

Consideraciones de los parámetros de planeación de la red de radio en redes WCDMA

Sergio Vidal-Beltrán
Jorge Roberto Sosa-Pedroza
Pablo Abraham Velázquez-Ramírez
Edgar Alan Degollado-Rea

Sección de Estudios de Posgrado e Investigación (SEPI),
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME)
Instituto Politécnico Nacional,
México, DF.
MÉXICO.

Tel. (55) 10864607

Correo electrónico: pvelazquezr0500@ipn.mx
edegollador0500@ipn.mx

Recibido el 24 de octubre de 2008; aceptado el 4 de abril de 2009.

1. Resumen

El presente trabajo presenta las principales características de la tecnología WCDMA, que la hacen ser una tecnología de tercera generación ideal para la transmisión de voz, datos y video. Lo cual permite manejar aplicaciones multimedia con una operación lo más parecida posible a la de las computadoras. Se presentan resultados experimentales de las mediciones realizadas en la zona de los edificios 1 al 9 y áreas aledañas, dichos resultados experimentales nos muestran las manchas de cobertura con diferentes niveles de potencia, dependiendo de la ubicación y estado de la Radio Base (RB). Para lo cual se hizo uso del método de estimación geoestadística, el *krigeado*.

Palabras clave: telefonía celular, tercera generación, WCDMA, krigeado.

2. Abstract (Considerations of the Parameters of Radio Network Planning in WCDMA Networks)

Currently, the rapid pace of technological advance is such that in many cases prevents a full understanding of innovation, i.e.

as soon as they learned to operate a device when it is presented a certain degree of obsolescence. Such is the case of mobile telephony has evolved from first to third generation (1G, 3G) in a very short time and already goes towards 4G. Cellular networks of third generation (3G) have had great growth in recent years. In Mexico deployments of third generation technology Division Multiple Access Code Bandwidth (WCDMA) were completed by the end of 2008. This paper presents the main features of WCDMA technology, which make it be a third generation technology ideal for transmitting voice, data and video. Which can handle multimedia applications with an operation as close as possible to the computers. We present experimental results of measurements made in the area of 1 to 9 buildings and surrounding areas, these experimental results show the spots of coverage with different power levels, depending on the location and condition of the Radio Base (RB). For that which was made use of geostatistics estimation method, the Krige.

Key words: mobile phones, third-generation, WCDMA, krige.

3. Introducción

El Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (WCDMA) es una tecnología para las comunicaciones móviles, aprobada de tercera generación (3G) que incrementa las tasas de transmisión de datos mediante la interfaz de aire multiplexaje por división de código (CDM), en vez de la interfaz de aire multiplexaje por división de tiempo (TDM) del sistema global para las comunicaciones móviles (GSM). WCDMA soporta servicios multimedia de muy alta velocidad como video en total movimiento, acceso a internet y videoconferencia. También puede manejar fácilmente aplicaciones que hagan uso de un ancho de banda intensivo, tales como la transmisión de datos e imágenes mediante internet.

Hasta la fecha, WCDMA ha sido aceptado para su uso en las tecnologías 3G, y ha sido especificado en las diferentes versiones de la Asociación de Proyectos de 3ra Generación (3GPP) por el Instituto Europeo de Normalización en Telecomunicaciones (ETSI) y también por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) bajo el nombre de "IMT-2000 dispersión directa". NTT DoCoMo, principal

operador de telefonía móvil en Japón, lanzó el primer servicio WCDMA en el 2001 y ahora tiene millones de usuarios. WCDMA es también la tecnología 3G para muchos operadores del Servicio General de Paquetes vía Radio (GPRS) así como de GSM, los cuales actualmente llevan a cabo decenas de pruebas. Más de 100 operadores GPRS/GSM han autorizado el nuevo espectro con el propósito de iniciar servicios WCDMA en los próximos años [1].

En México, los despliegues de WCDMA concluyeron para finales del año 2008, y las estaciones móviles (MS) incluyen en algunos casos soporte para tres bandas WCDMA 800, 1900 y 2100, así como soporte para un número determinado de bandas para GSM [2].

