

Desarrollo de una herramienta de cálculo de cobertura radioeléctrica vía Web basada en el sistema de información geográfica ArcGIS Server

MARÍA MARTÍNEZ QUINTO⁽¹⁾, FRANCISCO NAVARRO FUENTES⁽¹⁾,
RICARDO MÁRMOL GONZÁLEZ⁽¹⁾, MARÍA TERESA MARTÍNEZ INGLÉS⁽²⁾,
JOSÉ MARÍA MOLINA GARCÍA-PARDO⁽²⁾, CONCEPCIÓN GARCÍA PARDO⁽²⁾,
JOSÉ-VÍCTOR RODRÍGUEZ⁽²⁾, JUAN PASCUAL GARCÍA⁽²⁾ Y
LEANDRO JUAN LLÁCER⁽²⁾

1. Radiatio Ingeniería.
2. Departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.
Universidad Politécnica de Cartagena.

maria.martinez@radiatio.com; francisco.navarro@radiatio.com;
ricardo.marmol@radiatio.com; mteresa.martinez@upct.es;
josemaria.molina@upct.es; conchigpardo@upct.es;
jvictor.rodriguez@upct.es; juan.pascual@upct.es; leandro.juan@upct.es

Resumen

En este artículo se presenta uno de los proyectos en los que está trabajando el Grupo de Sistemas de Comunicaciones Móviles (SiCoMo) junto con la empresa Radiatio Ingeniería: el desarrollo de una herramienta de cálculo de cobertura vía Web. El creciente despliegue de sistemas de radiocomunicaciones de telefonía móvil (GSM, UMTS, TETRA, LTE, Wimax, etc.), televisión digital terrestre, radio digital, redes inalámbricas como WiFi, redes punto-multipunto como LMDS o MMDS, hace necesario disponer de herramientas informáticas [1] para el cálculo de cobertura radioeléctrica (pieza clave en la planificación y optimización de dichos sistemas). Dichas herramientas informáticas suelen estar basadas en sistemas de información geográfica (SIG) [2] y funcionan en modo local, pero puede resultar de gran interés disponer de un servicio de cálculo de cobertura vía Web que tendría aplicación tanto en el mundo empresarial como en el educativo (e-learning). En este artículo se expondrán los fundamentos y objetivos principales que se persiguen. Se presentará una herramienta para la planificación radioeléctrica vía Web, describiendo su arquitectura, funcionalidades y funcionamiento.

Proyecto/Grupo de investigación: Sistemas de Comunicaciones Móviles (SiCoMo). Incorporación de titulados a las actividades de I+D+I Empresariales de la Consejería de Universidades, Empresa e Investigación de la CARM (ref. 2I10IE0030).

Líneas de investigación: *Propagación; Sistemas de Información Geográfica; MIMO; UWB; Redes Sensores.*

1 Introducción

1.1 Fundamentos y Objetivos

Con la aparición de nuevas tecnologías la demanda de servicios de comunicaciones móviles se dispara y surge la necesidad de planificar y mantener al día redes de forma rápida y eficiente. Los usuarios piden una mejor cobertura y servicios de alta capacidad. Las herramientas de planificación facilitan las labores de ingeniería reduciendo el tiempo de trabajo para aquellas tareas menos agradables como la búsqueda y validación de los emplazamientos de las estaciones base de la red celular que se completan de forma casi automática en cuestión de horas. A las herramientas de software modernas se suma la disponibilidad de datos cartográficos abundantes, baratos y con unos niveles muy altos de resolución.

La mayoría de herramientas informáticas actuales para el cálculo de cobertura radioeléctrica (pieza clave en la planificación y optimización de dichos sistemas) suelen estar basadas en sistemas de información geográfica (SIG), y utilizan mapas digitales del terreno (MDT) y bases de datos de emisores e incorporan modelos de propagación para el cálculo de cobertura radioeléctrica según el entorno de propagación (rural, urbano e interiores).

Un ejemplo de software para cálculo radioeléctrico y la planificación de redes es la herramienta RadioGIS. RadioGIS está diseñado para el cálculo de cobertura radioeléctrica de sistemas de radiocomunicaciones y ha sido desarrollado por el Grupo de Sistemas de Comunicaciones Móviles (SiCoMo) de la Universidad Politécnica de Cartagena. RadioGIS se integra en el sistema de información geográfica ArcView como una barra de herramientas más.

Estas herramientas funcionan en modo local, pero puede resultar de gran interés disponer de un servicio de cálculo de cobertura vía Web que tendría aplicación tanto en el mundo empresarial como en el educativo (e-learning).

