

Servicio web 3D parametrizable mediante un lenguaje de definición de escenas virtuales

Monteiro Cabada, Francisco Gabriel¹

Varela Pet, José²

Viqueira Ríos, José Ramón³

Arias Rodríguez, Juan Enrique⁴

Xunta de Galicia, franmc@usc.es¹

Universidad de Santiago de Compostela, eljp@usc.es², joserios@usc.es³, eljarias@usc.es⁴

Resumen: Los últimos desarrollos en SIG muestran una clara tendencia evolutiva en base a dos requerimientos básicos: el acceso web a la información geoespacial y la adopción de estándares que faciliten la interoperabilidad entre los diferentes sistemas de almacenamiento, servicios y aplicaciones SIG existentes y futuras. Prueba de ello es la aparición de iniciativas como el Open Geospatial Consortium (OGC). Por otro lado, se aprecia una necesidad cada vez mayor de visualizar escenas 3D a partir de información geoespacial, en especial en áreas como la planificación urbanística y territorial, navegación y telecomunicaciones, gestión de desastres naturales, turismo y aplicaciones militares. En este trabajo presentamos un nuevo servicio de visualización 3D de datos espaciales diseñado en base a las siguientes premisas: desplegarse en un entorno web e implementar interfaces estándares que faciliten la interoperabilidad en un entorno de servicios distribuido.

1. INTRODUCCIÓN

Con objeto de facilitar el acceso a la información geoespacial disponible, las administraciones públicas están impulsando la creación de Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE). Desde la Comisión Europea se ha promovido una iniciativa, INSPIRE (INfraestructure for SPatial InfoRmation in Europe), en un intento de establecer mecanismos adecuados para el acceso, creación y mantenimiento de la información espacial (INSPIRE proposal, 2004). Estas nuevas infraestructuras son posibles gracias a los continuos avances en el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Siendo uno de los objetivos primordiales el facilitar el acceso público a los datos espaciales, es evidente que las tecnologías web se muestran como un elemento de especial relevancia. Por otro lado, el diseño de la arquitectura software de estas nuevas infraestructuras se basa en la distribución de las funcionalidades sobre diferentes servicios interoperables (INSPIRE architecture, 2002).

La creación y visualización de representaciones tridimensionales de la información geográfica se está revelando como una potente herramienta en diversos ámbitos de actuación. Diversos trabajos están identificando múltiples campos de aplicación, actuales o futuros, de sistemas SIG 3D interoperables (Altmaier y Kolbe, 2003; Held *et al.*, 2004). Tal es el caso de la planificación urbanística y territorial, gestión de desastres naturales, turismo, sistemas de navegación y aplicaciones militares. Asimismo, nuevas directivas europeas en el ámbito de la gestión medioambiental están abriendo las puertas a la introducción de esta tecnología. La directiva 2002/49/CE sobre evaluación y gestión del ruido ambiental obligará a las administraciones a la publicación de mapas de ruidos. Estos mapas se elaboran a partir de la simulación de la propagación del sonido procedente de diversas fuentes de ruido en un espacio tridimensional. Para la construcción de estos escenarios tridimensionales será necesario acceder a diferentes fuentes de datos espaciales 3D, o datos bidimensionales susceptibles de ser presentados en un espacio 3D. En este último caso será preciso definir las operaciones o mecanismos necesarios para establecer dicha conversión. Por otro lado, desde el punto de vista de la estandarización de formatos y servicios, existen en el mercado diversas aplicaciones y sistemas SIG 3D (Nebiker, 2003) que, aunque permiten alcanzar cierto nivel de compatibilidad a través de formatos estándar para la representación de escenarios tridimensionales, no existe una formalización estándar de funcionalidades e interfaces que faciliten la interoperabilidad.

En este artículo presentamos el desarrollo de un nuevo servicio web de visualización de escenas 3D generadas a partir de datos espaciales, el Web 3D Scene Service (W3DSS). Está diseñado para integrarse en un entorno distribuido de componentes web de datos y visualización, acorde a las recomendaciones del OGC, donde diferentes servicios tales como WMS, WFS y WCS actuarían como fuentes de datos. Aunque se basa en la especificación de interfaz y arquitectura propuesta en el W3DS del OGC, presenta como novedad la adopción de un nuevo lenguaje de definición de estilos, el SLD3D, similar al SLD del WMS, que facilita al cliente del servicio un control total del proceso de generación y visualización de la escena.

2. INTEROPERABILIDAD

La interoperatividad entre servicios, basada en la adopción de estándares para la representación de datos espaciales y para la especificación de interfaces de comunicación, proporciona numerosas ventajas en el ámbito de su aplicación a los entornos SIG. A diferencia de las soluciones software tradicionales, por lo general monolíticas y propietarias, las nuevas arquitecturas para la construcción de IDEs establecen un modelo distribuido basado en servicios interoperables. Estos servicios, organizados en diferentes niveles de responsabilidad, actuarán de forma encadenada para proporcionar los resultados deseados en cada momento. Por ejemplo, un mapa de riesgo potencial de incendios mostrado por un servicio genérico de visualización podría haber sido generado por un servicio de análisis que implementaría la lógica necesaria para el cálculo de los índices de riesgo y que, a su vez, obtendría los datos de campo a partir de diferentes servicios de gestión y almacenamiento de datos espaciales. Esta distribución de responsabilidades, unida al empleo de estándares comunes, facilita la integración de diferentes componentes software, tanto libres como propietarios, en un mismo entorno de producción. Además de esta independencia del fabricante, se aprecian otros beneficios sustanciales. El hecho de emplear servicios de datos estándar permite a los servicios de visualización acceder a toda una amplia gama de datos espaciales, con independencia de su ubicación física y de la entidad encargada de gestionarlos. Esto permite el acceso homogéneo de las aplicaciones SIG a diferentes conjuntos de datos georeferenciados. Asimismo, independiza la presentación de los datos de las tareas de captura, análisis, almacenamiento y mantenimiento de los datos espaciales.

