

Desarrollo de un simulador celular a nivel de llamada para WCDMA

K. D. Hackbarth
Departamento de
Ing. de Comunicaciones
Universidad de Cantabria
klaus@tmat.unican.es

J. A. Portilla
Departamento de
Ing. de Comunicaciones
Universidad de Cantabria
jantonio@tmat.unican.es

C. Díaz
Departamento de
Ing. de Comunicaciones
Universidad de Cantabria
cdiaz@tmat.unican.es

J. Borrego
Departamento de
Ing. de Comunicaciones
Universidad de Cantabria
jborrego@hotmail.com

Abstract—This article deals with the development of a cell simulator for WCDMA systems. The objective of this tool is to test the results of different algorithms for the cell radius calculation. This simulation tool is conceived on a call/connection level rather than on a packet level. This means that each user connection is considered as a single event independently of the type of service. The article also shows an independent tool for the cell radius calculation which results over different service scenarios are tested with the simulator. Finally the future enhancements of the simulator are presented

Keywords: WCDMA, cell radius design, single cell simulator.

I. INTRODUCCIÓN

El diseño del radio celular es una tarea fundamental en la planificación de redes celulares. Ya en los sistemas de segunda generación como GSM, tenía una gran influencia tanto en el GoS como en la QoS conjunta de cobertura radioeléctrica y capacidad. Por otra parte los cambios en el radio celular debido a factores como el aumento de la demanda de usuarios provocaban severos cambios en la planificación celular. En los sistemas de tercera generación basados en el acceso al medio WCDMA como UMTS el problema se agrava considerablemente. Debemos tener en cuenta que mientras los sistemas basados en TDMA como GSM presentan características de tipo *hard blocking*, es decir, que la capacidad del sistema está limitada por la cantidad de hardware en la estación base, los sistemas basados en CDMA son de tipo *soft blocking*, es decir se encuentran limitados por la interferencia presente en el sistema. La interferencia total proviene tanto de los usuarios situados en la propia célula como de los que se encuentran en células vecinas, aparte del fondo de ruido omnipresente. Un error en el dimensionado del radio celular puede provocar o bien una falta de cobertura en el caso de un sobredimensionado, o un exceso de interferencia en el caso de infradimensionado. En ambos casos se produce una grave disminución del grado de servicio GoS, con la consiguiente insatisfacción de los clientes del operador de red móvil. Tal y como se puede observar del razonamiento anterior nos encontramos ante un aspecto crítico en la planificación celular en redes celulares.

Debido a las características multiservicio del sistema WCDMA, el estudio del radio celular, y por ende de la localización de los Nodos B así como estudios de cobertura

y handover, se ha realizado mediante simuladores. En la literatura se encuentran múltiples ejemplos de estos simuladores tanto estáticos como dinámicos ¹ de los que cabe destacar, entre otros, los siguientes²

- Simulador dinámico de Ghorashi, [1].
- Netsim, desarrollado en la Universidad de Helsinki [2].
- NPSW, simulador estático desarrollado en los laboratorios de Nokia [3]. Los resultados de este simulador han sido verificados por un simulador dinámico desarrollado por los autores en [4]
- Simulador estático desarrollado por L. Mendo [5].

En general los simuladores mencionados anteriormente se encuentran en la fase de optimización de la planificación de redes móviles, [6]. Esto significa que se parte de una estructura celular dada y se analizan las circunstancias propias del escenario con el objeto de obtener los mapas de cobertura, capacidad, handovers etc. Con estos mapas se puede proceder, por ejemplo, a la optimización de las localizaciones de los Nodos B. Estos simuladores presentan el grave inconveniente de precisar una larga y compleja lista de datos de entrada tanto en conceptos topográficos (Tipo de terreno, montes, edificios, materiales), demográficos (densidad de usuarios, distribución de la población), tecnológicos (Ingeniería Nodos B) y de tráfico (tasa de llamadas, tiempo de servicio, probabilidad de bloqueo).

La experiencia del Grupo de Ingeniería Telemática de la Universidad de Cantabria le dicta que en ocasiones la complejidad de estos simuladores provoca que no sean aplicables a problemas relativamente sencillos. Este es el caso del cálculo del radio de una célula aislada, que es de una importancia fundamental sobre todo en la etapa de dimensionado de la red, donde se intenta obtener una primera estimación sobre el número y localización de los Nodos B necesarios para proporcionar cobertura a un área determinado. Los resultados

¹Un simulador estático se basa en tomar una larga serie de *instantáneas* del sistema en un momento concreto con diferentes configuraciones de partida para obtener estadísticos. Los simuladores dinámicos, por el contrario, analizan la evolución del sistema a lo largo del tiempo, permitiendo estudiar la historia del sistema.

