

DE LAS REDES INALÁMBRICAS DE GEOSENSORES A LA WEB DE SENSORES



AUTOR

Carmen Inés Báez Pérez
Estudiante
Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones. Universidad Distrital "Francisco José de Caldas"
cibaez@uniboyaca.edu.co
COLOMBIA

AUTOR

José Nelson Pérez Castillo
Doctor
Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones. Universidad Distrital "Francisco José de Caldas"
jnperez@udistrital.edu.co
COLOMBIA

Fecha de Recepción : Julio 19 de 2007

Artículo Tipo 3

Fecha de Aceptación : Agosto 10 de 2007

RESUMEN.

En el presente artículo se realiza una breve descripción del estado del arte de las redes inalámbricas de geosensores, hasta la Web de sensores, y los servicios de notificación y registro que el Consorcio Abierto Geoespacial (Open Geospatial Consortium, OGC) ha definido para la implementación de dichos servicios. Se parte de una concepción de la redes inalámbricas, luego se va a las redes inalámbricas de geosensores, la aplicación de estas en la parte ambiental, así como una descripción de Sensor Web enablement, la computación grid, las arquitecturas orientadas a servicios (Service Oriented Architecture, SOA), y como estos conceptos convergen en la Web de sensores, y específicamente se habla de dos servicios: notificación y registro.

PALABRAS CLAVE

Redes Inalámbricas de Geosensores
Sensor Web Enablement
Arquitectura orientada a servicios
Web sensor
Servicios Web de notificación y registro

defined for the implementation of the aforementioned services. It is started with a wireless network conception and then goes to geosensors wireless networks, the application of these in the environmental part, as well as Sensor Web enablement, grid computing, SOA, and as these concepts converge in the sensor Web, and specifically it talk about two services: Notification and registry.

ABSTRACT

It comes true with present article one brief description of the status of the art of the wireless nets of geosensors, to the Web of sensors, and then little service of notification and record that the OGC has

KEYWORDS:

Wireless Geosensor Networks
Sensor Web Enablement

Service Oriented Architecture
 Sensor Web
 Notification and registry Web services

INTRODUCCIÓN

Con el auge de las redes de computadores hoy en día es impensable no contar con los recursos que estas ofrecen. Con el desarrollo del presente artículo se realiza un breve estudio sobre las redes de computadores inalámbricas, como punto de partida, y de allí se pasa a las redes Inalámbricas de sensores, en las cuales se tienen múltiples campos de acción, dependiendo del área en la cual se esté trabajando. Con las redes inalámbricas de geosensores, se puede apreciar la aplicación en el área de la tierra, especializándose en el monitoreo del hábitat.

El artículo continúa con un acercamiento de estas redes hacia la Web, y en especial con lo referente al Sensor Web Enablement, así como la Arquitectura Orientada a servicios es la que permiten dicha aplicación, finalmente se tratan los servicios Web de registro y notificación.

1. REDES DE COMPUTADORES INALÁMBRICAS (WIRELESS NETWORKS)

Las redes de computadores han evolucionado de forma vertiginosa, hasta convertirse en parte de la cotidianidad de las personas y las empresas. Y es gracias a esa cotidianidad que se han implementado nuevas aplicaciones en torno a este tipo de comunicación.

Es así como, las redes de computadores, han ido evolucionando hasta convertirse hoy en día en una necesidad para todos los seres humanos.

Dichas comunicaciones han sido ampliamente utilizadas en áreas militares, y en otras más. Pero gracias a esa necesidad, es que se han ido creando nuevos medios de comunicación de estas redes, hasta encontrar hoy en día, y con muy buen desarrollo, las redes inalámbricas, las cuales han pasado de propósitos específicos como las comunicaciones militares o las comunicaciones de las empresas de taxi en las ciudades, ha ser utilizadas hasta en redes Redes de Área Personal (Personal Area Networks, PAN) caracterizando las redes inalámbricas porque utilizan como medio de comunicación el aire y más explícitamente la radiofrecuencia, el cual es el más usado para grandes distancias, aunque hay sistemas ópticos, infrarrojos, bluetooth, entre otros [1, 2].