El objetivo es desarrollar una herramienta de cálculo de cobertura radioeléctrica vía Web basada en el sistema de información geográfica ArcGIS Server de la empresa ESRI, en la que es necesario incorporar nuevos modelos de propagación para el cálculo de cobertura radioeléctrica.

Por otra parte, la creciente expansión de sistemas de comunicaciones inalámbricas ha supuesto la inclusión de asignaturas, en los planes de estudios

de carreras técnicas, en las que se estudia y analiza, tanto a nivel teórico como práctico, la planificación de estos sistemas desde el punto de vista radioeléctrico.

Como ya se ha comentado, las herramientas de planificación radioeléctrica, como RadioGIS, funcionan en modo local y, por tanto, el SIG sobre el que está desarrollada la aplicación, debe estar instalado en cada puesto de laboratorio en el que se vayan a realizar las prácticas correspondientes. Otro de los objetivos de la herramienta que se presenta en este artículo es permitir realizar vía Web prácticas relacionadas con la planificación de sistemas de radiocomunicaciones, teniendo aplicación, por tanto, en un contexto de enseñanza-aprendizaje basado en e-learning.

2 Sistemas de Información Geográfica

2.1 Definición

Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés) es una colección organizada de hardware, software, datos geográficos y personal, diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión [2].

Los Sistemas de Información Geográfica manejan dos tipos de información principalmente: la información espacial o geográfica y la información descriptiva. A su vez, la información geográfica se puede almacenar de dos formas: empleando formato raster o formato vectorial.

2.2 Introducción a ArcGIS Server

ArcGIS es un producto de ESRI que proporciona un marco general para utilizar un Sistema de Información Geográfica por uno o varios usuarios en ordenadores, servidores, Internet, etc. ArcGIS es una colección integrada de software GIS.

ArcGIS Server es una plataforma completa capaz de crear aplicaciones y servicios GIS profesionales que, gracias a su tecnología de servidor, son capaces de gestionar, visualizar y analizar información geográfica de manera centralizada. ArcGIS Server ofrece las siguientes ventajas:

- Herramientas que permiten llevar una administración centralizada y crear aplicaciones Web y servicios desde los que acceder a toda la funcionalidad GIS disponible.
- Integración con otros sistemas corporativos como CRMs, ERPs, etc. ArcGIS Server proporciona las herramientas necesarias para diseñar una Arquitectura Orientada a Servicios (SOA).

- Soporte de estándares tanto del sector de los GIS (OGC) como del resto de Tecnologías de la Información (W3C).
- Capacidad para crear aplicaciones personalizadas en .NET o Java.

3 Entorno de Desarrollo

La herramienta RadioWeb se ha implementado utilizando el SIG de ESRI ArcGIS Server [4-10], plataforma que ha sido descrita en el apartado 2.2 de este artículo.

RadioWeb se ha desarrollado en lenguaje Java gracias a que ArcGIS Server proporciona la capacidad de crear aplicaciones personalizadas en este lenguaje [13-16]. La versión de Java utilizada ha sido el JRE (Java Runtime Environment) 1.6.0_07. El entorno de desarrollo integrado (IDE) utilizado para la implementación del código es Eclipse (la versión Ganymede) en el que se ha instalado el plug-in de ArcGIS para poder incluir en el código Java los ArcObjects (conjunto de librerías de ESRI). Además, se ha hecho uso de un servidor Apache Tomcat v6.0 para poder probar la aplicación Web.

Los exploradores Web que soportan la aplicación son:

- Firefox 1.5.x.
- Internet Explorer 6.0 SP2.
- Mozilla 1.7.
- Netscape 8.

Además, es necesario tener habilitado JavaScript en el explorador.

Los modelos de programación (Espacio Libre, UITR-526, UITR-1546, Okumura-Hata, COST231, Xia-Bertoni) [11-12] incluidos en la aplicación, son programas implementados en C++.

4 Arquitectura del Sistema

La Figura 2 muestra la arquitectura del sistema.

El servidor Web y el servidor de aplicaciones SIG se encargan de interactuar con la base de datos de cartografía y el usuario final. Por otra parte, la base de datos de coberturas radioeléctricas que se va creando a medida que los usuarios utilizan el servicio, es accesible para el administrador del sistema.

La aplicación de cálculo de cobertura radioeléctrica RadioWeb ha sido adaptada a la plataforma Windows XP, al servidor Web Apache, al motor de servlets Tomcat, al servidor de aplicaciones Java y al tipo de cliente HTML.

