

GESTIÓN DEL TRÁFICO MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE UN GIS CON UN SISTEMA DE NAVEGACIÓN REALISTA EN 3D SOBRE EL TERRITORIO

Fco. Alberto Varela García

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Profesor del Área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría. Universidad de La Coruña.

Luis A. Hernández Ibáñez

Arquitecto. Profesor del Área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría. Universidad de La Coruña.

Javier Taibo Pena

Informático. Profesor del Área de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría. Universidad de La Coruña.

Antonio Seoane, Rubén López, Alberto Jaspe

Informáticos. Técnicos del Videalab. Universidad de La Coruña.

ETS Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Campus de Elviña s/n

15071 La Coruña

Luis Hernández Ibáñez lhernandez@udc.es 981.16.70.00 Ext. 1409

Fco. Alberto Varela García avarela@udc.es 981.16.70.00 Ext. 1488

RESUMEN: Tras la experiencia de los últimos años en el desarrollo del Sistema Avanzado de Navegación en Terrenos Interactivos (SANTI), es decir, un sistema interactivo de visualización tridimensional de terreno en tiempo real basado en datos altimétricos e imágenes de satélite y aéreas, se abre una nueva línea de investigación que integra esta visualización con sistemas de información geográfica (SIG o Geographic Information System GIS en inglés). Esta nueva línea de desarrollo ofrece grandes posibilidades para la planificación y la gestión de infraestructuras en grandes áreas territoriales.

En este artículo se presenta una arquitectura abierta y genérica para integrar cualquier GIS con el sistema de visualización realista SANTI, aprovechando la potencialidad de ambas tecnologías. De esta forma cualquier característica geoespacial o medición que se realice sobre un punto o un área geográfica concreta, puede representarse sobre un modelo realista del terreno, lo que permite una mejor interpretación de los datos analizados. El sistema permite la realización de consultas a la base de datos GIS desde la interfaz de visualización, seleccionando de forma interactiva elementos del terreno dentro de la vista 3D. Si además se actualizan dinámicamente los datos en tiempo real, se ofrece una herramienta que aumenta la rapidez en la toma de decisiones ante situaciones urgentes. Esta característica se muestra especialmente útil en la gestión y el control del tráfico pues permite identificar con rapidez la localización de los elementos de control, analizar las causas de los datos medidos, valorar con rapidez las posibles acciones a acometer, e incluso dar las órdenes oportunas desde el mismo sistema.

1 INTRODUCCIÓN

La representación del territorio siempre ha sido una de las principales necesidades del hombre para conseguir el desarrollo económico y cultural de una sociedad. La cartografía y los mapas han significado un avance considerable en las relaciones entre las diferentes regiones del mundo, así como han permitido entender con mayor profundidad las particularidades orográficas de los territorios sobre los que se construían diferentes infraestructuras y se levantaban ciudades. La ingeniería cartográfica en los últimos años se ha apoyado en la informática para incorporar nuevas tecnologías en la representación de la geografía terrestre, aumentando por un lado la calidad visual de los mapas, y aportando especialmente técnicas de análisis que ofrecen nuevas posibilidades para adquirir, tratar y gestionar la información geográfica. Entre estas nuevas tecnologías destacan los sistemas de navegación sobre modelos digitales del terreno apoyados en imágenes de satélite o fotografías aéreas, y los sistemas de información geográfica (GIS). Un GIS es una aplicación que permite preparar, presentar e interpretar hechos que tienen lugar sobre la superficie terrestre. Las funciones habituales de un GIS son las derivadas del tratamiento de datos, como por ejemplo la entrada en un sistema informático, la modificación y transformación de los datos, su análisis y visualización. Pero la gran aportación de los GIS con respecto a los sistemas de bases de datos tradicionales, es la potencialidad en el tratamiento de los datos espaciales, analizándolos y representándolos

cartográficamente . La posibilidad de representar estructuras y procesos del mundo real de forma cartográfica, revoluciona los conceptos de gestión de datos, por la riqueza de información que genera, ofreciendo una imagen más adecuada de la situación real a analizar, al permitir variar la representación gráfica de un elemento según la información que contenga.