El área de aplicación de las redes inalámbricas involucra

tres aspectos básicos y fundamentales como son: la comunicación, la identificación y la localización, y en el punto donde convergen estos tres aspectos se encuentran las áreas de aplicación. Con esto se puede observar que las tecnologías inalámbricas tienen aplicación en casi cualquier área.

2. REDES INALÁMBRICAS DE SENSORES (Wireless Sensor Networks)

Una categoría de las redes inalámbricas, son las de sensores, las cuales se componen de nodos de sensores con el fin de realizar una función específica [3]. Estas redes buscan que por medio de los sensores se tomen datos específicos, dado que los sensores se diseñan con el fin de ejecutar una tarea particular, como medir humedad, temperatura, velocidad de viento [4].

Dentro de las redes de sensores se cuentan con diferentes modelos de interconexión entre los nodos y un centro de control. Dichos modelos son descritos en [3], pueden ser:

- Modelo Típico, en el cual los sensores se pueden comunicar con otros sensores de mayor procesamiento y estos a su vez con un centro de control.
- Modelo Simplificado, en el cual los sensores se comunican directamente con el centro de control para que procese la información.

Los modelos anteriores, ofrecen una visión general sobre la arquitectura que podría tener una red de sensores inalámbrica. Existen aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de diseñar una red de sensores, dado que sus limitaciones con respecto al límite de energía [5], y más aún, si se piensa que alguna de las aplicaciones que pueden tener, se dan en campo abierto donde el acceso a los mismos es muy difícil.

El interés en las redes inalámbricas de sensores ha ido creciendo, debido a sus múltiples campos de aplicación, como por ejemplo en pequeños ambientes, administración de desastres, reconocimiento del campo de combate y sistemas de vigilancia [6], monitoreo de ecosistemas, sistema de percepción remota, control del medio ambiente (ej., tráfico, hábitat, seguridad), detección y diagnóstico industrial (ej., fábricas, aplicaciones), protección de infraestructura crítica (ej., redes de energía, redes de distribución de agua), entre otros.

Algunos ejemplos en donde se ha estado trabajando en

la aplicación de las redes de sensores, son: en ambientes educativos, como el caso propuesto para un jardín infantil, en el cual se busca explorar tecnologías en ambientes instrumentados por sensores en la educación [4]. En ambientes ecológicos, es el caso de la Reserva de James [7], la cual es estudiada por diferentes tipos de sensores, donde se estudian desde las aves hasta los ríos de la reserva, este proyecto está a cargo de la Universidad de California (Estados Unidos) [7 .. 9].

2.1 REDES INALÁMBRICAS DE GEOSENSORES

Una red de geosensores puede definirse como la red de sensores que supervisa fenómenos en el espacio geográfico, y en cuál se recoge el contenido geoespacial de la información, agregado, analizado, y supervisado por una red de sensores fundamental. El aspecto espacial esta conformado por los siguientes niveles:

- Nivel de contenido, es el contenido dominante de la información recogida por los sensores (Ej. sensores que registran el movimiento o la deformación de objetos).
- Nivel de análisis: Por ejemplo, la distribución espacial de sensores que puede proporcionar la capa integrante para apoyar el análisis de la información recogida (Ej. analizar la distribución espacial del escape químico alimenta para determinar el grado y la fuente de una contaminación) [14].

Las redes inalámbricas de geosensores, básicamente le adicionan el componente inalámbrico a una red .

Se define una red de geosensores, porque su objetivo principal es realizar mediciones de características asociadas a la parte geográfica, mediciones como temperatura, velocidad del aire, humedad, concentración de la polución del aire, monitoreo del hábitat [10 .. 12].

Teniendo en cuenta que el objetivo principal de la red es recolectar la información captada por los geosensores, se ha propuesto diferentes arquitecturas para lograr este objetivo. Una de estas arquitecturas se presenta en [13], en la cual se implementan nodos intermedios (debido al corto alcance de transmisión de los sensores), los cuales recolectan la información de los sensores y estos nodos a su vez se comunican con una subestación base, donde se condensa la información para que pueda ser consultada por medio de sistemas de consulta .

