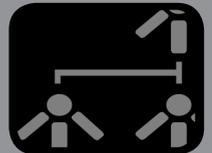


# HABILITAMIENTO DE LA WEB PARA MANEJO DE INFORMACIÓN DE GEOSENSORES: SERVICIO DE OBSERVACIÓN DE SENSORES Y SERVICIO DE PLANIFICACIÓN DE SENSORES. UNA MIRADA HACIA SENSOR GRID

**CASE STUDY: WEB ENABLEMENT FOR GEOSENSORS INFORMATION MANAGEMENT: SENSOR OBSERVATION SERVICE AND SENSOR PLANNING SERVICE. A LOOK AT SENSOR GRID.**



**AUTOR**

JUAN FEDERICO GÓMEZ ESTUPIÑAN  
Magister (C)  
Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones  
\*Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
jfgomez@uniboyaca.edu.co  
COLOMBIA

**AUTOR**

JOSÉ NELSON PÉREZ CASTILLO  
Doctor en Informática  
Docente Universitario e Investigador  
Director del Grupo Internacional de Investigación en Informática, Comunicaciones y Gestión del Conocimiento GICOGE  
\*Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
nelsonp@udistrital.edu.co  
COLOMBIA

**INSTITUCIÓN**

\*UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
Universidad Pública  
Bogotá  
Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones  
Carrera 7 No. 40 – 53 Piso 4  
mtteleinformatica@udistrital.edu.co  
COLOMBIA

**RECEPCIÓN:** Marzo 1 de 2011

**ACEPTACIÓN:** Marzo 18 de 2011

**TEMÁTICA:** Telecomunicaciones

**TIPO DE ARTÍCULO:** Artículo de revisión

**RESUMEN ANALÍTICO**

Este artículo contiene una visión general sobre redes inalámbricas de sensores y específicamente las redes inalámbricas de geosensores, las cuales permiten el manejo de información geográfica. Se presenta una descripción general de las especificaciones y servicios de Sensor Web Enablement SWE que desarrolla el concepto de habilitamiento de la web para sensores y es una iniciativa del Open Geospatial Consortium OGC, entidad que tiene como propósito fundamental la definición de estándares abiertos e interoperables para el manejo de información geográfica. Se particularizan dos de los servicios ofrecidos por SWE como son el Servicio de Observación de Sensores (Sensor Observation Service SOS), que permite el acceso a la web para consultar información recopilada por los sensores y descripciones técnicas de sensores o plataformas de sensores, y el Servicio de Planificación de Sensores (Sensor Planning Service SPS) que facilita la consulta de las capacidades de los sensores y la gestión de las peticiones y transacciones de datos. Se describen aspectos básicos sobre computación Grid vista como una estrategia para crear una infraestructura que permite compartir recursos y potencia computacional. Se da una mirada a Sensor Grid que es una estrategia que integra los conceptos de redes inalámbricas de sensores y computación grid, para aprovechar las posibilidades que ofrecen ambos enfoques.

**PALABRAS CLAVES:** Redes Inalámbricas de Geosensores, Habilitamiento de la Web para Manejo de Sensores, Servicio de Observación de Sensores SOS, Servicio de Planificación de Sensores SPS, Computación Grid, Sensor Grid.

**ANALYTICAL SUMMARY**

This article contains an overview of wireless sensor networks and specifically wireless geosensor networks, which allow the management of geographic information. It presents an overview of Sensor Web Enablement SWE specifications and services, which develops the concept of web enablement for sensors and is an initiative of the Open Geospatial Consortium OGC, an entity whose main purpose is the definition of open and interoperable standards for geographic information management. It particularize two of the services offered by SWE such as the Sensor Observation Service SOS, which allows access Web to obtain information collected by sensors and technical descriptions of sensors or sensor platforms, and Sensor Planning Service SPS which facilitate the consultation the sensor capabilities and the management of data requests and transactions. It describes basic aspects of Grid Computing seen as a strategy to create an infrastructure to share resources and computing power. It gives a look to Sensor Grid which is a strategy that integrates the concepts of wireless sensor networks and grid computing, to exploit the potential of both approaches.

**KEYWORDS:** Wireless Geosensor Networks, Sensor Web Enablement SWE, Sensor Observation Service SOS, Sensor Planning Service SPS, Grid Computing, Sensor Grid.

## INTRODUCCIÓN

Los sensores permiten detectar la variación o comportamiento de una variable, la información obtenida se trasmite a una unidad central para su procesamiento. Las redes de sensores integran varios nodos de sensores que transmiten la información a un nodo central. El desarrollo de las tecnologías inalámbricas es decir aquellas que utilizan como medio de transmisión el aire, permitió la implementación de redes inalámbricas de sensores, una de las aplicaciones más importantes son las redes inalámbricas de geosensores que facilitan el manejo de información geográfica.

El habilitamiento de la web para manejo de sensores (Sensor Web Enablement SWE), es una iniciativa del Open Geospatial Consortium OGC, para disponer de los datos de los sensores vía servicios web, el objetivo es buscar que todo tipo de sensores, instrumentos y dispositivos de imágenes residentes en la web, inclusive los depósitos de datos de sensores sean detectados, accesibles y hasta donde sea posible, controlados vía Internet, en otras palabras redes de sensores basadas en un entorno web. Este artículo hace énfasis en dos de los servicios ofrecidos por SWE como son el Servicio de Observación de Sensores SOS (antes Servicio de Colección de Sensores SOS) cuyo objetivo es ofrecer una interfaz de acceso web que permita la demanda de información, tanto en tiempo real como almacenada, sobre una plataforma de sensores una colección de plataformas de sensores. El Servicio de Planificación de Sensores SPS, tiene como propósito determinar la viabilidad de los datos que se reúnen de uno o más sensores/plataformas y los procesos e solicitud y transacción de colecciones de datos, provee una interfaz que proporciona capacidades de consulta y asignación de sensores, facilita la asignación de sensores, el tratamiento de observaciones del sensor, la notificación y el registro de alertas.

