

**PERSISTENCE OF DATA GATHERED BY WIRELESS GEOSENSORS NETWORKS
IN ENVIRONMENT GRID**

**PERSISTENCIA DE DATOS RECOLECTADOS POR REDES INALÁMBRICAS DE
GEOSENSORES EN AMBIENTE GRID**

Ing. Francisco Arnaldo Vargas Bermúdez, PhD. José Nelson Pérez

Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”

Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones

Grupo de Investigación en Informática, Comunicaciones y Gestión del Conocimiento

Tel.: 3-239300, T: 57-7-5685303, Ext. 156.

E-mail: franciscovargasb@uniboyaca.edu.co, nelsonp@udistrital.edu.co

Abstract: Wireless Sensors Networks allow to solve problems in different fields such as environment, health, constructions and many others; making use of three very important subjects such as perception, communications and computing which interrelated allow accomplishing a process that starts with the perception through the sensors, whether in-situ or remote. In this stage it is monitored and measures a physical, chemical or any other type phenomenon, to then use a type of communication that allows to send information to the interested entities, the aforementioned communication it is performed through wireless technologies because it offers very important characteristics to the development of sensors networks for instance the mobility and the use of the air as a way to transport data, when the data or information gets to its destination it begins the stage of informatics where the storage of information process takes place, with the purpose of giving the pertinent use according to the pursued objective, for instance in the area that studies the earths such as the geoprocessing, the georeferenciation and others.

Resumen: Las redes inalámbricas de sensores permiten solucionar problemas de diferentes ámbitos tales como ambientales, salud, construcción y muchos otros; haciendo uso de tres temáticas muy importantes como son la percepción, las comunicaciones y la computación, las cuales interrelacionadas permiten llevar a cabo un proceso que inicia con la percepción a través de los sensores ya sean in-situ o remotos, en esta etapa se monitorea y mide un fenómeno físico, químico o de cualquier otro tipo, para luego emplear un tipo de comunicación que permita enviar la información a las entidades interesadas, dicha comunicación se realiza a través de las tecnologías inalámbricas, debido a que éstas ofrecen características muy importantes para el desarrollo de redes de sensores como por ejemplo la movilidad y el uso del aire como medio de transporte para los datos, en el momento que los datos o información llega a su destino inicia la etapa de informática, donde se realiza el proceso de almacenamiento de la información con la finalidad de dar el uso pertinente según el objetivo perseguido, por ejemplo en el área que estudia la tierra se tiene el geoprocesamiento, la georeferenciación y otras.

Keywords: Wireless Technologies, Wireless Sensors Networks, Computation GRID.

1. INTRODUCCION

Las tecnologías inalámbricas en la actualidad ofrecen ventajas frente a las tecnologías alambradas, debido a que permiten una gran movilidad de los agentes involucrados en el proceso de comunicación y además permiten el ahorro de instalación de grandes longitudes de medios alambrados, es por ello que las redes de sensores las han utilizado con la finalidad de formar las redes inalámbricas de sensores. Pero esta gran tecnología presenta problemas, algunos de ellos inherentes a los sensores y otros propios del funcionamiento de una red de este tipo, para lo cual se ha desarrollado soluciones tecnológicas tales como protocolos, algoritmos y muchos otros. En la actualidad se busca utilizar el Internet para aprovechar el poder computacional de la computación grid, que permite la comunicación entre sensores y computadores con el fin de estandarizar la interoperabilidad de las tecnologías de información y la localización espacial. Además se busca aprovechar la capacidad de almacenamiento de datos que ofrece la computación grid, puesto que las redes inalámbricas de sensores producen cantidades exorbitantes de datos.

De acuerdo con todo lo anterior el presente documento se centrará en un análisis general de los aspectos teóricos de las temáticas que convergen en el diseño y desarrollo de redes inalámbricas; y en el tratamiento que se da a los datos captados por éstas.

En la primera parte se realiza una breve descripción de los conceptos de tecnologías inalámbricas y de las características más relevantes en las tecnologías inalámbricas de mayor uso en la actualidad y también se expondrá un análisis descriptivo de los dispositivos de monitoreo y medición llamados sensores; con la finalidad de entrar al mundo de las redes inalámbricas de sensores que sería la segunda sección, en donde se realiza una descripción de los conceptos, componentes, finalidades, problemas y aplicaciones de las redes inalámbricas de geosensores; para luego iniciar con la tercera sección que consiste en describir de forma general que es la computación grid, la sensor grid, y como funcionan, y en la quinta sección, se realiza de forma sucinta una descripción del

tratamiento de la persistencia de datos en estas tecnologías y por último se plasman las conclusiones a las que se llega luego de haber realizado este documento.