Una arquitectura más completa es la planteada en [14], para Redes de Sensores altamente dinámicas, que se caracterizan por que tienen movilidad de los nodos, la conservación de energía y fallas no fiables del nodo. En este tipo de redes se maneja copias de los datos de los nodos vecinos o nodos remotos, así como los datos recolectados localmente, esto con el fin de tener copia de la información que se encuentra almacenada en un nodo, y de esta forma evitar la pérdida de información por la caída de este.

La colección de los nodos interconectados se conoce como grid. La función de la recolección de la información, es almacenarla en un sistema de bases de datos grid, con el fin de consultarla y darle el tratamiento que se requiera .

Para el manejo de la información se han propuesto diferentes modelos, uno de ellos es el mostrado en [10], "una representación cualitativa de las entidades, como regiones, límites, y huecos, y de eventos, como separaciones, fusiones, apariciones y desapariciones. Además, nuestro modelo habilita la reconfiguración red de geosensores en respuesta en los cambios ambientales".

Se han desarrollado técnicas, para que manejo de la información sea eficiente; tal es el caso de la Infraestructura de Grid de Datos (Grid data infraestructura GDI). Una definición de una GDI, es la dada en [15] "Hemos descrito las tecnologías partiendo de un GDI: la computadora se conecta a una red (en particular la Internet y el World Wide Web) y sistemas de base de datos. Entre las redes, la Internet se ha hecho la piedra angular de toda comunicación en infraestructuras geoespacial".

Uno de los aspectos que se deben tener en cuenta dentro de GDI, es que los modelos que se implementen deben tener en cuenta características como localización de errores, localización lógica y costos de comunicaciones, con el fin de entender la interacción entre la información espacial y los algoritmos de control y comunicaciones [16], recordando siempre que se tiene como limitante la capacidad de procesamiento de los nodos, así como el uso eficiente del recurso de la batería.

2.2 REDES INALÁMBRICAS DE GEOSENSORES EN LA PARTE AMBIENTAL

Partiendo del hecho que una de las grandes preocupaciones de la humanidad, hoy en día, es el cuidado del medio ambiente, se han desarrollado

investigaciones que orientan sus esfuerzos hacia dicha área, buscando monitorear el hábitat de algunas especies, como el caso propuesto por [11], en el cual describen como se configuró una red de 32 nodos sobre la costa de la Isla de Maine, y con lo cual, a través de la Web se monitorea la costa.

Otra aplicación en la cual se ha trabajado, es en el monitoreo de los procesos geofísicos y bioquímicos en el mundo de los océanos, con el fin de observar los cambios que han venido ocurriendo en los últimos años, y de esta forma poder detectar potenciales amenazas ambientales [17].

2.3 EL CASO DE LA RESERVA DE JAMES

El estado de Carolina del Sur, cuenta con un sistema de reservas naturales, compuesto por las reservas de: The James San Jacinto Mountains Reserve, The Motte Rimrock Reserve, The Emerson Oaks Reserve, entre otras; en algunas de estas reservas han instalado redes de sensores, con el fin de monitorear el ambiente.

Una de las reservas es la de las Montañas de James de San Jacinto [7], ha sido lugar de pruebas de redes inalámbricas y robóticas, desde que el Laboratorio de Observación del Sistema de Ecología terrestre (Terrestrial Ecology Observing System Laboratory - CENS) se instaló en 2002. Dentro de los instrumentos instalados se cuenta con sensores acústicos para animales, sensores de agua, instrumentos para recorrer la raíz, el suelo, y datos de los hongos en las escalas microscópicas [18, 19].

Esta reserva tiene un sistema de monitoreo, que incluso por medio de cámaras se puede observar la reserva desde la Web, así como el intercambio de información por este mismo medio.

3. HACIA LA SENSOR WEB ENABLEMENT

Con la evolución del Internet, hoy en día se ha hecho necesario que toda la información esté en la Web, es así como se habla de servicios orientados a la sensor Web o Web de sensores. La Web de sensores está surgiendo dentro de varios tipos de sensores, como sensores residentes en la Web, instrumentos, y el repositorio de los datos del sensor, descubrimiento, accesibilidad y control vía World Wide Web [21].