Otra iniciativa que ha tenido un gran auge es la computación Grid que se refiere a la implementación de infraestructuras computacionales flexibles con altas capacidades de almacenamiento y procesamiento, que permiten que los recursos sean utilizados y compartidos por múltiples usuarios en la medida que los necesitan, es decir posibilitan compartir potencia computacional. Una grid puede estar conformada por muchos recursos heterogéneos pertenecientes a diversas organizaciones ubicadas en distintos puntos geográficos. El concepto de Sensor Grid se refiere a la combinación de las prerrogativas que proveen las redes inalámbricas de sensores y la computación grid, para aprovechar al máximo sus fortalezas y establecer una infraestructura que facilite compartir recursos y datos de múltiples sistemas de sensores.

## 1. REDES INALÁMBRICAS DE SENSORES.

Los sensores son dispositivos capaces de detectar la variación o comportamiento de una determinada variable que se quiere medir o controlar, estas señales que representan información se capturan y transmiten a una unidad central para ser procesadas. Un sensor inteligente combina la función de detección y alguna de las funciones de procesamiento de señales y comunicación tales como acondicionamiento de señal, ganancia y linealidad, comunicación digital y autodiagnóstico entre otras [I]. Como estas funciones adicionales suele realizarlas un microprocesador, cualquier combinación de sensor y microprocesador se denomina generalmente sensor inteligente, es decir además del dispositivo de detección los sensores inteligentes incluyen al menos un algoritmo de control, memoria y capacidad de comunicación digital [II].

Una red de sensores es un conjunto de dispositivos distribuidos espacialmente que utilizan sensores para monitorear condiciones o variables en diversos lugares, tales como temperatura, sonido, presión, vibración, movimiento o elementos contaminantes entre otros [III].

En telecomunicaciones, el concepto inalámbrico (inglés wireless/sin cables) se aplica al tipo de comunicación en la que no se utiliza un medio de propagación físico, sino se utiliza la modulación de ondas electromagnéticas, las cuales se propagan por el espacio sin un medio físico que comunique cada uno de los extremos de la transmisión. Cuando en una red se utiliza este medio de comunicación estamos hablando de las redes inalámbricas (Wireless Networks). Actualmente las aplicaciones que tienen estas redes son múltiples, van desde los sistemas de comunicación tradicionales, por ejemplo los utilizados por las empresas de transporte público; redes de área local inalámbricas (Wireless Local Area Network WLAN); redes de área personal (PAN) hasta los modernos sistemas de telefonía celular y satelital [IV]. La tendencia a la movilidad y la ubicuidad hacen cada vez más utilizados los sistemas inalámbricos, y el objetivo es evitar el uso de cables en todo tipo de comunicación. Su aplicación se ha extendido no solo al campo informático sino a otras áreas como son televisión, telefonía, robótica, domótica y por supuesto en sensorica [V].

Las redes inalámbricas de sensores (Wireless Sensors Networks WNS) se componen de nodos de sensores que deben cooperar en la ejecución de funciones específicas. Estas redes disponen de la capacidad de detectar y procesar datos, comunicarse entre sí, realizar la detección de acontecimientos, estas son fundamentalmente las tareas de estas redes. La infraestructura que soporta la

comunicación entre sensores se ha denominado redes de sensores y como ya lo dijimos utilizan como canal de comunicación el aire [VI]. Otro aspecto importante en la gestión de estas redes es la reprogramación dinámica o por vuelo que consiste en programar una serie de sensores a través de las mismas redes inalámbricas y al mismo tiempo, lo que reduce la espera generada por los mecanismos empleados anteriormente [VII].

La optimización del consumo de energía es un aspecto crítico en las WSN, esto se logra minimizando la utilización de la fuente que proporciona este recurso en cada nodo, para lo cual el nodo permanece "dormido" mientras no tenga actividad (capturar información o enviar información). Pero el nodo periódicamente debe realizar un proceso de sincronización en el tiempo lo que le implica intercambiar información de control con otros nodos [VIII].

Algunas aplicaciones de las redes inalámbricas de sensores son:

- Control de variables ambientales
- Control de transporte de mercancías
- Aplicaciones Médicas Especializadas
- Monitorización de especies animales
- Seguridad de Instalaciones
- Agricultura de Precisión
- Aeronáutica

## 2. REDES INALÁMBRICAS DE GEOSENSORES

Una Red de Geosensores (Geosensor Networks) es la aplicación de las redes inalámbricas de sensores a las ciencias geográficas. Se puede definir como una red de sensores que monitorea fenómenos en un espacio geográfico, y en el cual es de vital importancia el contenido de la información geoespacial recolectada, adicionada, analizada y monitoreada. El espacio puede ir desde un ambiente pequeño, limitado y estable a un ecosistema grande con una dinámica bastante compleja [IX]. Los aspectos a medir son por ejemplo temperatura, presión, humedad, lluviosidad, velocidad del viento y polución del aire entre otros. Hay dos aspectos importantes a tener en cuenta en este tipo de redes: El nivel de contenido que hace referencia a los datos recopilados por los sensores sobre algún fenómeno de interés, y el nivel de análisis referido al estudio de la información recopilada y la infraestructura requerida para tal fin.