4. Marco teórico

Como ya se mencionó anteriormente, en WCDMA las señales generadas por el usuario, son dispersadas usando un código, el cual se efectúa a una tasa de 3.84 Mcps. En cuanto los datos transmitidos son recibidos por el receptor móvil del usuario, el demodulador/correlacionador vuelve a aplicar el código y recupera los datos originales. La señal recibida por el móvil es una señal dispersada junto con ruido, interferencia y mensajes en otros canales codificados en la misma ranura de frecuencia de RF. La interferencia podría provenir desde múltiples fuentes incluyendo otros usuarios en la misma célula o desde células vecinas, el proceso anterior es el que se muestra en la Fig. 1 [1].

La Fig. 2 plasma las operaciones básicas de ensanchado y desensanchado para un sistema DS-CDMA o WCDMA. Los datos del usuario serán modulados mediante BPSK (*Binary Phase Shift Keying*) a una tasa R , los bits de la tasa de datos del

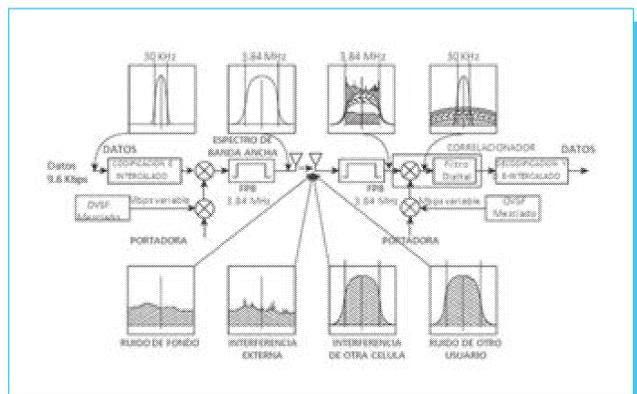


Fig. 1. Ensanchado de la señal y correlación en una Estación Base WCDMA.

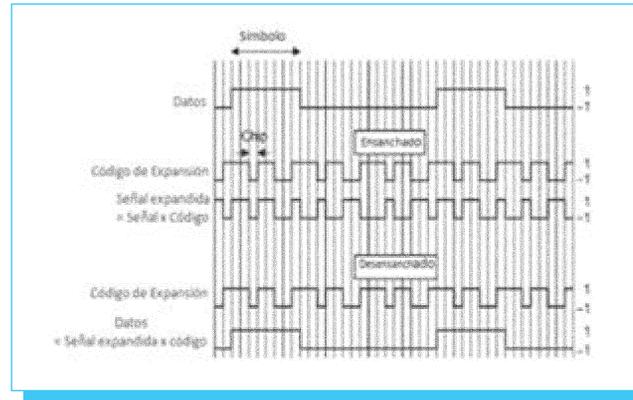


Fig. 2. Ensanchado y desensanchado de una señal en WCDMA.

usuario pueden asumir el valor de ± 1 . La operación de ensanchado, en este ejemplo, es la multiplicación de cada bit de la información del usuario por una secuencia de código de 8 bits, llamados chips. Asumiremos lo mismo para la modulación de ensanchado BPSK. Podemos observar que la señal de datos expandidos resultante tiene una tasa de $8 \times R$ y tiene la misma apariencia aleatoria (seudoruido) que el código de ensanchado. En este caso diríamos que se está haciendo uso de un factor de dispersión cuyo valor es de 8. Esta señal de banda ancha sería transmitida a través de un canal inalámbrico para posteriormente ser recibida en el otro extremo. Durante el desensanchado (*despreading*) se lleva a cabo la multiplicación entre la señal expandida o secuencia de datos/chips y el mismo código de 8 chips que se usó para realizar el ensanchado de los bits de los datos del usuario. Como se muestra en la Fig. 2 la secuencia original de datos del usuario es recuperada perfectamente, siempre que tengamos también una sincronización perfecta entre la señal de usuario expandida y el código de desensanchado.

El aumento de la tasa de señalización por un factor de 8 corresponde a una ampliación (por un factor de 8) del espectro ocupado por la señal de datos expandida del usuario. Debido a esta virtud, los sistemas CDMA son generalmente llamados sistemas de espectro ensanchado. El desensanchado (*despreading*) restaura el ancho de banda proporcional a la tasa R de la señal.

WCDMA soporta básicamente dos modos de operación: duplexaje por división de frecuencia (FDD) y duplexaje por división de tiempo (TDD). En el modo FDD, portadoras de 5 MHz separadas, son usadas para el enlace de subida (*uplink*) y bajada (*downlink*) respectivamente, donde el enlace de subida es la conexión desde el móvil hasta la estación base, y el enlace de bajada es aquella conexión desde la estación móvil hasta la estación móvil.