Para lograr que la información sea subida a Internet, se deben seguir los estándares que garanticen la interoperabilidad, tal es el caso de XML; eXtensible Markup Language («lenguaje de marcas extensible»),

es un metalenguaje extensible de etiquetas desarrollado por el World Wide Web Consortium (W3C) [39].

El término Habilitamiento de la Web de Sensores (Sensor Web Enablement, SWE), se refiere a que todos los sensores estén conectados a la Web, para ello, se han creado estándares definidos por el OGC [20,22], el cual está compuesto de un conjunto de especificaciones, incluyendo Sensor Model Language (SensorML), Observación y Medidas (Observation and Measurement, O&M) [23,24], Servicios de Colección de sensores (Sensor Collection Service, SCS), Servicios de planeación de sensores (Sensor Planning Service, SPS), Servicio de Alerta de Sensores (Sensor Alert Service) [25], y servicios Web de notificación (Web Notification Service, WNS) [21, 26.. 29].

Una Web de Sensores hace referencia a que redes de sensores sean accesibles a través de la Web, así como los datos archivados de los sensores puedan ser descubiertos y se puedan acceder a ellos a través de protocolos estandarizados y de APIs (Aplicación Program Interface) [30,35].

4. COMPUTACIÓN GRID

Se entiende por computación grid el poder usar múltiples recursos compartidos para trabajar cooperativamente en una aplicación; la grid surge como una evolución de los sistemas operativos de red, luego siguieron los sistemas operativos distribuidos, y más recientemente sistemas de computación heterogénea [32].

Por otro lado la computación grid también hace referencia a posibilidad de compartir grandes colecciones de datos o se puede entender como una colección de recursos que realizan una tarea [33], para lo cual se han definido arquitecturas que permitan la administración de dichos datos llamadas Grid de dato (DataGrid) [34].

De lo anterior se entiende lo especificado en [35], donde define que la grid es una infraestructura de administración de computación y datos para vincular dinámicamente recursos que soporten la ejecución de aplicaciones a gran escala, con grandes necesidades de recursos y aplicaciones distribuidas [36,37].

Dentro de la estructura propuesta para la grid, se definen los siguientes bloques de construcción [35]: Redes, nodos computacionales, software de infraestructura y estándares.

5. SOA

Teniendo en cuenta la heterogeneidad de los sistemas actuales, la arquitectura orientada a servicios surge como un punto de partida que permite la interconexión de dichos tipos de sistemas.

La arquitectura de Servicios Web, es una forma de hacer computación distribuida, utilizando XML, en la cual están involucrados dos conceptos básicos como son: WSDL Web Services Description Language, el cual se utiliza para describir servicios Web, en formato XML [41], UDDI - Universal Description, Discovery and Integration, es un formato XML que se utiliza para describir servicios Web [42] y SOAP Simple Object Access Protocol, es un protocolo estándar que define cómo dos objetos en diferentes procesos pueden comunicarse por medio de intercambio de datos XML [39,40 y 43].

El UDDI buscan API's que le permiten a los usuarios realizar consultas a los proveedores que proporcionan un servicio particular [44]. Los servicios se comunican usando mensajes, generalmente codificados usando SOA.

La arquitectura SOA, permite el intercambio de información entre sistemas heterogéneos por medio de servicios Web. SOA debe describir las interfaces de los servicios, proporcionar descripción de los servicios y publicarlos en registros [38].

La meta de la actividad de los servicios Web es el desarrollar un conjunto de tecnologías para que la Web pueda explotar todo su potencial [45, 46].

6. ARQUITECTURA ABIERTA DE UNA WEB DE SENSORES

Teniendo en cuenta los temas descritos anteriormente, se puede observar como dichos temas convergen en la definición de una arquitectura abierta orientada a servicios. Dicha arquitectura consta de cuatro capas o niveles a saber:

Nivel de aplicación de sensores Web, Nivel de middleware Web de sensores de usuario, nivel de middleware corazón de la Web de sensores y nivel de fábrica de sensores Web o emulación [35, 47]. Cada una de estos niveles tiene objetivos claramente definidos.

