

# Aplicación de los sistemas de información geográfica a la planificación de sistemas de radiocomunicación

Francisco Javier Ponce Juan, José María Molina García-Pardo, José Víctor Rodríguez Rodríguez y Leandro Juan Llácer

Grupo de Investigación de Sistemas de Comunicaciones Móviles (SiCoMo)

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación. Universidad Politécnica de Cartagena  
Campus Muralla de Mar. Edificio Antiguo Hospital de Marina  
30202 Cartagena  
Teléfono: 968325954 Fax: 968325338  
E-mail: leandro.juan@upct.es

**Resumen.** Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han utilizado tradicionalmente en problemas territoriales que requieren el manejo de gran volumen de información donde la componente espacial juega un papel importante. De la misma manera, la planificación de los sistemas de radiocomunicación es un problema espacial que es posible gestionar eficientemente mediante aplicaciones basadas en SIG como pone de manifiesto este artículo.

## 1 Introducción

Tradicionalmente la planificación de los sistemas de radiocomunicación se venía realizando en base a cartografía impresa. Esto supone un trabajo en general costoso, así como una limitación en la precisión de los resultados que se pueden obtener. Además en la gestión de sistemas complejos, como es el caso por ejemplo de redes celulares (GSM, UTM, LMDS, MMDS, ...) los procedimientos basados en cartografía impresa resultan poco eficientes. Hace unos años se han empezado a utilizar mapas digitales del terreno y bases de datos de emisores, y en la actualidad existe un considerable número de aplicaciones sobre PC o estaciones de trabajo.

Los Sistemas de Información Geográfica se han venido utilizando desde mediados de los sesenta en diversas áreas relacionadas con la resolución de problemas territoriales. Una de sus principales características es que son capaces de manejar eficientemente un gran volumen de información tanto espacial como temática de una determinada área geográfica [1]. En este sentido, encuentran también aplicación en la planificación de los sistemas de telecomunicación [2] y, en particular, de los sistemas de radiocomunicación.

## 2 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) se puede contemplar [1] como un conjunto de mapas de la misma porción del territorio, donde un lugar concreto (definido por unas coordenadas) tiene la misma localización en todos los mapas incluidos en el sistema de información (Fig. 1). La información se encuentra georreferenciada, es decir, las coordenadas

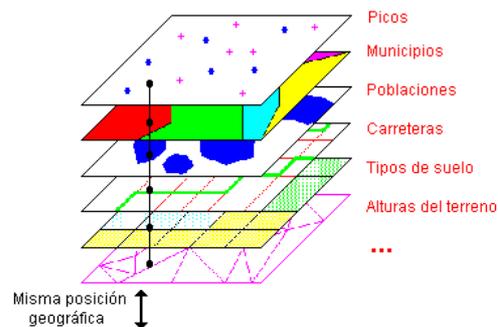


Fig. 1.- Capas temáticas en un SIG. (Fuente ESRI)

de todos los elementos gráficos son conocidas en un sistema de referencia conocido (generalmente cartesiano). De este modo, es posible realizar análisis de sus características espaciales y temáticas.

También puede definirse un SIG como una colección organizada de *software* y *hardware* diseñado para capturar, almacenar, actualizar, manipular y representar eficientemente cualquier información georreferenciada.

Los Sistemas de Información Geográfica se han usado en la resolución de problemas territoriales como [1]:

- Inventario de los recursos naturales y humanos
- Control y gestión de los datos catastrales y de propiedad urbana y rústica
- Planificación urbana
- Cartografía
- Control de grandes instalaciones: redes de distribución y transporte
- Medio ambiente

En cualquier caso, son útiles en cualquier área de trabajo donde sea necesario el manejo de información geográfica. En este sentido, encuentran también

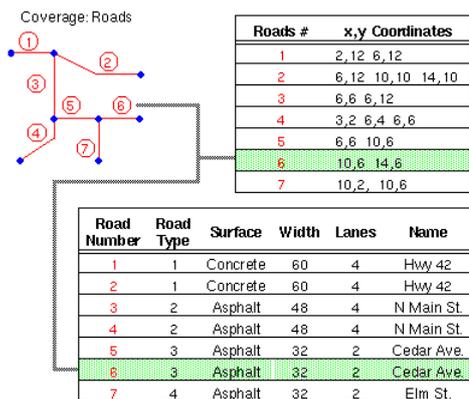


Fig. 2. Modelo georrelacional entre la información espacial (vectorial o raster) y descriptiva. (ESRI)

aplicación en la planificación de los sistemas de radiocomunicación.

## 2.1 Tipos de Información: Espacial y descriptiva

Con ayuda de los SIG se pueden gestionar dos tipos básicos de información geográfica [1]:

1. **Espacial**, que describe la localización y la forma de diversas características geográficas (ej. vías de comunicación, etc.).
2. **Descriptiva**, que proporciona información adicional asociada a cada una de esas características geográficas (tipo de vía de comunicación: autopista, autovía, etc.).

