

HERRAMIENTA DE PLANIFICACIÓN WiMAX BASADA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Ernesto Armada, Pablo Carcelen, Alberto Rodríguez y Javier Gozávez.

j.gozalvez@umh.es

Área de Teoría de la Señal y Comunicaciones, Universidad Miguel Hernández, Avda de la universidad s/n
03202 Elche

Abstract- WiMAX is foreseen as a suitable technology for the provision of high bandwidth wireless connectivity to areas previously poorly covered such as the rural environment. The accessibility problem of such areas due to highly variable orography requires the use of adequate planning tool based on GIS information. In this context, this paper presents a WiMAX planning tool based on different types of GIS information developed at the university Miguel Hernandez of Elche.

I. INTRODUCCIÓN

Si bien la aceptación y uso de las TIC se ha asentado con éxito en entornos urbanos, este no ha sido el caso de los entornos rurales. Sin embargo, las comunicaciones inalámbricas constituyen una atractiva solución a la baja rentabilidad de los despliegues de redes de telecomunicaciones en zonas rurales o con baja densidad de población. Estos entornos están generalmente caracterizados por su difícil accesibilidad y el elevado coste de despliegue de infraestructuras tradicionales de comunicación, como ADSL o cable. Una de las tecnologías clave para permitir la conectividad de banda ancha en zonas rurales es el sistema WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*). La tecnología WiMAX se basa en el estándar IEEE 802.16 [1] y puede funcionar en frecuencias que van desde 2 GHz hasta 66 GHz. Sin embargo, en la actualidad WiMAX está siendo implementada prioritariamente en la banda de 3.5 GHz.

Con el fin de abordar la problemática del despliegue de tecnologías inalámbricas en el ámbito rural, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio financió a través de su convocatoria PROFIT el proyecto RURAL-TUR, en el cual se enmarca el presente trabajo. Su objetivo es el diseño de una plataforma tecnológica, que a través de WiMAX, permita y fomente el desarrollo de atractivos servicios multimedia para el entorno rural. Dentro del consorcio RURAL-TUR, el equipo de investigación de la Universidad Miguel Hernández (UMH), integrado en el área de Teoría de la Señal y Comunicaciones, es el encargado de dimensionar, planificar y en un futuro optimizar las redes de comunicación basadas en WiMAX. Para ello, el equipo investigador ha desarrollado una innovadora herramienta de planificación de cobertura, que va a ser presentada en este artículo, para sistemas FWA (*Fixed Wireless Access*) WiMAX basados en la norma IEEE 802.16-2004.

II. ESTRUCTURA DE LA HERRAMIENTA

La herramienta de planificación, desarrollada en su totalidad en el entorno MATLAB, permite dimensionar el sistema de comunicaciones para garantizar niveles de cobertura y capacidad adecuados a las necesidades y a la previsión de consumo de los usuarios. El objetivo de esta herramienta es guiar el proceso de diseño del despliegue de la red para asegurar el cumplimiento de los niveles de cobertura y capacidad exigidos por la demanda de servicio prevista, a través de un interfaz intuitivo y fácil de usar.

La estructura general de la herramienta presenta cinco partes claramente diferenciadas:

- 1) **Interfaz de usuario:** proporciona un enlace, totalmente transparente al usuario, entre el código fuente y el entorno gráfico de la herramienta.
- 2) **Cálculo de cobertura:** constituido por un conjunto de funciones capaces de calcular los niveles de potencia de los puntos bajo estudio. Este módulo comprende además, la información geográfica y de los equipos necesaria para realizar el cálculo de cobertura.
- 3) **Representación de mapas:** está constituido por un conjunto de herramientas y funciones para controlar la representación de la información geográfica almacenada en el sistema, o de la información resultante de cálculos de cobertura previamente realizados.
- 4) **Gestión de datos:** este bloque abarca todo el control del acceso y el tratamiento de los datos gestionados. Comprende tanto la lectura y modificación de las bases de datos cartográficas, como la creación, lectura y modificación de datos del proyecto bajo estudio.
- 5) **Análisis y optimización:** este módulo permite analizar los resultados obtenidos para una configuración de red determinada y realizar la optimización de un despliegue a partir de las especificaciones y restricciones especificadas por el propio usuario.

III. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

En el diseño y planificación de una red WiMAX en entornos rurales, la información geográfica resulta esencial a la hora de identificar posibles localizaciones de equipos y determinar las características del terreno que afectan a la propagación de la señal. Sin duda alguna la información SIG disponible en la herramienta implementada es uno de los aspectos más innovadores. Además de la información

topográfica (modelo digital del terreno) generalmente empleada en herramientas de planificación, esta herramienta también considera información cartográfica y sobre el uso del suelo. La información cartográfica incluye datos de notable importancia para realizar una correcta ubicación de los equipos transmisores, como son la presencia de carreteras, estaciones eléctricas, etc. En cuanto a la información del uso del suelo, se ha incluido en la herramienta los datos aportados por el proyecto europeo CORINE Land Cover [2]. Este proyecto clasifica el terreno hasta en 80 categorías, lo cual ha sido de gran utilidad en la herramienta para por un lado identificar zonas donde no es posible la ubicación de estaciones base y por otro realizar un cálculo de cobertura considerando medios heterogéneos. Por último, para facilitar la visualización y análisis de datos a los usuarios la herramienta también dispone de ortofotografías (representación fotográfica del terreno).

IV. CÁLCULO DE COBERTURA

La herramienta implementada posibilita la planificación de despliegues punto a punto (PTP) y punto a multipunto (PMP). Para ello, es necesario llevar a cabo una predicción de la pérdida básica de propagación (*path loss*) en la zona bajo estudio y posteriormente realizar el balance de las pérdidas y ganancias implícitas en el enlace, según la siguiente expresión:

$$P_R = P_T - L_{TT} + G_T - L_b + G_R - L_{TR} \quad (1)$$

donde L_{TT} representa las pérdidas del transmisor (dB), L_{TR} son las pérdidas en el receptor (dB), P_T es la potencia entregada a la antena transmisora (dBm), G_T es la ganancia de potencia de la antena del transmisor (dB), G_R es la ganancia de potencia de la antena del receptor (dB), L_b es la pérdida básica de propagación (dB) y P_R representa la potencia disponible en los terminales del receptor (dBm).

Se han implementado en la herramienta varios modelos de predicción de pérdida básica de propagación para realizar el cálculo de cobertura. Estos modelos se pueden usar tanto para despliegues PTP como PMP.

El grupo de trabajo 802.16 del IEEE recomienda el uso del modelo SUI (*Stanford University Interim*) para el cálculo de la pérdida básica de propagación en sistemas WiMAX [3]. Este modelo se basa en una campaña de medidas realizadas por AT&T en Estados Unidos para sistemas inalámbricos MMDS (*Multichannel Multipoint Distribution System*) en la banda de 1.9 GHz [4]. A pesar de que este modelo se desarrolló para una frecuencia de 2 GHz, inferior a los 3.5 GHz de WiMAX, se ha incluido en la herramienta porque es el modelo recomendado por el grupo IEEE 802.16 y porque dispone de un factor de corrección para poderlo aplicar a diferentes frecuencias.

El modelo SUI clasifica los tipos de terreno en tres grandes grupos, llamados A, B y C. El tipo de terreno A es asociado con el máximo *path loss*, y comprende terrenos montañosos con moderada o alta densidad de árboles. El tipo de terreno B es característico de zonas llanas con alta o moderada densidad de árboles o zonas montañosas con baja densidad arbórea. Por último, el tipo de terreno C se asocia con el mínimo *path loss* y comprende zonas llanas con baja

densidad arbórea. Sin embargo, el modelo SUI no considera el perfil entre transmisor y receptor, lo cual puede limitar el uso de este modelo en entornos con orografía accidentada, como es el caso de los entornos rurales. Con la finalidad de dotar de mayor versatilidad a la herramienta, se incluye la posibilidad de considerar visión directa para el cálculo de cobertura.