2. TECNOLOGIA INALÁMBRICA Y SENSORES

En la actualidad las tecnologías inalámbricas wifi, wimax, zigbee [1,2,3,4] utilizan radiofrecuencia, sistemas ópticos o de infrarrojo con el fin de permitir la comunicación entre dispositivos tales como computadores, celulares y sensores [5,6,7]. Dichos dispositivos, en este caso los sensores, permiten que procesos, tales como: los ambientales, los de salud, los sísmicos, los de construcción y muchos otros; obtengan información (temperatura, presión, nivel de contaminación, tensión arterial, etc) del exterior, la cual permita la toma de decisiones.

Dicha información recolectada puede ser archivada en bases de datos, para luego ser consultada o enviada directamente en tiempo real a las entidades interesadas, esto haciendo uso de redes inalámbricas conformadas por sensores o por Internet.

Es importante diferenciar entre actuadores y sensores, debido a que los primeros permiten realizar una acción específica sobre un medio físico por ejemplo apertura de puertas, alarma acústica, etc; basado en información proveniente bien sea de sensores, de procesos ejecutados con antelación, de seres humanos o de alguna otra fuente y los sensores como se expone anteriormente se dedican a monitorear, medir y obtener información del medio físico.

Pero estos dispositivos de forma aislada no presentan un gran valor agregado, es por ello, que se han conectado unos con otros haciendo uso de las últimas tendencias tecnológicas en el ámbito inalámbrico, debido a que estas permiten ubicar a éstos en diferentes sitios de gran extensión o en lugares poco accesibles o peligrosos para el ser humano, sin necesidad de utilizar medios físicos alambrados lo cual sería prácticamente imposible desde el punto de vista económico, además este tipo de estructura permite utilizar la red de sensores con el objetivo de almacenar los datos captados, como si se tratará de una base de datos distribuida obviamente con todas las limitaciones que aquejan a dichas redes, por ejemplo, los sensores deben ser alimentados por baterías, lo cual se traduce en

diversos problemas, puesto que su tiempo de vida depende de la fuente de energía, para mitigar estos problemas se ha diseñado soluciones tales como: dotar de capacidad de procesamiento al sensor, debido a que una de las actividades en las que éstos consumen mayor energía, es en la comunicación o envío de la información y obviamente al procesar se depura y disminuye el volumen de información a enviar. El componente básico de una red inalámbrica de sensores es el sensor; es por ello que a continuación se describe una breve evolución del sensor, el concepto de sensor y las partes que lo componen.

Desde el inicio de la computación hemos venido observando la evolución que han tenido los ordenadores, desde los mainframes, pasando por los computadores personales, los portátiles y en la actualidad con una nueva generación que se asemeja a éstos pero con un tamaño menor y unos objetivos diferentes, estos (sensores) últimos utilizados para convertirse en detectores de lo que sucede en el medio ambiente.

He aquí algunas definiciones dadas por diferentes autores:

Definición 1: Es un dispositivo cuya función es identificar, almacenar y en algunos casos preprocesar información captada del medio ambiente como la temperatura, humedad, intensidad de la luz y muchos otros según la aplicación que se de a éstos [8].

Definición 2: Es un transductor que convierte un fenómeno físico tal como calor, luz, sonido, o movimiento en eléctrico u otras señales que se pueden manipular a fondo por el otro aparato [6]. Como se puede observar las diferentes definiciones coinciden en que la función principal es el monitoreo del medio ambiente, es decir, de todo aquello que nos rodea.

Ahora se conocerá la forma como se encuentra estructurado, el sensor es integrado en una unidad llamada mote o nodo sensor que se encuentra compuesto además del sensor por: Microprocesador, memoria, batería, dispositivo de comunicación, sensor; para una mejor ilustración ver la figura 1.

Dichos elementos interactúan entre si con el fin de realizar la actividad para la cual fue programado el sensor [8].