²Algunos simuladores no presentan un nombre concreto por lo que se denominan en este artículo según el autor principal de la publicación donde aparecen reseñados

de este primer estudio deben ser posteriormente procesados en los correspondientes simuladores orientados a la optimización.

Por estas razones en este artículo se propone un simulador dinámico a nivel de enlace orientado principalmente a la verificación de los resultados obtenidos con diversos algoritmos de cálculo de radio celular.

II. ESTRUCTURA DEL SIMULADOR

El simulador propuesto se ha desarrollado sobre motor de simulación OMNET++, de libre distribución, que fue desarrollado por Andrés Varga, de la Universidad de Budapest. Este motor de simulación tiene un carácter modular, está orientado a eventos discretos y es dinámico, características que lo señalan como idóneo para el propósito perseguido [7].

La simulación de una única célula de un sistema de telecomunicaciones móviles con tecnología WCDMA requiere de tres entidades: el Nodo B, el conjunto de usuarios o terminales móviles y el interfaz aire. En el simulador, debido a que realizamos una evaluación a nivel de sistema y no de enlace, el interfaz aire no constituye un elemento independiente sino que sus funcionalidades quedan englobadas dentro de las correspondientes al Nodo B. Por otra parte, debido a que se definen diversas clases de servicios con sus correspondientes parámetros, los usuarios se encuentran divididos en los correspondientes grupos de usuarios. La arquitectura de simulación está, por lo tanto, formada por un módulo que realiza las funciones de Nodo B y de un número determinado de módulos que realizan las funciones de grupos de usuarios. Ambos módulos se encuentran englobados dentro del módulo general de la red.

La definición de los módulos y sus características principales se detallan a continuación:

- **Grupo-usuarios:** Es el módulo generador de peticiones de conexión dirigidas al Nodo B. Posee un único parámetro, *Número de Grupo*, y dos puertos de entrada/salida: *Hacia el Nodo B* y *Desde el Nodo B*. El procedimiento de trabajo de este módulo se muestra en la figura 1
- **NodoB:** Módulo receptor de las peticiones de conexión enviadas desde los grupos de usuarios. También posee un único parámetro, el número de grupos de usuarios, es decir, de clases diferentes de servicio. El módulo *NodoB* tiene dos vectores de puertos³, *Hacia los grupos de usuarios* y *Desde los grupos de usuarios*. El procedimiento de ejecución del Nodo B se expone en la figura 2

La herramienta desarrollada simula una única célula aislada, por lo que el módulo compuesto general contiene una instancia del módulo simple *NodoB* y un número variable de instancias del módulo simple *Grupo-usuarios* debido a que pueden existir diversas clases de servicios.

La estructura de simulación definida anteriormente, es construida mediante la herramienta de edición proporcionada por OMNET++ denominada GNED, *Graphical Network Editor*

³OMNET++ permite la definición de estructuras de puertos múltiples denominadas vectores de puertos.

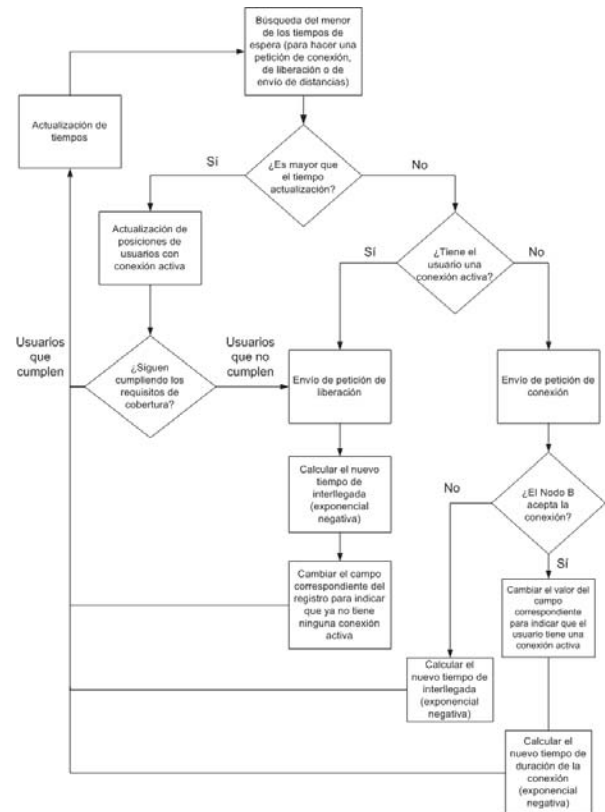


Fig. 1. Diagrama de flujo de la funcionalidad del módulo *Grupo-usuarios*.