Tradicionalmente, los sistemas de información geográfica y los sistemas de visualización del terreno se han desarrollado independientemente, a pesar de formar parte de campos relacionados entre sí. Probablemente las causas pueden encontrarse en los diferentes tipos de datos mostrados (simbólicos frente a realistas), los objetivos de la visualización (simplificación frente a realismo visual), los diferentes usuarios de los sistemas y los distintos conceptos técnicos manejados en la representación de capas estáticas frente a los modelos 3D de movimiento en tiempo real. Intentar juntar ambos campos es un desafío que puede enfocarse desde distintos puntos de vista. Un SIG puede mostrar modelos del terreno 3D en tiempo real, un simulador del terreno puede visualizar y analizar los datos existentes en SIG, o bien unir ambos sistemas de forma que el visualizador del terreno muestre los datos generados en los análisis desarrollados con funcionalidades SIG externas, que es la dirección de nuestro trabajo y que comentaremos a lo largo del texto.

Ante estas nuevas posibilidades de uso que ofrece la unión de los GIS y los modelos 3D, Hudson-Smith y Evans (2003) diferencian cuatro potenciales usuarios tipo:

- Profesionales que necesitan todas las capacidades de visualización y análisis posibles para desarrollar sus trabajos de planificación, planeamiento urbanístico, ingeniería, transportes, etc. con el objetivo de localizar fácilmente todas las infraestructuras de una región para su gestión o para valorar el impacto visual de un nuevo proyecto.
- Investigadores o estudiantes que precisen conocer diferentes aspectos sobre una región, como puede ser sus elementos geográficos, urbanos, históricos, sociales, o cualquier otro que fuese necesario mostrar sobre el modelo virtual.
- Ciudadanos ejerciendo el derecho de participación pública, en donde puedan conocer y valorar diferentes propuestas o proyectos a desarrollar sobre un determinado ámbito territorial.
- Turistas interesados en conocer las características y los valores de una determinada región, pudiendo navegar virtualmente por ella, ver sus lugares más interesantes y acceder a los datos de interés más relevantes.

En cada uno de estos casos se podría usar un modelo genérico para una región, con diferentes capacidades de interacción en función del usuario, o bien disponer de distintos modelos independientes adecuados a las necesidades específicas de cada uso. La conexión a través de Internet se presenta como el medio más apropiado para conseguir una mayor difusión y uso del modelo virtual creado, aunque dependiendo de los requerimientos del usuario puede ser más recomendable emplear aplicaciones locales. En el ámbito de la gestión del tráfico, las capacidades del sistema deben ser las más altas posibles para ofrecer a los técnicos la mayor rapidez de respuesta, con la visualización de las imágenes de mayor resolución y con la posibilidad de gestionar adecuadamente los instrumentos de control según las responsabilidades de cada usuario, mezclando para ello aplicaciones locales con comunicaciones a través de Internet.

2 PRECEDENTES

El desarrollo del Sistema Avanzado de Navegación sobre Terrenos Interactivos (SANTI) comenzó en el año 1998, basado en arquitectura Onyx2 de Silicon Graphics y utilizando la técnica de clip-mapping para la aplicación de grandes texturas al terreno. Actualmente está preparado para funcionar en las tarjetas gráficas presentes en los ordenadores personales.

El SANTI es un visualizador interactivo de terreno que permite al usuario navegar a voluntad por la geografía contenida en su base de datos. La base de datos contiene un modelo digital del terreno formado por datos de elevación y por las imágenes utilizadas para texturizar dicho terreno. El acceso a estos datos y la generación de las vistas se hace en tiempo real, ofreciendo una visualización con una frecuencia no inferior a 60 fotogramas por segundo.

Debido al gran volumen de la base de datos, sólo se mantiene en memoria un subconjunto de la base de datos completa y se utiliza un sistema basado en niveles de detalle que permita su visualización. Estos niveles de detalle se organizan en torno a un punto que define el centro de la zona de máximo detalle. Según los recursos disponibles en la máquina, se actualiza el contenido de la memoria en tiempo real para mostrar el mayor detalle posible en torno a dicho centro de detalle. Este centro de detalle se establece en función de la posición y orientación de la cámara de forma que el detalle máximo esté en primer plano y se reduzca en las zonas más lejanas donde

el detalle necesario es claramente inferior. Este sistema de visualización es independiente de la base de datos y altamente escalable, de forma que el rendimiento se mantiene aún cuando se aumenta la calidad o extensión del modelo digital.