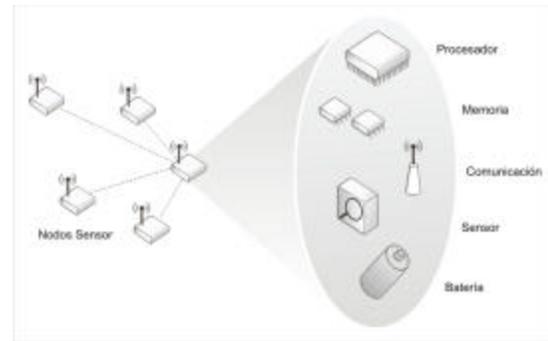


Fig. 1: Componentes de los nodos sensores [8]

Pero como se programan estos motes, en un inicio era necesario conectarlos a una computadora, lo que implicaba el empleo de muchísimo tiempo en esta actividad, debido a que se dependía del cableado y de muchos otros factores que influyen directamente en la velocidad con que se realizaba dicha tarea, después apareció la tecnología USB mejorando esta actividad y en la actualidad se utiliza la reprogramación por vuelo que también se puede referenciar como programación dinámica.

Clasificación de los sensores: Los sensores se pueden clasificar en sensores in-situ y sensores remotos [8]; los sensores in-situ son aquellos que se ubican muy cerca del objeto a monitorear y los sensores remotos como su nombre lo indica son aquellos que se ubican o se encuentran a distancias amplias del objeto a medir o monitorear, estos se pueden clasificar en activos y pasivos; los pasivos son aquellos que se limitan a recibir la energía proveniente de un foco exterior a ellos y los activos cuando son capaces de emitir su propio haz de energía, siendo éstos últimos los más flexibles, pues no dependen de las condiciones exteriores al sistema sensor tierra. Dentro de los pasivos encontramos a los fotográficos, óptico electrónicos y de antena. Los activos se clasifican en: Sensores de microondas, dentro de estos el más utilizado es el radar y dentro de los radar podemos enumerar algunos de ellos como son: El scatterometer, el altímetro, el radar de apertura sintética (SAR), color del océano y sensores infrarrojos: Dentro de los cuales podemos citar los siguientes: sensores de color y sensores de Infrarrojos, por ejemplo el LIDAR (*Ligh Detection and Ranging*) [9].

A estas redes conformadas por sensores se les denomina redes inalámbricas de sensores, como se puede intuir por el hecho de no emplear cableado, estas redes permiten realizar grandes trabajos como el intercambio y almacenamiento de datos que

permitan apoyar la toma de decisiones en diferentes ámbitos de la ciencia tales como la agricultura, la salud, la minería, la construcción, el transporte, la geografía, etc., todo esto gracias a las tecnologías inalámbricas, las cuales se tratan en [10,11,12]. Es por ello que a continuación se presentará una breve descripción de las redes inalámbricas de geosensores y de algunos de los trabajos que se han desarrollado haciendo uso de ellas.

3. REDES INALAMBRICAS DE SENSORES

Las redes inalámbricas de geosensores son las mismas redes inalámbricas de sensores [13], pero con la diferencia que estos últimos están netamente enfocados al monitoreo de variables ambientales y geográficas [14], en la figura 2 se muestra la arquitectura de una red de sensores genérica, su objetivo principal es transmitir los datos desde un array de sensores a un servidor que sirve de depósito.

Estas redes poseen problemas inherentes y otros heredados por los sensores, algunos de los más serios son la limitación en energía con que cuentan los sensores y otro la localización de estos [15], para lo cual se han desarrollado soluciones que permiten mitigar en cierta medida dichos problemas, algunas de ellas son:

- Para el problema de la energía: los elementos del sistema tomarán decisiones, sobre qué datos pasar para minimizar la energía consumida y maximizar el contenido de la información, protocolos de encaminamiento, bases de datos, poner a dormir el nodo mientras no tenga actividad (capturar información o enviar información), el nodo periódicamente debe realizar un proceso de sincronización en el tiempo, lo que le implica intercambiar información de control con otros nodos [16], la red zigbee y el estándar de desarrollo IEEE 802.15.4 los cuales en conjunto permiten el diseño de redes inalámbricas de sensores de bajo costo; para lo cual la red zigbee trata tres tipos de aplicaciones: Datos periódicos, datos intermitentes, datos repetitivos de baja latencia, cuya explicación se encuentra en [17], otra investigación que muestra la importancia que tiene el ahorro de energía en redes inalámbricas de sensores es la desarrollada por los ingenieros Gustavo Adolfo Prieto Obando y Antonio García Roza en la Universidad de los Andes, ellos en su trabajo titulado “Diseño de una Red Inalámbrica IEEE 802.11 FH/CDMA con

Protocolo IP para Monitoreo y Control”, mediante simulaciones muestran la importancia de contar con mecanismos que minimicen el consumo de energía en redes inalámbricas de sensores (RIS) [18].