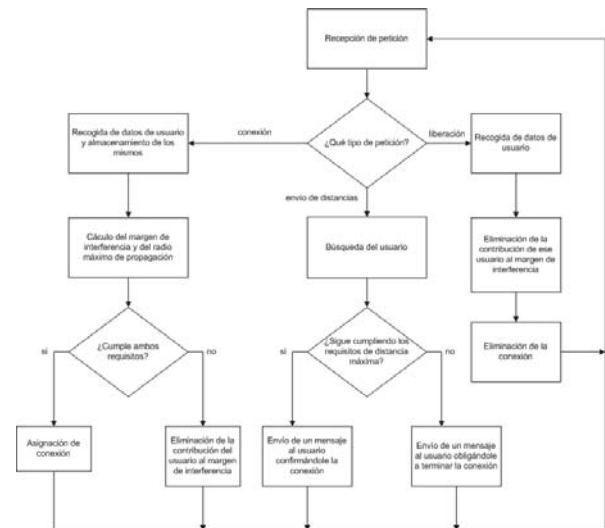


Fig. 2. Diagrama de flujo de la funcionalidad del módulo *Nodo B*.

for *NED Files*, que permite la creación de los diferentes tipos de módulos y la definición de sus características, el número de parámetros y puertos. La funcionalidad desarrollada por cada módulo concreto es posteriormente desarrollada en Visual C++, mediante el entorno Microsoft Developer Studio. OMNET ++ permite la integración de la arquitectura desa-

rollada con GNED en un proyecto de programación de este compilador.

Cada uno de los módulos consta de tres elementos principales: definición de variables públicas, función de actividad y función final. Las variables públicas permiten la recopilación de datos durante el periodo de simulación para su tratamiento en la función final que se ejecuta cuando se termina la simulación. La función de actividad recoge todo el comportamiento del módulo correspondiente.

III. RESULTADOS DE ESCENARIOS DE PLANIFICACIÓN

El objetivo del simulador desarrollado en este artículo consiste en la verificación de modelos de dimensionado de celdas de tercera generación de telefonía móvil. Concretamente, se procede a la verificación y validación de los resultados obtenidos en los algoritmos desarrollados a lo largo de la tesis doctoral [8], más precisamente un algoritmo para el cálculo del radio celular denominado *algoritmo reducido* presentado anteriormente en [9], y [10]. Este algoritmo ha sido implementado dentro de una herramienta software llamada WCDMA-cre (estimador de radio celular WCDMA). En la Figura 3 se muestra una captura de la herramienta anteriormente mencionada.

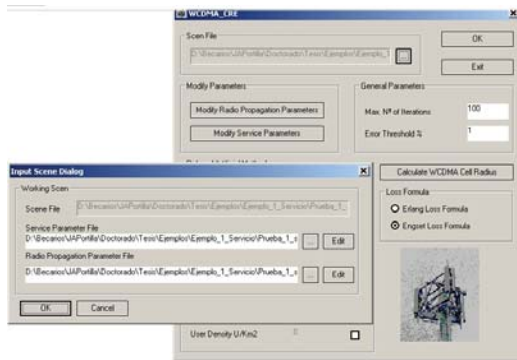


Fig. 3. Captura del programa WCDMA-CRE.

En la Tabla I se muestran los resultados de la ejecución de la herramienta WCDMA-cre para los escenarios que se van a simular a continuación (2, 3 y 4 servicios). Si se desea obtener más información acerca del funcionamiento o de los parámetros de entrada-salida de dicha herramienta se puede consultar [8].

| Escenario | Radio celular (m) | Algoritmo reducido |
|-------------------------------|-------------------|--------------------|
| <i>Escenario1(2servicios)</i> | 530 m | |
| <i>Escenario2(3servicios)</i> | 322 m | |
| <i>Escenario3(4servicios)</i> | 187 m | |

TABLE I
CÁLCULO DEL RADIO CELULAR MEDIANTE WCDMA-CRE

Los parámetros generales de configuración general de la simulación se pueden dividir en dos bloques, por un lado

los parámetros de propagación radio en la celula y otro para los parámetros de los servicios. Los parámetros radio permanecen invariables a lo largo de los diferentes escenarios y se muestran en la tabla II.