El Open Geospatial Consortium (OGC)

Las agencias gubernamentales estadounidenses encargadas de la gestión de los recursos naturales y la defensa, pioneras en el empleo de las herramientas SIG, promovieron el desarrollo de diversas iniciativas de software libre. Entre ellas destacan dos proyectos: MOSS (Map Overlay and Statistical System), un SIG vectorial, y GRASS (Geographic Resources Analysis Support System), un SIG raster que se convirtió en uno de los primeros proyectos a escala mundial de software libre. A medida que estas y otras aplicaciones SIG se fueron introduciendo en diferentes entornos productivos, se fue haciendo patente la necesidad de que los diferentes sistemas empleados mostraran cierto nivel de compatibilidad y capacidad de interoperabilidad con objeto de hacer un uso más eficiente de la información geoespacial existente. Así, del seno de la comunidad de usuarios, desarrolladores y empresas de soporte que surgieron en torno a GRASS, con la participación de los desarrolladores de MOSS, nació el OpenGIS Project, que precedió al lanzamiento formal del Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC) en 1994. El OpenGIS Project definió una visión de diversos sistemas de geoprocésamiento comunicándose directamente sobre la red gracias a un conjunto de interfaces abiertos basados en la Open Geodata Interoperability Specification (OGIS). Actualmente, el OGC es una organización internacional que agrupa a cerca de 300 empresas, agencias gubernamentales y universidades en un intento de proporcionar una serie de interfaces estandarizadas y especificaciones de codificación que faciliten el acceso y la compartición de la información geoespacial.

Servicios web OGC

El OGC ha especificado varios servicios web (OWS) para el trabajo con datos espaciales. Estos servicios presentan interfaces bien definidas que, junto con el empleo de formatos de datos estandarizados, facilitan la interoperabilidad en entornos web distribuidos. Están agrupados en varias categorías: servicios de datos, de visualización, de transformación y de registro, lo cual permite, entre otras cosas, dimensionar de forma adecuada el entorno operativo en función de las necesidades, y distribuir responsabilidades y funciones entre los departamentos y organizaciones que integran una IDE.

Entre los diferentes servicios web definidos por el OGC, son de especial interés para el desarrollo del presente trabajo los siguientes:

- El Web Map Service (WMS) (OGC-WMS, 2004) es un servicio de visualización que filtra y procesa datos espaciales de diferentes fuentes integrándolos en una imagen 2D estática. La especificación de la interfaz del WMS define tres operaciones: GetCapabilities, GetMap y GetFeatureInfo. De entre ellas, GetMap permite combinar diferentes capas de datos sobre las que se aplican estilos de presentación y generar una imagen bidimensional en algún formato gráfico estándar (figura 1a). Con objeto de mantener un completo control de la representación visual que el WMS genera a partir de los datos espaciales, el OGC definió un lenguaje XML, el Styled Layer Descriptor (SLD) (OGC-SLD, 2002), que permite al usuario del servicio establecer las fuentes de datos, estilos de visualización, formatos y, en definitiva, cualquier aspecto relativo a cómo el WMS obtiene e integra los datos para construir un mapa.
- El Web Feature Service (WFS) (OGC-WFS, 2005) es un servicio de datos que permite el acceso a objetos o entidades geoespaciales discretas. La especificación de interfaz del WFS define un método, el GetFeature, a través del cual se establecen las condiciones de selección o filtros de las entidades de datos. La respuesta obtenida no es una imagen como en el caso del WMS, sino un documento que describe los objetos espaciales mediante el Geographic Markup Language (GML) (OGC-GML, 2004). Este lenguaje XML, una contribución

más del OGC, facilita el intercambio de datos espaciales entre sistemas. Si bien en su especificación preliminar recogía los tipos geométricos básicos (puntos, líneas, polígonos) para la representación de datos vectoriales, la versión 3.0 actual permite la descripción tanto de entidades 2D como 3D, topologías, y otros elementos interesantes desde el punto de vista de la visualización 3D como pueden ser las Triangulated Irregular Networks (TINs) y datos raster 2,5D.

- El Web Coverage Service (WCS) (OGC-WCS, 2003) es un servicio de datos especializado en datos raster, que proporciona acceso a conjuntos de información geoespacial susceptibles de ser integrados en todo tipo de clientes, desde sistemas de simulación de modelos científicos hasta sistemas de generación de mapas. La especificación de interfaz del WCS define una operación, GetCoverage, a través de la cual se accede a las coberturas que gestiona, permitiendo establecer entre otros parámetros, la fuente de datos, el área de interés, el formato de salida y la resolución de las muestras de la cobertura generada.

Una característica de las interfaces de los servicios propuestos por el OGC es la incorporación de la operación GetCapabilities, de especial importancia en el contexto de la interoperabilidad, pues a través de ella se accede a las capacidades particulares de cada servicio: fuentes datos accesibles, áreas geográficas cubiertas, formatos de datos y sistemas de referencia espaciales soportados, etc.