El control de la navegación se puede realizar de varias maneras según la aplicación y a través de distintos dispositivos, desde teclado, ratón o joystick hasta dispositivos especiales contruidos a medida para exposiciones o sistemas de captura de movimiento. El usuario puede guiar la cámara con seis grados de libertad y controlando la velocidad de movimiento, ya sea simulando el vuelo de un avión (con interés para aplicaciones educativas o de entretenimiento) o bien desplazándose sobre el terreno de forma instantánea para alcanzar la vista que necesite obtener (más adecuado para uso profesional). Complementando esta navegación dirigida, se dispone también de rutas preestablecidas, o el desplazamiento desde la localización actual hasta un lugar solicitado por el usuario. Además del control de navegación, se pueden realizar peticiones al sistema a través de un sistema de menús, utilizado en diversas aplicaciones para la localización de municipios, desplazamiento a lugares de interés especial, activación de rutas automáticas, etc.

El sistema ha sido utilizado con diferentes bases de datos, con detalles de texturizado abarcando desde imagen de satélite a 30 m/píxel hasta imagen aérea a 0.25 m/píxel, con detalle de geometría abarcando desde 200 m hasta 5 m entre cotas y con extensiones de hasta 225.000 km². Estas aplicaciones se concretaron en modelos digitales de diferentes zonas, entre las cuales se pueden destacar Galicia, Castilla-León, Asturias, Cantabria, País Vasco, Navarra, La Rioja y Aragón. El modelo de mayor detalle corresponde a la comunidad de Galicia, donde se está aplicando este sistema para fines culturales desde el año 1999.



Figura 1: Ejemplo de aplicación del SANTI sobre el Camino de Santiago

En los últimos años el desarrollo de hardware más rápido y potente permite aumentar las capacidades y la utilización de la tercera dimensión en los GIS, lo que propicia poder visualizar de forma mucho más agradable y clara cualquier información sobre el territorio, especialmente para usuarios no expertos. La visualización de elementos geográficos de un territorio en un modelo digital 3D, en lugar de sobre una superficie plana 2D, provoca cambios en la forma de ver, distribuir, comunicar y analizar los datos geoespaciales, lo que abre las puertas a nuevas utilidades de los GIS. El SANTI adaptó su estructura para conseguir representar sobre el modelo 3D cualquier tipo de información proveniente de entornos GIS. Este proyecto de comunicación entre SANTI y GIS7 ya nos ha permitido desarrollar diferentes aplicaciones destinadas al trabajo de profesionales concretos tanto para la evaluación de los datos disponibles sobre una región con el fin de planificar adecuadamente nuevas actuaciones, como para realizar presentaciones donde mostrar a la ciudadanía los proyectos desarrollados y los previstos sobre un determinado ámbito territorial. En este sentido podemos citar brevemente algunas de las aplicaciones realizadas con este sistema.

La Xunta de Galicia está planificando en estos momentos las infraestructuras necesarias y su localización para mejorar la cobertura de las señales de Televisión Digital Terrestre en Galicia. Para apoyar este trabajo se representó sobre el SANTI la cobertura existente obtenida en formato ráster mediante un programa de simulación a partir de los datos SIG sobre un Modelo Digital del Terreno. Esta representación sobre el SANTI es extremadamente útil para los técnicos, puesto que muestra con gran rapidez y eficacia las zonas urbanas con peor calidad en la señal de televisión, y les permite analizar sobre el propio sistema 3D las posibles causas de la baja cobertura y la ubicación más adecuada para instalar las antenas o equipos de comunicación necesarios.

Por su parte la Empresa Pública de Obras y Servicios Hidráulicos dependiente de la Consellería de Medio Ambiente de la Xunta de Galicia precisaba mostrar a los técnicos, políticos y sociedad en general, las actuaciones desarrolladas en el Plan de Saneamiento y Recuperación del Entorno de las Rías de La Coruña y El Burgo y Municipios Limítrofes. A partir de los elementos gráficos en formato CAD que disponía esta empresa, se crearon las diferentes entidades gráficas necesarias mediante el tratamiento de estos datos en un entorno GIS y se representaron sobre el SANTI. Esta aplicación permite activar o desactivar, siempre que se precise, cualquiera de los diferentes elementos de la red de saneamiento propuesta en relación con la red existente. Este hecho confiere gran agilidad a la presentación, ya que en tiempo real

se puede individualizar una obra en concreto, las actuaciones de un municipio determinado, o cualquier aspecto que sea preciso comentar con mayor detalle. La utilización de imágenes de hasta 0.25 m/píxel permiten al SANTI mostrar con gran calidad cualquier zona del territorio, lo que unido a su manejo en tiempo real, lo hacen especialmente atractivo para realizar presentaciones de cualquier tipo de infraestructura de carácter territorial, así como de planificaciones sectoriales sobre toda la región o una parte de la misma.

