

# Análisis de Cobertura para LTE. Una aproximación usando Arreglos de Bandas de Frecuencias.

Cuevas-Ruiz J.L.

## Entregable FinalIntroducción

La tecnología LTE (*Long Term Evolution*), esta orientada a datos y se basa en una arquitectura de conmutación de paquetes operando sobre IP (*Internet Protocol*). Una de las principales prestaciones que oferta LTE es la posibilidad de proporcionar mayores eficiencias espectrales que las que se ofertan en 3G, así como una mayor flexibilidad en la asignación de frecuencias. Estas características son las que el mercado actual esta demandando.

Una de las características técnicas que le permiten obtener mayores eficiencias espectrales es el empleo de su canal de bajada (*DL, Down Link*) de una técnica de acceso múltiple por Multiplexión de Frecuencias Ortogonales, (*OFDMA, Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access*)[1], donde la banda de transmisión se divide en una gran número de sub-portadoras moduladas con un pequeño ancho de banda (15 KHz) y ortogonales entre sí. OFDMA permite alcanzar grandes tasas de transmisión cuando se cuenta con un mayor ancho de banda [1].

A nivel físico, LTE puede operar tanto en FDD (*Frequency Division Duplex*) como en TDD (*Time Division Duplex*). En el caso de FDD, el enlace descendente y el enlace ascendente ocupan cada uno una banda de frecuencias diferente, por lo que es posible transmitir de manera simultánea. En el caso de TDD, ambos se transmiten en la misma banda, por lo que solo puede operar uno de ellos a la vez.

LTE emplea técnicas MIMO (*Multiple Inputs, Multiple Outputs*), relacionadas con el uso de múltiples antenas en transmisión y/o recepción. Esta técnica permite aprovechar la formación de canales estadísticamente independientes originadas por el multitrayecto y mitigar el efecto del mismo, consiguiendo una mejora en las prestaciones del sistema, así como mejorar la velocidad de recepción del usuario [2]; estos canales proveen a la transmisión de diversidad espacial, que proporciona a su vez una ganancia proporcional al número N de antenas a usar y que se traduce en una mejora en la relación señal a ruido (SNIR, *Signal to Noise more Interference Rate*). De este modo, la SNIR<sub>MIMO</sub> obtenida cuando se usa técnicas MIMO se define como

$$SNIR_{MIMO} = N * SNIR \quad (1)$$

donde SNIR es la razón sin MIMO del sistema.

La especificación del 3GPP define para LTE un conjunto de categorías de terminal de usuario. Cada categoría se corresponde con un conjunto de funcionalidades soportadas para la comunicación entre el dispositivo móvil y la radio base, que para el caso de LTE se define como *enodoB*. El móvil informa a la red de su categoría y de las características funcionales que le permitirán comunicarse con los demás conectados a la red. Entre otras cosas, y debido a los diferentes niveles de modulación y/o codificación, la categoría de cada móvil define la tasa de transmisión máxima a la que puede comunicarse, en función del ancho de banda disponible y del nivel de modulación codificación usada. En 2011 el grupo 3GPP lanzó el *release 10* de LTE, donde se propone una evolución donde se mejoran las prestaciones definidas; esta nueva versión, definida como LTE-A (*LTE Advanced*), permite, entre otras cosas:

- Agregación de portadoras. Esta propiedad permite que el dispositivo móvil pueda operar en varias frecuencias de manera simultánea [3].
- MIMO de hasta 8x8.
- Estrategias coordinadas de transmisión-recepción multipunto entre nodos de la red.
- Mecanismos para minimización de interferencias avanzadas y colisiones entre redes micro y macro celulares.

De este modo, para llevar a cabo un análisis de cobertura es necesario considerar todas las características técnicas mencionadas, definiendo la potencia media requerida en el receptor, el ancho de banda a utilizar y la velocidad de transmisión en el canal de bajada, entre otros.

## I. REQUISITOS TÉCNICOS DE COBERTURA.

Para la obtención de la cobertura se define la velocidad en el canal de bajada, que es obtenida basada en los parámetros técnicos de transmisión de la estación base, las condiciones del canal del medio en el que se lleva a cabo la comunicación y las características técnicas del dispositivo móvil. Un factor importante para obtener la velocidad promedio es el número de usuarios conectados a la red al mismo tiempo, definido como carga de red; a lo largo del día, esta carga de red puede presentar variaciones, lo que ocasiona

igualmente variaciones del tráfico presente en la red. De este modo, la tasa de transmisión pico se alcanza en una red que presenta una carga de red baja.