Otra de las importantes opciones de las que dispone la herramienta es el cálculo de la pérdida básica considerando una propagación por medios heterogéneos, para lo cual se utiliza la base del modelo SUI y sus tres tipos de terreno. Esta interesante opción es posible ya que la herramienta desarrollada dispone de la clasificación del uso del terreno del proyecto CORINE, con lo que mediante un proceso off-line se ha clasificado el terreno en uno de los tres tipos SUI. Esto permite realizar un cálculo de cobertura en medios heterogéneos.

A pesar de las limitaciones de aplicabilidad de los modelos de Okumura-Hata [5] y COST-231 Hata [6] por su rango de validez frecuencial, estos dos modelos han sido implementados en la herramienta de planificación WiMAX por su uso extendido y a modo comparativo. Además, el modelo de Okumura-Hata permite diferenciar la propagación en entornos urbanos, suburbanos o rurales. Por otro lado, [7] considera que el modelo COST-231 Hata podría ser aplicable en la banda de 3.5 GHz.

Por último, la herramienta desarrollada también implementa un modelo de cálculo de cobertura por difracción, de especial interés para los despliegues PTP. En particular se ha implementado el método de arista en filo de cuchillo en cascada, de la Recomendación UIT-R P.526 [8].

V. CAPACIDAD DE ANÁLISIS DE LA HERRAMIENTA

A. Tipos de análisis

La herramienta implementada muestra diversos tipos de representaciones gráficas y numéricas, con el fin de proporcionar al usuario la información necesaria para llevar a cabo una correcta interpretación de los resultados obtenidos. Las opciones de las que dispone son:

- 1) **Visualización tridimensional del terreno:** permite analizar el relieve y orografía del terreno.
- 2) **Representación de cobertura:** analiza zonas donde la potencia recibida supera un umbral definido por el equipo receptor y el tipo de modulación utilizada. De esta forma el usuario podrá conocer los puntos donde exista potencia suficiente para disponer de cobertura.
- 3) **LOS/NLOS:** analiza la existencia de visibilidad directa entre dos estaciones o dos puntos cualesquiera. Esta parte es útil para un correcto análisis de enlaces PTP.
- 4) **Informes de puntos o coordenadas:** proporcionan información del punto seleccionado; altura, distancia con todas las estaciones y potencia recibida de cada una de las estaciones PMP.
- 5) **Informe de mejor servidora:** informa de la potencia y cobertura de la estación mejor servidora en caso de solapamiento de coberturas entre varias estaciones.

B. Representación de los resultados

La herramienta cuenta con numerosos modos de representar la información bajo análisis, mostrando un

informe personalizado y detallado para cada una de las opciones anteriores. Un ejemplo es la visualización por representación tridimensional de los niveles de cobertura WiMAX (ver Figura 1). De forma análoga también se puede representar la potencia recibida, la disponibilidad de visión directa con la estación transmisora, etc.

Entre las distintas formas de visualizar la información resultante, destaca la representación tridimensional de las áreas de cobertura, potencia, LOS/NLOS, etc. A continuación, se muestran los resultados obtenidos del análisis de cobertura sobre una vista tridimensional del terreno a analizar.