3 FUNCIONALIDADES TÉCNICAS

Existen dos formas de representación de la información geográfica en los GIS: la vectorial y la raster. Ambos tipos de información están integrados en el SANTI y son tratados como capas de forma análoga a como lo realizan los GIS, esto es, pueden activarse o desactivarse, mezclarse con distintos valores de transparencia, etc. (Figura 2)

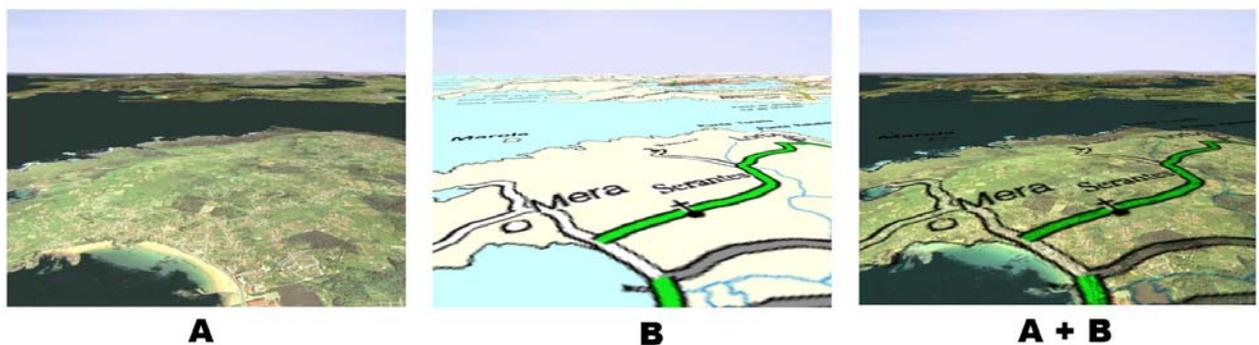


Figura 2: **Múltiple representación de información raster**

La información de tipo raster se genera a partir de imágenes georeferenciadas, que constituyen una capa de textura que se aplica sobre el relieve del terreno. Para la información de tipo vectorial existen varias estrategias de representación de cada una de las primitivas, de forma que la información se visualice de la manera más adecuada:

Puntos: representan lugares concretos en el terreno. Para visualizarlos existen tres estrategias que se pueden combinar entre ellas (figura 3):

Círculos: dibujados sobre el terreno, con un radio y color determinados.

Billboards: etiquetas que se elevan sobre el terreno, formadas por imágenes o texto que pueden ser obtenidos de la base de datos.



Figura 3: **Visualización de puntos usando círculos y billboards**

Líneas o polilíneas: se representan sobre el terreno con un grosor y color determinado (figura 4).



Figura 4: **Visualización de líneas**

Polígonos: permiten delimitar áreas diferenciadas sobre el terreno (figura 5).

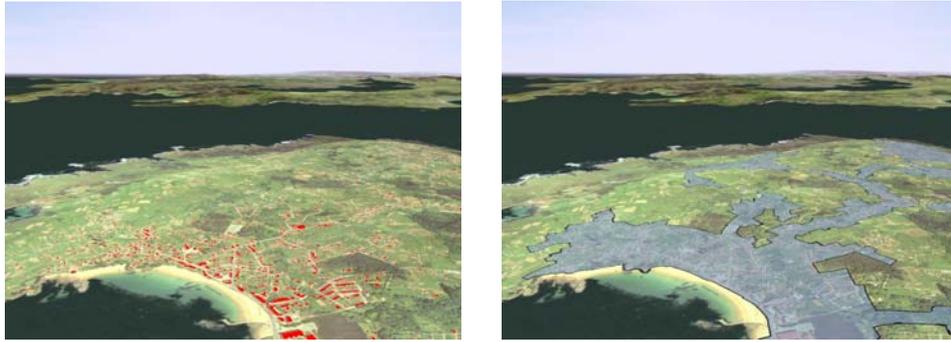


Figura 5: Visualización de polígonos

3.1 Arquitectura

El sistema propuesto gestiona de forma independiente la información raster y la información vectorial. La información raster se visualiza mediante el sistema de textura multirresolución descrito en el apartado “Precedentes”. Este sistema se ha extendido para soportar multitextura y así poder mezclar varias capas sobre el terreno simultáneamente. El sistema de gestión de la información vectorial presenta una arquitectura en tres etapas, como se puede apreciar en la figura 6:

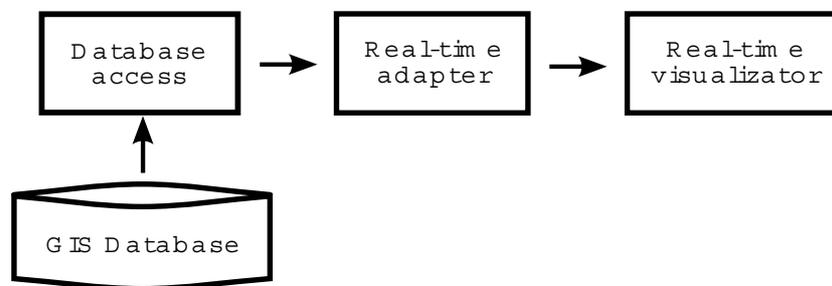


Figura 6: Arquitectura global para datos vectoriales

Una primera etapa es la encargada de realizar el acceso a las bases de datos donde está almacenada la información GIS que se desea mostrar.

La segunda etapa adapta la información procedente de las bases de datos para que pueda ser mostrada en tiempo real.

La tercera etapa finalmente visualiza la información GIS sobre un modelo digital del terreno.

3.2 Acceso a base de datos

El acceso a las bases de datos se puede realizar por diferentes vías, como un disco local o un servidor GIS en Internet. La etapa de acceso a la base de datos proporciona su salida utilizando un protocolo propio que alimenta el módulo “adaptador a tiempo real”, aislando así la función de interpretar formatos o protocolos concretos. Gracias a esta separación, implementar accesos a otras fuentes de datos es transparente al resto del sistema. Ejemplos de distintas implementaciones de este módulo son el acceso a ShapeFiles o la consulta de un servidor de datos geoespaciales a través de GML.

El acceso a la base de datos sólo se realiza una vez para cada conjunto de datos vectoriales. La información que alimenta la siguiente etapa queda almacenada en memoria para permitir realizar posteriormente consultas.

3.3 Adaptador a tiempo real

La etapa de adaptación de datos a tiempo real es una de las más críticas, puesto que afectará directamente al rendimiento y, por tanto, a la experiencia final del usuario. En ésta etapa se realizan tres procesos como se muestra en la figura 7.

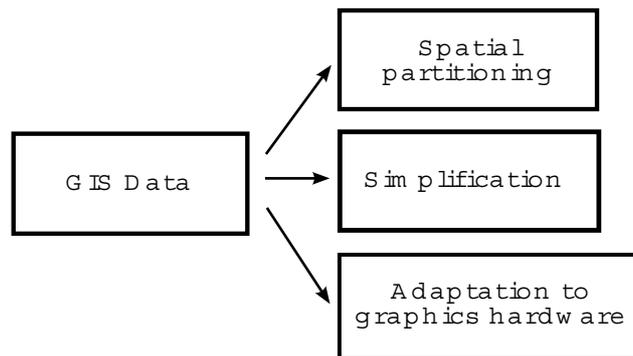


Figura 7: Adaptación a tiempo real.

El primer paso para dicha adaptación consiste en realizar una organización espacial eficiente, de manera que cualquier requerimiento de información para un área dada involucre un acceso lo más rápido posible a la base de datos. La etapa de

visualización necesita acceso a regiones rectangulares de la información GIS a diferentes escalas, como se mostrará más adelante. Por tanto, la organización espacial más eficiente es una que divida el espacio en una estructura de árbol.

En algunos casos la información es tan densa que aumenta considerablemente el tiempo requerido para mostrarla sobre el terreno. En este caso, se hace necesario realizar una simplificación. Ésta consiste en un nuevo muestreo de la información GIS a una escala diferente, y requiere encontrar el punto de equilibrio entre el tiempo de render y la calidad deseada.

Además, la información GIS no siempre se puede enviar directamente a un sistema gráfico. Los sistemas de última generación todavía dibujan triángulos, líneas y cuadriláteros. Por eso es imprescindible realizar un proceso de teselado de la geometría, que convierta complejos polígonos posiblemente convexos y con huecos, a listas de triángulos.

Nuestro sistema permite adaptar las diferentes primitivas vectoriales en tiempo real utilizando varios algoritmos, que a su vez se pueden combinar.