## 2.2 Métodos de almacenamiento de la información espacial: vectorial y raster

En un SIG hay dos métodos para almacenar información espacial: *raster* y vectorial. En el almacenamiento *raster* se utiliza una matriz de celdas y en el vectorial los elementos geográficos se almacenan mediante un conjunto ordenado de coordenadas de un sistema de referencia conocido (Fig. 2). En cualquiera de los dos tipos la información se encuentra georreferenciada.

## 2.3. Métodos de almacenamiento de la información descriptiva: Tabla de atributos

La información descriptiva en un SIG se almacena a través de tablas de atributos. Estas tablas contienen un identificador por medio del cual la información geográfica (vectorial o *raster*) queda relacionada con la información descriptiva: modelo georrelacional (Fig. 2). Las tablas de atributos se organizan en filas y columnas. Cada fila es un registro que contiene características descriptivas diferentes pertenecientes a una misma característica geográfica, y cada columna o campo contiene valores de una misma característica descriptiva de diferentes características geográficas. Los Sistemas de Información Geográfica disponen de *software* para crear, manipular y almacenar tablas de

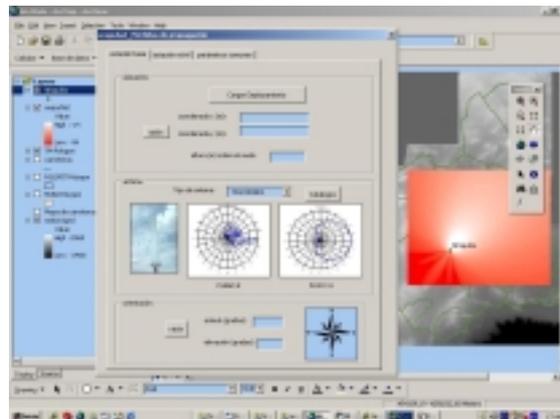


Fig. 3. Aspecto general de RAGIS

atributos, así como para relacionarlas con bases de datos externas al propio SIG.

## 3 Planificación de sistemas de radiocomunicaciones mediante SIG

En la planificación y gestión de cualquier sistema de radiocomunicación (emisoras de radiodifusión, sistemas de telefonía móvil celular como el GSM o el UMTS, sistemas de televisión digital terrestre, radioenlaces, etc.) hay que manejar gran volumen de información tanto espacial como descriptiva. Para estos sistemas resulta de gran importancia el cálculo de la cobertura radioeléctrica (potencia recibida en un área geográfica determinada cuando se transmite potencia desde uno o varios emisores). Por ello, resulta de interés desarrollar herramientas informáticas que incorporen modelos electromagnéticos para estimar las pérdidas por propagación en un área geográfica determinada a partir de modelos digitales del terreno y de los parámetros radioeléctricos (potencia transmitida, ganancia de antenas, sensibilidad de los equipos receptores, ...) particulares de cada sistema de radiocomunicación.

Las aplicaciones basadas en Sistemas de Información geográfica permiten, entre otras funcionalidades, almacenar las coberturas radioeléctricas como si de un mapa más se tratase, además de facilitar la creación, almacenamiento y gestión de todos los parámetros que intervienen en la planificación de estos sistemas de radiocomunicación como veremos a continuación. En la Fig. 3 puede verse el aspecto general de RAGIS: herramienta de gestión y de cálculo de cobertura radioeléctrica de sistemas de radiocomunicación que ha sido desarrollada por el Grupo de Investigación de Sistemas de Comunicaciones Móviles (SiCoMo) de la Universidad Politécnica de Cartagena [3].

### 3.1 Beneficios reportados por los SIG

Las principales ventajas que proporcionan los SIG para el estudio de los sistemas de radiocomunicación radican en la gestión, análisis y representación de la información no sólo geográfica sino de cualquier otra información que se encuentre georreferenciada.

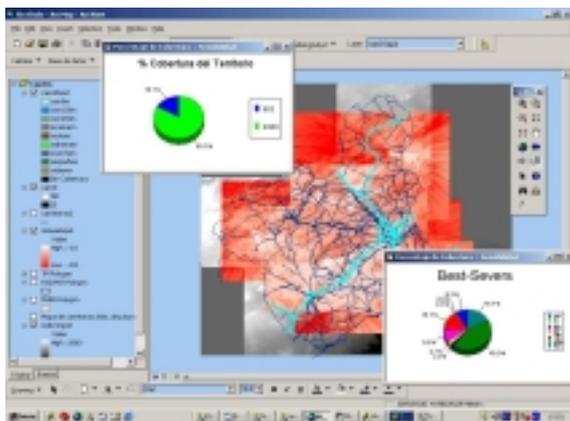


Fig. 4. Cobertura radioeléctrica sobre una vía de comunicación.

