

Una síntesis conceptual de los servicios web para la gestión de información geográfica*¹

[Conceptual review about web services for geographic information management]

MARÍA ISABEL MARÍN MORALES², FABIO ALBERTO VARGAS AGUDELO³,
DARÍO ENRIQUE SOTO DURÁN⁴

RECIBO: 26.07.2012 - APROBACIÓN: 05.11.2012

Resumen

La gestión de la información geográfica se incorpora como una herramienta fundamental en diferentes procesos al interior de empresas, corporaciones regionales y otros. Los datos requeridos se clasifican como información geográfica por la componente espacial que las caracteriza y se presentan en dos modelos: vector y raster. Esta información se captura por medio de: radares, satélites, estaciones de medición, campañas de muestreo, entre otros y se comparte entre programas gracias a la interoperabilidad. La interoperabilidad en la gestión de información geográfica es un tópico que se aborda desde muchos frentes y por muchas organizaciones, principalmente el OGC, un consorcio en el entorno mundial para el consenso de estándares relacionados con la gestión de información geográfica. Uno de los principales mecanismos de interoperabilidad

-
- * Modelo para citación de este artículo de reflexión:
MARÍN MORALES, María Isabel; VARGAS AGUDELO, Fabio Alberto & SOTO DURÁN, Darío Enrique (2012). Una síntesis conceptual de los servicios web para la gestión de información geográfica. En: Ventana Informática. No. 27 (jul.-dic., 2012). Manizales (Colombia): Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales. p. 25-40. ISSN: 0123-9678
- 1 Artículo proveniente del proyecto *Diseño de una estructura de almacenamiento de series de datos en fuentes de datos espaciales, que permita su asociación a los tipos de datos vector y raster de los Sistemas de Información Geográfica (SIG)*, ejecutado en el periodo marzo de 2011 a junio de 2012, e inscrito en el grupo de investigación GIISTA, del Tecnológico de Antioquia.
 - 2 Ingeniera de Sistemas; Magíster en Ingeniería de Sistemas. Docente Ocasional, Tecnológico de Antioquia (Medellín, Antioquia, Colombia). Correo electrónico: mimarinm@gmail.com.
 - 3 Ingeniero de Sistemas; Especialista en Ingeniería de Software; Magíster en Ingeniería de Sistemas. Profesor Auxiliar, Tecnológico de Antioquia (Medellín, Antioquia, Colombia). Correo electrónico: fvargas@tdea.edu.co.
 - 4 Ingeniero de Sistemas; Magíster en Computación. Profesor Asistente, Tecnológico de Antioquia (Medellín, Antioquia, Colombia). Correo electrónico: dsoto@tdea.edu.co.

abordados por el OGC y otras organizaciones es la implementación de servicios web para compartir información de manera transparente entre SIG, Globos Virtuales, Geoportales, y otros. Comprendiendo la pertinencia de los servicios web y la importancia del conocimiento generalizado de los estándares existentes para la implementación e integración de los mismos, en este artículo se realiza una reflexión sobre los servicios web para la gestión de información geográfica y se presenta un resumen gráfico usando esquemas preconceptuales.

Palabras clave: Interoperabilidad, OGC, Servicios Web, Sistemas de Información Geográfica.

Abstract

The management of geographic information is incorporated as a fundamental tool in different processes within companies, regional corporations and others. The data required for these processes are classified as geographical information about the spatial component that characterizes them and come in two models: vector and raster. This information is captured by: radar, satellites, measuring stations, sampling campaigns, among others and shared between programs through interoperability. Interoperability in geographic information management is a topic that is addressed from many fronts and by many organizations, especially the OGC, a consortium worldwide for consensus standards related to geographic information management. One of the main mechanisms of interoperability addressed by the OGC and other organizations is the implementation of web services to share information seamlessly between GIS, Virtual Globes, Geo-portals, and others. Understanding the relevance of Web services and the importance of widespread awareness of the existing standards for the implementation and integration of them in this article reflects on Web services for managing geographic information using a summary graph using pre-conceptual schemas.

Keywords: Geographic Information Systems, Interoperability, OGC, Web Services.

Introducción

La gestión y análisis de la información geográfica hace parte del insumo principal para diferentes procesos al interior de empresas, corporaciones regionales y otros. Algunos de estos procesos son: predicción y atención de desastres naturales como deslizamientos e inundaciones, asignación de concesiones para captación y vertimientos de agua, reglamentación de cuencas, estudios hídricos para cada una de las construcciones que se realizan en la ciudad y el país, predicciones en la

bolsa de valores, planeación de ordenamientos territoriales, evaluación del impacto ambiental, entre muchos otros, de acuerdo con Zapata, González & Marín (2009, 13).

La información requerida para estos procesos, y que a su vez se clasifica como información geográfica por la componente espacial que las caracteriza, se presenta tradicionalmente en dos modelos: *vector* y *raster* complementada con series de datos. Las series de datos son tradicionalmente series de tiempo de variables de diversa índole (e.g. pluviométricas, de caudales, de radiación solar) y perfiles de medición en la columna de agua o aire (e.g. de temperatura, de conductividad).

La información geográfica se captura por medio de: radares, satélites, estaciones de medición, campañas de muestreo, entre otros. Esto hace que en las diferentes fases del proceso de gestión y análisis se presente la necesidad de integrar sistemas. La integración de programas no es una tarea fácil por el carácter heterogéneo de estos y de los formatos de almacenamiento, ingreso y salida de datos de cada software. Para que el intercambio de la información sea un proceso fluido es necesario que los programas que intervienen tengan la capacidad de interoperar, consideran González & Zapata (2009, 43).