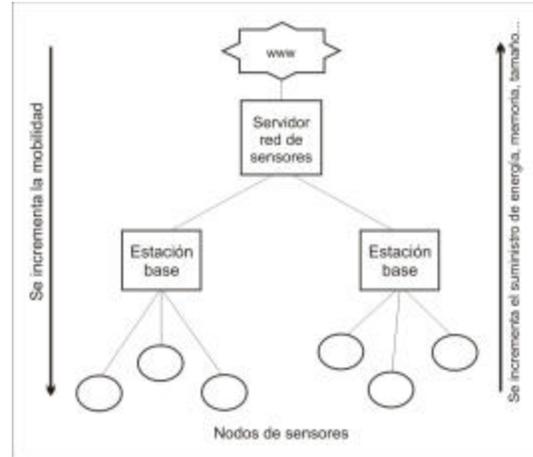


Fig. 2: Arquitectura genérica de una red de sensores ambiental [21]

- Para el problema de localización exacta de los sensores en una topología que no se encuentra definida debido a la distribución de los sensores, o debido a que los sensores se encuentren en territorios no accesibles al ser humano o a que éstos se encuentren en situaciones que generen peligro para la integridad de las personas y en general a muchas otras limitaciones; esta limitación es de tener en cuenta puesto que la ubicación de los sensores es muy importante para la centralización de los datos captados por éstos; es ahí donde aparecen los algoritmos localizadores [19].

Cada una de estas soluciones enfocada a prestar un servicio que colabore para obtener un buen rendimiento de la red.

Otra importante consideración es la durabilidad de los sensores en estos entornos sin vigilancia en un periodo largo de tiempo. Por ejemplo en los experimentos de la isla de Great Duck [20], la causa principal de fallos en los componentes fue la corrosión en los componentes eléctricos debido a las condiciones ambientales tan desfavorables, factor por el cual se hace necesario ofrecer persistencia en los datos que dichas redes almacenan en sus nodos.

Hasta el momento se ha realizado un bosquejo de la parte técnica de las redes inalámbricas de sensores y de geosensores, a continuación se citará algunas de las aplicaciones o proyectos desarrollados o que aún se encuentran en proceso de desarrollo, basados en la utilización de redes de inalámbricas de geosensores [21]: Control de microclimas, control ambiental, agricultura de precisión, sistema para la vigilancia del amazonas (SIVAM), GLACSWEB, MIDRA.

Una vez terminado el análisis de las redes inalámbricas de sensores y de geosensores (RIS/RIG) se concluye que esta tecnología se puede aplicar a diferentes áreas de la ciencia; una de ellas la tierra, es por ello que la investigación a realizar se enfocará en el análisis de las redes inalámbricas de geosensores, puesto que éstas no son más que una red del sensor que supervisa fenómenos en el espacio geográfico, y en el cuál se recoge el contenido geoespacial de la información, agregado, analizado y supervisado por una red de geosensores fundamental [22], para ello éstas hacen uso de diferentes mecanismos que permiten la persistencia de los datos, sin los cuales no sería posible lograr todas estas aplicaciones y colaboraciones prestadas por parte de dicho tipo de redes.

4. COMPUTACIÓN GRID

“Un grid computacional es una infraestructura hardware y software que suministra al que la utiliza acceso seguro, consistente, penetrante y barato, a unas elevadas capacidades computacionales” [23,24]. Cuando se habla de hardware y software se engloban todos aquellos recursos que son computacionalmente utilizables, tales como computadores, sensores, ciclos de CPU, bases de datos, etc; todos ellos ensamblados y controlados por software [25], el cual permite dicha interrelación de forma segura. Todo esto surge debido a la necesidad de aprovechar los recursos computacionales de las empresas que muchas veces son subutilizados y por otro lado, también debido a que existen empresas que no tienen la capacidad tecnológica para realizar labores propias de su misión, es por ello que en la computación grid varias organizaciones o empresas participan haciendo disponible sus recursos computacionales formando organizaciones virtuales que no son otra cosa que la unión de usuarios de la grid organizados dinámicamente para compartir una

serie de recursos computacionales [26], en éstas se implementan políticas para permitir el funcionamiento armonioso, eficiente y eficaz de los procesos inherentes a su funcionamiento, procesos como la seguridad, balanceo de carga [27], paralelismo [26,28], fiabilidad, administración de recursos.