Servicios web de visualización 3D

Respecto a la generación y/o visualización de escenarios tridimensionales, los trabajos del OGC se encuentran en un estado incipiente. Existen actualmente dos propuestas de especificación, en una fase preliminar, de sendos servicios de visualización de escenas 3D. La primera de ellas se denominó Web Terrain Server (WTS) (OGC-WTS). Este servicio se plantea como una extensión del WMS con la capacidad añadida de mostrar una vista estática del mapa desde cualquier posición arbitraria en un espacio tridimensional (figura 1b). La operación GetView del WTS incluye los parámetros necesarios para la definición de la localización y orientación de la cámara. A diferencia del WMS, donde obtenemos una vista perpendicular sobre el mapa, el WTS nos permite establecer cualquier perspectiva de visualización de la escena.

Con objeto generar un verdadero escenario 3D virtual que posibilite la navegación sobre el mismo, se planteó una nueva propuesta de especificación, el Web 3D Service (W3DS) (OGC-W3DS, 2005). Si bien el W3DS en su estado actual muestra una arquitectura y una interfaz, heredada del WTS, suficientemente elaborada y en consonancia con las recomendaciones del OGC, presenta grandes limitaciones en la especificación de los orígenes de datos a partir de los cuales se construye la escena virtual, pues sólo permite la selección de capas predefinidas que agrupan diferentes elementos 3D. El usuario no puede establecer orígenes de datos arbitrarios ni definir estilos de visualización particulares más allá de lo preconfigurado en el propio servicio.

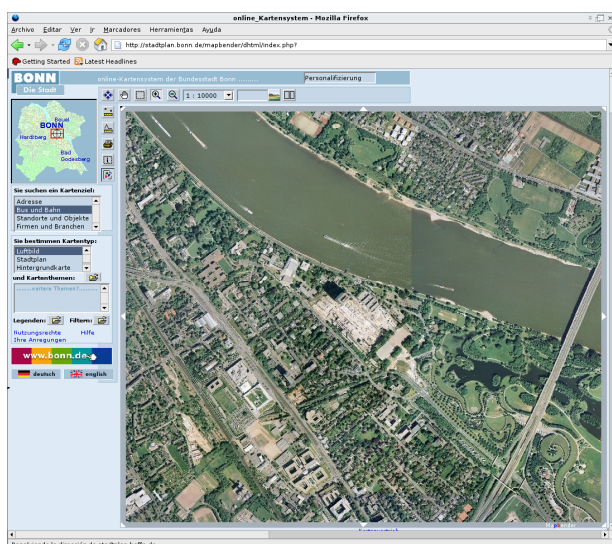


Figura 1a: Vista de la ciudad de Bonn (WMS)

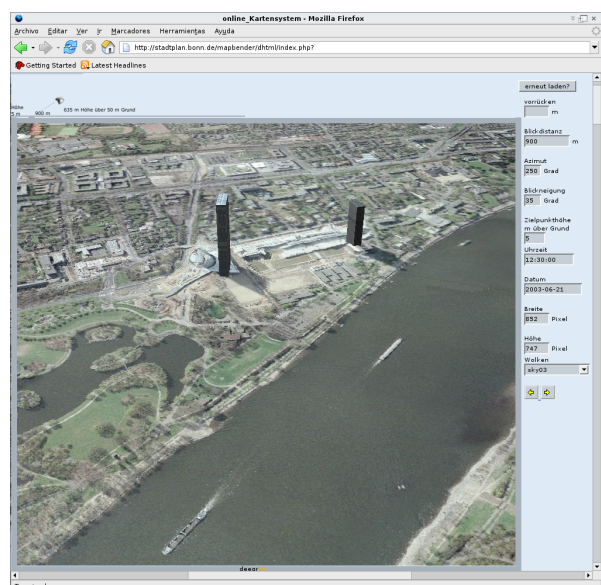


Figura 1b: Vista 3D en perspectiva de Bonn (WTS)

3. ARQUITECTURA DE UN SERVICIO WEB-GIS 3D

El OGC ha definido un modelo que define el proceso de generación de un mapa desde las fuentes de datos hasta su visualización (OGC, 2003). Este modelo describe la visualización como un proceso multinivel de cuatro etapas (figura 2). El proceso se inicia con la selección de los datos espaciales almacenados en algún repositorio. En la siguiente etapa se aplicarán estilos de visualización sobre los datos espaciales obtenidos con objeto de generar determinadas entidades gráficas. Posteriormente se realiza el *renderizado* o generación de una imagen a partir de los elementos gráficos previos y, por último, se presentará dicha imagen en algún tipo de sistema de visualización.

Desde el punto de vista de la implementación, la definición de estas cuatro fases, permite establecer diferentes balances de responsabilidades en una arquitectura cliente-servidor. Estando asociada la selección de los datos al servidor, y la visualización al cliente, distinguiremos tres modelos de aplicación en base al reparto del resto de funcionalidades (Figura 3). En el contexto del diseño de un servicio web de visualización 3D de información geográfica, cada una de las propuestas de arquitectura anteriores presenta sus ventajas e inconvenientes. El cliente ligero sólo tiene que implementar la lógica necesaria para la visualización de imágenes obtenidas desde Internet. Esta funcionalidad la recoge cualquier navegador web actual sin necesidad de la instalación de ningún plug-in o software complementario. Como contrapartida, debido a que las imágenes son estáticas, no es un modelo adecuado para facilitar la navegación e interacción en un escenario 3D. Es el esquema seguido por servicios tales como el WMS y el WTS, donde todo el proceso de generación de las imágenes recae del lado del servidor.