Actualmente los avances en el desarrollo de sistemas mecánicos y microelectrónicos de bajo costo con un limitado procesamiento y con capacidades de comunicaciones inalámbricas de corto alcance, están cambiando la forma en que se recolecta y procesa la

información acerca del mundo físico. Los sensores pequeños y de poco costo pueden ser colocados a objetos físicos o empotrados en el medio ambiente, uso de geosensores in-situ, es decir colocados en el sitio de interés o donde ocurre el fenómeno a medir. Estos avances han ampliado de manera significativa las aplicaciones de redes de geosensores [X].

Las redes de Geosensores trabajan sobre arquitecturas descentralizadas, los nodos del sensor son raramente móviles y se centran sobre todo en la captura de la información más bien que en la disposición de servicio informativo. Se buscan diferentes arquitecturas que garanticen la mejor forma para la captura de datos de los sensores, teniendo en cuenta aspectos tales como propósito de la instalación de los sensores, características de los mismos, sistemas de generación de la señal, entre otros. Adicionalmente la tecnología de los sensores está cambiando radicalmente las estrategias de recolección, administración y análisis de información geoespacial. Así los sensores tienen un potencial para recolectar y proporcionar ráfagas continuas de información georeferenciadas, en un amplio rango de contextos [XI].

## 3. OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM

La Open Geospatial Consortium (OGC) es una organización que agrupa actualmente a cerca de 400 entidades que incluyen agencias gubernamentales, universidades y empresas del sector público y privado. Su fin es la trabajar en forma consensuada en la definición de estándares abiertos e interoperables para servicios web geoespaciales, soluciones inalámbricas y servicios basados en localización. Busca acuerdos entre las diferentes empresas del sector que posibiliten la interoperación de sus sistemas de geoprocetamiento y facilitar el intercambio de información geoespacial. OpenGIS es una marca de OGC y está relacionada con todas las normas y documentos generados por OGC [XII].

La OGC es una organización abierta es decir cualquier persona u organización puede participar, las discusiones son públicas, las decisiones son consensuadas y las especificaciones son libres y disponibles a quien las requiera [XIII].

La información geoespacial permite representar las diferentes características de la tierra y sus propiedades. La geografía es fundamental para modelar el mundo en una forma coherente e intuitiva. La ubicación geoespacial y el tiempo son dos aspectos relevantes en el trabajo desarrollado por la OGC. Las especificaciones y estándares de servicios web más relevantes que ha definido la OGC para los datos geoespaciales son los siguientes:

- Geography Markup Language GML. Lenguaje de Marcado Geográfico, es un sublenguaje de XML para el modelaje, transporte y almacenamiento de información geográfica [XIV].
- Web Feature Service WFS. Servicio Web de Fenómenos, ofrece un conjunto de operaciones para crear, modificar, borrar y consultar instancias de fenómenos desde un almacén de datos subyacente [XV].
- Web Map Service WMS. Servicio Web de Mapas, produce mapas georegistrados dinámicamente en formato imagen de una o más bases de datos geoespaciales distribuidas, para ser visualizados por un navegador web o en un cliente simple. Define un "mapa" como una representación de la información geográfica en forma de un archivo de imagen digital [XVI] [XVII].
- Web Coverage Service WCS. Servicio Web de Coberturas, permite el acceso interoperable a "coberturas", termino que hace referencia a contenidos geoespaciales digitales como imágenes satelitales, fotografías aéreas, datos de elevación y otros datos sobre diversos fenómenos [XVIII].
- Catalog Service Web CSW. Servicio Web de Catálogo, define las interfaces comunes para publicar, descubrir, explorar y consultar metadatos, servicios y otros recursos potenciales. Los metadatos representan características de los recursos que pueden ser consultadas y presentadas para su evaluación y procesamiento por personas o aplicaciones de software [XIII] [XIX].
- Keyhole Markup Language KML. Lenguaje de marcado con gramática XML, utilizado para codificar y transportar representaciones de datos geoespaciales en dos y tres dimensiones para su visualización en un navegador especial tal como un mundo virtual 3D, un navegador web bidimensional o una aplicación móvil 2D. Incluye además control de la navegación por parte del usuario [XIII] [XX].

#### 4. SENSOR WEB ENABLEMENT SWE

El concepto de web de sensores se enfoca hacia un sistema de distribución, fusión y colección de datos consistentes, coherentes y consolidados, que son generados por sensores. Se utiliza internet para el seguimiento espacio-temporal de los diversos fenómenos ambientales, en la web estarán disponibles desde un sensor sencillo como un termómetro en una posición fija de una estación meteorológica, a otro que se mueve en forma autónoma o es controlado remotamente

por ejemplo en un avión o un satélite [III]. Una web de sensores es una red que interconecta sensores heterogéneos que son interoperables, inteligentes, dinámicos, flexibles y escalables, es un universo de sensores accesibles en la red, datos sensados e información [XXI]. Combina ciber-infraestructura con Arquitectura Orientada a Servicios (Service Oriented Architecture SOA) y redes de sensores para proveer el acceso a recursos de sensores heterogéneos en una forma de despliegue independiente [XXII].