**a) Tipo de escenario.**

Uno de los factores importantes a considerar para la obtención de la cobertura de la red, es el tipo de escenario donde se implementará la red. Esta definición se basa en las condiciones que el escenario presenta para la propagación de la señal, y se define como urbana, suburbana y rural. Las características para cada zona se puede definir de acuerdo a las siguientes características:

- Urbana. Elevadas construcciones y alta densidad de las mismas. Gran cantidad de obstáculos.
- Suburbana. La altura de las edificaciones no es tan grande como en el caso urbano, del mismo modo que existe una disminución en la densidad de las mismas y en la cantidad de obstáculos. Si se define una potencia promedio de recepción deseada, la señal viajará una mayor distancia en una zona suburbana que en el caso de una zona urbana.
- Rural. En general, las construcciones son de uno o dos niveles y presentan la más baja densidad en relación con las zonas definidas previamente. La señal puede alcanzar una mayor distancia debido a que existe una menor cantidad de obstáculos.

En el caso de las zonas rurales, al ser escenarios abiertos y de baja densidad de construcciones, no presenta condiciones para aprovechar las ganancias de técnicas MIMO por multiplexión espacial.

**b) Nivel de potencia de señal requerida en el receptor.**

El nivel de señal recibida suele expresarse en valores de potencia de la señal piloto, definida como RSRP (*Reference Signal Received Power*), debido a que estos niveles son los que usa el dispositivo móvil como referencia para seleccionar la red y la célula a la que se conecta. Nos obstante, la velocidad alcanzable por el usuario está relacionada de manera mas directa con la potencia disponible para el canal de datos. La relación entre la potencia de la señal piloto o de referencia y la del canal de datos es fija y conocida por el móvil. El dispositivo móvil estima el CQI (*Channel Quality Indicator*) para determinar el formato de transporte de datos a usar haciendo uso de la potencia que recibe en el canal de la señal piloto. En términos de la obtención de la cobertura, es práctica común hacer uso del nivel de potencia media en exteriores del canal de datos.

**c) Disponibilidad de la cobertura.**

Como se ha mencionado, la cobertura se define como el nivel de cumplimiento de determinados parámetros técnicos. Estos niveles se definen como porcentajes de ubicaciones o de tiempo en los que dichos parámetros técnicos se cumplen. De este modo, la cobertura estará definida como un porcentaje de tiempo en el que las condiciones técnicas necesarias para obtener la calidad de servicio (Potencia de recepción y tasa de transmisión) se cumplen en la zona en la que el usuario se encuentra. Como ya se ha mencionado, las condiciones del medio y la demanda de tráfico varían en el transcurso del día, no obstante el objetivo es que aún en la hora pico de mayor demanda del servicio (mayor número de usuarios), el porcentaje definido se cumpla. En la definición de esta cobertura, se puede establecer un porcentaje de disponibilidad temporal, que indica el porcentaje del tiempo en que se cumplen las condiciones técnicas definidas o como una probabilidad de cobertura, definiendo una media y una desviación estadística que representan las condiciones variables con el tiempo del medio de transmisión

**d) Frecuencia y ancho de banda.**

Las pérdidas en la transmisión dependen de manera directa de la banda de frecuencia a usar. De acuerdo con el modelo de *Path Loss* [4], para una misma distancia de referencia, a mayor frecuencia la señal sufre una mayor atenuación, como se muestra en la ecuación No.2

$$P_{LOS} = 20 \log_{10} F + 20 \log_{10} d - 147.55 \tag{2}$$

donde

- P<sub>LOS</sub>. Pérdidas de la señal en espacio libre (dB)
- F. Frecuencia de la señal (MHz)
- d. Distancia recorrida de la señal (km)

Analizando los niveles de atenuación en función de la frecuencia, se presentan los nivel mostrados en la siguiente Figura, para frecuencias de 700, 900, 1900, 2100 y 2500 MHz. Como se ve en la gráfica, en transmisiones hechas en espacio libre, el nivel de atenuación es proporcional a la frecuencia de operación.