3.4 Visualización en tiempo real

En la mayor parte de los casos la información vectorial representada en este sistema se debe proyectar sobre el terreno. Esto presenta ciertas dificultades, comentadas en el siguiente apartado, especialmente por la naturaleza dinámica de la geometría del SANTI, que utiliza niveles de detalle. Existen, no obstante, algunos casos en que la información GIS puede ser mostrada mediante otras técnicas, como es el caso de los puntos, que se pueden visualizar mediante carteles 3D flotantes con información asociada. En éste caso no existe el problema de la adaptación al terreno porque la información flota en el aire y no necesita adaptarse perfectamente a todos los niveles de detalle del terreno.

Para la visualización en tiempo real de los elementos vectoriales sobre el modelo tridimensional del terreno se estudiaron dos alternativas:

Visualización mediante primitivas tridimensionales. Consiste en dibujar los elementos vectoriales utilizando las primitivas de dibujo del sistema gráfico. Para ello

dichos elementos deben ser divididos en triángulos, multiplicando la cantidad de polígonos a dibujar en cada fotograma. Además, aparece otro problema derivado del algoritmo utilizado para dibujar el terreno: para visualizar modelos digitales complejos es necesario aplicar alguna técnica basada en niveles de detalle. El dibujo de elementos GIS mediante primitivas tridimensionales requiere adaptar dichas primitivas a los distintos niveles de detalle con los que se dibuja el terreno.

Visualización mediante una textura mapeada sobre el modelo digital. Consiste en convertir los elementos vectoriales en una imagen raster que se aplica como una textura sobre el modelo tridimensional. Esto permite que los elementos vectoriales se adapten perfectamente sobre el terreno independientemente del modelo digital visualizado.

En el caso de la aplicación descrita en este artículo, se utilizó una técnica que modifica el detalle de la malla tridimensional del terreno en función de la calidad requerida en cada instante. Esto permite visualizar un modelo digital que de otra forma sería imposible porque supera la potencia del sistema gráfico. Para visualizar la información vectorial se utilizó una técnica basada en el clipmap. El sistema de textura original del SANTI fue modificado para que los fragmentos de textura que alimentan la caché se obtengan también del módulo de “Visualización en tiempo real”.

4 APLICACIONES EN LA GESTIÓN DE TRÁFICO

La unión de estos dos sistemas se muestra especialmente útil en la gestión del tráfico en grandes áreas territoriales. La necesidad de disponer de una cartografía homogénea para georreferenciar todas las infraestructuras viarias y los instrumentos de control del tráfico, resulta aunque parezca paradójico, uno de los grandes inconvenientes para realizar una adecuada supervisión de los datos de la circulación viaria. No es trivial conseguir cartografía adecuada y homogénea para las áreas territoriales a analizar, y menos aún gestionar eficazmente todos los elementos geográficos que se representan en ella. Cuando se consigue cartografía, suele ser común disponer de diferentes mapas digitales para formar el entorno territorial preciso. Sin embargo normalmente estas cartografías poseen una configuración con estructuras de datos diferentes, muestran situaciones temporales distintas y presentan contradicciones en los elementos de borde, lo que origina graves inconvenientes para su utilización. Además la actualización de estas cartografías supone nuevos

problemas al realizarse no siempre de forma organizada, ni en los tiempos necesarios, y empleando en ocasiones criterios de representación diferentes a los anteriores. Todos estos temas se agravan cuando la zona a analizar comprende regiones con instituciones cartográficas dependientes de administraciones distintas. En esta situación, aquellos organismos que necesitan representar sobre un ámbito geográfico los datos e indicadores que por sus competencias deben gestionar y analizar, tienen que realizar un gran esfuerzo para adquirir, tratar y mantener la cartografía precisa. Esfuerzos que en muchas ocasiones no pueden permitirse por falta de recursos, y en otras por falta de la cartografía necesaria.

Aunque existen iniciativas europeas como INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) para normalizar la información geospacial europea, el camino todavía es largo. De momento todo el tratamiento cartográfico necesario para conseguir una base de referencia adecuada sobre la que indicar los datos a gestionar en tráfico, supone un gran esfuerzo inicial con actualizaciones dificultosas, y con plazos de tiempo elevados hasta obtener un producto adecuado. Sin embargo los centros de gestión de tráfico aumentarían su eficacia en la observación e inspección de los parámetros que intervienen en la circulación viaria, si dispusiesen de una base geográfica sobre la que referenciar todos los sensores e instrumentos de control que gestionan.