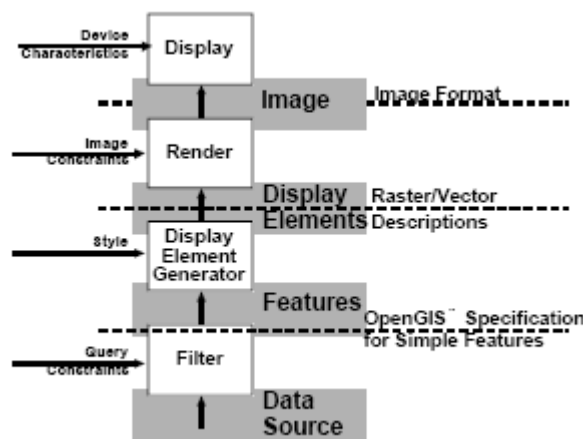


Figura 2: Modelo de visualización (OGC, 2003)

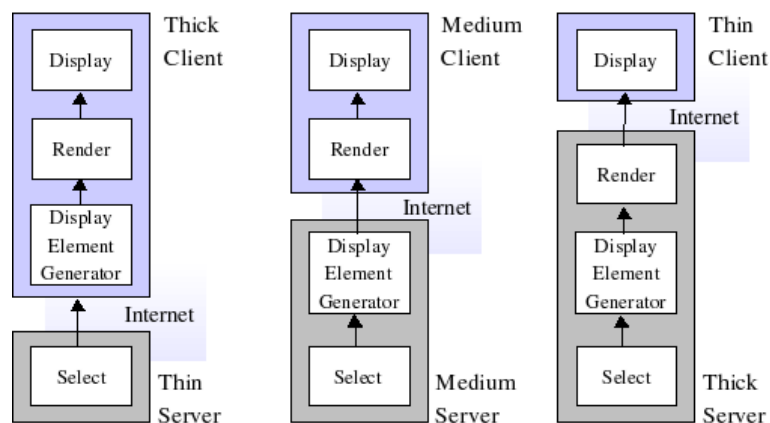


Figura 3: Balanceo de funcionalidades cliente-servidor (OGC-W3DS)

En el otro extremo, los clientes pesados implementan toda la lógica necesaria para la generación de los elementos gráficos y su renderizado posterior, encargándose únicamente el servidor de proporcionar los datos espaciales necesarios (WFS, WCS). Este es el esquema tradicional de los SIG 3D (ej. Nebiker, 2003), pues permite un control más fino del proceso de construcción de la escena, facilitando al cliente la aplicación de complejos algoritmos para la gestión eficiente de los elementos gráficos y la interacción con el usuario. Como contrapartida, en un entorno web,

obliga al usuario a la descarga e instalación en los navegadores de plug-ins no estandarizados que implementen dichos esquemas. Un tercer modelo es el de los clientes medios. En él, el servidor genera los elementos gráficos que serán enviados al cliente para su renderizado. Sigue siendo necesario un plug-in pero, a diferencia del cliente pesado, la utilización de formatos estándar para la publicación web de escenas 3D permite la utilización de plug-ins estándar existentes. Este es el modelo adoptado por Web 3D Service del OGC. Actualmente se dispone de diversas alternativas estandarizadas para la publicación de contenidos 3D en la web: el Virtual Reality Modeling Language (VRML) (VRML97, 1997), el GeoVRML (GeoVRML, 2002), que incorpora determinadas extensiones para la representación de datos espaciales y el Extensible 3D (X3D) (X3D, 2004), que es una revisión del estándar VRML97 con objeto de incorporar los últimos avances en cuanto a arquitecturas modulares y capacidades del hardware gráfico. La adopción de un modelo de cliente concreto dependerá de cada escenario de aplicación particular. El balance entre requerimientos tales como: interoperabilidad con otros servicios existentes o futuros, requisitos de navegación e interacción del usuario, despliegue en entornos web públicos o entornos acotados, navegación en tiempo real sobre extensos conjuntos de datos, etc... van a determinar la solución más adecuada a cada caso concreto.

4. WEB 3D SCENE SERVICE

El Web 3D Scene Service está concebido como un servicio web capaz de interoperar con otros servicios en un entorno distribuido para acceder a diversa información geográfica y generar a partir de ella un escenario tridimensional navegable (figura 4). El alto grado de interacción con el usuario requerido descarta una arquitectura basada en clientes ligeros. Por otro lado, el modelo de cliente medio basado en la adopción de estándares extendidos para la definición de escenas tridimensionales facilita el acceso web de los usuarios al tiempo que los plug-ins existentes proporcionan adecuados niveles de interacción. Asimismo, el empleo de formatos de salida estándar, posibilitaría la integración de las escenas generadas por distintos servicios remotos en un mismo escenario.