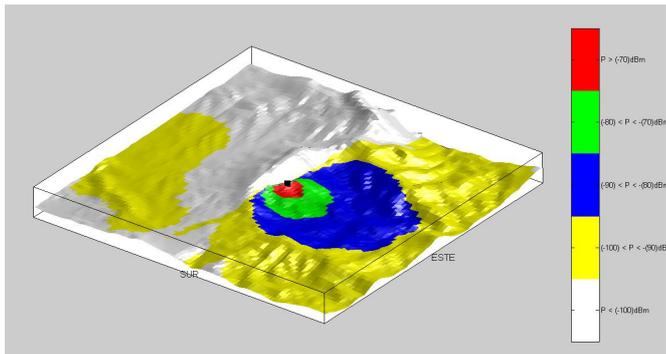


Fig. 1. Visualización de cobertura sobre terreno en 3D

Otra de las importantes opciones de visualización de las que dispone el programa es la representación de los resultados sobre una ortofotografía, como se muestra en la Figura 2. De esta forma el usuario podrá realizar el análisis visual detallado sobre los niveles de cobertura en ciertas zonas y municipios.

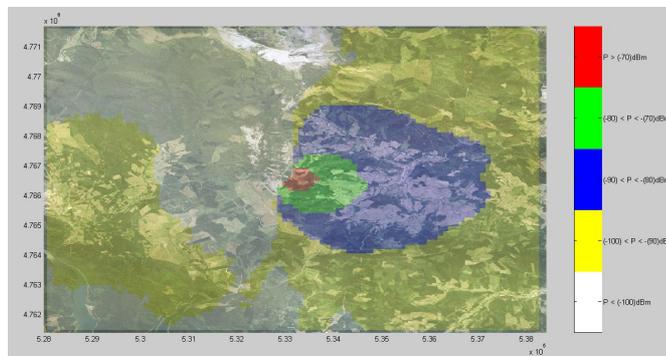


Fig. 2. Visualización de cobertura sobre mapa de ortofotografía

Un aspecto importante a la hora de analizar resultados, es la presentación estadística de los mismos. La herramienta, además de las posibilidades de visualización comentadas, muestra valores tales como medias, desviación estándar, máximo, mínimo, mediana, etc. Todo ello ayudará a interpretar correctamente los resultados obtenidos de cualquier diseño o despliegue de una red.

VI. RESULTADOS

Con el fin de mostrar el potencial y versatilidad de la herramienta implementada, a continuación se muestran los resultados de un diseño de cobertura para tres poblaciones del País Vasco. Para visualizar los resultados se ha llevado a cabo una simulación de un área de cobertura PMP, en la que intervienen tres estaciones cuyas áreas de cobertura se

solapan. Se muestra también un análisis de cobertura PTP entre una estación y un punto en concreto bajo estudio. Para ello se consideran los siguientes parámetros de las estaciones transmisoras y receptoras.

	Trasmisor	Receptor
Tipo Antena	Omnidireccional 1	Direccional 17°
Ganancia de la Antena	0 dBi	15 dBi
Altura de la antena sobre el suelo	20 metros	5 metros
Pérdidas	1 dB	1 dB
Frecuencia	3.5 GHz	3.5 GHz
Nivel de potencia	35 dBm	-

Tabla 1. Parámetros del transmisor y receptor.

La Figura 3 muestra los niveles de potencia recibidos para una zona montañosa empleando el modelo SUI.

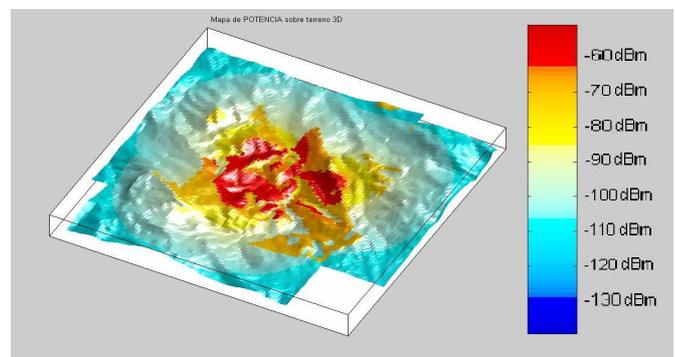


Fig. 3. Potencia recibida en dBm para el área seleccionada

La Figura 4 muestra la cobertura en la misma zona pero diferenciando las zonas de cobertura en intervalos correspondientes a los niveles de sensibilidad en recepción para distintas modulaciones WiMAX. De esta forma se puede prever no sólo el nivel de cobertura, sino también las tasas de transmisión alcanzables en las zonas bajo estudio.