La interoperabilidad entre sistemas que gestionan la información geográfica es un tópico que se aborda desde muchos frentes y por muchas organizaciones, principalmente el *Open Geospatial Consortium* (OGC), un consorcio mundial para el consenso de estándares relacionados con la gestión de información geográfica. OGC definió el *Web Feature Service* (WFS), el *Web Coverage Service* (WCS) y el *Web Map Service* (WMS) para compartir datos *vector*, *raster* e imágenes de mapas respectivamente (Min & Jung, 2010), y adicionalmente sugiere otros estándares de servicios web para procesos y consultas. Estos estándares son adoptados por Sistemas de Información Geográfica (SIG) (e.g. ArcGIS, MapWindow GIS), Globos virtuales (e.g. *Google Earth*, *NASA World Wind*), y portales que ofrecen servicios web (e.g. *Google maps*, *Yahoo maps*) permitiendo la interoperabilidad, de acuerdo con Zhong (2010).

La definición de estándares para la implementación de servicios web evidencia su utilidad en la posibilidad de lograr que los sistemas que gestionan la información geográfica interoperen y de esta manera puedan compartir datos y procesos. Por lo anterior, y comprendiendo la pertinencia de los servicios web y la importancia del conocimiento generalizado de los estándares existentes para la implementación e integración de los mismos, en este artículo se realiza una reflexión sobre los servicios web para la gestión de información geográfica y se presenta un resumen gráfico por medio de esquemas preconceptuales, según Zapata, Gelbuck & Arango (2006, 29).

Este artículo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1 se define el marco teórico que expone los conceptos de interoperabilidad, SIG y servicios web; en la sección 2 se presenta una revisión de los diferentes estándares en servicios web propuestos principalmente por el OGC; en la sección 3 se realiza una síntesis y reflexión de los estándares revisados mediante esquemas preconceptuales; y, finalmente, en la sección 4 se presentan las conclusiones y el trabajo futuro que se puede derivar de ésta reflexión.

1. Marco teórico

1.1 Interoperabilidad

Gianneccchini *et al.* (2006, 1), definen la interoperabilidad entre sistemas heterogéneos como la capacidad para ejecutar programas y transferir datos entre diferentes unidades funcionales, de tal forma que el usuario tenga poco o ningún conocimiento de las características únicas de dichas unidades. Esta capacidad, de acuerdo con González & Zapata (2009, 43), se logra usando mecanismos de interoperabilidad como estándares de marcado, lenguajes de consulta y servicios web, entre otros.

1.2 Sistemas de información geográfica

Los SIG, para Liao & Hu (2002, 373), son herramientas informáticas que proveen funciones para recuperar, procesar, manipular y visualizar información que incorpora una componente geográfica, utilizadas principalmente para estudios en los dominios de las ciencias de la tierra, la atmósfera y el océano.

Actualmente, los datos en los SIG se separan en dos tipos principales *raster* y *vector* según el carácter de la información que se esté representando. Los datos *raster* representan fenómenos del mundo real que varían continuamente en el espacio, como la precipitación, evapotranspiración y la elevación, entre otros. La información *vector* representa los fenómenos discretos cuya forma y localización exacta son las características más importantes en el proceso de análisis. Tanto a los datos *raster* como a los datos *vector*, consideran Gianneccchini *et al.* (2006, 4), se les pueden asociar registros alfanuméricos temáticos como atributos y/o metadatos.

1.3 Servicios web

Los servicios web son aplicaciones de software que utilizan protocolos y estándares para compartir datos y acceder a procesos en red. Se implementan basados en tecnologías como *XML Schema*, *Simple Object*

Access Protocol (SOAP), *Web Services Definition Language* (WSDL), y *Universal Description, Discover, and Integration* (UDDI), entre otros. Los servicios web SIG, adicionalmente, incorporan modelos de datos geográficos, señalan Shu, Zhang & Zhou (2006, 369).

WSDL permite describir y definir la interfaz del servicio; UDDI posibilita registrar, descubrir e integrar servicios y SOAP como capa de transporte, se usa para transmitir información entre los consumidores y los proveedores de servicios. De esta manera, un consumidor debe encontrar el servicio en el registro UDDI, obtener el documento de descripción WSDL, y luego llamar al servicio a través de SOAP.

Para la implementación de servicios web, Ji (2009, 66) identifica como necesario la captura del conocimiento de los ámbitos relacionados al dominio específico del servicio web para el desarrollo del mismo y con el fin de proporcionar un entendimiento común en el intercambio de datos y recursos.

Las definiciones básicas en el contexto de los servicios web son: a) un servicio es un conjunto de operaciones a las que se puede acceder a través de una interfaz; b) una interfaz es un conjunto de operaciones que describe el comportamiento de una entidad; c) una operación es la especificación de una transformación o consulta que se solicita a otro objeto; adicionalmente, cada operación tiene un nombre y una lista de parámetros.

En cuanto a las operaciones básicas que un servicio puede llevar a cabo se encuentran: a) publicar: el proveedor de un servicio transmite metadatos que describen las capacidades del servicio y la dirección de red; b) encontrar: los solicitantes de los servicios utilizan esta operación para localizar tipos o casos de servicios específicos. Generalmente reciben los metadatos transmitidos por el proveedor de servicios; c) vincular: se utiliza cuando un solicitante y un proveedor negocian un servicio. El solicitante utiliza metadatos del proveedor para vincularse con el servicio.