| Parámetros Nodo B | | Parámetros Móvil | |
|------------------------------|------|-----------------------------|------|
| Altura (m) | 50 | Altura (m) | 1.75 |
| P Tx (W) | 10 | P Tx (W) | 0.25 |
| G Antena(dB) | 10 | Ganancia Antena (dB) | 0 |
| L Cables (dB) | 3 | L Cables (dB) | 3 |
| Figura de Ruido (dB) | 5 | Figura de Ruido (dB) | 5 |
| Frecuencia (MHz) | 1950 | Frecuencia (MHz) | 2140 |
| Parametros Comunes | | | |
| Margen Desv Log Normal (dB) | 7.3 | Margen Desv Rápido (dB) | 2 |
| UL Intercell Interf Ratio | 0.88 | Ganancia Soft Handover (dB) | 3 |
| DL Intercell Interf Ratio | 0.88 | Alta Densidad Edificios | Si |
| Número de Sectores | 1 | Metropoly | Si |
| Margen de Interferencia (dB) | 6.02 | | |

TABLE II
PARÁMETROS DE PROPAGACIÓN RADIO PARA LOS ESTUDIOS

Los parámetros correspondientes a los diferentes servicios se pueden dividir a su vez en dos partes, una que permanece constante a lo largo de las diferentes ejecuciones y una parte variable que se modifica en cada uno de los escenarios. Estos parámetros variables se utilizan para conseguir que el tráfico de los diversos servicios este balanceado o no. Los parámetros de servicio se muestra en las Tablas III y IV.

| Parámetro | Voz | Datos | Datos | Datos |
|-------------------------------------|------|-------|-------|-------|
| | | 64K | 144K | 384K |
| Velocidad Binaria Kbps | 12.2 | 64 | 144 | 384 |
| Velocidad de Movimiento Km/h | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Uplink Eb/No (dB) | 2.9 | 1 | 0.4 | 0.6 |
| Downlink Eb/No (dB) | 4.4 | 2.5 | 2.3 | 2.4 |
| Factor de Ortogonalidad Descendente | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Probabilidad de bloqueo/pérdida | 0.01 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| Factor de Actividad | 0.67 | 1 | 1 | 1 |

TABLE III
PARÁMETROS DE LOS SERVICIOS PARA LOS ESTUDIOS

| Parametro | Voz | Datos | Datos | Datos |
|----------------------------|------|-------|----------|-------|
| | | 64K | 144 Km/h | 384K |
| α_k (Llamadas/H.C.) | 1 | 1 | 1 | 1 |
| t_{s_k} (s) | 180 | 180 | 240 | 240 |
| ρ_k (u/Km^2) | 300 | 84 | 147 | 45 |
| P_i | 0.01 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |

TABLE IV
VALORES DE α , t_s , Y ρ PARA EL CASO DE SERVICIOS BALANCEADOS.

Con los parámetros definidos anteriormente el valor del radio celular calculado mediante el algoritmo reducido para los diversos ejemplos se ofrece en la tabla V

| Escenario | R_{cell} (m) |
|-------------------|----------------|
| Escenario 2 Serv. | 530 |
| Escenario 3 Serv. | 323 |
| Escenario 4 Serv. | 188 |

TABLE V

VALORES DEL RADIO CELULAR EN LOS DIVERSOS ESCENARIOS DE EJECUCIÓN

Una vez definidos los parámetros que definen cada uno de los escenarios que se quieren simular y calculado el radio celular, se procede a las diversas ejecuciones del simulador con los diferentes juegos de parámetros para 2, 3 o 4 servicios. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla VI

| Parametro | Voz | Datos 64K | Datos 144K | Datos 384K |
|-------------------|--------|--------------|---------------|---------------|
| Escenario 2 Serv. | 0.0092 | 0.050 | - | - |
| Escenario 3 Serv. | 0.0032 | 0.0197 | 0.0472 | - |
| Escenario 4 Serv. | 0.0017 | 0.0062 | 0.0160 | 0.050 |

TABLE VI

VALORES DE α , ts , γ y ρ PARA EL CASO DE SERVICIOS BALANCEADOS.

Los resultados de las simulaciones muestran en general que los servicios de velocidades más bajas (voz y datos a baja velocidad) presentan probabilidades de pérdida menores que las esperadas. Esta situación se debe a que en el algoritmo se proporciona una capacidad máxima a cada servicio, es decir, no se permite la reocupación de capacidades libres. Sin embargo, en el simulador no se realiza este tipo de agregación, permitiendo a los usuarios de dichos servicios acceder a toda la capacidad, tal y como ocurre en la operación en WCDMA. Por ello, el servicio más restrictivo es siempre el que precisa mayor capacidad. De todas formas, los resultados de la simulación confirman la validez del algoritmo reducido para el cálculo del radio celular por encontrarse todos los GoS dentro de los márgenes buscados.