Esta maravilla se logra haciendo uso de la Web, pero no debemos confundir la funcionalidad de ésta que es “un servicio para compartir información a través de Internet” y el grid que es “un servicio para compartir potencia de cálculo y capacidad de almacenamiento a través de la red” [29]; siendo estos 2 últimos los recursos más escasos en este ámbito de la ciencia, es por ello que se virtualiza todos estos recursos participantes de una grid, con la finalidad de formar un supercomputador virtual que permita desarrollar tareas que para máquinas normales no es posible realizar o emplearían mucho tiempo; cabe anotar que esto es transparente para el usuario final, por ejemplo en el caso del almacenamiento de datos, la ubicación de éstos debe presentarse al usuario como si se encontrara en un solo sitio. Citando a [30] en una de sus conferencias organizada por eghost, en donde menciona el proyecto LHC (*Large Hadron Collider*), el cual es un acelerador/colisionador de partículas de 27km de circunferencia, que está siendo construido en el CERN, con el objetivo de encontrar el misterioso bosón de higgs, el cual iniciará a funcionar en el 2007, momento en el cual generará cantidades extremadamente grandes de datos, las cuales no podrán ser almacenadas en un solo nodo, es éste un ejemplo claro en el cual la computación grid es de gran ayuda.

Pero que nos permite hacer tangible todo esto? El software que se encarga de realizar todos los procesos necesarios para el buen funcionamiento; encontrando dentro de dicho software el estándar de facto llamado GLOBUS [31,32].

Otro ámbito que genera cantidades exorbitantes de datos es el de las redes inalámbricas de sensores, es por ello, que surge la necesidad de integrar la grid computacional con las redes inalámbricas de sensores, para lo cual se ha desarrollado la sensor grid [33,34], la cual puede estar compuesta por redes inalámbricas de sensores heterogéneas y por recursos normales de una grid computacional como por ejemplo computadores, servidores, arreglos de discos y almacenamiento de datos del sensor [35], su organización se puede observar en la figura 3.

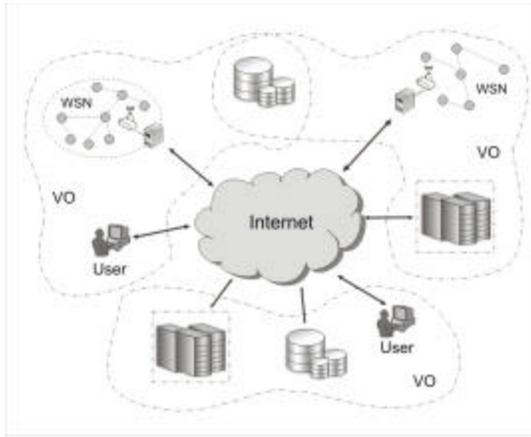


Fig. 3: Organización de un sensor grid [35]

Los conceptos de la computación grid se aplican a la sensor grid, y adicionalmente surgen otros debido a la interrelación que se da entre estas dos tecnologías, dentro de los cuales se puede citar, el proxy de redes inalámbricas de sensores que actúa como interfaz entre la red inalámbrica de sensores y la grid, el cual presta funcionalidades, entre las cuales se citará las siguientes: expone los recursos del sensor como servicios grid que pueden ser descubiertos y accedidos por aplicaciones grid, coordina la conectividad entre las redes inalámbricas del sensor y la red de la grid.

4. PERSISTENCIA

El tratamiento de la información en este tipo de redes tiene algunas diferencias con el tratamiento que se da a ésta en las bases de datos normales, ya que las variables que convergen en este ámbito son diferentes como por ejemplo, el fallo de los nodos, la caída de los enlaces de comunicación, el poco espacio de almacenamiento y otras; debido a esto se han propuesto 2 posibles formas de tratar la información captada por los sensores, una de las soluciones que se ha dado es el almacenamiento de estos datos en uno o varios almacenes externos, a los cuales los sensores envían la información vía access point, presentándose desventajas tales como: el nodo más cercano al access point presenta agotamiento temprano y otros problemas citados en [36], así como también el cálculo del costo en las comunicaciones y la forma como puede reducirse éste, otra alternativa es almacenar los datos dentro de la misma red y realizar las consultas desde cualquier parte de esta, lo que se puede asemejar a un sistema de bases de datos distribuidas [37], en donde el almacenamiento de los datos se localiza en

diferentes puntos geográficos conectados por redes de comunicación; este sistema debe ser más robusto frente a fallos y necesita de gran ancho de banda y rendimiento para la disponibilidad de los datos [36]. Debido a que los sensores no poseen grandes espacios para el almacenamiento, se presenta problemas relacionados con el ofrecimiento de persistencia en los datos, puesto que ésta busca que los datos almacenados en el sistema permanezcan disponibles para las consultas, a pesar de fallos del nodo sensor o de los computadores que guardan dichos datos.