2. Revisión de estándares para servicios web geográficos

La interoperabilidad entre sistemas que gestionan información geográfica se posibilita en diferentes niveles, en especial, en el nivel funcional se comparten operaciones entre las diferentes piezas de software que interoperan. Este objetivo se logra principalmente con la definición e implementación de servicios web.

El OGC propone algunas especificaciones de servicios web SIG que se utilizan comúnmente en la industria. Percivall (2000, 2007) presenta una síntesis de los servicios web más relevantes: a) *Web Map Service* (WMS), que provee mapas por medio de las interfaces de operaciones *GetCapabilities*, *GetMap* y *GetFeatureInfo*; b) *Web Feature Service* (WFS) proporciona elementos vector en el formato GML (*Geography Markup Language*) usando las interfaces de operaciones *GetCapabilities*, *DescribeFeatureType*, y *GetFeature*; c) *Web Coverage Service* (WCS) posibilita servir datos raster mediante las operaciones *GetCapabilities*, *DescribeCoverage* y *GetCoverage* y d) *Catalogue Service for Web* (CSW) proporciona un puente entre el proveedor y los usuarios de los servicios de información espacial, de esta manera, permite a los clientes descubrir servicios OGC en la web.

La interoperabilidad entre SIG mediante servicios web se evidencia en la literatura desde la aplicación de éstos. Es el caso de Shujun, Liang & Chengpi (2008, 2977), Feng, Ling & Hin (2009, 5) y Zhang & Liu (2010, 140), quienes implementan SOA en el dominio SIG para casos de estudio particulares; Kim *et al.* (2001, 1922) y Lu (2005, 191), quienes utilizan OWS para incorporar los servicios OGC WMS, WFS, WCS y CSW, y Amini *et al.* (2010, V4-426), quienes integran SOA con los estándares OGC. Además, Ma, Li & Du (2008, 168) implementan SOA utilizando *Business Process Execution Language* (BPEL) para la orquestación de servicios y permite la definición personalizada de mapas.

Por lo anterior, el conocimiento generalizado de los estándares mencionados se hace cada vez más necesario con el fin de masificar las bondades de interoperabilidad que estos incorporan. En este orden de ideas vale la pena explorar los estándares OGC que son ampliamente utilizados y aplicados principalmente en el dominio de las ciencias de la tierra, la atmósfera y el océano.

La Figura 1 proporciona un esquema general de los servicios web OGC en contexto con otras especificaciones como las de codificación. En las siguientes secciones se presenta una breve descripción de los estándares más relevantes para la implementación de servicios web OGC.

2.1 Servicios de datos

2.1.1 Web Feature Service (WFS). El WFS define la interfaz de implementación y las operaciones para la consulta y edición de entidades geográficas (en inglés *features*), como por ejemplo carreteras o líneas de contorno de cuerpos de agua o divisiones políticas. Estas operaciones son: a) *GetCapabilities*: permite descubrir las colecciones de entidades disponibles en la web; b) *DescribeFeatureType*: permite describir los

campos de atributos disponibles en las entidades encontradas; c) *Get-Feature*: permite consultar o recuperar un subconjunto de entidades basada en un filtro proporcionado; y d) *Transaction*: permite añadir, editar o borrar entidades.

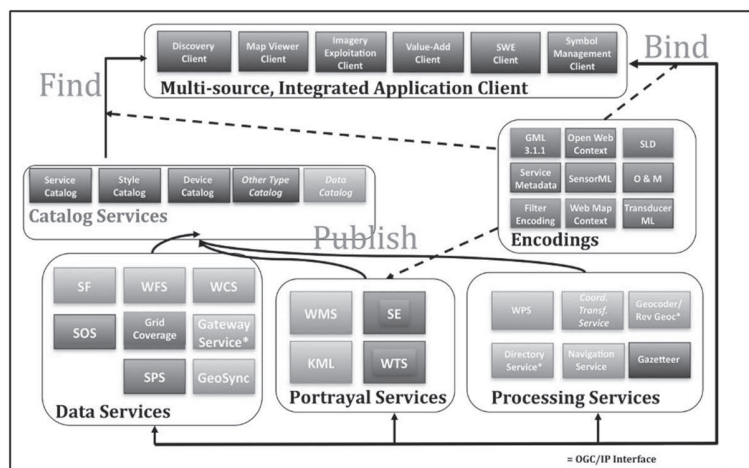


Figura 1. Framework de servicios web de estándares de Geoprocamiento OGC. (OSGeoLive, 2012).

Todos los WFS soportan entrada y salida de datos utilizando el lenguaje GML. Algunos WFS también soportan otras codificaciones, como por ejemplo GeoRSS o formatos *shape* (Wei, Santhana & Cook, 2009, 1). Normalmente los usuarios interactúan con WFS a través de clientes geoespaciales web o de escritorio, que permiten acceder a capas de mapas vectoriales sobre Internet.

2.1.2 Web Coverage Service (WCS). El WCS proporciona la interfaz de implementación y las operaciones que permiten el acceso interoperable a coberturas geoespaciales. El término *cobertura* se refiere a contenidos de imágenes de satélite, fotos aéreas, datos digitales de elevación, y cualquier otro fenómeno que se pueda representar en matrices. La respuesta a una petición WCS incluye metadatos de la cobertura y la cobertura en sí, cuyos píxeles se almacenan en un formato binario específico, como por ejemplo GeoTIFF o NetCDF, acorde con Wei, Santhana & Cook (2009).