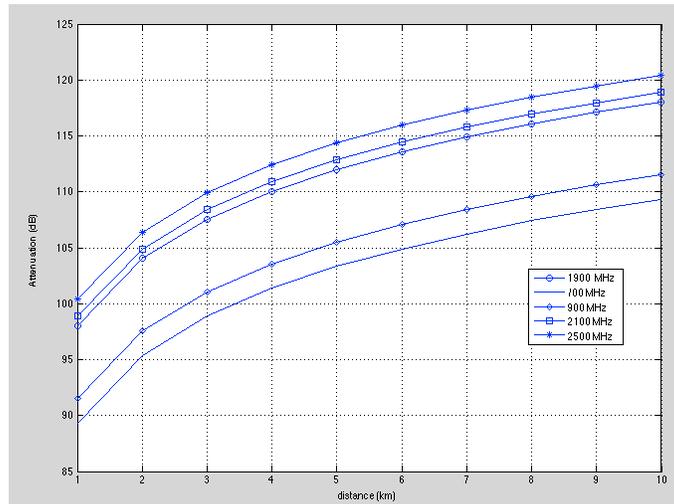


Figura No. 1 Pérdidas en espacio libre para diversas frecuencias.

Como se explica mas adelante, esta proporción tiene variaciones cuando se analiza la propagación en cada uno de los escenarios definidos previamente (Urbano, semiurbano y rural). Las diferentes características de penetración y el multicamino que cada frecuencia presenta, origina diferentes pérdidas en función del número de obstáculos en cada escenario.

La eficiencia (S) en el uso del ancho de banda se define como la cantidad de bits por segundo (bps) que se pueden transmitir por Hz; a partir de esta relación se establece la relación para la velocidad de transmisión, de acuerdo con:

$$S = \frac{R}{BW} = \log_2(1 + SINR) \quad (3)$$

donde, despejando se obtiene

$$R = BW \log_2(1 + SINR) \quad (4)$$

donde

S	Eficiencia espectral (bps/Hz)
BW	Ancho de banda (Hz)
SINR	Razón señal a ruido mas interferencia
R	Tasa de transmisión (bps)

De acuerdo con la relación indicada para R, esta depende de manera directa del ancho de banda. Para el caso de LTE, el estándar permite hacer uso de anchos de banda variable, desde 1.3 hasta 20 MHz [1].

De este modo, para llevar a cabo un análisis de cobertura sobre una determinada área geográfica deben considerarse dos aproximaciones: cobertura geográfica definida por la propagación electromagnética definiendo cada uno de los escenarios descritos anteriormente y una cobertura definida por la densidad de usuarios presentes en el área a cubrir. Ambas condiciones deben satisfacerse.

## II. COBERTURA GEOGRÁFICA.

Para el análisis de la cobertura geográfica, se hace uso de los modelos de propagación, para cada una de las tres zonas de interés: Urbana, suburbana y rural. Para frecuencias entre 150 y 1500 MHz, se aplica el modelo conocido como Okumura-Hata [6]. Para aplicarlo se definen las características de la estación base enodeB, con una altura de la estación base,  $h_b$ , de 30 m y una altura del equipo móvil,  $h_m$ , de 1.5. Se presenta el análisis para enlaces en frecuencias de 700, 900, 1900 y 2100 MHz.

Para las bandas de 700 y 900 MHz, y para cada uno de los escenarios, las pérdidas quedan expresadas de la siguiente manera

$$\begin{aligned} L_{urb} &= A + B \log_{10}(d) \\ L_{sub} &= A + B \log_{10}(d) - C \\ L_{rur} &= A + B \log_{10}(d) - D \end{aligned}$$

$$L_{urb} = A + B \log_{10}(d), \text{ (dB)}$$

$$L_{\text{sub}}=A+B\log_{10}(d)-C, \text{ (dB)} \quad (5)$$

$$L_{\text{rur}}=A+B\log_{10}(d)-D, \text{ (dB)}$$

donde

$$A = 69.55 + 26.16\log_{10}(f) - 13.82\log_{10}(h_b) - a(h_m)$$

$$B = 44.9 - 6.55\log_{10}(h_b)$$

$$C = 5.4 + [\log_{10}(f/28)]^2$$

$$D = 40.94 + 4.78[\log_{10}(f)]^2 - 18.33\log_{10}(f)$$

- $A=69.55+26.16\log_{10}(f)-13.82\log_{10}(h_b)-a(h_m)$
- $B=44.9-6.55\log_{10}(h_b)$
- $C=5.4+2[\log_{10}(f/28)]^2$
- $D=40.94+4.78[(\log_{10}(f))^2]-18.33\log_{10}(f)$