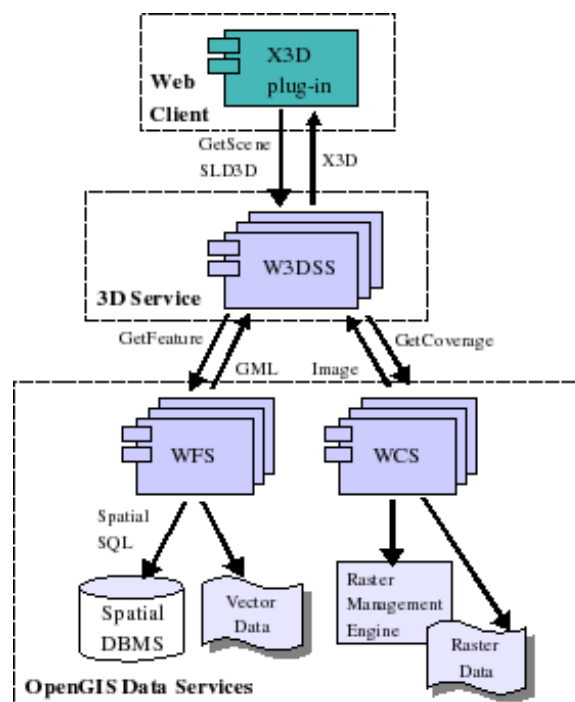


Figura 4: Integración del W3DSS en un entorno distribuido

Fuentes de datos espaciales

Para la construcción de las escenas 3D, el W3DSS, deberá acceder a diferentes fuentes de datos espaciales, tanto raster (modelos digitales del terreno, fotos aéreas y de satélite,...) como vectoriales (mapas vectoriales de carreteras, ríos, localizaciones puntuales de especial interés,...). El escenario contemplado se basa en la interacción con servicios de datos OGC a través de los cuales se publicaría la información geográfica. A partir de estos datos se construirán una serie de elementos gráficos tridimensionales que se integrarán en una única escena con independencia de su origen raster o vectorial. Para hacer posible la construcción de tales elementos gráficos, es preciso definir las opciones de representación 3D para los datos espaciales. Teniendo en cuenta que la mayor parte de la información geográfica disponible es 2D, se han establecido las siguientes opciones de visualización en base al tipo de dato:

- *Raster*. Las capas raster pueden transformarse en superficies 3D estableciendo como valor de elevación el valor asociado a cada uno de sus puntos.
- *Puntos*. Los puntos no se representan como tales. Simplemente definen localizaciones en el espacio tridimensional en las que se visualizará algún tipo de objeto 3D arbitrario definido por el usuario o la aplicación. En caso de ser puntos 2D, es preciso disponer de una fuente de datos adicional que permita establecer un valor de elevación (p.e., un modelo digital del terreno).
- *Líneas*. En el caso de las líneas existen dos opciones de representación. Una de ellas es aplicar un determinado trazo o patrón de repetición a lo largo de la línea. Una opción diferente consiste en indicar una superficie 2D que se extrudirá a lo largo de la línea. Como en el caso de los puntos, si la línea es 2D, la elevación se podrá obtener de una fuente de datos adicional.
- *Polígonos*. La representación 3D a partir de polígonos se consigue extruyendo el propio polígono a lo largo de un eje arbitrario.

Operaciones soportadas

La definición de la interfaz web del servicio se ajusta a la especificación actual del Web 3D Service del OGC. Esta especificación define dos operaciones: GetCapabilities y GetScene. En consonancia con el resto de servicios del OGC, la implementación de dicha interfaz debe soportar la invocación de tales operaciones en un entorno de computación distribuido basado en el estándar Hypertext Transfer Protocol (HTTP).

GetScene

A través de esta operación el cliente obtiene una escena 3D. El servidor generará dicha escena en base a los datos suministrados por el cliente a través de los parámetros correspondientes. De todos los parámetros disponibles (OGC-W3DS, 2005) los más reseñables son los siguientes:

- *BBOX (Bounding Box)*. Permite delimitar un área geográfica que se utilizará como filtro para la selección de los datos espaciales. Define un rectángulo bidimensional mediante la especificación de dos pares de coordenadas (xmin, ymin, xmax, ymax) pertenecientes a algún sistema de referencia particular.
- *MINHEIGHT, MAXHEIGHT*. Parámetros opcionales que, junto con BBOX, permiten definir un volumen de selección tridimensional al establecer los valores mínimo y máximo de la elevación.
- *SRS (Spatial Reference System)*. Establece el sistema de referencia espacial en base al cual se especificarán las coordenadas de los diferentes parámetros.
- *LAYERS, STYLES*. Al igual que en la especificación WMS, permite seleccionar los conjuntos de objetos 3D de entre los disponibles y los estilos de visualización que se les aplicarán.
- *POI (Point Of Interest), POC (Point Of Camera), Yaw, Pitch, Roll, Distance, AOV (Angle Of View)*. Esta serie de parámetros permite establecer la localización y orientación de la cámara a través de la cual se visualiza la escena (Figura 5).
- *FORMAT*. Permite seleccionar el formato de salida del servicio.

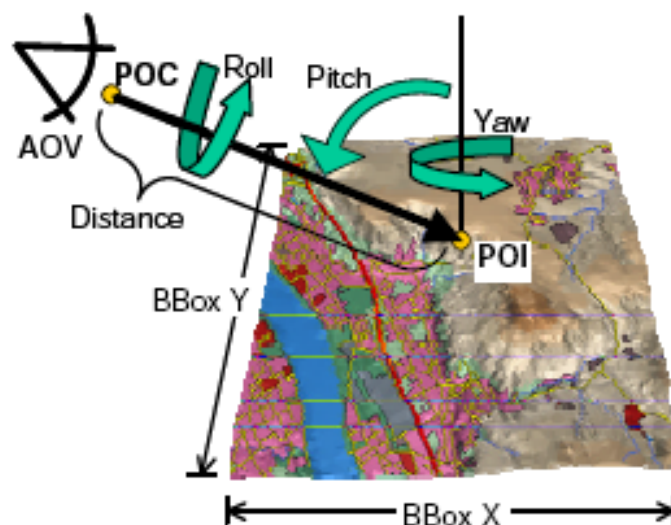


Figura 5: Parámetros de localización y orientación de la cámara (OWS-W3DS, 2005)

GetCapabilities

Obligatoria para todos los servicios web del OGC. Su propósito general es obtener metadatos o información operativa del servicio: descripción de los datos espaciales disponibles, operaciones soportadas, valores válidos de parámetros de ejecución, formatos de salida de la escena soportados,... A partir de esta información el cliente podrá construir peticiones válidas de otras operaciones del servicio.