Las operaciones que incorpora WCS son: a) *GetCapabilities*: proporciona información sobre las bondades del servicio; b) *DescribeCoverage*: ofrece información sobre la cobertura que va a ser consumida; y c) *GetCoverage*: permite obtener la cobertura deseada usando unos parámetros definidos para la solicitud.

2.1.3 Sensor Observation Service (SOS). El SOS define una interfaz de implementación y operaciones para el acceso a observaciones desde sensores y sistemas de sensores, incluyendo remoto, in-situ, fijos y sensores móviles. El SOS proporciona resultados de consultas en el formato estándar de observación y medida (en inglés *Observation and Measurements*, O&M) para modelar observaciones de sensores y la especificación SensorML (*Sensor Markup Language*) para modelar sensores y sistemas de sensores, según plantean Jen & Kuo (2009).

Las observaciones se definen por las siguientes propiedades: a) *eventTime*: cuándo se tomó la medida; b) *featureOfInterest*: sobre qué entidad geográfica se mide; c) *observedProperty*: qué variable se mide; y d) *procedure*: cómo se mide.

Las operaciones SOS requeridas son: a) *GetObservation*: da acceso a las observaciones y medidas obtenidas por el sensor, a través de una consulta espacio-temporal que se puede filtrar; b) *GetCapabilities*: devuelve los metadatos del servicio SOS; y c) *DescribeSensor*: da información sobre los sensores, sus procesos y plataformas en el lenguaje SensorML. Adicionalmente las operaciones SOS opcionales son: *GetResult*, *GetFeatureOfInterest*, *GetFeatureOfInterestTime*, *DescribeFeatureOfInterest*, *DescribeObservationType*, *DescribeResultModel*, *RegisterSensor*, y *InsertObservation*.

2.1.4 Sensor Planning Service (SPS). El SPS define la interfaz para realizar consultas que proveen información sobre las capacidades de un sensor y cómo opera éste. El estándar se diseña para soportar consultas que tienen el siguiente propósito: determinar la viabilidad de una solicitud de planificación del sensor; actualizar y reservar una petición; solicitar información sobre el estado de una petición; actualizar o cancelar una petición ya hecha; y solicitar información sobre otros OGC *web services* que proporcionan acceso a los datos resultantes de la petición realizada, de acuerdo con Jen & Kuo (2009).

2.1.5 Sensor Alert Service (SAS). El SAS es un servicio especializado en publicación y suscripción de alertas generadas a partir de observaciones. Este servicio se programa a partir de unos valores umbrales en las observaciones de un sistema de sensores. Las alertas se generan como consecuencia de que la observación de un sensor exceda o no alcance un umbral definido. Como alerta, según Jen & Kuo (2009), se envía además del evento, la fecha y la localización de esta.

2.2 Servicios de renderizado

2.2.1 Web Map Service (WMS). El estándar WMS proporciona una interfaz HTTP (*HyperText Transfer Protocol*) para la petición de imágenes de mapas registrados desde una o más bases de datos geoespaciales.

La respuesta a la petición es una o más imágenes de mapas (devueltas como JPEG, PNG, etc.) que se pueden visualizar en buscadores y aplicaciones de escritorio. El estándar WMS define tres operaciones: a) *GetCapabilities* (requerido): obtiene los parámetros de petición aceptados por el servicio y los metadatos del servicio, que constituyen una descripción interpretable automáticamente del contenido de los WMS; b) *GetMap* (requerido): obtiene una imagen de mapa con unos parámetros geoespaciales y de dimensión definidos; c) *GetFeatureInfo* (opcional): pregunta por información sobre una entidad *feature* en particular de las mostradas en el mapa.

Las operaciones WMS pueden ser invocadas desde un navegador estándar realizando peticiones mediante un URL (*Uniform Resource Locators*). El contenido del URL depende de la operación solicitada. Concretamente, al solicitar un mapa, el URL indica qué información debe ser mostrada en el mapa, qué porción de la tierra debe dibujar, el sistema de coordenadas de referencia, y el ancho y el alto de la imagen de salida. Cuando dos o más mapas se producen con los mismos parámetros geográficos y tamaño de salida, los resultados se pueden solapar para producir un mapa compuesto. El uso de formatos de imagen que soportan fondos transparentes (e.g. GIF o PNG) permite que los mapas subyacentes sean visibles.

El servicio WMS permite así la creación de una red de servidores distribuidos de mapas, a partir de los cuales los clientes pueden construir mapas a la medida. Las operaciones WMS también pueden ser invocadas usando clientes SIG, realizando igualmente peticiones en mediante un URL. Existe software libre, como las aplicaciones *GRASS*, *uDIG*, *gvSIG*, *Kosmo* y otros, que permiten este acceso avanzado a la información remota, según Wei, Santhana & Cook (2009), añadiendo la ventaja de poder cruzarla con información local y disponer de una variedad de herramientas SIG.

2.2.2 Web Terrain Service (WTS). El propósito del WTS es producir vistas en perspectiva de datos georeferenciados, normalmente coberturas 3D, trabaja con fuentes de datos WCS y WFS. Al igual que WMS las imágenes son devueltas en formatos GIF, PNG y JPEG. La especificación establece tres operaciones requeridas: a) *GetCapabilities*: obtiene los parámetros de petición aceptados por el servicio y los metadatos del servicio, que constituyen una descripción interpretable automáticamente del contenido de los WTS; b) *GetView*: permite obtener una escena en 3D cuyos parámetros dimensionales y geoespaciales son definidos indirectamente; c) *GetMap*: devuelve un mapa cuyos parámetros dimensionales y geoespaciales son definidos directamente.