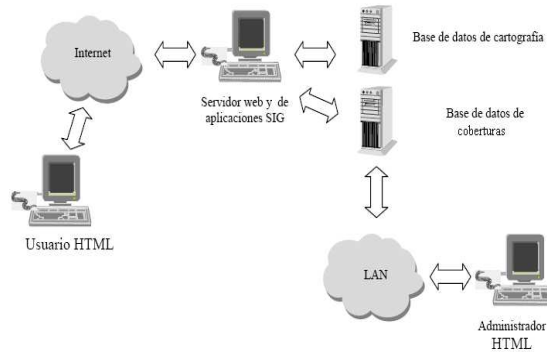


Figura 1: Arquitectura del sistema

Por otra parte, la aplicación de cálculo de cobertura RadioWeb incluye una serie de menús, botones, tareas, herramientas de visualización, etc. necesarios para el manejo de ésta por parte del usuario final. Además, incluye los modelos de propagación adaptados al tipo de entorno y al sistema de radiocomunicación concreto.

5 Funcionalidades

La aplicación RadioWeb incluye las siguientes funcionalidades:

- Calcular coberturas radioeléctricas recortando una zona de cálculo del mapa y creando dos capas, una raster que contiene el valor de cobertura de potencia en cada punto de la zona, y otra vectorial que contiene la tabla de atributos de la cobertura. Ambas capas se añaden automáticamente al mapa tras el cálculo.
- Añadir al mapa coberturas radioeléctricas previamente calculadas que se encuentren en la base de datos de coberturas.
- Eliminar coberturas radioeléctricas tanto del mapa como de la base de datos de coberturas.
- Calcular el porcentaje de potencia que supera un umbral sobre una zona (región, término municipal, carretera, etc.) aportado por una estación base, así como el cálculo del mejor servidor de un sistema formado por varias coberturas radioeléctricas desde diversos emplazamientos.
- Realizar zoom sobre cualquier zona del mapa y volver a la extensión inicial.
- Identificar cualquier punto del mapa obteniendo información de los elementos de las distintas capas vectoriales del mapa que se encuentran en ese punto.

- Medir distancias entre distintos puntos del mapa y el área encerrada en los límites de un polígono.
- Crear nuevos emplazamientos seleccionando su ubicación en el mapa. Se crearán como nuevas capas vectoriales (poseerán su propia tabla de atributos) y se añadirán al mapa y a una base de datos de emplazamientos.
- Añadir emplazamientos que estén disponibles en la base de datos de emplazamientos y que no estén cargados en ese momento en el mapa.
- Eliminar emplazamientos tanto del mapa como de la base de datos de emplazamientos.
- Subir o descargar archivos del servidor (coberturas, emplazamientos, diagramas de antenas, etc.).

6 Funcionamiento

6.1 Acceso

Para poder acceder a la herramienta, el usuario deberá registrarse en la aplicación, en caso de que acceda por primera vez. Una vez añadido a la base de datos de usuarios, podrá iniciar sesión cada vez que lo desee por medio de su nombre de usuario y contraseña y, de esta forma, dispondrá de todas las funcionalidades de la herramienta. El trabajo realizado por el usuario durante cada sesión será almacenado en su directorio personal dentro del servidor. De esta forma, podrá acceder a él siempre que lo necesite. En el caso de e-learning, el profesor tendrá acceso a éste para poder llevar a cabo un seguimiento y evaluación de los conocimientos adquiridos por el alumno. La aplicación también proporciona la opción de que el mismo estudiante pueda comprobar en tiempo real si los resultados obtenidos de sus cálculos son correctos y así poder asimilar en el momento las conclusiones obtenidas del estudio realizado.

6.2 Vista General

En la Figura 2 puede verse el aspecto general de RadioWeb una vez que se ha iniciado la sesión.

Se observa que la página Web de inicio de la aplicación tiene cuatro partes principales:

En la parte superior, un menú con un enlace a la Ayuda de la Aplicación y la Barra de Herramientas para interactuar con el mapa.

Un Mapa.

La Consola, en la parte izquierda de la página, que permite la interacción con el mapa y proporciona información sobre éste.



Figura 2: Aspecto general de la aplicación RadioWeb

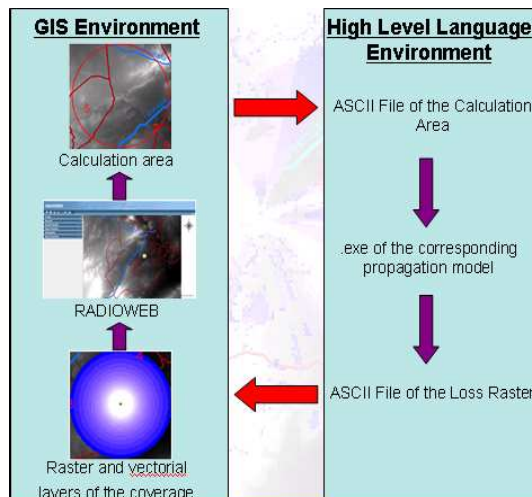


Figura 3: Diagrama de cálculo de una cobertura

6.3 Cálculo de una Cobertura Radioeléctrica

En la Figura 3 se muestra un diagrama del cálculo de una cobertura en RadioWeb.