El nivel inferior, o fábrica de sensores Web o emulación, esta conformado por las redes de sensores, o por un sistema que genera o emula los datos que están midiendo los sensores. Dentro de esta capa se pueden tener diferentes topologías de red, como se mencionó al inicio de este artículo.

En el nivel dos, el middleware, corazón de la Web de sensores, están definidos los servicios que se encargan de la notificación, planeación, coordinación, data grid, procesamiento y colección/observación de los sensores.

En el nivel tres, middleware Web de sensores de usuario, se encuentran los servicios de configuración del sensor, servicio de administración y corrección de datos del sensor, el framework que permite manejar la red de sensores, así como las herramientas de desarrollo.

El nivel cuatro, aplicación de la Web de sensores, se encuentran como tal las aplicaciones específicas que se desarrollan con base en la información recolectada por los sensores.

La arquitectura anterior, permite tener una visión de todos los componentes que están involucrados dentro de una aplicación para una Web de sensores.

Con el fin de lograr una correcta armonía que permita el acertado funcionamiento de la Web de sensores, se definieron cuatro servicios Web básicos: Registro, Notificación, Colección y planificación. En el presente artículo se desarrolla un acercamiento a dos servicios específicos: el servicio Web de notificación y el servicio Web de registro.

6.1. SERVICIO WEB DE NOTIFICACIÓN

El OGC, define en [45] las características que se deben tener en cuenta para desarrollar e implementar el servicio Web de notificación.

Este servicio contiene dos componentes básicos: Administrador de la cuenta y la Notificación. El servicio de Planificación del sensor puede necesitar registrar un usuario vía el WNS, el cual solicita al Administrador de la cuenta que administre la cuenta del usuario en el sistema manejador de base de datos (DataBase Management System, DBMS) para que recupere la información del usuario en las operaciones siguientes. La Notificación se usa para crear un protocolo específico de comunicación y enviar mensajes vía el protocolo que el usuario haya registrado en el DBMS [35].

El WNS es requerido para completar las necesidades del

SWE. SWE proporciona las interfaces que permiten la planeación de las observaciones y la respectiva entrega de los datos recolectados por el sensor [48].

El WNS incluye dos diferentes tipos de notificación. Una es una comunicación en una sola vía, envía información al usuario, pero no espera respuesta de él. La otra, es una comunicación bidireccional, en la cual se le proporciona información al usuario y se espera algún tipo de respuesta asincrónica [49].

Las notificaciones pueden ser: vía correo electrónico, llamados http, mensajes instantáneos, llamadas telefónicas, cartas [49].

6.2. SERVICIO WEB DE REGISTRO WRS

El servicio Web de Registro, es un estándar de facto que soporta la publicación y acceso en tiempo de ejecución a los recursos geoespaciales, se usa para prolongar las capacidades de la grid convencional para el procesamiento de consultas geoespaciales en fuentes especiales heterogéneas con múltiples datos y servicios [50].

El WRS juega el rol de directorio en sistemas abiertos, distribuidos; los proveedores anuncian la posibilidad de sus recursos usando metadatos en un registro, y los usuarios pueden consultar los metadatos en el registro para descubrir recursos y determinar como acceden a ellos interactivamente en tiempo de ejecución. El OGC WRS, define un mecanismo común basado en la Web para clasificar, registrar, describir, buscar y acceder a los metadatos acerca de información geoespacial.

7. TRABAJO FUTURO

La presente revisión de estado de arte sirve como punto de partida para el desarrollo de la propuesta de trabajo de grado "NOTIFICACION Y REGISTRO DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA MEDIANTE GEOSENSORES EN AMBIENTE GRID", cuyo objetivo principal es Desarrollar los servicios de notificación y registro de la información geográfica, generada por una red de geosensores, con el fin de que sean implementados en una plataforma computacional grid.

8. CONCLUSIONES

Las redes de sensores tienen aplicación en cualquier área, en la cual se desee trabajar, es así como los geosensores, que buscan monitorear la tierra. Es en

esta aplicación donde el monitoreo del hábitat toma mayor relevancia. Hoy en día pensar en una Web que no siente, es algo prehistórico, por eso se han creado estándares que permitan llevar la información de las redes de sensores a la Web, haciéndola más dinámica. La tecnología que facilita la integración de las redes inalámbricas de geosensores con la Web, es la arquitectura orientada a servicios.