El habilitamiento de la web para manejo de sensores (Sensor Web Enablement SWE), que es una iniciativa del Open Geospatial Consortium, desarrolla en gran medida el concepto de web de sensores, es un marco único de los estándares abiertos para la explotación de los sistemas de sensores conectados a la red [XXIII]. Se enfoca a la definición de un conjunto de modelos, normas y estándares que permitan entre otras cosas: Descripción de sensores y sistemas de sensores, descubrimiento de sensores, solicitud y recuperación de datos, intercambio y procesamiento de observaciones de sensor, así como la programación de sensores y sistemas de sensores [XXIV]. Dicho en otras palabras se busca disponer de los datos de los sensores a través de servicios web, establece el marco de interoperabilidad para el acceso y utilización de sensores y sistemas de sensores en un marco de referencia espacio-temporal a través de la red Internet. El objetivo es buscar que todo tipo de sensores sin importar su complejidad, instrumentos y dispositivos de imágenes residentes en la web, incluidos los depósitos de datos de sensores, sean detectados, accesibles y controlados vía web, o sea redes de sensores basadas en un entorno web [XXV]. En SWE el término "sensor" es genérico, es decir además de referirse al dispositivo físico puede hacer referencia a otros aspectos como archivos de observación, simulaciones y algoritmos de procesamiento. El SWE actúa como una capa intermedia (middleware) entre los activos físicos y herramientas automáticas u operadas por personas.

Las especificaciones o servicios que incluye el marco de trabajo de Sensor Web Enablement son las siguientes [XXIV]:

- **Observations & Measurements O&M.** Observaciones y Medidas, modelo de información y esquemas de codificación XML para observaciones y medidas de sensor, bien sea que estén almacenadas o en tiempo real. Define un conjunto de términos utilizados en medidas y las relaciones entre ellos, los modelos propuestos son descritos utilizando UML [XXVII].
- **Sensor Model Language SensorML.** Lenguaje de modelo de sensor, especifica el modelo de

información y los esquemas de codificación XML para la descripción de cualquier tipo de sensores o plataformas de sensores. Esta información es necesaria para localización, consulta y control de sensores en la web [XXVIII].

- **Transducer Markup Language TML.** Lenguaje de Marcas Traductor, es un protocolo basado en XML para el intercambio de flujos de datos en tiempo real o de datos archivados y/o datos de cualquier sistema de sensores. Permite interoperar sistemas de sensores heterogéneos. [XXIX][XXX]
- **Sensor Observation Service SOS.** Servicio de Observación de Sensor, proporciona una interfaz web para la recuperación de observaciones de cualquier tipo de sensores descritas en O&M, así como la descripción de sensores o plataformas de sensores, escritas en SensorML [XXXI]. Reemplazó a la especificación anterior denominada Sensor Collection Service SCS [XXXII].
- **Sensor Planning Service SPS.** Servicio de Planificación del Sensor, permite consultar información de la capacidad de un sensor y reprogramarlo o calibrarlo. Determina la viabilidad de los datos de uno o varios sensores o plataforma de sensores y permite gestionar las peticiones y transacciones de datos [XXXIII].
- **Web Notification Service WNS.** Servicio de Notificación Web, permite que un cliente realice diálogos asíncronos para el intercambio mensajes o alertas de servicios como SAS, SPS u otros servicios. Ofrece la capacidad de notificar a un usuario y/o servicio que se produjo en evento específico y recibir su respuesta [XXXIV].
- **Sensor Alert Service SAS.** Servicio de Alerta de Sensor, proporciona una interfaz abierta para publicación y suscripción a alertas de sensores. Provee una variedad de alertas como por ejemplo valores medidos por encima de un umbral, detección de movimiento o presencia de una característica reconocible o el estado del sensor por ejemplo batería baja, cierre o arranque del mismo [XXXV].

#### 4.1 SENSOR OBSERVATION SERVICE SOS

Este servicio proporciona una interfaz web para el acceso de manera estándar a observaciones de cualquier tipo de sensores sean estos remotos, in-situ, fijos y sensores móviles. Estas observaciones están descritas en O&M. También permite obtener la descripción de sensores o plataformas de sensores, las cuales están elaboradas en SensorML [XXIV]. Un cliente puede en tiempo real

acceder a un determinado recurso de datos, aunque también permite el acceso a información almacenada, es decir el servicio actúa como un intermediario entre el usuario y el recurso. También facilita el registro y localización en línea de redes de sensores y el enlace a diccionarios de observación los cuales contienen información para observables que pueden ser medidos por sensores [XXXVI].

SOS provee una interface de programación de aplicaciones (API) para manejo de sensores desplegados y recuperación de datos de sensores. Bien sea que las medidas sean hechas con sensores in-situ como por ejemplo en monitoreo de agua o sensores dinámicos como es el caso de imágenes de satélite, las cuales contribuyen ampliamente en volumen de datos a los actuales sistemas geoespaciales [XII].

El SOS consta de 3 operaciones fundamentales descritas en formato XML [XXXI]:

- **GetCapabilities:** Proporciona el acceso a los metadatos de servicio de SOS, es decir la descripción de la capacidad del servicio y de la colección de datos que mantiene.
- **GetObservation:** Permite el acceso a datos de observaciones y medidas de un conjunto de sensores, por medio de consultas espacio-temporales que pueden estar filtradas por fenómeno.
- **DescribeSensor:** Recupera información detallada acerca de los sensores y las plataformas devolviendo la descripción en SensorML.