La operación *GetView* del WTS incluye parámetros necesarios para definir la localización y orientación de la cámara. A diferencia del WMS, donde se obtiene una vista perpendicular sobre el mapa, el WTS permite establecer cualquier perspectiva de visualización de las escenas. En la Figura se presenta una comparación entre una imagen arrojada por WMS y otra por WTS.

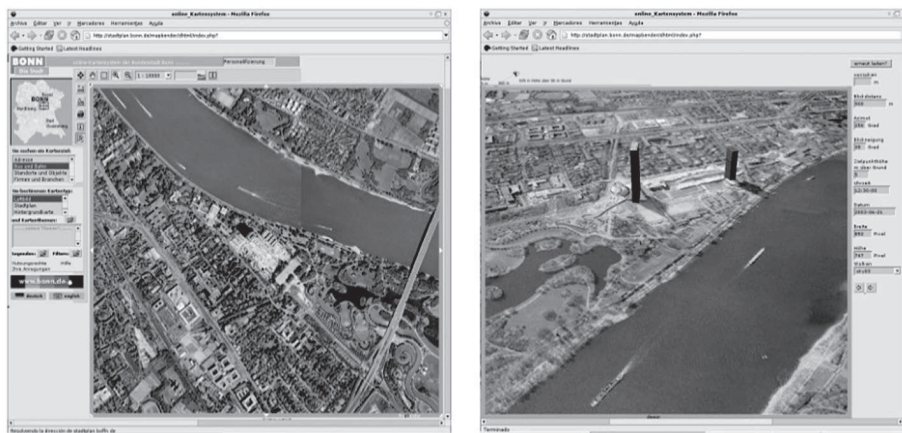


Figura 2. Vista de la ciudad de Bonn mediante WMS (izquierda) y WTS (derecha) respectivamene (Monteiro et al., 2005).

2.3 Servicios de procesamiento

2.3.1 Web Processing Service (WPS). El WPS se diseñó para estandarizar la forma de ofrecer cálculos SIG a través de Internet. Este estándar proporciona normas para describir un cálculo o proceso, así como la forma de realizar las peticiones al proceso y de responder dicha petición. Un WPS puede contener operaciones para tratar tanto datos vectoriales como matriciales, provenientes de la red o del propio servidor. Un WPS puede exponer cálculos tan simples como una resta entre dos conjuntos de números georeferenciados, sustrayendo uno de otro (e.g. determinar la diferencia de precipitación entre dos estaciones), o tan complicados como un modelo de cambio climático global.

Los servicios WPS son útiles para lo siguiente: a) proporcionar encadenamiento de procesos; b) proporcionar procesos que servidos una vez pueden ser utilizados en adelante desde cualquier sitio; c) simplificar el mantenimiento de los procesos, haciéndolo de una manera centralizada; d) aprovechar las ventajas del procesamiento de alta velocidad a través de servidores centralizados; y e) acceder fácil e interoperablemente a procesos de alta complejidad, como los modelos climáticos. De esta manera las operaciones obligatorias definidas por el WPS son *GetCapabilities*, *DescribeProcess* y *Execute*.

2.3.2 Coordinate Transformation Service (WCTS). La transformación de las geometrías entre sistemas de coordenadas de referencia (CRS – *Coordinate Reference System*) es importante cuando se integran datos de distintas fuentes. El uso integrado y la superposición visual de datos que se encuentran almacenados en distintos CRS, requiere la transformación de estos a uno común. Pese a lo anterior, es importante tener en cuenta que no siempre las transformaciones son posibles.

Las operaciones que se definen en este estándar OGC son cuatro, siendo dos obligatorias y dos opcionales: a) *GetCapabilities* (Obligatoria): permite solicitar las características del servicio; b) *Transform* (Obligatoria): permite que los clientes soliciten la transformación de coordenadas de un determinado conjunto de datos de un CRS a otro; c) *IsTransformable* (Opcional): permite que los clientes de WCTS comprueben si la transformación es posible entre los CRS; y d) *GetLegendGraphic* (Opcional): permite que los clientes obtengan la leyenda del mapa a partir de un sistema de coordenadas de referencia.

2.4 Servicio de descubrimiento de recursos

2.4.1 Catalog Services for the Web (CSW). El CSW especifica un patrón de diseño de interfaces para la publicación y búsqueda de colecciones de información descriptiva (metadatos) sobre servicios web geográficos. Proveedores de recursos, como por ejemplo los de contenidos, utilizan catálogos para registrar metadatos que se ajustan al modelo de información del proveedor; dichos modelos incluyen descripciones de referencias espaciales e información temática. De esta forma, las aplicaciones cliente pueden buscar datos y servicios geoespaciales de forma eficiente.

El enfoque adoptado en OGC para el descubrimiento de servicios de red es la creación de los metadatos y el uso de registros de servicios, catálogos o directorios para el proceso de descubrimiento. Los motores de búsqueda tales como *Google*, *MSN* o *Yahoo* se convirtieron en importantes fuentes nuevas para el descubrimiento de servicios web, considera Percivall (2000).