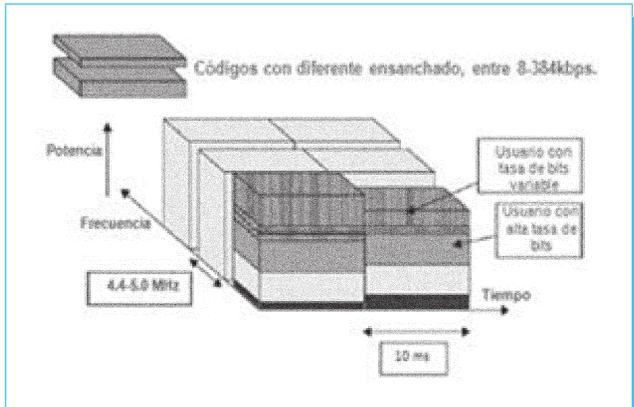


Fig. 3. Asignación del ancho de banda en WCDMA en el espacio: tiempo-frecuencia-potencia.

WCDMA soporta la operación de estaciones base asíncronas, a diferencia de los sistemas IS-95 síncronos, no hay necesidad de una referencia de tiempo global tal como un sistema de posicionamiento global (GPS). El despliegue de estaciones base internas y microestaciones es más fácil cuando no se necesita recibir una señal del GPS. WCDMA utiliza detección coherente en el enlace de subida/bajada, basado en el uso de símbolos piloto o piloto común (*common pilot*). Mientras ya se usaba en el enlace de bajada de IS-95, el uso de detección coherente en el enlace de subida, es nuevo para los sistemas CDMA públicos y resultará en un total incremento de la cobertura, así como en la capacidad en el enlace de subida. La interface de aire de WCDMA ha sido diseñada a manera de los conceptos de recepción avanzados para CDMA, como la detección multiusuario y antenas adaptivas inteligentes (*smart adaptive antennas*), pueden ser desplegadas por el operador de red como una alternativa del sistema para incrementar la capacidad y/o cobertura. En la mayoría de los sistemas de segunda generación no se consideró ninguna previsión en los conceptos de recepción y como resultado se encontraban limitados en rendimiento.

Las redes WCDMA están diseñadas para ser desplegadas en conjunto con GSM. Por lo tanto, los trasposos (*handovers*) entre GSM y WCDMA son soportados para poder utilizar la cobertura que ofrece GSM durante la introducción de WCDMA. A diferencia de GSM y GPRS, que dependen del uso de la técnica de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), WCDMA como CDMA permite que todos los usuarios transmitan al mismo tiempo y compartan la misma señal portadora de RF. La llamada de cada usuario móvil es únicamente diferenciada de las otras llamadas mediante un conjunto de códigos especiales, que son añadidos durante la transmisión.

Tabla 1. Tipos de códigos usados en WCDMA.

DIRECCIÓN	ENLACE DE SUBIDA	ENLACE DE BAJADA
Códigos de mezclado	Separación entre usuarios	Separación de células (SECTORES)
Códigos de canalización	Canales de datos y de control desde la misma MS	Usuarios dentro de una célula
Códigos de ensanchado	Código de canalización Código de mezclado	Código de canalización Código de mezclado

El sistema WCDMA utiliza varios códigos. En teoría, un tipo de código debe ser suficiente, pero en la práctica, debido a las características físicas de la trayectoria de radio, se requiere que el sistema WCDMA haga uso de diferentes códigos para diferentes propósitos, y que estos códigos tengan características tales como la ortogonalidad y autocorrelación, haciéndolos adecuados para su uso específico. Existen básicamente tres tipos de códigos disponibles, los códigos de canalización, los códigos de mezclado y los códigos de ensanchado; su respectivo uso se muestra en la tabla 1.