Este servicio ofrece además varias operaciones no obligatorias que también han sido definidas. Hay dos operaciones para soportar las transacciones:

- **RegisterSensor:** Permite que el usuario registre un nuevo sensor, dado que las observaciones de un sensor solo pueden ser insertadas si este ha sido previamente registrado.
- **InsertObservation:** Permite al cliente insertar nuevas observaciones de un sensor. Es una petición al SOS que incluye la identificación del sensor, la cual se obtuvo cuando se realizó la operación de registro.

Adicionalmente existen siete operaciones opcionales para mejorar el perfil:

- **GetObservationById:** Devuelve una observación basada en un identificador, previamente obtenido por el cliente de otro documento XML o una llamada anterior a una operación de inserción.

- **GetResult:** Permite que un cliente obtenga repetidamente datos del mismo conjunto de sensores si tener que enviar y recibir peticiones y respuestas que en gran medida contienen los mismos datos.
- **GetFeatureOfInterest:** Retorna una característica de interés que fue anunciada en una de las ofertas de observación del SOS, por ejemplo podría ser una estación para sensores in-situ.
- **GetFeatureOfInterestTime:** Devuelve los periodos de tiempo durante los cuales el SOS retornará datos para una determinada característica de interés.
- **DescribeFeatureType:** Devuelve el esquema XML para una determinada característica GML anunciada en **GetCapabilities**.
- **DescribeObservationType:** Retorna el esquema XML que describe el tipo de observación que se devuelve para un fenómeno particular.
- **DescribeResultModel:** Devuelve el esquema para el resultado que será retornado cuando el cliente pregunte por el modelo de resultado dado.

En síntesis el SOS define un modelo común para todos los sensores, sistemas de sensor y sus observaciones. Este modelo no es de dominio específico y puede ser usado sin conocimiento previo de los esquemas de aplicación de dominio específico. Utilizado conjuntamente con otras especificaciones OGC, el SOS provee un amplio rango de capacidades de interoperabilidad para descubrimiento, enlazamiento y consulta de sensores individuales, plataformas de sensores, o constelaciones enlazadas en red de sensores en tiempo real, en ambientes reales o simulados [XXVII].

#### 4.2. SERVICIO DE PLANIFICACIÓN DE SENSOR SPS

Este servicio define una interfaz estándar para consultar sobre las capacidades de un sensor y su forma de trabajo. Se puede consultar aspectos como la viabilidad de una determinada consulta de datos reunidos en un sensor o en una plataforma de sensores, presentar dicha solicitud de consulta, conocer el estado de la solicitud y actualizar o cancelar esta solicitud. También facilita la consulta sobre otros servicios que permiten el acceso a los datos recolectados por la tarea requerida. El servicio es flexible para el manejo de una amplia variedad de configuraciones, facilita la asignación de sensores, el tratamiento de observaciones del sensor, la simulación y el registro para la notificación de alertas [XII] [XXXVII].

Las operaciones SPS, se clasifican en informativas y

funcionales [XXXIII]. Las operaciones informativas son:

- **GetCapabilities.** Permite solicitar y recibir información sobre las capacidades de un servidor específico. También soporta la negociación de la versión de especificación que esta siendo utilizada en las interacciones cliente-servidor.
- **DescribeTasking.** Permite solicitar la información que es requerida para preparar una solicitud de asignación destinada a los activos que son soportados por el SPS y que son seleccionados por el cliente. El servidor retornará la información de todos los parámetros que tienen que ser establecidos por el cliente para realizar una operación de envío.
- **DescribeResultAccess.** Permite recuperar información de cómo y cuando los datos fueron producidos por el activo que puede ser accedido. La respuesta del servidor puede contener enlaces a cualquier tipo de datos obtenidos con los servicios web de OGC.
- **GetStatus.** Proporciona información sobre el estado actual de la tarea, verifica el progreso de la misma.

Las operaciones funcionales son:

- **GetFeasibility.** Provee información sobre la viabilidad de realizar satisfactoriamente la tarea requerida (en línea o con una notificación posterior del WSN).
- **Submit.** Envía la solicitud de asignación de tarea actual.
- **Update.** Permite a un cliente cambiar o actualizar una tarea previamente enviada.
- **Cancel.** Permite a un cliente cancelar una tarea previamente solicitada.

#### 5. COMPUTACIÓN GRID

Una grid computacional es una infraestructura hardware, software, datos y otros recursos, que suministra al usuario acceso seguro, consistente y relativamente económico con altas capacidades computacionales de procesamiento y almacenamiento de datos. La grid esta conformada por recursos heterogéneos que pertenecen a organizaciones distintas separadas geográficamente [XXXVIII]. La computación grid permite compartir potencia computacional mediante una infraestructura flexible donde los recursos son utilizados y compartidos cuando se requieren, permite aprovechar al máximo la capacidad instalada en un sistema tradicional especialmente en los periodos que permanece ociosa debido a la baja carga de trabajo [XXXIX].