Donde  $a(h_m)$  corresponde a

$$a(h_m) = [1.1\log_{10}(f) - 0.7]h_m - [1.56\log_{10}(f) - 0.8]$$

$$a(h_m) = 8.29[\log_{10}(1.54h_m)]^2 - 1.1$$

$$a(h_m) = 3.2[\log_{10}(11.75h_m)]^2 - 4.97$$

- $[1.1\log_{10}(f)-0.7]h_m-[1.56\log_{10}(f)-0.8]$  para ciudades medianas o pequeñas, (dB)
- $8.29[\log_{10}(1.54h_m)]^2-1.1$  para ciudades grandes y  $f > 200$  MHz, (dB)
- $3.2[\log_{10}(11.75h_m)]^2-4.97$  para ciudades grandes y  $f > 400$  MHz, (dB)

donde

$L_{\text{urb}}$ = Pérdidas en zona urbana (dB)

$L_{\text{sub}}$ = Pérdidas en zona suburbana (dB)

$L_{\text{rur}}$ = Pérdidas en zona rural (dB)

$h_m$ = Altura del dispositivo móvil (m)

$h_b$ = Altura de la antena en la radio base (m)

$f$ = frecuencia (MHz)

Para el caso de frecuencias 1900 y 2100 MHz, se hace uso del modelo del COST-231-Walfisch-Ikegami [6], y se expresa como

$$L=A+B\log_{10}(d)+C$$

$$L = A + B\log_{10}(d) - C \text{ (dB)} \quad (5)$$

Donde

$$A=46.3+33.9\log_{10}(f)-13.28\log_{10}(h_b)-a(h_m)$$

$$B=44.9-6.55\log_{10}(h_b)$$

$$C=0, \text{ para ciudades medianas y zonas suburbanas}$$

$$C=3, \text{ para zonas urbanas}$$

$$A = 46.3 + 33.9\log_{10}(f) - 13.28\log_{10}(h_b) - a(h_m)$$

$$B = 44.9 - 6.55 \log_{10}(h_b)$$

Haciendo uso de los modelos anteriormente descritos, y tomando en consideración el nivel de atenuación permitido para obtener la calidad de servicio deseado, se establecen los radios de cobertura para una radio base colocada en cada una de las zonas definidas en.

Freq	Radio (km)			Áreas (km <sup>2</sup> )			BS/(1000km <sup>2</sup> )		
	Urban	Semiurbab	Rural	Urban	Semiurbab	Rural	Urban	Semiurbab	Rural
700	2.55	4.50	6.65	32.96	102.66	224.20	30.34	9.74	4.46
900	2.03	3.88	5.90	20.89	76.32	176.48	47.87	13.10	5.67
1900	1.75	2.10	4.20	15.52	22.40	89.43	64.43	44.64	11.18
2100	1.55	1.90	3.90	12.20	18.30	77.11	81.97	54.64	12.97

Tabla No. 1. Radios y áreas de cobertura para zonas rural, suburbana y urbana.

En la Tabla No. 1 se muestra también el número de radio bases para cubrir un área de 1000 km<sup>2</sup>. Como queda mostrado en el procedimiento, en ningún momento se hace consideración de la carga de usuarios conectada y si el número de radio bases obtenida satisface esta demanda.

### III. COBERTURA DE LA DEMANDA.

Para obtener el número de radio-bases necesario en base a la demanda de los usuarios situados en la zona de cobertura, se establecen los siguientes parámetros de operación:

- Densidad poblacional. D (hab/km<sup>2</sup>)
- Conexiones simultáneas. C (%).
- Penetración . P (%)
- Demanda de velocidad promedio por usuario . R (Mbps)
- Eficiencia espectral LTE. S (bps/Hz)
- Ancho de banda del canal. BW (MHz)

De acuerdo las condiciones definidas y asumiendo que se hará uso del espectro de acuerdo a como lo define el plan A5 del ATP (*Asia Pacific Telecommunity*), el número de radio-bases se puede aproximar haciendo uso de la relación dada en [7], y defina como:

$$NR = \frac{D * C * P * R}{S * BW} \quad (6)$$

Para el análisis de cobertura se tienen en cuentas las siguientes consideraciones: se asume que 1 de cada 5 usuarios estará conectado de manera simultánea (20%), una penetración del 45%, una demanda de velocidad del usuario de 4 Mbps. En el caso de la eficiencia espectral y el ancho de banda, la posibilidad que ofrece LTE es la hacer uso de eficiencias y anchos de banda variables. En el presente análisis se propone que a medida que la frecuencia de transmisión aumenta, esto posibilita una mayor tasa de transmisión sin hacer uso de un mayor ancho de banda. Se presenta el análisis para las frecuencias mencionadas haciendo uso de diferentes anchos de banda.