Un enlace de bajada es definido como la transmisión de la señal desde la estación base hasta la estación móvil del usuario. Éste consiste del canal de RF, un código de mezclado (uno por sector), un OVSF (*orthogonal variable spreading factor*) o factor de dispersión ortogonal variable, un canal de señalización (uno por llamada), y uno o más canales OVSF para datos, tal y como lo muestra la Fig. 4. Éste también contiene las señales de sincronía (P-SCH y S-SCH), las cuales son independientes del OVSF y de los códigos de ensanchado. La señal de RF

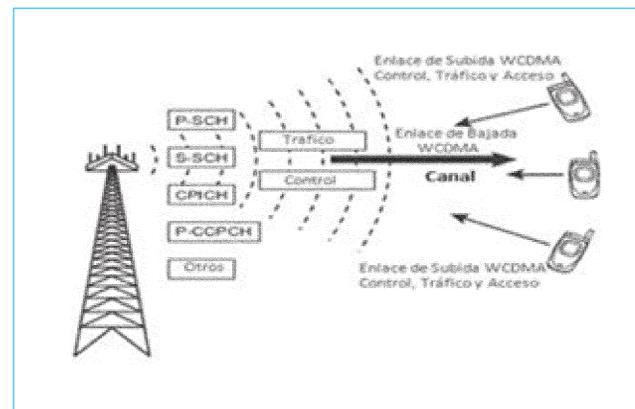


Fig. 4. Estructura del canal WCDMA.

transmitida desde la estación móvil hasta la estación base es conocida como enlace de subida o canal inverso.

El radioacceso WCDMA asigna el ancho de banda para los usuarios, el ancho de banda asignado y sus funciones de control se manejan utilizando el término "canal". La funcionalidad implementada a través de WCDMA define qué tipos de canales son los necesarios y cómo están organizados. Como se muestra en la Fig. 5, la organización de canales usados por WCDMA se compone de tres capas: canales lógicos, canales de transporte y canales físicos. De estos canales, los canales lógicos describen el tipo de información que deberá transmitirse, los canales de transporte describen cómo los canales lógicos se transfieren y los canales físicos son los "medios de transmisión" proporcionando la plataforma de radio a través de la cual la información es realmente transferida.

Los canales físicos son el medio que se utiliza para enviar la información tanto de control y de usuario. La diferencia entre los canales de transporte y los canales físicos, es que estos últimos son el conducto que contiene a los canales de transporte. Los canales físicos realizan diversas funciones tanto en el enlace de subida como en el enlace de bajada. La estructura de los canales físicos cuenta con una duración de trama de 10 ms, con un total de 38 400 chips por trama, la trama está dividida en 15 ranuras de tiempo con duración de 0.667 ms y 2 560 chips por ranura [3].

Así, dentro de los canales físicos para el enlace de bajada se encuentra el canal piloto común, CPICH (*Common Pilot Channel*): este canal transmite una portadora que es usada para estimar los parámetros del canal. Es la referencia física para otros

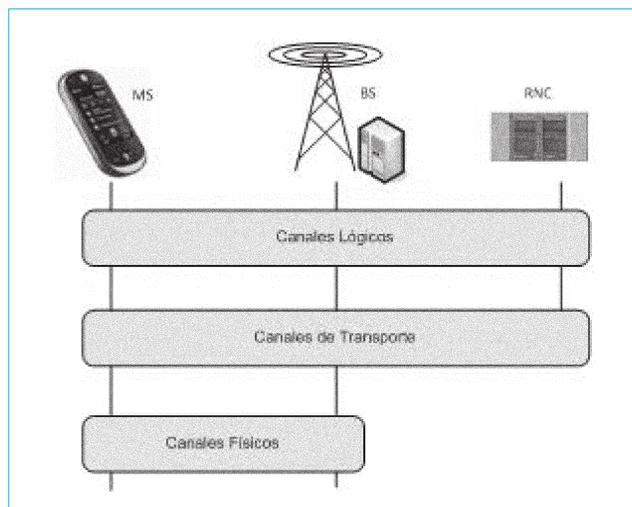


Fig. 5. Canales lógicos, físicos y de transporte en WCDMA.

canales. Sus funciones son diversas e importantes, es empleado para el control de potencia, transmisión y detección coherente, la estimación de canal y medición de celdas adyacentes, los canales piloto también sirven para obtener el código *scrambling* de la celda, en las mediciones de campo. Hay dos tipos de canales piloto, primarios y secundarios. El canal piloto primario utiliza un código de canalización fija. A cada celda sólo se le asigna un canal piloto primario. El canal piloto secundario utiliza un código de canalización variable con una longitud de 256 chips [4].

5. Desarrollo

Como ya fue mencionado anteriormente, el objetivo del proyecto es llevar a cabo mediciones de potencia en algunas zonas de la Unidad Profesional "Adolfo López Mateos" para conocer de qué forma se encuentra distribuida la presencia de la red WCDMA del principal proveedor de la región, analizar estas potencias y determinar si la cobertura del proveedor es óptima y suficiente para satisfacer la demanda de sus clientes.