IV. CONCLUSIONES TRABAJOS ABIERTOS

El artículo presenta un simulador monocelular basado en WCDMA a nivel de llamada cuyo objetivo es verificar los resultados obtenidos mediante el *algoritmo reducido* desarrollado para el cálculo del radio celular en sistemas móviles de tercera generación. Las simulaciones demuestran que el radio celular calculado satisface los requisitos de GoS de todos los servicios considerados en los escenarios de trabajo.

En la actualidad se está trabajando en la ampliación del simulador en tres campos. En primer lugar el simulador actual trabaja en el entorno de una célula aislada, por lo que se trabaja en la ampliación de dicho simulador a una estructura multicelular para considerar los efectos tanto de la interferencia intercelular como los del hard, soft y softer

handover. En segundo lugar el simulador desde el punto de vista de la simulación de tráfico de usuario es un simulador estático, es decir, las fuentes permanecen estáticas a lo largo de la simulación. Esto obviamente no corresponde al caso real en el que los usuarios se encuentran en movimiento por lo que actualmente se está desarrollando un modelo de movilidad para la simulación. En tercer lugar el mecanismo implementado actualmente desde el punto de vista de control de acceso está basado en un modelo on/off, es decir admisión o denegación de conexión. Sin embargo, diversos estudios [11] y [12] muestran otros métodos para el control de admisión como puede ser la medición de la potencia total necesaria de transmisión, por lo que es de gran interés el estudio de diversas alternativas al control de admisión.

V. AGRADECIMIENTOS

Los trabajos expuestos en este artículo han sido desarrollados dentro de la Red de Excelencia Euro-NGI del VI Programa Marco de la Unión Europea, IST-50/7613.



REFERENCES

- [1] S. Ghorashi, E. Homayounvala, F. Said, A. H. Aghvami, *Dynamic Simulator for Studying WCDMA Based Hierarchical Cell Structures*. Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), 2001 IEEE International Symposium, San Diego, pp D32-D37
- [2] I. Virtej, *Radio network-planning simulator for telecommunication systems*. Seminario sobre sistemas de comunicaciones radio, Universidad Tecnológica de Helsinki, 1999, www.automationit.hut.fi
- [3] K. Sipilä, M. Jäsberg, J. Laiho-Steffens, A. Wacker, *Static Simulator for Studying WCDMA Radio Network Planning Issues*, VTC 99 Conference IEEE Houston, Texas, pp 2436-2446.
- [4] J. Laiho, A. Wacker, T. Novosaad, A. Hämäläinen. *Verification of WCDMA Radio Network Planning Prediction Methods with Fully Dynamic Network Simulator*, IEEE VTC 2001 FALL IEEE Vehicular Technology Conference Fall2001 - Atlantic City, USA - October 7-11, 2001, pp 526-530.
- [5] L. Mendo, *Capacidad en Sistemas Celulares W-CDMA*, Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 2002.
- [6] J. Laiho, A. Wacker, T. Novosaad, *Radio Network Planning and Optimization for UMTS*, Wiley & Sons LTD, 2001.
- [7] A. Varga, *OMNeT++ User Manual*, Department of Telecommunications, Faculty of Electrical Engineering and Informatics; Budapest University of Technology and Economics, 2002.
- [8] J.A. Portilla, *Contribución al diseño de redes móviles de 3ª Generación con Tecnología WCDMA*, Tesis Doctoral, Universidad de Cantabria, 2004.
- [9] K. Hackbarth, J.A. Portilla, D. Rojas, *Método para el diseño óptimo del radio celular en sistemas multiservicio WCDMA*, XVIII Simposium Internacional de la URSI, 2003.
- [10] K. Hackbarth, J.A. Portilla, C. Díaz, *Analytical Model for the Optimum WCDMA Cell Radius Design under Multiservice Scenarios*, 12th GI/ITG Conference on Measuring, Modelling and Evaluation of Computer and Communication Systems (MMB) & 3rd Polish-German Teletraffic Symposium, bajo revisión, Septiembre 2004.
- [11] J. Knutsson, T. Butovitsch, M. Persson, R. Yates, *Evaluation of Admission Control Strategies for CDMA System in a Manhattan Environment*, Proceedings of 2ND CDMA International Conference, CIC 97, Seoul, Corea del Sur, Octubre 1997, pp 414-418.
- [12] E. Dahlman, J. Knutsson, F. Ovesjö, M. Persson, C. Robool, *WCDMA-The Radio Interface for Future Mobile Multimedia Communications*, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol 47, N° 4, Noviembre 1998, pp 1105-1118.