5. SLD3D: UN LENGUAJE PARA LA DEFINICIÓN DE ESCENAS VIRTUALES

Una de las características más reseñables de la especificación WMS del OGC es la incorporación del Styled Layer Descriptor (SLD). En la especificación original del WMS, el proveedor del servicio podía definir opciones de estilo básicas para diferentes conjuntos de datos. El usuario del servicio podía seleccionar cualquiera de los estilos particulares predefinidos para cada uno de los conjuntos de datos publicados. Este modelo es el que sigue la propuesta de especificación actual de W3DS del OGC. La posterior introducción de este lenguaje proporcionó a los clientes del servicio un control mucho más fino de la representación gráfica de los datos. Ya no es el sólo el servicio el que “propone” qué datos están disponibles y cómo se representan, sino que el usuario pueden establecer los orígenes o fuentes datos, así como los estilos gráficos que se aplicarán sobre los mismos. Esta misma filosofía es la que aplicamos en nuestro servicio de visualización 3D para datos espaciales al definir el SLD3D. Este lenguaje permite describir en un documento XML todos y cada uno de los aspectos de la escena que debe generar el W3DSS. En dicho documento no sólo se especifican qué datos y de dónde los tiene que obtener el servicio, sino cómo deben ser representados en la escena. Es decir, una capa raster obtenida de un WCS podría representarse como una superficie tridimensional o bien ser aplicada como textura sobre alguna otra superficie. Aparte del control sobre los datos espaciales, SLD3D permite la especificación de otros parámetros de la escena como la definición de diversas cámaras con sus parámetros propios de posicionamiento y orientación, definición de materiales, inclusión de diferentes tipos y fuentes de iluminación, etc... Con objeto de poder acceder a estas funcionalidades, se ha incorporado en la especificación de la operación GetScene el parámetro SLD de la operación GetView del WMS. Este parámetro se utiliza para indicarle al servicio la URL del documento SLD3D a partir del cual se generará la escena.

Formato y estructura de los documentos SLD3D

SLD3D se basa en la especificación SLD de OGC. De hecho puede considerarse como una extensión del mismo. Se ha incorporado la definición de nuevos elementos necesarios para la construcción de escenas tridimensionales, pero manteniendo la estructura básica del esquema XML del SLD. Un documento SLD3D es básicamente una colección de elementos *UserLayer*. Este elemento nos permite establecer el origen de los datos espaciales, tanto raster como vectorial, así como los diferentes criterios de filtrado. Una vez seleccionados los datos espaciales a incorporar en la escena, a través del elemento *UserStyle* se establecerán las diferentes reglas de estilo que determinarán la representación final de la información geográfica. Para ello, SLD dispone de una serie de elementos denominados genéricamente *Symbolizers*. Así, nos encontramos con los elementos *PointSymbolizer*, *LineSymbolizer*, *PolygonSymbolizer*, *TextSymbolizer* y *RasterSymbolizer* que establecen la apariencia final sobre el mapa de los datos espaciales del tipo correspondiente. En el caso de la construcción de escenas tridimensionales, es necesario añadir nuevos *Symbolizers* que nos permitan definir cómo transformar los datos espaciales para obtener objetos 3D. Por ejemplo, el nuevo elemento *3DElevationGridSymbolizer* se emplea para la construcción de una superficie tridimensional a partir de una fuente raster. Los *Symbolizers* para visualización 3D permiten establecer los valores de los diferentes parámetros necesarios para obtener las transformaciones de datos referidas en el punto 4.

SLD3D dispone de elementos del lenguaje que facilitan el control de ciertos aspectos relativos a la visualización de la escena. El uso de *SceneCamera* permite la definición de la localización y orientación de las distintas cámaras a través de las que se navega por la escena. *AmbientLight*, *DirectionalLight*, *PointLight* y *SpotLight* permiten establecer las propiedades de diferentes fuentes de iluminación.

SLD3D se puede ir extendiendo en la medida en que se vayan añadiendo nuevas funcionalidades al servicio.

6. PROTOTIPO

Actualmente se encuentra en fase de desarrollo un prototipo para la evaluación del servicio. El prototipo está dividido en dos componentes principales, la implementación del servicio W3DSS y la implementación de un cliente web. El servicio W3DSS, en su estado actual, cubre la funcionalidad asociada a fuentes de datos raster. Procesa documentos SLD3D para la construcción de escenas a partir de datos publicados por servicios WCS y WMS, con la inclusión de elementos de iluminación y definición de cámaras móviles que posibiliten la navegación por el entorno virtual. Para la visualización de dichas escenas, debido a que actualmente el servicio las exporta en un formato binario no estándar, se ha implementado un plug-in para el navegador web Mozilla que implementa la lógica necesaria para el renderizado de la escena y la interacción con el usuario.