Para llevar a cabo las mediciones de potencia, se utilizó un analizador de espectro portátil de la marca *Anritsu*, perteneciente a la serie BTS Master, modelo MT8222A, que entre sus principales características se tiene que cuenta con un receptor GPS, el cual nos ayudó, posteriormente, a ubicar el punto donde se llevó a cabo cada medición. Este equipo permite, entre otras muchas cosas, medir la potencia del CPICH de un máximo de seis *scrambling codes* presentes en el punto de medición.

A. Plan de mediciones

La primera parte del plan de mediciones consistió en delimitar perfectamente la zona en la que vamos a trabajar. Esta zona de



Fig. 6. Zona de la U.P. "Adolfo López Mateos" donde se efectuaron las mediciones puntuales de potencia del CPICH de WCDMA.

trabajo corresponde a la zona académica de los edificios 1 al 9 (incluyendo sus estacionamientos), la zona cultural de la unidad profesional y la zona deportiva, cubriendo un área total de aproximadamente 0.73 km². En la Fig. 6, puede verse una fotografía aérea de la Unidad Profesional "Adolfo López Mateos" en donde con un contorno se delimita la extensión geográfica que cubre la unidad profesional y con una línea el área en la que se tomaron mediciones de potencia del CPICH.

Para cubrir esta zona delimitada por el contorno, se estimó llevar a cabo entre 1500 y 1600 mediciones puntuales de potencia de CPICH. Esa cantidad de mediciones se determinó con base en que las mediciones tienen que llevarse a cabo de forma estática, es decir, parados en un punto fijo durante un breve periodo de tiempo con la finalidad de que el equipo detecte la mayor parte de los *scrambling codes* presentes en la zona y actualice su posición GPS; además, se presupuestó esa cantidad de mediciones debido a que la longitud de onda es de aproximadamente 34 cm (en breve se justificará este parámetro), por lo que tiene que haber cierta separación entre medición y medición.

B. Parámetros prácticos de la portadora de WCDMA a medir

Debido que se llevaron a cabo mediciones sobre la red WCDMA del operador dominante en la región, fue pertinente ajustar la configuración del equipo de medición a los parámetros de operación de la red del operador. Estos parámetros son:

- frecuencia de portadora (f_c) = 887.5 MHz
- canal: 1087
- banda de operación: V

Con base en f_c , se puede determinar la longitud de onda de la portadora WCDMA del operador mediante la siguiente ecuación:

$$\lambda = \frac{c}{f_c} \quad (1)$$

Siendo c la velocidad de la luz en el espacio libre, entonces, sustituyendo en la ecuación (1), obtenemos:

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{887.5 \times 10^6 \text{ Hz}}$$

$$\lambda = 0.338 \text{ m}$$

C. Otras consideraciones

Un factor muy importante que se tuvo que considerar al momento de llevar a cabo las mediciones era el contar con un cielo parcialmente despejado o despejado. Esto debido a que grandes concentraciones de nubes hacen más difícil la conexión GPS del analizador de espectro, de la misma forma condiciones de lluvia

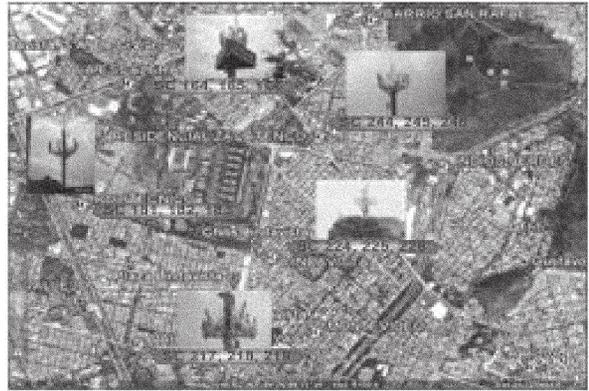


Fig. 7. Ubicación de las 5 BS y sus respectivos scrambling codes.

alteran en cierto grado la potencia de las señales que se propagan por el espacio libre, o en un caso peor, el equipo de medición puede dañarse a causa del agua. Siempre se buscó que las mediciones se llevaran a cabo bajo condiciones climatológicas similares para que las mediciones registradas no variaran de un día a otro.

6. Resultados

Se realizaron 1 600 mediciones puntuales en las zonas ya mencionadas, dichas zonas pertenecen a la zona de cobertura de por lo menos 5 BS, las cuales se muestran en la Fig.7.