Se lleva a cabo una subdivisión para cada una de las zonas a cubrir en México, tomadas de [8]; en estas se muestran las densidades poblacionales promedio para cada región. Haciendo uso de estas se obtiene el número de radio-bases necesario para brindar la cobertura en las zonas urbanas, suburbanas y rurales, y se compara con el número de radio bases considerando solo el fenómeno de propagación

Se calcula el número de radio-bases para brindar la cobertura en el área urbana, tomando en cuenta la cobertura geográfica y satisfaciendo la demanda de los usuarios en la zona. Como ya se mencionó, ambas condiciones deberán de cumplirse. Por ejemplo, suponiendo que se desea cubrir una zona Urbana con una frecuencia de 2100 MHz, la mejor combinación es hacer uso de un canal de 5 MHz, colocando 16 radio-bases por km<sup>2</sup>, lo que permite cumplir con el radio de cobertura definido por la propagación de la señal haciendo uso de la menor cantidad de radio-bases. El cálculo se repite para las zonas suburbanas y rurales

Haciendo uso de los resultados obtenidos, se procederá a analizar la eficiencia en el uso del ancho de banda y en el número de radio bases a utilizar, si el operador contará con una, dos, tres o las cuatro bandas frecuenciales para implementar un sistema LTE. Para esta aproximación se supone un escenario con la siguiente distribución: 30% Urbano muy denso, 20% urbano denso, 20% urbano, y 30% suburbano. En la Tabla No. 2 se muestran el número promedio de radio bases en función del número de bandas disponibles que se obtiene haciendo uso de los datos obtenidos anteriormente.

Escenario	Frecuencias				BW canal promedio
	700	900	1900	2100	
1				24.45	20.00
2			25.65		17.81
3			24.65		17.58
4		26.39			19.39
5		23.83			17.30
6		25.65			17.81
7			23.51		17.30
8	30.45				20.00
9	24.60				16.95
10	25.00				18.60
11	23.85				17.39
12	26.40				20.00
13	26.06				17.30
14	25.00				18.29
15	23.51				17.50

Tabla No. 2. Número de radio bases y ancho de banda promedio para la zona urbana en relación con el número de radio-bases a utilizar.

Los datos mostrados en la Tabla No. 2 indican varios escenarios, donde cada uno de ellos representa diferentes combinaciones de bandas de frecuencia; el indicador en verde señala la banda específica que esta opción contempla. De este modo, para la opción 6 se consideran las bandas de 900 y 1900 MHz, mientras que en el caso de la opción 11 están consideradas 3, la de 700, 1900 y 2100 MHz. En la última columna se coloca el ancho de banda promedio del canal a usar.

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla No.2, se puede establecer que para una zona urbana como la definida, si se cuenta con un mayor número de bandas de frecuencias se requerirá un menor número de radio-bases para cubrir el área mencionada, así como también se obtiene una reducción del ancho de banda del canal promedio a usar. Respecto al ancho de banda promedio, este tiende a estar cerca del valor máximo disponible. Esto hace sentido con el hecho de que en una zona urbana, el factor cable para la determinación de la cobertura es respecto a la capacidad de la red para atender el elevado número de usuarios que se puede presentar.

Escenario	Frecuencias				BW canal promedio
	700	900	1900	2100	
1				2.33	3.37
2			2.15		3.41
3			2.34		0.05
4		0.69			11.22
5		2.43			3.70
6		2.05			3.41
7			2.30		3.08
8	0.57				23.13
9	2.72				3.37
10	1.99				3.85
11	2.57				3.49
12	0.73				11.22
13	2.63				3.43
14	2.17				3.70
15	2.57				3.44

Tabla No. 3 Número de radio bases y ancho de banda promedio para la zona rural en relación con el número de radio-bases a utilizar.

Para el caso de una zona rural se presenta un análisis similar. Se supone una área geográfica con la siguiente distribución: 5% suburbana, 40% ex rural, 40% rural y 15% rural aislada. De este modo y haciendo uso de la información para cada zona se obtienen los valores mostrados en la Tabla 3.

Como se muestra en la Tabla 3, el ancho de banda del canal tiende hacia el valor mas pequeño, debido a que se espera que la demanda en una zona rural sea menor que en el caso urbano. Por otro lado, la diversidad en el uso de varias bandas no reduce el

número de radios bases, por el contrario, estas sufren un ligero incremento, tal y como se muestra en la figura No. 3. No obstante en el caso del ancho de banda del canal, este disminuye a media que aumenta la diversidad frecuencial.