En general, tal y como se aprecia en el diagrama, las acciones de entrada de datos y las de almacenamiento y manipulación de resultados se realizan en el entorno del GIS, programadas en el lenguaje del GIS, ya que se trata de operaciones de gestión de datos geográficos, y las facilidades del GIS en este sentido son notables. Sin embargo, los modelos de propagación a aplicar para el cálculo de coberturas de potencia radioeléctrica, se van a programar en un lenguaje de alto nivel, que interactúa con el GIS, en tanto que éste le suministra los datos y posteriormente recoge los resultados.

A continuación, se indican los pasos a seguir para llevar a cabo el cálculo de una cobertura de potencia con RadioWeb mediante un ejemplo.

1. Se crea un emplazamiento en un punto del mapa donde va a estar situado el transmisor.

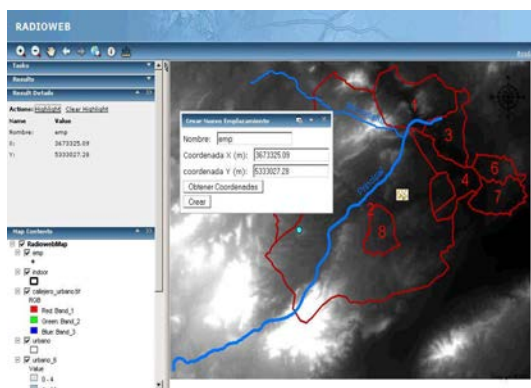


Figura 4: Ejemplo de creación de un nuevo emplazamiento

2. Se introducen los parámetros en recepción y transmisión (Figura 5).
3. Se selecciona una zona en el mapa en la que se quieran realizar los cálculos de cobertura radioeléctrica.
4. Se recorta la zona de cálculo en el entorno del GIS. En este caso, se selecciona un área circular cuyo centro viene dado por el emplazamiento creado en el punto 1 y de un determinado radio (Figura 6)
5. Se seleccionan las distintas opciones para llevar a cabo el cálculo (transmisor, frecuencia, método de cálculo¹, mdt y resolución) y se le da comienzo desde la aplicación (Figura 7).

¹Los métodos de cálculo que incluye RadioWeb actualmente son: Espacio Libre, UITR-526 y UITR-1546

Parámetros para el Cálculo de Cobertura de Potencia

Transmisión

PIRE (Pt-Lt+Gt): dBm

Potencia Transmitida (Pt): dBm

Ganancia (Gt): dB

Pérdidas (Lt): dB

Recepción

Ganancia (Gr): dB

Pérdidas (Lr): dB

Sensibilidad: dBm

Estación Base

Antena

Altura (m) sobre el suelo:

Tipo:

Orientación

Acimut (0°,359°):

Elevación (-90°,90°):

Estación Móvil

Antena

Altura (m) sobre el suelo:

Tipo:

Orientación

Acimut (0°,359°):

Elevación (-90°,90°):

Figura 5: Ejemplo de formulario de parámetros radioeléctricos

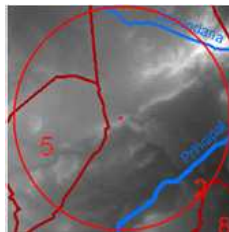


Figura 6: Ejemplo de recorte del área seleccionada por el usuario

6. Se realiza una llamada al ejecutable (modelo de propagación) indicado por el usuario para calcular la cobertura.
7. El ejecutable crea un fichero ASCII que contiene el raster de pérdidas en la zona de cálculo para los parámetros de cobertura indicados.

item Con la información del fichero anterior, se calcula el raster de potencia. Se realiza la transformación de ASCII a raster y se representa en el mapa (Figura 8).