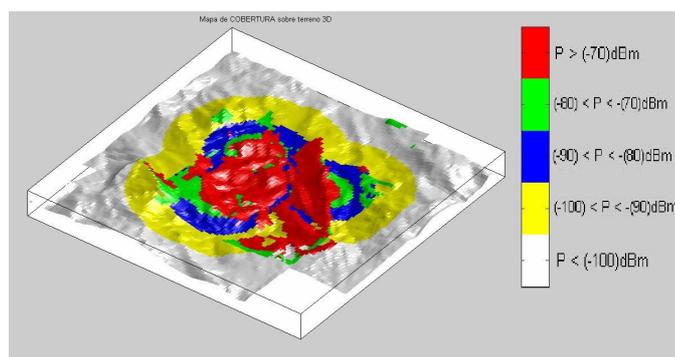


Fig. 4. Cobertura recibida clasificada en intervalos.

Como se ha comentado anteriormente y se ilustra en la Figura 5, la herramienta permite identificar en situaciones de solape la estación mejor servidora en cada zona a cubrir.

Un ejemplo del análisis estadístico de la zona bajo estudio se muestra en la Figura 6. En ella se analizan los niveles de cobertura y las consecuentes tasas de transmisión alcanzables de forma general y por estación base.

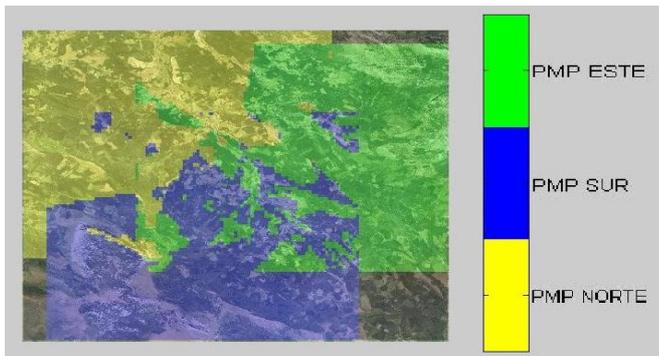


Fig. 5. Estación mejor servidora en cada punto del área.