La utilización de la red de sensores como bases de datos distribuidas, presenta limitación en la capacidad de almacenamiento y esto riñe con la gran cantidad de información que se sensa, es por ello que este artículo se centra en la opción de almacenamiento externo. Como se expuso anteriormente las redes inalámbricas de sensores se relacionan con la computación grid (sensor grid) que “permite compartir recursos geográficamente distribuidos para resolver problemas a gran escala” [38], la cual ofrece una gran capacidad de almacenamiento debido a su naturaleza distribuida. En la figura 4 se muestra la arquitectura de una base de datos de sensores en ambiente grid, en la cual cada nodo colecta, almacena y actualiza los datos del sensor en una base de datos local, datos que se clasifican en atómicos, micro, macro y grid, sobre los cuales se puede realizar una serie de operaciones citadas en [22].

Para llevar a cabo dicho almacenamiento existen algunas técnicas, algunas de ellas son, las Federated databases [39], las cuales ofrecen una interfaz de aplicación y son capaces de acceder grandes cantidades de datos en ambientes heterogéneos y los data grid [40,41], que se usan para proveerle el acceso seguro a los recursos remotos de datos. Para el diseño de un data grid, debe tenerse en cuenta temas tales como: la fragmentación [42], la replicación [43], reglas para distribución de bases de datos, sincronización de datos, heterogeneidad y muchos otros. Sin embargo las aplicaciones donde se involucra el uso de sensores requieren de datos archivados y datos en tiempo real [44].

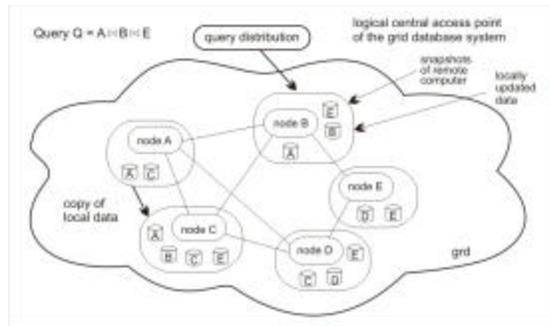


Fig. 4. Arquitectura lógica de una base de datos de sensores en ambiente grid [22].

Para el trabajo con los datos en este tipo de arquitectura, la grid provee unos servicios que ofrecen funcionalidades tales como la gestión de datos, el movimiento de datos entre los recursos grid, replicar datos en los recursos de un grid, acceder a bases de datos [45].

Pero todos estos datos almacenados, como se extraen de los sensores, para ello existe un lenguaje adquisicional de consultas conocido como TinyDB [46], lenguaje que permite realizar consultas sobre los sensores, el cual provee una interfaz declarativa y soporta el procesamiento de consultas dentro de la red, proporcionando para ello funcionalidades muy semejantes al lenguaje de consulta tradicional ya que también emplea cláusulas como SELECT, FROM, WHERE, JOIN [47], claro esta que además de estas ofrece otras que permiten realizar la búsqueda de información, ofreciendo una gran versatilidad y fortaleza para la optimización de los recursos de una red inalámbrica de sensores, algunas de las cuales se pueden observar en [48].

La estrategia empleada para el diseño de consultas, busca optimizar los recursos de la red inalámbrica de sensores tales como almacenamiento, energía, eficiencia y eficacia en la adquisición de los datos, y otros; algunas de ellas son: Consulta de propagación y agregación [49,50], consultas basadas en tiempo de vida [51], consultas por ventana [22], consultas probabilísticas [52], consultas de agregación simple [53].

5. CONCLUSIONES

Las redes inalámbricas de sensores permitirán mejorar la calidad de vida de los seres humanos y también ayudan a preservar nuestro entorno llámese este vegetal, animal o mineral.

Las tecnologías inalámbricas permiten distribuir los nodos sensores en regiones extensas, permitiendo un control sobre éstos.

Los dispositivos de monitoreo y medición (sensores) hacen mucho más fácil la adquisición de datos, debido a que los seres humanos no tienen la disponibilidad y características que poseen éstos para adaptarse a determinadas situaciones riesgosas.

La unión de recursos computacionales de diferentes organizaciones o empresas, permitirá el desarrollo de tareas que eran impensables de realizar con una máquina convencional.

