenas) compensa la distancia de estas.

Finalmente, al ubicar 9 antenas en el escenario planteado, como se muestra en la figura 6, la SINR se más uniforme entre las antenas pero no discrepa mucho de los escenarios anteriormente expuestos.

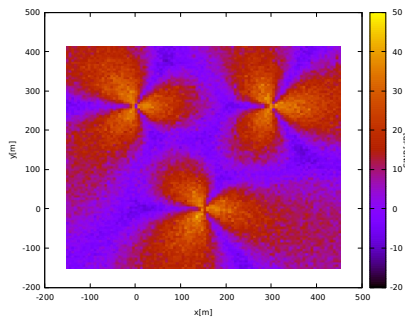
## 7. Conclusiones

Finalmente, luego de realizar un examen visual de los datos obtenidos, se puede concluir que:

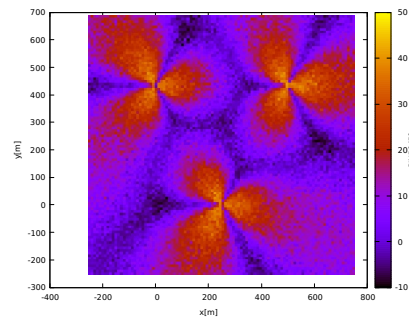
- Es necesario realizar este tipo de análisis antes de emplazar antenas LTE un un escenario en particular puesto que como se observó en el escenario con 3 antenas separadas 500 *m* existen puntos donde la SINR es mínima debido a la interferencia y esto se puede corregir solo separando un poco las antenas.
- Al observar las diferencias entre los distintos escenarios se aprecian muy pocas diferencias de la SINR al agregar muchas más antenas con distanciamientos similares.

## References

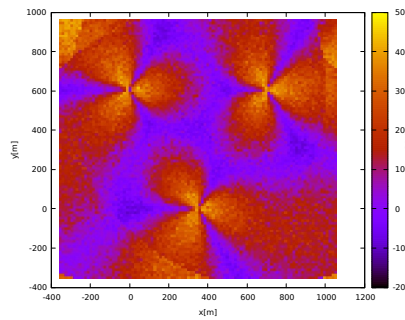
- [1] 3GPP, *Simulation assumptions and parameters for FDD HeNB RF requirements*, San Francisco, California, 2009.
- [2] Lenin Patricio Vargas Reinoso, *Análisis comparativo entre Lorawan y LTE en un escenario de red para la internet de las cosas usando el software de simulación NS3*, santiago, 2018



(a) 300 m

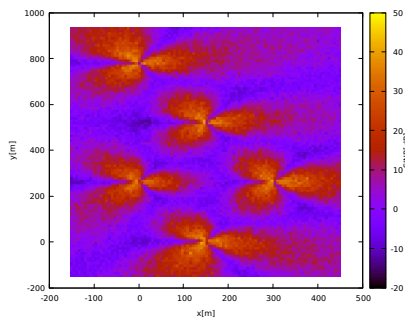


(b) 500 m

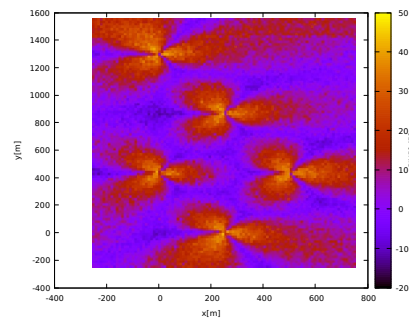


(c) 700 m

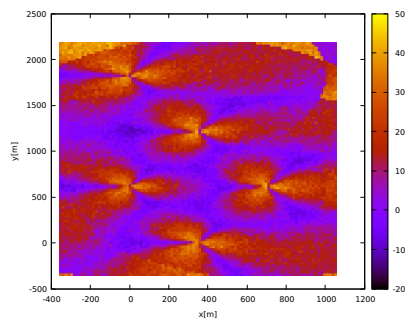
Figure 3. Simulación considerando un escenario con 3 torres, separados 300, 500 y 700 m entre ellas



(a) 300 m

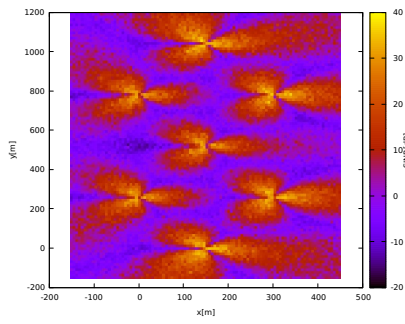


(b) 500 m

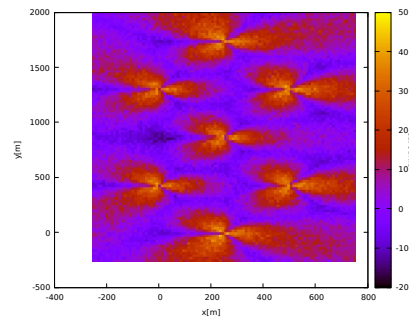


(c) 700 m

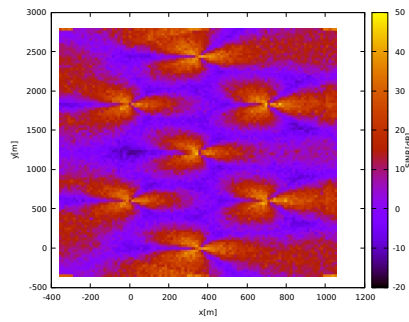
Figure 4. Simulación considerando un escenario con 5 torres, separados 300, 500 y 700 m entre ellas



(a) 300 m

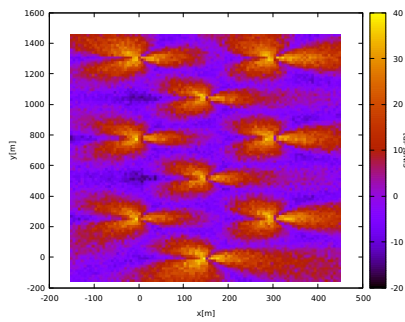


(b) 500 m

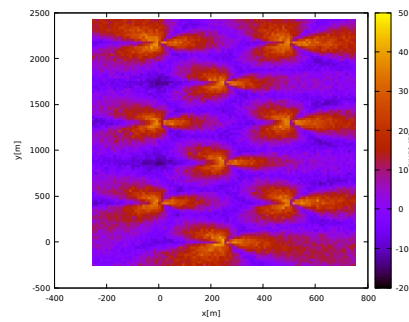


(c) 700 m

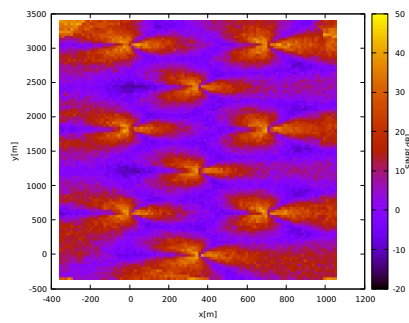
Figure 5. Simulación considerando un escenario con 7 torres, separados 300, 500 y 700 m entre ellas



(a) 300 m



(b) 500 m



(c) 700 m

Figure 6. Simulación considerando un escenario con 9 torres, separados 300, 500 y 700 m entre ellas