En la arquitectura de servicios recomendada por OGC el descubrimiento de instancias de servicios se basa en el patrón de diseño *publish-find-bind*. Primero el proveedor del servicio describe las características de cada servicio web en un documento XML estandarizado llamado documento de operaciones o descriptor del servicio. Luego, el proveedor del servicio publica esa descripción en los registros o permite el acceso a estos desde su portal a través de *hyperlinks*. Seguidamente, el consumidor del servicio debería consultar por la descripción de este en catálogos o encontrarlo usando un buscador. Cuando el usuario

encuentra el servicio que cumple con sus expectativas, él puede usar la descripción del servicio para enlazarlo a una aplicación deseada.

3. Síntesis conceptual

En este capítulo se sintetiza la información recopilada y se resumen los estándares con sus principales propiedades y/o operaciones mediante esquemas preconceptuales (Figura 3), los cuales consisten en representaciones intermedias entre las especificaciones textuales en lenguaje natural de cualquier dominio del conocimiento y los diferentes esquemas conceptuales que permiten el modelado de una aplicación de software. Estos esquemas, según Zapata *et al.* (2006), permiten representar las relaciones estructurales y dinámicas de un dominio.

En la Figura 4 se presentan los elementos de los esquemas preconceptuales que se utilizaron en la síntesis conceptual, cuyos significados son los siguientes: a) los Conceptos representan los sustantivos del dominio; b) las Instancias son conjuntos de valores que puede tomar un concepto y que sirven para aclararlo; c) las Relaciones Estructurales definen relaciones permanentes entre dos conceptos usando únicamente los verbos *ser* y *tener*; d) las Referencias son elementos que permiten ligar conexiones desde o hacia conceptos físicamente distantes en el Esquema Preconceptual; e) las conexiones son vínculos entre conceptos y relaciones (dinámicas o estructurales) y viceversa; y f) las conexiones de instancias permiten ligar un conjunto de instancias con el concepto del cual son valores.

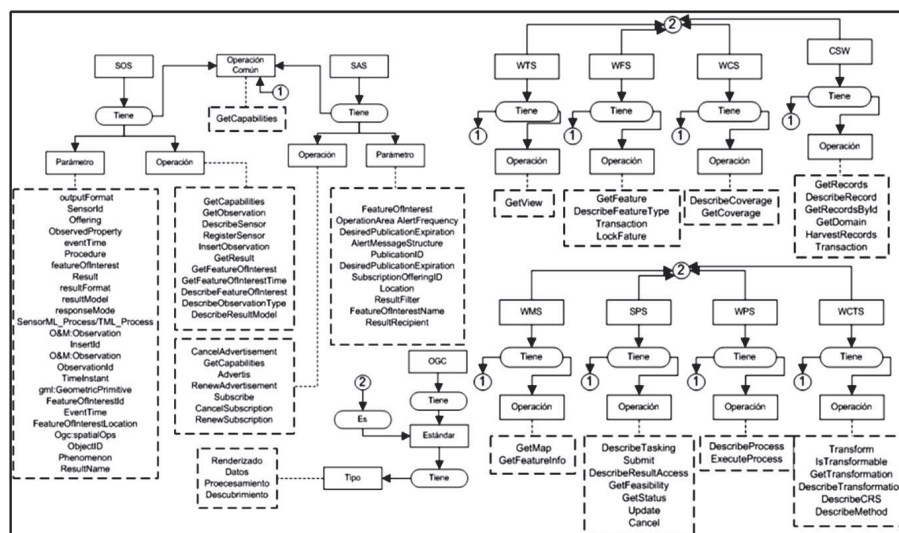


Figura 3. Preconceptual Estándares Servicios Web OGC

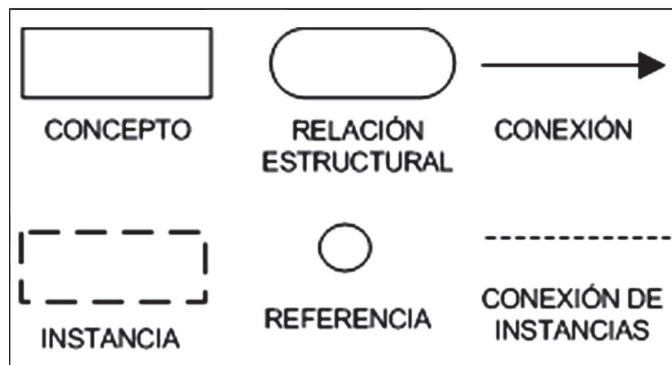


Figura 4. Algunos elementos de los esquemas preconceptuales.
(Zapata, Gelbuck & Arango, 2006, 23)

Las especificaciones de los servicios web revisados y cuya estandarización y consenso es liderado por el OGC, proporcionan una valiosa herramienta en la ardua labor de compartir la información de manera transparente entre proyectos y aplicaciones a través del tiempo y las necesidades. Los servicios de datos incorporan una infraestructura portable sobre la cual transportar la información según las características propias de cada fenómeno o forma de representación que se trabaje. Los servicios de renderizado permiten optimizar los procesos de consulta y visualización de los datos haciendo posible acomodarse a los recursos como el ancho de banda que se posea en el momento de la solicitud.