Las **funciones de gestión y análisis** pueden concretarse en las siguientes:

1. Consulta de la información a nivel remoto (intranet o internet)
2. Ubicación idónea de una o varias estaciones base (emisores) de un sistema.
3. Estudios de proximidad, accesos, etc.
4. Análisis en áreas localizadas: porcentaje de cobertura radioeléctrica por termino municipal, regional, en carreteras (Fig. 4); detectar zonas de sombra, etc.
5. Disponer de bases de datos georreferenciadas de emplazamientos, de coberturas, por tipo de sistema de radiocomunicación, por servicio, etc.

En cuanto a la **representación de los resultados** en el entorno de un SIG, existe una gran variedad de herramientas de visualización, por ejemplo:

1. Rampa de colores. A cada valor o a un conjunto de valores de potencia recibida se le asocia un color de una escala cromática. En la Fig. 5 puede observarse el mapa radioeléctrico de un sistema de radiocomunicación formado por varias emisoras.
2. Código de colores. En un sistema de varias emisoras puede ser útil realizar un mapa de mejor servidor en cuyo caso se le asigna un color diferente a cada zona de cobertura de cada estación base. (Fig. 5)

### 3.2 Bases de datos para la planificación de sistemas de radiocomunicación

Como mínimo se hace necesario disponer de una base de datos puramente geográfica, una base de datos de emplazamientos y otra de coberturas radioeléctricas.

La **base de datos geográfica** está formada por información *raster* y vectorial. La información *raster* se corresponde con el Modelo Digital del Terreno (MDT) y es necesaria para realizar los cálculos de propagación radioeléctrica, la información vectorial la forman el contorno de los términos municipales, carreteras, picos de montaña, etc. y la información descriptiva: el nombre municipio, superficie, número de habitantes, tipo de carretera, tipos de suelo, etc.

En la **base de datos de emplazamientos** la información correspondiente a cada emplazamiento

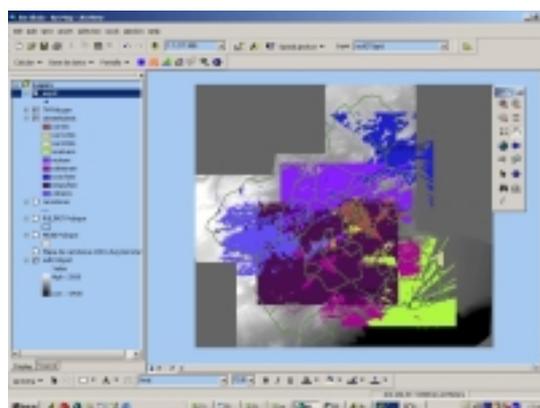
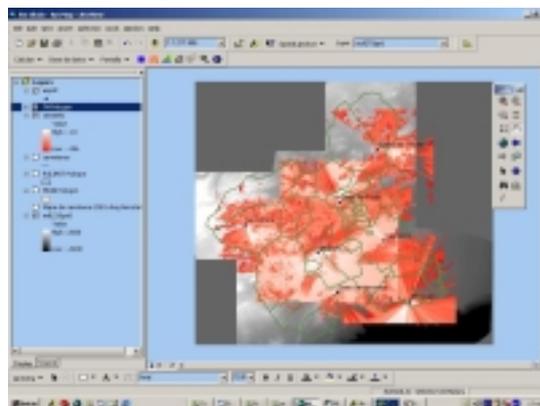


Fig. 5.- Mapas de cobertura radioeléctrica y de mejor servidor de un sistema de radiocomunicaciones.

se encuentra almacenada como información vectorial cuya tabla de atributos correspondiente a cada emplazamiento tiene información acerca del tipo de sistema de radiocomunicación (Radiodifusión, TV, GSM, UMTS), información relativa al Operador, etc.)

La **base de datos de coberturas radioeléctricas** debe incluir información matricial (*raster*), correspondiente al valor de potencia recibida (o campo eléctrico) en una determinada área geográfica, e información descriptiva como la potencia transmitida, la inclinación y orientación de la antena, el modelo de antena, el modelo de propagación utilizado para el cálculo de la cobertura radioeléctrica, la frecuencia, la resolución del terreno, fotos del equipos, caseta, torre y otros.

### Agradecimientos

El desarrollo de la herramienta RAGIS ha recibido ayuda en convocatoria pública por parte de la Consejería de Ciencia, Tecnología, Industria y Comercio de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (ref. 2I02SIU0019) y ha colaborado en el proyecto la empresa EMURTEL SA.

### Referencias

- [1] J. Bosque, "Sistemas de información geográfica", Ediciones Rialp S.A., 1992.
- [2] Lisa Godin, "GIS in Telecommunications", ESRI Press, ISBN 1-879102-86-2, 2001.
- [3] Francisco Javier Ponce Juan, Leandro Juan-Llácer, Manuel Ferrández Cámara, "Herramienta de gestión y análisis de sistemas de radiocomunicaciones basada en el Sistema de Información Geográfica ARCVIEW 8.2", Telecom I+D, Madrid 2003.