9. REFERENCIAS

- [1]Fundación COTEC para la innovación tecnológica, no. 22 wireless, 2005. Ed. Gráficas Arias Montano, S.A. España.
- [2]RöMER, Kay. Time Synchronization and Localization in Sensor Networks. Main, Germany, 2005. Thesis degree. Swiss Federal Institute of Technology Zurich (ETH Zurich). University of Frankfurt.
- [3]ANANDA, A.; CHOON CHAN, Mun y TSANG OOI, Wei. Mobile, wireless, and sensor networks technology, applications, and future directions. En IEEE Press 2006; p.
- [4]CHEN, Alvin et al. UCLA Multimedia Systems Laboratory. LOCHER, Alvin. UCLA Multimedia System Laboratory. A Support Infrastructure for the Smart Kindergarten. En : PERVASIVE computing, 2002; p. 49-57.
- [5]ESTRIN, D; GIRO, L; POTTIE, G y SRIVASTAVA, M. Instrumenting the world with wireless sensor networks. En : IEEE, 2001; p. 2033 - 2037.
- [6]SHAKSHUKI, Elhadi; HUSSAIN, Sajid; MATIN, Abdul Wasey y MATIN, Abdur Rafey. Agent-based peer-to-peer layered architecture for data transfer in Wireless Sensor Networks. En : IEEE, 2006; p. 490 - 493.
- [7]Reserva de James. [En línea]
www.jamesreserve.edu
- [8]Google Earth Community [en línea]. Disponible es: <http://earth.google.com/intl/es/>
- [9>Welcome to the James Reserve Wildlife Observatory. [E n l í n e a]
<http://www.jamesreserve.edu/webcamsphp.lasso>
- [10]DUCKHAM, M; NITTEL, Silvia y WORBOYS, Mike. Monitoring Dynamic Spatial Fields Using Responsive Geosensor Networks. En : ACM, 2005; p. 51 -60.
- [11]MAINWARING, Alan; POLASTRE, Joseph; SZEWCZYK, Robert; CULLER, David y ANDERSON, John. Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring. En : ACM, 2002.
- [12]University Souther Carolina, Networked Aquatic Microbial Observing System (NAMOS). [En línea]. Disponible en : <http://robotics.usc.edu/~namos/data/WeatherStation/images/20060620.html>
- [13]WORBOYS, Michael F. Knowledge Discovery using

Geosensor Networks. 2005

[14]NITELL, Silvia y stefanidis, Anthony. GeoSensor Networks. 2005. CRC Press. New York.

[15]GROOT, Richard y McLAUGHLIN, Jhon. Geospatial data infrastructure. Concepts, cases, and good practice. 2003. Oxford University Press. Oxford University, New York.

[16]HEIDEMANN, John y BULUSU, Nirupama. Using Geospatial Information in Sensor Networks. Informtaion Science Institute. 2001.

[17]WALDMANN, Chirstoph; Visser, Ubbo; DIEPENBROEK, Michael y SCHINDLER, Uwe. Semantic Infraestructure for Marine Geosensor Networks.

[18]National Ecological Observatory Network. The James Reserve: A test Bed for Ecological Sensors. [En línea] Disponible en : http://www.neoninc.org/archive/2006/04/the_james_eser.html

[19]University of California. College of Natural and Agricultural Sciences. [En línea]. Disponible en: http://www.biology.ucr.edu/about_us/nrs.html

[20]The Open Geospatial Consortium. [en línea]. Disponible en : <http://www.opengeospatial.org/>

[21]CHU, Xingchen Y BUYYA, Rajkumar. Service Oriented Sensor Web. Dept. of Computer Science and Software Engineering. The University of Melbourne, Australia

[22]INIESTO ALBA, M. J. y CARBALLO CRUZ, P. Sensor Web Enablement: Todos los sensores conectados a la Web. En : CONGRESO NACIONAL DE TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA (VIII : 2004 : Madrid). VIII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía. Madrid : 2004.