Para evitar los problemas antes comentados, y conseguir además una representación más realista podemos optar por la utilización de imágenes satélite de alta resolución y el uso de la fotogrametría aérea. Esta nueva tecnología, con el tratamiento adecuado, permite disponer de forma mucho más rápida y precisa de la base geográfica necesaria, permitiendo actualizaciones en menores plazos y consiguiendo una visualización más real del territorio, especialmente si se muestra en 3D sobre un modelo digital del terreno. Los problemas de tiempos de espera demasiado elevados en el manejo de este tipo de información ráster se evitan mediante la utilización de las técnicas desarrolladas en SANTI, al igual que los problemas de representación de información GIS en formato vectorial sobre modelos 3D del terreno.

A continuación se describirá brevemente posibles usos del SANTI en la visualización de información del tráfico en tiempo real, así como en su utilización como sistema de gestión de dicha información. En primer lugar SANTI es capaz de visualizar mediante la representación que se considere más adecuada (punto, línea, polígono, cuerpo 3D, símbolo, etc.) cualquier elemento geográfico que se encuentre almacenado en un

entorno GIS, o que pueda incluirse en un GIS. De esta forma, en el caso de los sistemas ITS de gestión de infraestructuras y tráfico orientados a incrementar la eficiencia de la movilidad del tráfico que podrían representarse sobre el SANTI podemos citar:

- Paneles de Mensaje Variable
- Sensores de presencia o puntos de aforo
- Cámaras de Circuito Cerrado de Televisión (CCTV)
- Radares fijos o móviles
- Estaciones de Captación de Parámetros Meteorológicos
- Postes SOS o postes de emergencia

Para todos estos elementos, y otros, SANTI además de representar su localización sobre el territorio podría recibir en tiempo real cualquier información que este instrumento sea capaz de medir, capturar o reproducir (número de vehículos, temperatura, imágenes, posición en caso de elementos móviles con GPS, texto de paneles, etc.) y representarla en un entorno cartográfico de alta calidad. Dependiendo del tipo de información recibida la representación de la misma en SANTI puede mostrarse siguiendo distintas estrategias con la finalidad de obtener una representación clara y eficaz del estado del tráfico en un territorio concreto. Como hemos visto anteriormente se pueden emplear diferentes colores y grosores para los puntos, líneas y polígonos que representan a las entidades, o bien utilizar un texto indicativo del dato capturado por los instrumentos de medición, pero también se pueden añadir gráficos realistas similares al elemento real (por ejemplo para los paneles informativos), o con símbolos que reflejen una determinado incidencia, o bien representaciones más complejas como la visualización de la zona registrada en una cámara de video en función de la orientación y zoom utilizado y la orografía del terreno en ese lugar.

El apoyo gráfico en el análisis de todos estos valores facilita enormemente el trabajo de los técnicos, hace más eficaz su labor, advierte mediante las alarmas correspondientes de situaciones especiales en un momento determinado, y consigue obtener en todo momento una imagen fiel del estado de la circulación sin recurrir al estudio pormenorizado de los valores medidos por cada uno de los aparatos.



Figura 8: Visualización posible de paneles luminosos

SANTI permite la búsqueda y localización de cualquiera de los elementos comentados, así como de otros de interés para la gestión del tráfico, como pueden ser carreteras según su código, o la ubicación de los núcleos de población, o municipios, o lugares específicos como los centros médicos, de protección civil o de bomberos, de especial interés en el caso de accidentes o emergencias. En este caso en cuanto se tenga localizado un accidente, sería muy rápido el acceso a los controles de los paneles cercanos a ese lugar con el fin de informar de esta circunstancia a los conductores de la zona, así como encontrar rutas alternativas en caso de cortes en la calzada o retenciones en un lugar determinado. El acceso a los lugares en los que se encuentra cualquier elemento geográfico de los comentados, así como la visualización de la información existente sobre ellos, se efectúa de forma rápida y sencilla de manera que los operarios no invierten tiempo en el manejo del sistema y se concentran específicamente en la labor de gestionar y controlar el tráfico. Pueden incluso preestablecerse rutas determinadas para el control y gestión de los sensores instalados en las carreteras, recorriendo cada uno de ellos de forma automática, sin que sea preciso que el técnico responsable los vaya localizando y activando.