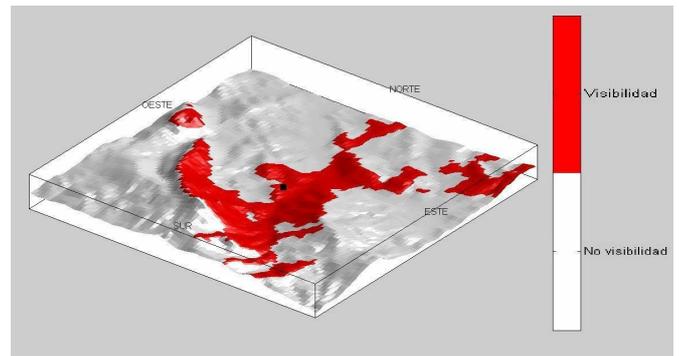


Fig. 8. Áreas de LOS/NLOS para el área que rodea a la estación PTP

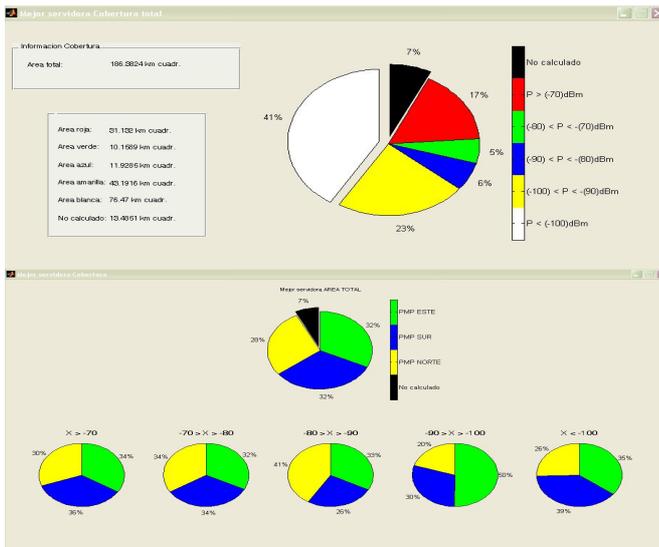


Fig. 6. Análisis estadístico de la cobertura recibida

La Figura 7 muestra un análisis de cobertura PTP donde en rojo se destacan los puntos sin cobertura y en verde los puntos con cobertura.

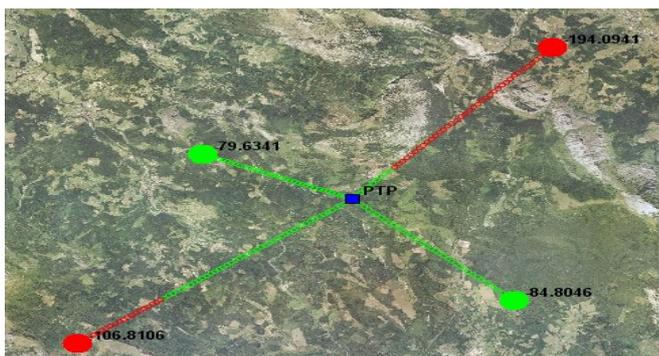


Fig. 7. Valores de potencia en dBm y representación de cobertura PTP

Por último, para poder entender adecuadamente los resultados de un análisis PTP la herramienta ofrece la posibilidad de extraer el perfil entre dos puntos e identificar la presencia o no de visión directa en torno a la estación base (Figura 8).

VII. CONCLUSIONES

Este trabajo ha presentado una innovadora herramienta de planificación para redes inalámbricas WiMAX. La herramienta se caracteriza por un uso exhaustivo de diversas fuentes de información SIG que mejoran las predicciones de estimación de cobertura, especialmente en entornos de orografía problemática como es el entorno rural. Asimismo destaca su versatilidad y capacidad de análisis que mejora la asistencia técnica en el proceso de dimensionamiento y diseño de una red inalámbrica de banda ancha.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio a través del proyecto FIT-350301-2005-5 de la convocatoria PROFIT, proyectos tractores.

REFERENCIAS

- [1] "Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access System," IEEE Standard 802.16-2004, 2004.
- [2] CORINE 2000, "Nomenclatura del CORINE Land Cover al Nivel 5º", Ministerio de Fomento, Instituto Geográfico Nacional, Noviembre 2001.
- [3] V. Erceg, et al., "Channel models for fixed wireless applications," tech. rep., IEEE 802.16 Broadband Wireless Access Working Group, Enero 2001.
- [4] V. Erceg, et al., "An empirically based path loss model for wireless channels in suburban environments," IEEE Journal on Selected Areas of Communications, vol. 17, pp. 1205-1211, Julio 1999.
- [5] M. Hata, "Empirical formula for propagation loss in land mobile radio services," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. VT-29, pp. 317-325, Septiembre 1981.
- [6] COST Action 231, "Digital mobile radio towards future generation systems, final report," tech. rep., European Communities, EUR 18957, 1999.
- [7] V.S. Abhayawardhana, et al. "Comparison of empirical propagation path loss models for Fixed Wireless Access systems." Tech. rep., BT Mobility Research Unit. 2004.
- [8] Recomendación UIT-R P.526-9, "Propagación por difracción" tec.rep., Unión Internacional de las Telecomunicaciones, 2005.