El propósito es obtener una mayor potencia de cálculo, capacidad de almacenamiento y mejor aprovechamiento de los recursos combinando los recursos computacionales disponibles en las organizaciones. En la actividad científica la solución de problemas que requieren inconmensurables capacidades de procesamiento y almacenamiento que no ofrece ninguna máquina individualmente, será viable por las posibilidades que ofrece la computación grid de integrar la potencia de infraestructuras de cómputo [XL]. La grid es un tejido de recursos físicos y humanos que enlaza redes a nivel mundial conformando organizaciones virtuales, implica compartir recursos autónomos distribuidos geográficamente, es un concepto que va más allá de la web. Las principales áreas de utilización de la computación grid son [XLI]:

- Aplicaciones con grandes necesidades computacionales: Simulación de procesos complejos, predicción y monitorización de fenómenos climáticos, manejo de información geográfica.
- Aplicaciones que requieren gran capacidad de almacenamiento o procesamiento de datos: Generan en forma permanente inmensos volúmenes de datos, por ejemplo un acelerador/colisionador de partículas. Aplicaciones que requieren el acceso datos similares ubicados en distintas organizaciones.
- Aplicaciones colaborativas: Aquellas que por su naturaleza involucran varias organizaciones y se benefician de la tecnología que permite la comunicación entre estas. Tenemos las teleconferencias, reuniones virtuales, telemedicina, etc.
- Aplicaciones empresariales: Pasar del ámbito científico y académico al mundo empresarial.

La computación grid también aplica el enfoque de arquitectura orientada a servicios SOA, que define la utilización de servicios para dar soporte a los requerimientos de software del usuario, ofrece una metodología y un marco de trabajo para documentar las capacidades del negocio, plantea un entorno donde una aplicación se constituye de componentes independientes denominados servicios [XLVIII].

Hacia futuro la grid es presentada como una analogía con la redes eléctricas donde los usuarios pueden tener acceso a la electricidad a través de las tomas en la pared, sin preocuparse de donde viene o como es producida la energía. De igual manera los usuarios de la grid podrán acceder al poder de cómputo que esta ofrece sin preocuparse como se obtiene, la infraestructura disponible enlaza recursos heterogéneos como servidores, estaciones de trabajo, computadores

personales y dispositivos de almacenamiento. La grid será omnipresente es decir los recursos computacionales remotos serán accesibles desde distintas plataformas que incluyen estructuras fijas y móviles. Los servicios grid serán obtenidos a través de internet [XLII].

## 6. SENSOR GRID

Sensor Grid combina las posibilidades que ofrecen las redes inalámbricas de sensores y la computación Grid, para ofrecer una infraestructura que permita compartir recursos y datos de diversos sistemas de sensores, integra la capacidad de adquisición y procesamiento de datos en tiempo real mediante redes de sensores con la capacidad de computación distribuida intensiva de la Grid. Busca aprovechar al máximo las características y fortalezas complementarias que ambas poseen [XLIII]. Existen varias razones para el uso de sensor grid: la gran cantidad de datos recolectados por los sensores pueden manejados aprovechando las capacidades de procesamiento y almacenamiento que ofrece una grid, los sensores o sistemas de sensores pueden ser compartidos eficientemente por distintos usuarios y aplicaciones, los sensores con procesadores integrados ofrecen mayor potencia computacional para tareas de descarga de imágenes y procesamiento de señales y además ofrecen en general acceso transparente a una gran variedad de recursos [XLIV].

La integración de redes de sensores y computación grid en Sensor Grid es como dar "ojos" y "orejas" a la computación grid. La información en tiempo real acerca de fenómenos del mundo físico puede ser procesada, modelada, correlacionada y extraída para permitir decisiones sobre la marcha y acciones que deban adoptarse a gran escala. Por ejemplo el monitoreo al medio ambiente para la predicción y alerta oportuna de desastres naturales como tornados o tsunamis o la detección, seguimiento e interceptación de misiles [XLV].

Un ejemplo es el proyecto NOSA (NICTA Open SensorWeb Architecture) que desarrolló una plataforma completa compatible con los estándares existentes y un middleware para integración de redes de sensores con las nuevas plataformas de computación distribuida tales como Grid [XLVI]. Se construyó basado en el estándar Sensor Web Enablement de la Open Geospatial Consortium [XXIV], presenta una arquitectura de web de sensores orientada a servicios con características de reusabilidad, escalabilidad, extensibilidad e interoperabilidad.

Sensor Grid es un componente importante de la Ciberinfraestructura emergente, que soporta Aplicaciones "e-\*" tales como e-Science, e-Business, e-Health y

e-Life. El desarrollo actual de sensores y grids está fuertemente impulsado por las aplicaciones y ambas se complementan y se necesitan mutuamente. Sensor Grid ofrece muchas oportunidades para crear diversas aplicaciones interesantes en varios dominios [XLVII].

## 7. CONCLUSIONES

El desarrollo de las tecnologías inalámbricas ha permitido un avance significativo en el desarrollo de redes de sensores. Una de las áreas donde mayor impacto y aplicación han tenido estas tecnologías es en las redes inalámbricas de geosensores que permiten el manejo de información geográfica que es de vital importancia en diversos campos del quehacer humano.

Una web de sensores permite la interconexión, seguimiento y control de miles de sensores heterogéneos accesibles en la red, manejar las cantidades inconmensurables de datos que ellos obtienen sobre diversos fenómenos ambientales. El concepto de web de sensores fue puesto en la práctica por la iniciativa Sensor Web Enablement SWE que definió un marco de estándares abiertos interoperables que permiten habilitar la web para la gestión de sensores y el manejo de la información generada por ellos. SWE ofrecerá muchas posibilidades en aspectos como la gestión ambiental, seguridad, transporte y control industrial entre otros campos de la actividad humana.