Pero además SANTI es un medio idóneo para reflejar diferentes análisis o estudios sobre el tráfico, así como eventos temporales como pueden ser la localización de incidencias por obras o accidente en un lugar, o la representación de mapas temáticos que muestren las características térmicas de la calzada (en función de las mediciones de los sensores de temperatura), o visualización de las zonas con probable formación

de hielo según las predicciones, o el mapa de la intensidad de vehículos o el de niveles de capacidad diferenciado por tramos de las carreteras, o localización de accidentes e índices de peligrosidad de los tramos viarios, o el nivel de infracciones (por ejemplo velocidades superiores a las permitidas en un punto de aforo), o cualquier otro análisis de interés. SANTI podrá reflejar de esta forma los datos en tiempo real medidos sobre el tráfico en un momento dado, o bien los datos existentes en cualquier momento anterior, reflejándolos sobre el modelo digital o bien accediendo a informes de datos en cada uno de los instrumentos de control. Pero además podría ser también el sistema de visualización de modelizaciones y simulaciones de tráfico para comprobar la capacidad de reacción ante determinadas incidencias y valorar los pasos adecuados a seguir en el caso de que sucedan en la realidad.

Este sistema para la gestión del tráfico puede complementarse con la información al usuario de las carreteras de la situación del tráfico en cada momento o las previsiones existentes, con el objetivo de mejorar la calidad del viaje de los conductores. El centro de control y gestión de tráfico, una vez que procesa la información recibida, puede difundir un mensaje a los usuarios, bien a través de Internet, bien mediante medios de comunicación (radio y televisión en tiempo real), o utilizando la telefonía móvil, lo que permite además poder recibir información sobre dispositivos de navegación a bordo.

5 CONCLUSIONES

La sociedad actual es consciente de que para resolver los problemas de movilidad no puede recurrirse de manera única a la ampliación de las infraestructuras existentes o a la construcción de otras nuevas. La aplicación de políticas de gestión se muestra como uno de los aspectos de mayor importancia, y ante la complejidad de los problemas del tráfico, la utilización de las nuevas tecnologías aparece como método fundamental para conseguir una adecuada gestión. La gran variedad de elementos que intervienen en el funcionamiento del transporte por carretera, tanto de viajeros como de mercancías, tiene como aspecto común la referenciación geográfica sobre un territorio. Sin embargo la mayoría de las aplicaciones que gestionan sistemas ITS apenas tratan el aspecto espacial de los datos, y por supuesto su representación cartográfica es inexistente. Salvo algunos sistemas que utilizan entornos GIS, la capacidad de asociar los datos suministrados por un sensor, al entorno territorial en el que se sitúa, y comprender en profundidad la repercusión de esa información, queda en función de la experiencia y de los conocimientos geográficos del operario que gestiona esos datos.

La repercusión de los sistemas ITS como ejes vertebradores de toda la estrategia de seguridad vial, desde la detección automática de incidentes hasta la activación de planes de emergencia, pasando por las estrategias de intervención y la previsión en la asignación de medios de actuación, precisa de una buena base geográfica de apoyo a la gestión del tráfico.

El sistema SANTI presenta aquí una enorme potencialidad para conseguir una magnífica base territorial sobre la que superponer todos los elementos de control y gestión de las infraestructuras y del tráfico en cualquier entorno geográfico, desde zonas urbanas hasta territorios nacionales completos. Esto permitiría integrar toda la información disponible en otras aplicaciones, haciendo más eficaz la labor de los centros de gestión y control del tráfico.

BIBLIOGRAFÍA

TOMLIN, C. Dana. *Geografic Information System and Cartographic Modeling*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1990.

VARELA GARCIA, A. Los sistemas de información geográfica aplicados a la gestión de las infraestructuras territoriales. IV Congreso Internacional de Ordenación del Territorio. Zaragoza, 2003

LONGLEY, P. y BATTY, M. Ed. *Advanced Spatial Analysis: The CASA Book of GIS*. ESRI, 2003.

HERNÁNDEZ, L. TAIBO, J. y SEOANE, A.. 1999. Una aplicación para la navegación en tiempo real sobre grandes modelos topográficos. In *IX Congreso Español de Informática Gráfica, CEIG 1999*.

TANNER, C. C., MIGDAL, C. J., y JONES, M. T. 1998. The clipmap: a virtual mipmap. In *Proceedings of the 25th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, ACM Press, 151–158.

Libro Verde de los sistemas inteligentes de transporte terrestre. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. 2003

HERNÁNDEZ, L. TAIBO, J. SEOANE, A. LÓPEZ, R. JASPE, A. VARELA, A. Real-time visualization of geospatial features through the integration of GIS with a realistic 3D terrain dynamic visualization system. XXII International Cartographic Conference (ICC2005). The International Cartographic Association (ICA-ACI). A Coruña, 2005.