REFERENCIAS

- [1]. Tomé Castro, José Manuel. "Diseño de módulos ZigBee de bajo coste", pp 8-15, 2006.
- [2]. Marcano, Diógenes. "Planificación y Movilidad en Redes Wimax", Cuarto Congreso Nacional de Redes y Telemática, Cartagena de Indias : Evenco CCC, pp 45, 2006.
- [3]. Anis Koubâa, Mario Alves, Tovar, Eduardo. "IEEE 802.15.4: a wireless communication technology for large-scale ubiquitous computing applications", pp 1-10, <http://www.caba.org/standard/zigbee.html>.
- [4]. Intel. "Understanding Wi-Fi and Wimax as Metro-Access Solutions", pp 6-7, 10-12, 2004.
- [5]. García Fernández, Néstor. "Modelo de cobertura en redes inalámbricas basado en radiodifusión por refinamiento progresivo", pp 5-52, 2006.
- [6]. Gary S, Rogers, Edwards, John. "Introduction to Wireless Technology", Prentice Hall PTR, 2003.
- [7]. Munk Stander, Jacob, Skovgaard, Martin, Nielsen, Toke. "Implementing a ZigBee Protocol Stack and Light Sensor in TinyOS", pp 1-12, 2005.
- [8]. Estrella Balderrama, Carlos Iván, García Macías, José Antonio. "Control de Reprogramación Dinámica en Redes Inalámbricas de Sensores", México : s.n, s.f. pp 1-6, 2006.
- [9]. Gabriel Yuras, "Introducción a la percepción remota del océano", 5 Págs.

- [10]. Rodríguez, C, Borromeo, S, R. de la Prieta, Hernández, J.A, Malpica, N. "Wireless ECG based on Bluetooth protocol: design and implementation", España, 4 Págs.
- [11]. Coleri Ergen, Sinem. "ZigBee/IEEE 802.15.4 Summary", pp 37, 2004.
- [12]. Matt Welsh, "CS263: Wireless Communications and Sensor Networks", pp 3-4, 2004.
- [13]. F. L. Lewis. "Wireless Sensor Networks", e.d D.J Cook and S.K Das, John Wiley, New York, pp 8-9, 2004.
- [14]. Stefanidis, Anthony. "Geosensor Networks and Spatial Web", 2 Págs.
- [15]. Nittel, Silvia, Duckham, Matt, and Lars, Kulik. "Information Dissemination in Mobile Ad Hoc Geosensor Networks". pp 2.
- [16]. Pasilla Salas, Rafael, Solis Robles, Roberto y Muñoz Arteaga, Jaime. "Sincronización Adaptable de Tiempo en Redes Inalámbricas de Sensores", 6 Págs, 2006.
- [17]. Craig C., William. "Zigbee: Wireless Control That Simply Works", s.I.: s.n, s.f. pp 7.
- [18]. Prieto Obando, Gustavo Adolfo, y García Rozo, Antonio. "Diseño de una Red Inalámbrica IEEE 802.11 FH/CDMA Protocolo IP para Monitoreo y Control", Universidad de los Andes.
- [19]. Labrador, Miguel. "ALS Servicio de Localización para Redes Inalámbricas de Sensores de Gran Escala", Cuarto Congreso Nacional de Redes y Telemática. Cartagena de Indias: Evenco CCC, pp 1. 2006.
- [20]. Chu, Xingchen, and Buyya, Rajkumar. "Service Oriented Sensor Web", The University of Melbourne, Australia, pp 4.
- [21]. Olivares, Teresa, Orozco, Luis, López, Vicente, Bermejo, Pablo y Pedrón, Paz. "Redes Inalámbricas de Sensores Ambientales", s.I.: s.n, s.f., 8 Págs.
- [22]. Sthefanidis, Anthony y Nittel, Silvia. "Geosensor Networks", New York, pp 5, 2005
- [23]. Vanessa Barrios, Verónica. "Grid Computing", 88 Págs, 2005.
- [24]. Jacob, Bart, Brown, Michael, Fukui, Kentaro, Trivedi, Nihar. "Introduction to Grid Computing", RedBooks, pp 3, 2005.
- [25]. Miguel Cárdenas Montes, "Desarrollo de Computación Grid Basada en Software Libre", Conferencia Internacional de Software Libre 3.0, pp 8, 2007.
- [26]. Berstis, Viktors. "Fundamentals of Grid Computing", Redbooks IBM, pp 3, 2002.
- [27]. Ferreira, Luis, Berstis, Viktors, Armstrong, Jonathan, Kendzierski, Mike, Neukoetter, Andreas, MasanobuTakagi, Bing-Wo, Richard, Amir, Adeeb, Murakawa, Ryo, Hernandez, Olegario, Magowan, James, Bieberstein, Norbert. "Introduction to Grid Computing with Globus", pp 8-9, 2003.
- [28]. J. Wells, April. "Grid Database Design", Auerbach Publications Taylor & Francis Group, pp 222-230, 2005.
- [29]. Aguilar Gladys Carolina, "Grid Computing Para Cálculo Intensivo", pp 21, 2006.
- [30]. Borja Sotomayor, "Introducción a la computación Grid", Charla organizada por: eghost, 35 Págs, 2004.
- [31]. Borja Sotomayor. "Globus Toolkit 4 Programming Java Services", Morgan Kaufmann Publishers, pp 506, 2006.
- [32]. Losilla Anadón, Guillermo. "Gestión de datos y otros servicios en GRID", pp 3-9, 2005.
- [33]. Tham, Chen-Khong and Buyya, Rajkumar, "SensorGrid: Integrating Sensor Networks and Grid Computing", pp. 6.
- [34]. Yujie, Yan, Shu, Wang, Zhao, Hao. "MPAS: a Connecting Platform for Integrating Wireless Sensor Network with Grid", IEEE, pp. 5, 2005.
- [35]. Beng Lim, Hock, Meng Teo, Yong, Protik, Mukherjee, The Lam, Vinh, Fai Wong, Weng, See, Simon. "Sensor Grid: Integration of Wireless Sensor Networks and the Grid", IEEE, 8 Págs, 2005.
- [36]. Feng Zhao and Leonidas J. Guibas, "Wireless Sensor Network: An Information Processing Approach", pp 189-238.
- [37]. M. Tamer Ozsu and P. Valduriez, "Principles of Distributed Database Systems", 2nd edition, Englewood Clis, NJ, Prentice Hall, 1999.
- [38]. Martínez, Juan Carlos. "GRID: La unión hace la fuerza", 10 Págs, 2005.
- [39]. Bart Jacob et al. "Enabling Applications for Grid Computing with Globus", RedBooks, pp 74-75, Junio 2003.
- [40]. Di Stefano, Michael. "Data Management for Grid Computing", John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, pp 45-47, 2005.
- [41]. Grimshaw, Andrew. "Grid Computing: A Practical Guide to Technology and Applications", Charles River Media, 2004.