El acceso a servicios de geoprocесamiento distribuidos permite la reutilización, disminuyendo el costo de mantenimiento y haciendo más eficiente el trabajo de los expertos en el contexto de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE). La ventaja del procesamiento remoto para compartir rutinas y reutilizar métodos sin la necesidad de mantenimiento de aplicaciones de forma local, compite con la desventaja de su rendimiento. En general, cuando se trabaja con datos espaciales, éstos suelen ser datos complejos y de gran tamaño, pudiendo hacer inviable el procesamiento remoto de este tipo de datos entre proveedores y consumidores de servicios. Por lo tanto los servicios de datos y descubrimiento de información complementan a los servicios de geoprocесamiento ya que permiten la extracción de la información relevante que evita el tráfico de grandes volúmenes de datos.

4. Conclusiones

La interoperabilidad entre diferentes sistemas es ya una necesidad en cualquier proyecto de ingeniería. En el ámbito de los Sistemas

de Información Geográfica, la interoperabilidad se viene alcanzando a través de los estándares desarrollados en parte por el OGC. Este organismo, formado por empresas, universidades y administraciones públicas desarrolló a lo largo de los últimos años protocolos y estándares que proporcionan el marco tecnológico para alcanzar dicha interoperabilidad.

Desde 1994, el OGC aúna esfuerzos para estandarizar y de esta manera facilitar el uso y la integración de servicios web geográficos. El OGC definió estándares para el despliegue (WMS, WTS) y la gestión (WFS, WCS, SOS, SPS, SAS) de datos geográficos; para el descubrimiento de recursos en la web (CSW) y para la invocación remota de algoritmos y procesos propios del dominio geográfico (WPS, WCTS) entre otros. Estas especificaciones publican interfaces HTTP con una operación en común *GetCapabilities* que contiene la descripción del servicio en un documento XML.

De esta manera, los estándares OGC mejoran la interoperabilidad entre sistemas que gestionan información geográfica. Con esto se logra desacoplar la aplicación que produce la información, de los clientes que los consumen, multiplicando las aplicaciones y las posibilidades de explotación de dicha información en todo tipo de sistemas. Por lo anterior en éste artículo se presentaron los estándares mencionados y se resumieron mediante esquemas preconceptuales para ser comprendidos con mayor facilidad y de esta manera utilizados en marcos interoperables.

Como trabajo futuro que se puede derivar de esta reflexión se sugiere: a) explorar los diferentes estándares de codificación sugeridos por el OGC y la integración de estos en los diferentes servicios web revisados en este trabajo; b) poner en ejecución algunos de los servicios web más representativos y utilizados como el WMS, WCS y el WFS con el fin de verificar las bondades de cada uno; c) consumir los servicios web desarrollados desde un SIG como *ArcGIS*, *MapWindow*, *GRASS*, *gvSIG* o cualquier otro que permita el consumo de estos servicios.

Bibliografía

- AMINI, A.; RIAHI, H.; KARIMZADEGAN, D. & VAHDAT, D. (2010). GIS software architecture based on SOA concept and OGC standards. En: 2nd International Conference Computer Engineering and Technology, ICCET 2010. (16-18/04/2010), Chengdu (China): IEEE. Conference Publications, p. V4-424-V4-431. ISBN: 978-1-4244-6776-1.
- FENG, X.; LING, G. & JIN, Y. (2009). User-driven GIS software reuse solution based on SOA and Web2.0 concept. En: 2nd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology, ICCSIT 2009. (08-11/08/2009), Beijing (China): IEEE. Proceedings of the ICCSIT 2009, p. 5-9. ISBN: 978-1-4244-4518-9.
- GIANNECCHINI, S.; SPINA, F.; NORDGREN, B. & DESRUISSEAU, M. (2006). Supporting Interoperable Geospatial Data Fusion by adopting OGC and ISO TC 211 standards. In: 9th International Conference on Information Fusion, (10-13/07/2006), Florence (Italy): The International Society of Information Fusion (ISIF) and IEEE. Proceedings of the Fusion 2006, p. 1-8. ISBN 0-9721844-6-5.
- GONZÁLEZ, G & ZAPATA, C. (2009). Revisión de la Literatura en Interoperabilidad entre Sistemas Heterogéneos de Software. En: Colombia Ingeniería e Investigación Vol. 29, No. 2, Bogotá (Colombia): Universidad Nacional de Colombia, p.42-47. ISSN: 0120-5609.
- JEN, L. & KUO, C. (2009). WASP: An innovative sensor observation service with web-/GIS-based architecture. In: 17th International Conference Geoinformatics 2009 (12-14/08/2009), Fairfax (VA, USA): Center for Spatial Information Science and Systems, CSISS. Proceedings of the Geoinformatics 2009, p. 1-6. ISBN: 978-1-4244-4562-2.
- JI, X. (2009). Research on Web service discovery based on domain ontology. In: 2nd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology, ICCSIT 2009, (08-11/08/2009), Beijing (China): IEEE, p. 65-68. ISBN: 978-1-4244-4518-9.
- KIM, D.H.; KIM, K.S.; CHOI, H. & LEE, J.H. (2001). The Design and Implementation of Open GIS Service Component. In: IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2001, IGARSS'01. (09-13/07/2001), Sydney (NSW, Australia): IEEE. Proceedings of the IGARSS'01, Vol. 4, p. 1922-1924. ISBN: 0-7803-7031-7.
- LI, X.; DI, L.; HAN, W.; ZHAO, P. & DADI, U. (2009). Sharing and reuse of service-based geospatial processing through a Web Processing Service. In: 17th International Conference on Geoinformatics 2009, (12-14/08/2009), Fairfax (VA, USA): The Center for Spatial Information Science and Systems, CSISS. Proceedings of the Geoinformatics 2009, p. 1-5, ISBN: 1-4244-4562-0.
- LIAO, T. & HU, T. (2002). A CORBA-based GIS-T for ambulance assignment. In: 13th IEEE International Conference on Application-Specific Systems, Architectures, and Processors, ASAP 2002. (17-19/07/2002), San Jose (CA, USA): IEEE Computer Society. Proceedings of ASAP 2002, p. 371-380. ISBN: 0-7695-1712-9.
- LU, X. (2005). An Investigation on Service-Oriented Architecture for Constructing Distributed Web GIS Application. In: The IEEE International Conference on Services Computing (SCC'05), (11-15/07/2005), Orlando (FL, USA): IEEE. Proceedings of SCC'05 Vol. 1, p. 191-197. ISBN 0-7695-2408-7.
- MA, S.; LI, M. & DU, W. (2008). Service Composition for GIS. In: 2008 IEEE Congress on Services (06-11/07/2008), Honolulu (HI, USA): IEEE. Proceedings of Services 2008, Part I, p. 168-175. ISBN: 978-0-7695-3286-8.
- MIN-LANG, H. & JUNG-HONG, H. (2010). A geospatial service approach for debris flow early-warning systems. In: 4th International Conference on New Trends in Information Science and Service Science, NISS 2010, (11-13/05/2010), Gyeongju (South Korea): IEEE. Proceedings of NISS 2010, p. 574-579. ISBN: 978-1-4244-6982-6.
- MONTOIRO, F.G.; VARELA, J.; VIQUEIRA, J.R. & ARIAS, J.E. (2005). Servicio Web 3D parametrizable mediante un lenguaje de definición de escenas virtuales [en línea]. En: III Jornadas Técnicas de la IDE de España JIDEE2005 (25/11/2005), Madrid (España): Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE). <http://www.idee.es/resources/presentaciones/JIDEE05/sesion_05_03.pdf> [consulta: 16/08/2012].
- OSGEO LIVE (2012). Estándares del Open GeoSPatial Consortium [en línea]. Beaverton (Oregon, USA): Open Source Geospatial Foundation. <<http://live.osgeo.org/es/standards/standards.html>> [consult: 25/07/2012]