Cada una de las 1600 mediciones puntuales se procesaron mediante software, para su aplicación al método geoestadístico del *krigeado*, por BS (tres diferentes SC), organizándose por BS y posteriormente obteniéndose los siguientes resultados:

En cada una de las figuras, se indica el nivel de potencia mediante una barra, donde el **color rojo** representa la máxima potencia.

Así, al introducir en su totalidad las 1600 mediciones puntuales en el software para su aplicación al método geoestadístico del *krigeado*, se obtiene la grafica o mancha de radiación producida por las 5 BS en cuestión.

De las figuras 8 a la 13. se puede observar, comparar e interpretar lo siguiente:

El nivel de potencia recibido en cualquier punto de las zonas de mayor tránsito de personas (edificios ESIME, ESIQUE,

ESTACIÓN BASE LINDAVISTA (SC 224, 225, 226)

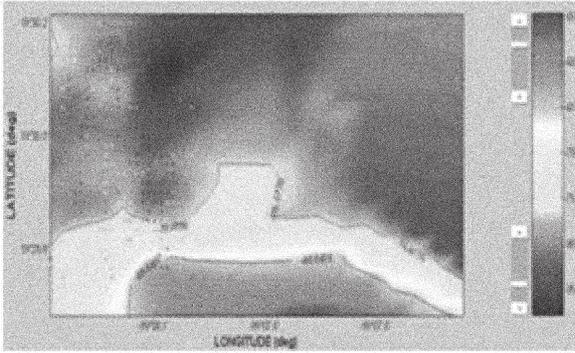


Fig. 8. Mancha de cobertura de la BS Lindavista.

ESTACIÓN BASE AV. WILFRIDO MASSIEU (SC 181, 182, 183)

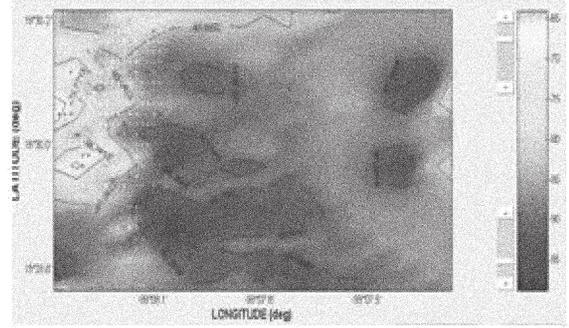


Fig. 11. Mancha de cobertura de la BS Wilfrido Massieu.

ESTACIÓN BASE TICOMÁN (SC 244, 245, 246)

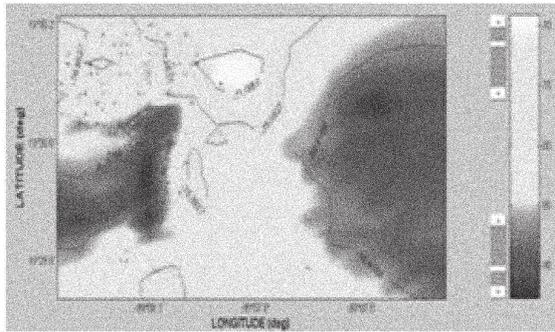


Fig. 9. Mancha de cobertura de la BS Ticomán.

ESTACIÓN BASE AV. FORTUNA (SC 217, 218, 219)

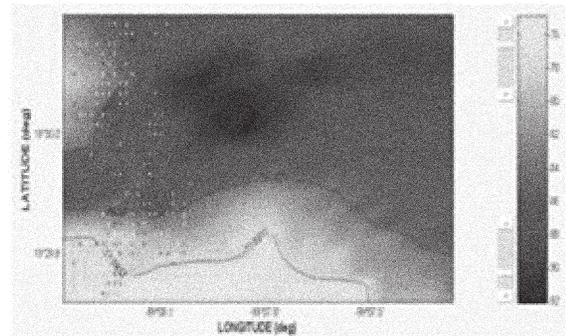


Fig. 12. Mancha de cobertura de la BS Av. Fortuna.