Sensor Grid, que es la combinación de las fortalezas que ofrecen la computación grid y las redes inalámbricas de sensores, permitirá la implementación de infraestructuras emergentes que apoyaran el desarrollo de múltiples aplicaciones, que manejan grandes volúmenes de datos y por lo tanto requieren gran capacidad de procesamiento y almacenamiento, entre ellas podemos mencionar las aplicaciones geomáticas.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [I] Sensores Inteligentes e Instrumentación Digital [En línea]. Disponible en: <http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/sensores/Tutorial/TECNO7.pdf> [Consulta: 17/ 11/2010].
- [II] POLLA, D. L. MEMS Technology and Applications. En: International Symposium VLSI Technology, Systems and Applications. Taipei, Taiwan. 2000.
- [III] BOTTS, Mike; PERCIVALL, George; REED, Carl y DAVIDSON, John. OGC 07-165 Sensor Web Enablement: Overview And High Level Architecture. [En línea]. USA. 2007. Disponible en: <http://www.opengeospatial.org>
- [IV] ROGERS S. Gary y EDWARDS, John. An Introduction to Wireless Technology. New Jersey: Edit Prentice Hall PTR, 2003. 538 p.
- [V] Fundación COTEC para la innovación tecnológica. Documento Nro. 22. Tecnología Wireless. Madrid: Ed. Gráficas Arias Montano S.A, 2005.
- [VI] ZHAO, Feng y GUIBAS, Leonidas J. Wireless Sensors Networks: An Information Processing Approach. San Francisco USA: Edit. Elsevier, 2004. 358 p.
- [VII] ESTRELLA, Carlos Iván y GARCÍA, José Antonio. Control de Reprogramación Dinámica en Redes Inalámbricas de Sensores. México. 2006.
- [VIII] CRAIG C. William. Zigbee: Wireless Control That Simply Works. [En línea]. ZMD America Inc. 2004. Disponible en: <http://www.zigbee.org>.
- [IX] STEFANIDIS, Anthony y NITTEL, Silvia. GeoSensor Networks. Florida USA: Edit CRC Press, 2005. 296 p.
- [X] NITTEL, Silvia; DUCKHAM, Matt y KULIK, Lars. Information Dissemination in Mobile Ad Hoc Geosensor Networks. 2003.
- [XI] WORBOYS, Michael F. Knowledge Discovery using Geosensor Networks. USA. 2005.
- [XII] OGC OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM [En línea]. Disponible en: <http://www.opengeospatial.org>. [Consulta 07/01/2011].
- [XIII] OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM. OGC 08-062r4 Reference Model OGC. [En línea]. Version 2.0. USA. 2008. Disponible en: <http://www.opengeospatial.org>.
- [XIV] CLEMENS, Portele. OGC 07-036 OpenGIS Geography Markup Language (GML) Encoding Standard. [En línea]. USA. 2007. Disponible en: <http://www.opengeospatial.org>.
- [XV] HERRIN, John R. OGC 08-079 OWS5: OGC Web Feature Service Core and Extensions. [En línea]. USA. 2008. Disponible en: <http://www.opengeospatial.org>.
- [XVI] DE LA BEAUJARDIERE, Jeff. OGC 06-042 OpenGIS Web Map Server Implementation Specification. [En línea]. USA. 2006. Disponible en: <http://www.opengeospatial.org>.

- [XVII] LANKESTER, Thomas H. G. OGC 07-063r1 OpenGis Web Map Services-Profile for EO Products. [En línea]. USA. 2009. Disponible en: <http://www.opengeospatial.org>.
- [XVIII] WHITESIDE, Arliss y EVANS, John D. OGC 07-067r5 Web Coverage Service (WCS) Implementation Standard. [En línea]. USA. 2008. Disponible en: <http://www.opengeospatial.org>.
- [XIX] NEBERT, Douglas; WHITESIDE, Arliss y PANAGIOTIS, Vretanos. OGC 07-006r1 OpenGIS Catalogue Service Specification. [En línea]. USA. 2007. Disponible en: <http://www.opengeospatial.org>.
- [XX] WILSON, Tim. OGC 07- 147r2 OGC KML. [En línea]. USA. 2008. Disponible en: <http://www.opengeospatial.org>.
- [XXI] DI, Liping. Geospatial Sensor Web and Self-adaptative Earth Predictive Systems (SEPS). Center for Spatial Information Science and Systems (CSISS). George Mason University. USA. 2008.
- [XXII] KOBIALKA, Tomasz; BUYYA, Rajkumar; DENG, Peng; KULIK, Lars y PALANISWAMI, Marimuthu. Sensor Web: Integration of Sensor Networks with Web and Cyber Infrastructure. En JIN, H. y JIANG W. Handbook of Research on Developments and Trends in Wireless Sensor Networks: From Principle to Practice. USA. 2010. Cap. 20
- [XXIII] REICHARDT, Mark. OGC 05-063 Sensor Web Enablement. [En línea]. USA. 2005. Disponible en: <http://www.opengeospatial.org>.
- [XXIV] SIMONIS, Ingo. OGC 06-021r4 Sensor Web Enablement Architecture. [En línea]. USA. 2008. Disponible en: <http://www.opengeospatial.org>.
- [XXV] CHU, Xingchen y BUYYA, Rajkumar Buyya. Service Oriented Sensor Web. En: Sensor Network and Configuration: MAHALIK, N. P. Fundamentals, Standards, Platforms, and Applications. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2007. p. 51-74.
- [XXVI] PERCIVALL, George y REED, Carl. Sensor Web Enablement Standards. Sensors & Transducers Journal Vol. 17. Issue 9. p. 698-706. Sep. 2006.
- [XXVII] COX, Simon. OGC 07-022r1 Observations and Measurements – Part1 – Observation schema. [En línea]. USA. 2007. Disponible en: <http://www.opengeospatial.org>.
- [XXVIII] BOTTS, Mike y ROBIN, Alexandre. OGC 07-000 OpenGIS Sensor Model Language (SensorML) Implementation Specification. [En línea]. USA. 2007. Disponible en: <http://www.opengeospatial.org>.
- [XXIX] HAVENS, Steve. OGC 06-010r6 Transducer Markup Language TML Implementation Specification. [En línea]. Version 1.0.0. USA. 2007. Disponible en: <http://www.opengeospatial.org>.
- [XXX] MANSO CALLEJO, Miguel Ángel. Puesta en marcha y explotación de geoservicios del OpenGeospatial Consortium. [En línea]. SWE: Sensor Web Enablement. Madrid. 2006. Disponible en: <http://mapas.topografia.upm.es/geoserviciosOGC/documentacion/SWE/SWE.pdf>.
- [XXXI] NA, Arthur y PRIEST, Mark. OGC 06-009r6 Sensor Observation Service. [En línea]. USA. 2007. Disponible en: <http://www.opengeospatial.org>.
- [XXXII] McCARTY, Tom. OGC 02-028 Sensor Collection Service. [En línea]. Version 0.5.1. Open GIS Consortium Inc. USA. 2002. Disponible en: <http://www.opengeospatial.org>.
- [XXXIII] SIMONIS, Ingo. OGC 07-014r3 Sensor Planning Service Implementation Specification. [En línea]. USA. 2007. Disponible en: <http://www.opengeospatial.org>.
- [XXXIV] SIMONIS, Ingo y ECHTERHOFF, Johannes. OGC 06-095r1 Web Notificacion Service Implementation Specification. [En línea]. USA. 2007. Disponible en: <http://www.opengeospatial.org>.
- [XXXV] SIMONIS, Ingo OGC 06-028r3 Sensor Alert Service Candidate Implementation Specification. [En línea]. USA. 2007. Disponible en: <http://www.opengeospatial.org>.
- [XXXVI] INIESTO ALBA, M.J. y CARBALLO CRUZ, P. Sensor Web Enablement: Todos los sensores conectados a la red. [En línea]. Madrid. Topcart 2004. Disponible en: <http://www.cartesia.org/geodoc/topcart2004/conferencias/60.pdf>