De acuerdo con varios autores, existe la recomendación que para zonas rurales las bandas bajas presentan mejores rendimientos, debido a que se tiene una mayor cobertura y, como se ha mencionado, la densidad de usuarios es menor. De este modo, si en la aproximación mostrada para el escenario rural mostrado, se elimina de las bandas posibles la de 2100 MHz se obtienen los valores mostrados en la Tabla No. 4.

Escenario	Frecuencias				BW Canal promedio
	700	900	1900	2100	
1			2.01		3.41
2		0.68			11.22
3		2.05			3.49
4	0.57				11.74
5	1.99				3.85
6	0.69				11.37
7	1.96				3.78

Tabla No. 4 Número de radio bases y ancho de banda promedio para la zona rural en relación con el número de radio-bases a utilizar sin hacer uso de la banda de 2100 MHz.

De este modo, al eliminar la frecuencia más alta, el número de radio bases y el ancho de banda promedio del canal tienen comportamiento similar al caso analizado anteriormente, sin embargo, el número promedio de radio bases y del ancho de banda del canal es menor.

#### CONCLUSIONES

La cobertura de una zona geográfica está determinada por la distancia máxima que la señal puede alcanzar brindando una potencia mínima en el borde de la célula y además garantizar que la demanda de los usuarios en dicha zona pueda ser cubierta por el número de radio-bases instalada. De este modo, el número mínimo de radio-bases a utilizar es el que se obtiene aplicando los modelos de propagación y posteriormente determinar el menor número de radio bases que puede dar el servicio, combinando frecuencias y anchos de banda de canal. A partir de los resultados mostrados, se puede concluir lo siguiente:

- La diversidad frecuencial, entendida como la posibilidad de hacer uso de varias bandas de frecuencia para implementar LTE permite obtener una mejor eficiencia en el número de estaciones base en el área a cubrir.
- En zonas con alta densidad poblacional, el uso de bandas altas permite optimizar el número de estaciones base, usando principalmente canales de 20 MHz.
- En zonas rurales, con baja densidad poblacional, el uso de bandas de altas frecuencias no reporta mayores beneficios, por lo que se obtienen mejores resultados haciendo uso de bandas bajas.
- La diversidad frecuencial también permite optimizar el uso del ancho del canal

#### REFERENCES

- [1] Ghosh, A.; Ratasuk, R.; Mondal, B. Mangalvedhe, N.. "LTE-advanced: next-generation wireless broadband technology." Wireless Communications, IEEE. Vol 17, issue: 3. Pags: 10-22. ISSN: 1536-1284
- [2] Koivisto, T. Nokis Devices R & D, Nokia Group, Nokis Finland; Schober, K; Kuosmanen, T.; Roman, T. "Reference Signal Design for Flexible MIMO Operation in LTE-Advanced Downlink. Vehicular Technology Conference (VTC 2010-Spring), 2010 IEEE 71st. May 2010. ISSN 1550-2252
- [3] Ming Zhu; Futurewei Technol., Huawei R&D, Bridgewater, NJ, USA; Xiang Liu; Chand, N; Effenberg, F. "High-capacity mobile fronthaul supporting LTE-advanced carrier aggregation and 8x8 MIMO". Optical Fiber Communications Conference and Exhibition (OFC), 2015. 22.26 March 2015. IEEE.
- [4] Bhattacharyya, Supratik; Towsley, D.; Kurose, J. "The loss path multiplicity problem in multicast congestion control". INFOCOM'99. Eighteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE, Vol.2 March 1999. New York:IEEE
- [5] Yuvraj Singh. "Comparison of Okumura, Hata and Cost 231 Models on the Basis of Path Loss and Signal Strength.". International Journal of Computer Applications. Vol. 59. No. 11. December 2012.
- [6] ASIA-PACIFIC TELECOMMUNITY. 1st Meeting of SATRC Working Group on Spectrum in Sap-IV. 10-11 October 2012, Dhaka, Bangladesh. Document SAPIV/WGS01/INP-05. "Harminization use of the 700 MHz Digital Dividen Band en SATRC Countries".
- [7] Arturo Robles-Rovalo, Ramos, Sergio, Gómez-Barroso, Jose Luis, Feijoo Claudio. "Una alternativa hacia las NGN en las Américas; Redes de Banda Ancha Inalámbrica". Proceeding of the ACORN-REDCOM Conference Mexico City May 22-23rd 2009.