A continuación se muestra un ejemplo de documento SLD3D para la creación de una escena 3D que recrea las Islas Cíes, situadas en el Parque Natural de las Islas Atlánticas.

```
<!-- Archivo SLD3D: IslasCies.xml -->
<StyledLayerDescriptor>
  <!-- Fondo de la escena -->
  <SceneBackground>
    <BackgroundColor>0.3 0.3 0.6</BackgroundColor>
  </SceneBackground>
  <!-- Parámetros de iluminación -->
  <SceneLighting>
    <AmbientLight>
      <AmbientColor>0.5 0.5 0.5</AmbientColor>
    </AmbientLight>
    <PointLight>
      <DiffuseColor>1.0 1.0 0.0</DiffuseColor>
      <Location>0.0 1000.0 0.0</Location>
    </PointLight>
  </SceneLighting>
  <!-- Definición de cámaras -->
  <SceneCamera>
    <Location>508154 4671000 1000</Location>
    <Yaw>0.0</Yaw>
    <Pitch>30.0</Pitch>
  </SceneCamera>
  <SceneCamera>
    <Location>509434 4673560 300</Location>
    <Yaw>-90.0</Yaw>
    <Pitch>10.0</Pitch>
  </SceneCamera>
  <!-- Capa definida por el usuario -->
  <UserLayer>
    <!-- Especificación del servicio -->
    <RemoteOWS>
      <Service>WCS</Service>
      <OnlineResource href="http://gispc12.labsis.usc.es/cgi-bin/mapserv?map=wcs2.map"/>
    </RemoteOWS>
    <!-- Selección de cobertura -->
    <LayerFeatureConstraints>
      <FeatureTypeName>mdt_5_cies</FeatureTypeName>
    </LayerFeatureConstraints>
    <!-- Definición del estilo de visualización -->
    <UserStyle>
      <FeatureTypeStyle>
        <Rule>
          <!-- Representación como una malla tridimensional -->
          <S3DElevationGridSymbolizer>
            <SourceChannel>1</SourceChannel>
            <ElevationOffset>0.0</ElevationOffset>
            <ScaleFactor>1.0 1.0 1.0</ScaleFactor>
            <Resolution>20.0 20.0</Resolution>
            <!-- Definición del material -->
            <Material>
              <!-- Color -->
              <MaterialColor>1.0 1.0 1.0</MaterialColor>
              <!-- Imagen aplicada sobre la superficie -->
              <ImageTexture>
                <OnlineResource href="http://mapas.topografia.upm.es/cgi-bin/mapserv.exe?map=e:\map
s\cnauticas\cnauticas web.map&request=GetMap&layers=nivel5&version=1.1.1&format=image/jpeg&EPSG:432
6&bbox=-8.9221602,42.1818398,-8.88478548,42.25658924&width=1024&height=2048"/>
                <SamplingFactor>1.0 1.0 0.0</SamplingFactor>
                <Format>image/tiff</Format>
              </ImageTexture>
            </Material>
          </S3DElevationGridSymbolizer>
        </Rule>
      </FeatureTypeStyle>
    </UserStyle>
  </UserLayer>
</StyledLayerDescriptor>
```


En dicho documento se distinguen varias partes. En la primera, se establecen los parámetros de iluminación (foco de luz omnidireccional) y la ubicación y orientación de las diferentes cámaras. A continuación, aparecen los elementos *UserLayer* que establecen los orígenes de los datos a partir de los cuales se construirán las geometrías en base a los estilos de visualización correspondientes. En este caso, se obtendrá un mapa de elevaciones desde un servicio WCS (figura 6a). A partir de este conjunto de datos, se solicita la construcción de una malla 3D, con una resolución de 20m en los ejes *X* e *Y*, utilizando como dato de elevación el primer canal de la imagen obtenida del WCS. A esta superficie se le aplica un material que determinará su apariencia final. Se establece un color y se define una textura. Como textura se utiliza una mapa de cartas náuticas (figura 6b) que el servicio obtendrá de un WMS a través de la URL especificada. La construcción de la geometría 3D es independiente de la textura aplicada. Con la simple modificación del elemento *ImageTexture* del documento SLD3D, se podría sustituir dicha textura por una foto satélite obtenida desde un WCS (figura 6c).



Figura 6a: capa elevaciones (WCS)

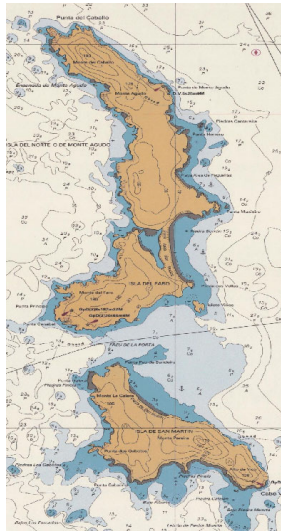


Figura 6b: carta náutica (WMS)



Figura 6c: fotografía satélite (WCS)

Las siguientes instantáneas (Figura 7) muestran la visualización de la escena desde el cliente web. En 7b y 7c se ha modificado el documento SLD3D para aplicar como textura una foto satélite obtenida de un servicio WCS. En la petición HTTP realizada por el cliente se indican la operación solicitada (GetScene) así como los valores de los parámetros requeridos: versión del servicio (VERSION), área solicitada (BBOX), sistema de referencia espacial utilizado (SRS) y URL del documento SLD3D (SLD). Una vez descargada la escena, el usuario puede navegar por la misma con cualquiera de las cámaras definidas.