[23]OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM INC. Observations and Measurements. Editor: Simon Cox. 2006

[24]OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM INC. Sensor Observation Service. Editors: Arthur Na (IRIS Corp.), Mark Priest (3eTI). 2006.

[25] OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM INC. OpenGIS® Sensor Alert Service Implementation Specification. Editor: Ingo Simonis. 2006.

[26]MANSO CALLEJO, Miguel Ángel. SWE: Sensor Web Enablement. Curso: Puesta en marcha y explotación de geoservicios del Open Geospatial Consortium : curso teórico práctico con Tecnologías Open Source. Madris, Octubre de 2006.

[27]BOTTTS. Open GIS Consortium Inc. Sensor Web Enablement. Helping the World to Communicate Geographically. 2004.

[28]OPEN GIS CONSORTIUM INC. Web services architecture description. Editor: Arliss Whiteside. Category: OpenGIS® Best Practices Paper. Version: 0.1.0. 2005.

[29]OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM INC. OpenGIS®

Sensor Web Enablement Architecture Document. Editors: Mike Botts, Alex Robin, John Davidson y Ingo Simonis. 2006.

[30]OPEN GIS CONSORTIUM INC. OGC Sensor Web Enablement: Overview And High Level Architecture. (2006).

[31]SCHOPF, Jennifer M. y NITZBERG, Bill. Grids: The Top Ten Questions. [En línea] Disponible en: <http://www.globus.org/alliance/publications/papers/topTen.final.pdf>

[32]CHERVENAK, Ann; FOSTER, Ian; KESSELMAN, Carl; SALISBURY, Charles y TUECKE, Steven. The Data Grid: Towards an Architecture for the Distributed Management and Analysis of Large Scientific Datasets. Department of Computer Science, The University of Chicago.

[33]SUN MICROSYSTEMS INC. Sun™ ONE Grid Engine Administration and User's Guide. 2002.

[34]RAMAMURTHY, B. Grid Technology.

[35]CHU, Xingchen and BUYYA, Rajkumar. Service Oriented Sensor Web. Grid Computing and Distributed Systems Laboratory. Dept. of Computer Science and Software Engineering. The University of Melbourne, Australia.

[36]BERSTIS, Viktors. Fundamentals of grid computing [Ebook]. IBM. 2002.

[37]FERREIRA, Luis et at. Introduction to Grid Computing with Globus [Ebook]. IBM. 2003.

[38]Towards Open Grid Services Architecture [En línea]. Disponible en : <http://www.globus.org/ogsa/>

[39]XML [en línea]. Disponible en : <http://es.wikipedia.org/wiki/XML>

[40]Arquitectura Orientada a Servicios [en línea]. Disponible en :

http://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura_orientada_a_servicios

[41]WSDL [en línea]. Disponible en : <http://es.wikipedia.org/wiki/WSDL>

[42]SOAP [en línea]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/SOAP>

[43]UDIDI [en línea]. Disponible en : <http://es.wikipedia.org/wiki/UDDI>

[44] AKTAS, Mehmet y PIERCE, Marlon. (s.f.). Service Discovery by UDDI and

WS-Discovery. Community Grids Laboratory. Indiana University

[45]AKTAS, Mehmet S.; AYDIN, Galip; FOX, Geoffrey C.; GADGIL, Harshawardhan; PIERCE, Marlon and SAYAR ,Ahmet . s.f. Information Services for Grid/Web Service Oriented Architecture (SOA) Based Geospatial Applications.

[46]Actividad de los Servicios Web [en línea]. Disponible en : <http://www.w3.org/2002/ws/>

[47]HEINZELMAN, Wendi B.; MURPHY, Amy L.; CARVALHO, Hervaldo S. y PERILLO, Mark A. Middleware to Support Sensor Network Applications. University of Rochester, N.Y.

[48]Kesselman, Carl. The Grid, Grid Services and the Semantic Web: Technologies and Opportunities. s.f. Center for Grid Technologies. Information Sciences Institute. University of Southern California

[49]Open GIS Consortium Inc. Web Notification Services. 2003.

[50]Refractions Research Inc. Web Registry Service Research Document. 2004.