- [XXXVII] MÉRIGOT, Philippe y IMAGE, Spot. OGC 07-018r2 Sensor Planning Service Application Profile for EO Sensors. [En línea]. Version 0.9.5. USA. 2008. Disponible en: <http://www.opengeospatial.org>.
- [XXXVIII] PENG, Q; SCHISSEL, D.P; THOMPSON, M; FOSTER Ian; GREENWALD M; McCUNE, D; KEAHEY, K; FREDIAN, T. The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations. 2002.
- [XXXIX] JACOB, Bart; BROWN, Michael; FUKUI, Kentaro; TRIVEDI Nihar. Introduction to Grid Computing, [En línea]. IBM redbooks, USA 2005. Disponible en: <http://www.redbooks.ibm.com/abstracts/sg246778.html?Open>.
- [XL] FOSTER, Ian y KESSELMAN Carl. The Grid 2: Blueprint for a New Computing Infrastructure (The Elsevier Series in Grid Computing)". Morgan Kaufmann: 2da edición. 2003.
- [XLI] SOTOMAYOR Borja. Introducción a la Computación Grid. [En línea]. USA. 2010. Disponible en: <http://www.e-ghost.deusto.es/docs/IntroduccionGrid.pdf>
- [XLII] Qué es la Computación Grid. [En línea]. Gridcafé. 2010. Disponible en: [http://www.gridcafe.org/que-es-la-computacion-grid\\_ES.html](http://www.gridcafe.org/que-es-la-computacion-grid_ES.html).
- [XLIII] CHEN-KHONG, Tham. Sensor-Grid Computing and SensorGrid Architecture for Event Detection, Classification and Decision-Making. En: Sensor Network and Configuration: Fundamentals, Techniques, Platforms, and Experiments. Germany: Ed. NP Mahalik, Springer-Verlag, 2006.
- [XLIV] HOCK BENG, Lim; YONG MENG Teo; PROTIK, Mukherjee; VINH The Lam; WENG FAI Wong y SIMON See. Sensor Grid: Integration of Wireless Sensor Networks and the Grid. Proceedings of the IEEE Conference on Local Computer Networks 30th Anniversary (LCN'05). IEEE Computer Society. 2005.
- [XLV] CHEN-KHONG, Tham y BUYYA, Rajkumar. SensorGrid: Integrating Sensor Networks and Grid Computing. En: CSI Communication. Computer Society of India. Vol. 29 No. 1, p. 24-29. July 2005.
- [VLVI] NICTA Open SensorWeb Architecture. [En línea]. Disponible en [http://www.nicta.com.au/research/project\\_list/completed\\_projects/nicta\\_open\\_sensorweb\\_architecture](http://www.nicta.com.au/research/project_list/completed_projects/nicta_open_sensorweb_architecture).
- [XLVII] BUYYA, Rajkumar. SensorGrid: A new Cyberinfrastructure Integrating Sensor Network and Grid Computing for e-Science Applications. [En línea]. Melbourne. 2010. Disponible en <http://www.buyya.com>.
- [XLVIII] LINTHICUM, David. S. Defining, Designing and Implementing SOA-Based Data Service. [En línea]. Disponible en: <http://www.idgconnect.com/idgconnect/download>. Consulta [01/27/2011]