- PERCIVALL, G (2000). Overview of geographic information standards development. In: IEEE 2000 International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS 2000. (24-28/07/2000), Honolulu (HI, USA): IEEE. Proceedings of IGARSS 2000, p. 2096-2098. ISBN: 0-7803-6359-0.
- SHU, Y; ZHANG, J.F. & ZHOU, X (2006). A Grid-enabled Architecture for Geospatial Data Sharing. In: IEEE Asia-Pacific Conference on Services Computing, APSCC '06, (12-15/12/2006), Guangzhou (Guangdong, China): IEEE. Proceedings of APSCC'06, p. 369-375. ISBN: 0-7695-2751-5.
- SHUJUN, D.; LIANG, C. & CHENGPI, C. (2008). Research on Geographical Information Service Based on SOA. In: IEEE International Conference on Automation and Logistics, ICAL 2008 (01-03/09/2008), Qingdao (China): IEEE. Proceedings of the ICAL 2008, p. 2977-2981. ISBN: 978-1-4244-2502-0.
- SUN, L. & YUE, P. (2010). Web processing service for geospatial coordinate transformation. In: 18th International Conference on Geoinformatics, 2010, (18-20/06/2010), Beijing (China): Center for Spatial Information Science and Systems, CSISS. Proceedings of Geoinformatics 2010, p.1-5. ISBN: 978-1-4244-7301-4.
- WEI, Y; SANTHANA, S.K. & COOK, R.B. (2009). Discover, visualize, and deliver geospatial data through OGC standards-based WebGIS system. In: 17th International Conference on Geoinformatics, 2009, (12-14/08/2009), Fairfax (VA, USA): Center for Spatial Information Science and Systems, CSISS. Proceedings of Geoinformatics 2009, p.1-6. ISBN: 978-1-4244-4562-2.
- ZAPATA, C.M.; GELBUKH, A. & ARANGO, F. (2006). Pre-conceptual Schema: a Conceptual-Graph-Like Knowledge Representation for Requirements Elicitation. In: 5th Mexican international conference on Artificial Intelligence, MICAI'06 (13-17/11/2006), Apizaco (Mexico): Mexican Society for Artificial Intelligence (SMIA). Proceedings of the MICAI'06, p. 27-37, New York (NY, USA): Springer-Verlag. ISBN: 978-3-540-49026-5
- ZAPATA, C; GONZÁLEZ, G & MARÍN, M.I. (2009). Un caso de estudio en Interoperabilidad entre Sistemas de Información Geográfica. En: Revista Ingenierías, Vol. 8, No. 15, (jul-dic). Medellín (Colombia): Universidad de Medellín, p.11-20. ISSN: 1692-3324.
- ZHANG, M. & LIU, W (2010). Distributed interoperable GIS Data Services based on Web Services. In: 2nd IEEE International Conference Information Management and Engineering, ICIME 2010, (16-18/04/2010), Chengdu (China): IEEE. Proceedings of the ICIME 2010, p. 140-143. ISBN: 978-1-4244-5263-7.
- ZHONG, S. (2010). The Distributed Platform for Geographic Information Service Based on ArcGIS Server and OGC. In: 6th International Conference Wireless Communications Networking and Mobile Computing, WiCOM 2010, (23-25/09/2010), Chengdu (China): IEEE. Proceedings of the WiCOM 2010, p. 1-3. ISBN: 978-1-4244-3708-5.