<http://tierra.labsis.usc/cgi-bin/azor?version=0.1.0&request=GetScene&bbox=506415.41,4669964.16,509490.67,4678267.31&srs=EPSG:23029&SLD=http://gispc12.labsis.usc.es/sld/IslasCies.xml>

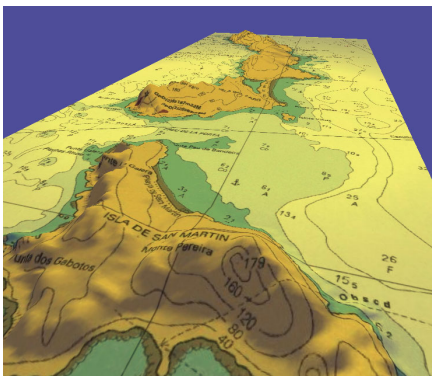


Figura 7a: visualización de escena W3DSS

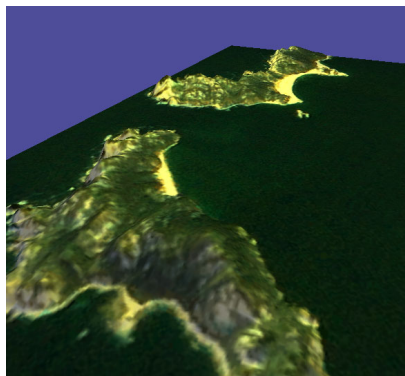


Figura 7b: texturado con foto aérea

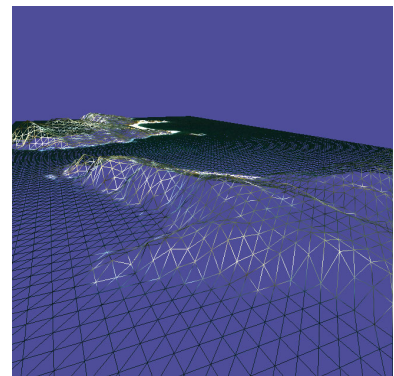


Figura 7c: detalle de la superficie grid 3D

7. TRABAJO FUTURO

El prototipo, en su estado actual, nos ha permitido hacer una primera aproximación a lo que debe ser el servicio final en términos de interoperabilidad, visualización e interacción con el usuario. Los objetivos a corto plazo pasan por incorporar la representación de fuentes de datos vectoriales y la adecuación de la salida del servicio a algún formato estándar para escenas 3D (VRML, X3D). La finalización de un prototipo que abarque toda la funcionalidad prevista permitirá una evaluación más detallada.

Por otro lado, están definidas las líneas maestras que guiarán el trabajo futuro a medio o largo plazo sobre la base del presente proyecto. Algunos de estos objetivos son: el desarrollo de un servicio orientado a conexión y la incorporación de técnicas de almacenamiento que posibiliten la navegación ininterrumpida sobre áreas extensas, la introducción de caminos predefinidos para la animación tanto de cámaras como de otros elementos de la escena, establecer mecanismos de interoperabilidad con sensores web y, finalmente, la representación de diferentes condiciones meteorológicas que, junto con la incorporación de la coordenada temporal, permitirá construir entornos tridimensionales que reconstruyan o simulen las condiciones pasadas o futuras de cualquier zona geográfica. Por último, el servicio debe ser evaluado en algún entorno operativo real. Está prevista su integración como servicio de visualización en un sistema de gestión de riesgos medioambientales aplicado a incendios forestales.

8. REFERENCIAS

1. INSPIRE proposal (2004): Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council establishing an infrastructure for spatial information in the Community. Ref COM(2004)0516-2004/0175(COD). Commission of the European Communities.
2. INSPIRE architecture (2002): INSPIRE Architecture and Standards Position Paper. Architecture And Standards Working Group. Commission of the European Communities.
3. Altmaier A., Kolbe T., 2003: Applications and Solutions for Interoperable 3d Geo-Visualization. Proceedings of the Photogrammetric Week 2003. Stuttgart, Germany.
4. Held G., Abdul-Rahman A., Zlatanova S., 2004: Web 3D GIS for Urban Environments. Proceedings of the International Symposium and Exhibition on Geoinformation 2004. Kuala Lumpur, Malaysia.
5. Nebiker S., 2003. Support for visualisation and animation in a scalable 3D GIS environment: motivation, concepts and implementation. ISPRS Workshop on Visualisation and Animation of Reality-based 3D Models. Engadin, Switzerland.
6. OGC-WMS, 2004. OpenGIS Web Map Service (WMS) Implementation Specification. Open Geospatial Consortium. OGC 04-024. Version 1.3.
7. OGC-SLD, 2002. OpenGIS Styled Layer Descriptor (SLD) Implementation Specification. Open Geospatial Consortium. OGC 02-070. Version 1.0.
8. OGC-WFS, 2005. OpenGIS Web Feature Service (WFS) Implementation Specification. Open Geospatial Consortium. OGC 04-094. Version 1.1.
10. OGC-GML, 2004. OpenGIS Geographic Markup Language (GML) Encoding Specification. Open Geospatial Consortium. OGC 03-105r1. Version 3.1.1.
11. OGC-WCS, 2003. OpenGIS Web Coverage Service (WCS) Implementation Specification. Open Geospatial Consortium. OGC 03-065r6. Version 1.0.
12. OGC-WTS, 2001. Web Terrain Server. Open Geospatial Consortium. Discussion paper OGC 01-061. Version 0.3.2.
13. OGC-W3DS, 2005. Web 3D Service. Open Geospatial Consortium. Discussion paper OGC 05-019. Version 0.3.0.
14. OGC, 2003. OpenGIS Reference Model. Open Geospatial Consortium. OGC 03-040. Version 0.1.2.
15. VRML97, 1997. VRML97 Functional specification. International Standard ISO/IEC 14772-1.
16. GeoVRML, 2002. GeoVRML Specification. GeoVRML Working Group. Web3D Consortium. Version 1.1.
17. X3D, 2004. Extensible 3D (X3D). Part 1: Architecture and base components. ISO/IEC 19775-1:2004. Part 2: Scene Access Interface (SAI).