Figura 7: Ejemplo de formulario del cálculo de cobertura de potencia

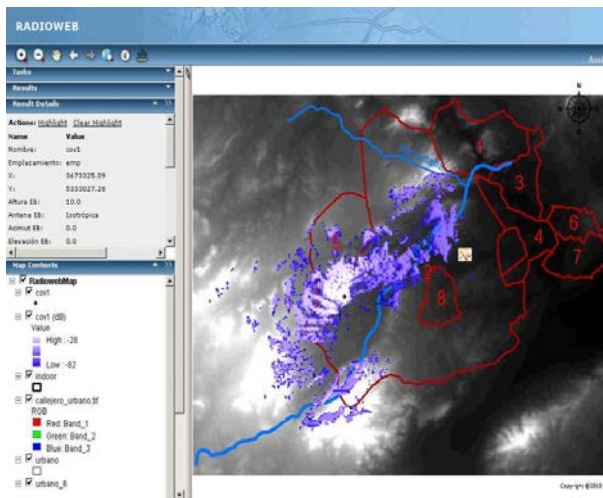


Figura 8: Resultado del cálculo de una cobertura de potencia en RadioWeb

8. Esta capa de cobertura se almacena en el entorno del GIS.

7 Conclusiones y Líneas Futuras de Investigación

En este artículo, se ha ofrecido de forma breve una visión general de la herramienta RadioWeb. Se está utilizando para desarrollar la aplicación el sistema ArcGIS Server 9.2 para la plataforma Java (Windows).

Además, se están implementando las funciones necesarias para incluir otros modelos de propagación en entornos: urbanos (Hata, COST 231, Xia-Bertoni). Hasta el momento se dispone únicamente del modelo de Espacio Libre y los modelos rurales UITR-526 y UITR-1546.

Decir, que se ha desarrollado una explicación del estado actual de la

aplicación RadioWeb, incluyendo una visión de la arquitectura del sistema y las principales funcionalidades que incluye hasta el momento.

Finalmente, se ha descrito, en líneas generales, el funcionamiento de la herramienta, presentando paso a paso el cálculo de una cobertura radioeléctrica.

Una de las líneas futuras de investigación que se pueden seguir, es la incorporación del resto de modelos de propagación para englobar todos los posibles entornos de propagación y convertir, así, a RadioWeb en una herramienta de cálculo radioeléctrico más completa.

Además, en RadioWeb se pretenden implementar las siguientes funcionalidades: cálculo del porcentaje sobre umbral, cálculo de densidades de potencia y de campo eléctrico y cálculo de perfiles radioeléctricos.

8 Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco de las Ayudas de la Consejería de Universidades, Empresa e Investigación, destinadas a la incorporación de titulados universitarios a las actividades de I+D+I Empresariales (ref. 2I09IE0013).

Referencias

- [1] Fco. Javier Ponce Juan, José María Molina García-Pardo, José Víctor Rodríguez Rodríguez, Leandro Juan Llácer, “RAGIS: herramienta de gestión y de cálculo de cobertura radioeléctrica basada en sistemas de información geográfica”, Asociación Hispanoamérica de Centros de Investigación y Empresas de Telecomunicaciones, vol. 101, pp. 59-63, Enero 2005.
- [2] David J. Buckley, “The GIS Primer, an introduction to Geographic Information Systems”, Corporate GIS Solutions Manager, Pacific Meridian Resources, Inc.
- [3] J.H. Rábanos, “Comunicaciones Móviles”, Ed. Ramón Areces, 2ª Edición 2004.
- [4] Tutorial de ArcGIS 9.1. Iván Santiago. Noviembre 2005.
- [5] Manual de ArcGIS: Using ArcGIS 3D Analyst.
- [6] Manual de ArcGIS: Using ArcGIS Spatial Analyst:
- [7] Manual de ArcGIS: What is ArcGIS 9.1?
- [8] Manual de ArcGIS: Getting Started With ArcGIS.

- [9] Manual de ArcGIS: Exploring ArcObjetcts. Vol.1- Applications and Cartography.
- [10] Manual de ArcGIS: Exploring ArcObjetcts. Vol.2- Graphics Data Management.
- [11] J.H. Rábanos, “Transmisión por Radio”, Ed. Ramón Areces, 6ª Edición 2008.
- [12] Mª Victoria Moreno Cano, “Implementación de Nuevos Modelos de Propagación en una Herramienta de Cálculo de Cobertura Radioeléctrica Vía Web Basada en el Sistema de Información Geográfica ArcGIS Server”, Trabajo Fin de Master, UPCT 2010.
- [13] <http://edn.esri.com>
- [14] “Building Applications with ArcGIS Server Using the Java Platform”, ESRI 2007.
- [15] Sathya Prasad, “Introduction to ArcGIS Server Development Java Web ADF”, ESRI 2008.
- [16] Kang-Tsung Chang, “Programming ArcObjects with VBA. A Task Oriented Approach”, 2004.
- [17] <http://www.www.radiatio.com>
- [18] <http://www.upct.es/sicomo>