- [42]. Taddei Zavala, Edmundo, "Fragmentación Vertical y Asignación Simultanea en bd usando Algoritmos Genéticos", pp 1-4.
- [43]. Guy, L, Kunszt, Meter, Laure, Edwin, Stockinger, Heinz, Stockinger, Kurt. "Data Replication in Data Grids", Informational document submitted to GGF5, Replication-WG, 20 Págs, 2002, <http://cern.ch/grid-data-management/docs/ReplicaManager/ReptorPaper.pdf>
- [44]. Aydin, Galip. "Service Oriented Architecture for Geographic Information Systems Supporting Real Time Data Grids", pp 41, 2007.
- [45]. Huedo Cuesta, Eduardo. "Gestión de datos en el grid", pp 3-4.
- [46]. S. Madden, W. Hong, J. M. Hellerstein, and M. Franklin. "TinyDB a Declarative Database for Sensor Networks", <http://telegraph.cs.berkeley.edu/tinydb>.
- [47]. Deshpande, Amol, Guestrin, Carlos, R. Madden, Samuel, M. Hellerstein, Joseph, Hong, Wei. "Model-Driven Data Acquisition in Sensor Networks", Proceedings of the 30th VLDB Conference, Toronto, Canada, 12 Págs, 2004.
- [48]. Madden, Samuel R., J. Franklin, Michael and M. Hellerstein, Joseph. "TinyDB: An Acquisitional Query Processing System for Sensor Networks", ACM Transactions on Database Systems. Vol. V, 47 Págs, 2004.
- [49]. Trigoni, Niki. "Sensor Networks: Applications and Research Challenges", 17 Págs, <http://cougar.cs.cornell.edu/>, 2004.
- [50]. Yao, Yong, Gehrke, Johannes. "The Cougar Approach to In-Network Query, Processing in sensor Networks", pp 5.
- [51]. Madden, Samuel, J. Franklin, Michael, M. Hellerstein, Joseph, Hong, Wei. "The Design of an Acquisitional Query Processor For Sensor Networks", 14 Págs.
- [52]. Deshpande, Amol, Guestrin, Carlos, R. Madden, Samuel. "Using Probabilistic Models for Data Management in Acquisitional Environments", pp 6-7.
- [53]. Yao, Yong, Gehrke, Johannes. "Query Processing for Sensor Networks", Department of Computer Science Cornell University, pp 4-5.