ESTACIÓN BASE TORRES LINDAVISTA (SC 164, 165, 166)

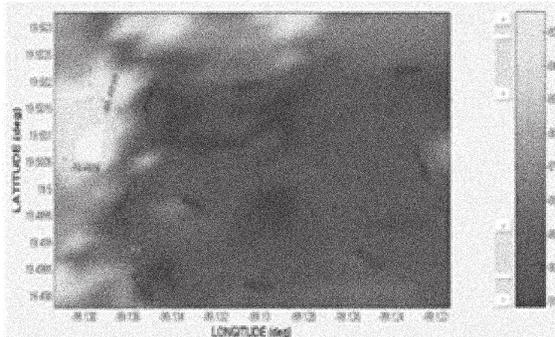


Fig. 10. Mancha de cobertura de la BS Torres Lindavista.

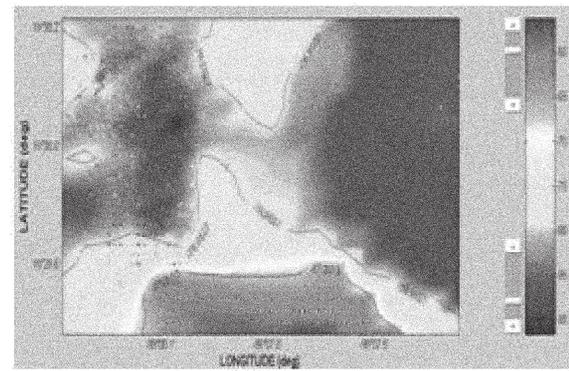


Fig. 13. Mancha de cobertura de las 5 BS en la zona de estudio.

WCDMA/HSPA Measurement Data	
rb_3coman(5) (8/19/2009 12:26:54 PM)	
Frequency Error	0.047 kHz
Occ BW	7863.604 kHz
EVM	81.84 %
Carrier Frequency	0.887 500 047 GHz
Channel Power	-47.3 dBm
P-CPICH Abs Power	-56.0 dBm
Peak CD Error	-8.5 dB
P-CCPCH Power	-59.0 dBm
PICH	-74.1 dBm
PSCH Abs Power	-60.3 dBm
SSCH Abs Power	-65.7 dBm

Fig. 14. Resumen generado por el analizador de espectros MS2721B.

ESFM, Zona Cultural, Zona Deportiva, Cenlex, Planetario) se encuentra entre -80 y -90 dBm.

Mediante el equipo de medición MS2721B, se detectó que algunas de las estaciones base que dan cobertura a la unidad, operan fuera del ancho de banda asignado para esta tecnología (Occ BW > 5 MHz), tal y como se muestra en el resumen generado por el equipo analizador de espectros MS2721B, que se muestra en la Fig. 14.

Derivado de los puntos anteriores, se requiere que el proveedor revise aspectos de capacidad, cobertura y normatividad de su red. Al ser los niveles de potencia en cada una de las gráficas obtenidas, aproximadamente, de la misma magnitud en la zona

de interés, trae como resultado que la MS tenga que estar continuamente cambiando entre un SC y otro que puede pertenecer a la misma BS o a otra de las cuatro restantes. Esto consume el tiempo de duración de la carga útil en la batería de la MS, acortando su tiempo de funcionalidad.

Alternativamente, para equipos de 3G de gama media, los niveles de sensibilidad se encuentran en el rango de -80 a -90 dBm, con lo cual, de acuerdo a los resultados obtenidos y en la zona de mayor afluencia, un determinado MS podría presentar problemas para "enlazarse" o comunicarse con cualquiera de las 5 BS que dan servicio a la unidad profesional. Es muy importante resaltar que en la Fig. 13, se muestra la contribución de las cinco estaciones base, los mayores niveles de potencia se concentran en el área de la Plaza Roja, alcanzando niveles que van desde -55 a -60 dBm, en un área que consideramos permanece la mayor parte del tiempo sin la presencia de una cantidad significativa de usuarios.

7. Referencias

- [1] Nota de aplicación No 11410-00378 Rev. B, "Practical Tips on WCDMA Measurements", Anritsu, 2009. Disponible en <http://www.us.anritsu.com>.
- [2] Disponible en http://www.telcel.com/porta1/3G/noticias_index.html
- [3] Jaana Laiho y Achim Wacker, *Radio Network Planning and Optimisation for UMTS*, John Wiley & Sons, 2006.
- [4] M.R. Karim y M. Sarraf, *W-CDMA and cdma2000 for 3G Mobile Networks*, McGraw-Hill, 2002.

Redalyc

Red de revistas científicas de
América Latina, el Caribe,
España y Portugal

www.redalyc.uaemex.mx