

**SASBEE MONITORING SYSTEM - A CASE FOR INTEGRATION AND
APPLICATION OF NEW TECHNOLOGIES****SISTEMA DE MONITOREO SASBEE - UN CASO DE INTEGRACION Y
APLICACION DE NUEVAS TECNOLOGIAS****MSc(c). Jose Luis Leal Gómez, Ing. Julian A. Albarracin, PhD. Homero Ortega B.**

Universidad Industrial de Santander, Grupo de Investigación RadioGIS
Crr. 27 con Cll. 9, Ciudadela Universitaria. Bucaramanga, Tel.: 6344000, Ext. 2356
E-mail: {jose.leal, julian.albarracin, homero.ortega}@radiogis.uis.edu.co

Abstract: This paper describes the process of developing a monitoring system as a location based service (LBS), which offers the community the benefits of a wireless sensor network, which relies on geographical information systems (GIS), so that remote users can query the location information associated with the sensors. The design is intended to implement the service in a telecommunications architecture of Next Generation (NGN), developed by the RADIOGIS research group of Industrial University of Santander. Such integration of technologies and services is important for many applications including health care, automation and monitoring among others. This thanks to the flexibility they provide wireless sensor networks, the increase in Internet availability in most regions, bandwidth, processing capacity, geographic information, sensing equipment and GPS receivers.

Keywords: Wireless sensor networks WSN, Location-based services LBS, GPS.

Resumen: Este trabajo describe el proceso de desarrollo de un sistema de monitoreo como un servicio de basado en localización (LBS), que ofrece a la comunidad las prestaciones de una red de sensores inalámbrica, el cual se apoya en sistemas de información geografía (GIS), para que usuarios remotos puedan consultar información asociada con la ubicación de los sensores. El diseño está orientado para implementar el servicio en una Plataforma de servicios de Próxima Generación (NGN), desarrollada por el grupo de investigación RadioGIS de la Universidad Industrial de Santander. Este tipo de integración de tecnologías y servicios es importante para numerosas aplicaciones incluyendo el cuidado médico, la automatización y la vigilancia entre muchas otras. Lo anterior gracias a la flexibilidad que aportan las redes inalámbricas de sensores, el aumento en la disponibilidad de internet en más regiones, ancho de banda, capacidad de procesamiento, información geográfica y receptores GPS.

Palabras clave: Redes inalámbricas, WSN, Servicios basados en localización LBS, GPS.

1. INTRODUCCION

Las tecnologías electrónicas modernas prestan cada vez más servicios a las personas. La amplia gama va desde equipos capaces de medir los signos vitales hasta poder controlar cualquier variable

importante como temperatura, velocidad, iluminación, etc. Con el uso de las telecomunicaciones, este tipo de desarrollos pueden dejar de ser soluciones personales para convertirse en servicios de gran impacto (Forero y Bautista, 2008). Las telecomunicaciones brindan a

estas soluciones no sólo cobertura sino también toda gama de complementos con que cuentan las redes. Los servicios basados en localización (LBS) son un claro ejemplo del valor agregado obtenido al combinar la telecomunicaciones con los equipos electrónicos, ofreciendo información en tiempo real de eventos asociados a una localización, elemento útil para labores de recolección, medición y monitoreo de datos. A pesar de que existen en el mercado soluciones de este tipo, aun hay dificultades por superar como son la poca información para ampliar y personalizar los sistemas existentes y la dependencia de los mismos a una tecnología específica, convirtiéndolos en una opción que difícilmente puede ser aprovechada por los desarrolladores de servicios de telecomunicaciones (DSTel).

El grupo de investigación RadioGIS de la Universidad Industrial de Santander, con el apoyo de Colciencias, desarrolla una plataforma para impulsar el desarrollo de servicios NGN (Ortega *et al.*, 2002). En este trabajo se presenta uno de los primeros servicios de este tipo. Se trata del Sistema de Adquisición de Señales usando 802.15.4 o ZigBEE denominado SASBEE (Albarracín, 2008), el cual se ofrece como un servicio de monitoreo autónomo conformado por sensores acoplados a la plataforma. De esta manera, se garantiza la expansión de este sistema de monitoreo ante el surgimiento de nuevas tecnologías y necesidades, facilitando el trabajo a los DSTel y el acceso.

2. APORTE DE ESTE TRABAJO

La meta de este trabajo es desarrollar un sistema de monitoreo de propósito general usando sensores para medir las condiciones de un lugar como son los niveles de luz, temperatura y aceleración asociados a la posición geográfica en la que se encuentran ubicados los sensores.

Varias pautas fueron tenidas en cuenta para el desarrollo del sistema de monitoreo denominado SASBEE. La primera de ellas fue la necesidad de tener información de un ambiente remoto de manera confiable y rápida. Otra pretensión fue dar valor agregado a los datos colectados, asociándolos con información de la posición geográfica de los sensores que se dispusieran en un determinado lugar, para que una vez toda esta información fuera recopilada y centralizada, se pudiera manipular, analizar y desplegar esta información georeferenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión.

Además, el sistema debe estar estratégicamente acoplado a una plataforma tecnológica con bases NGN para contar con la capacidad de ser habilitado en diferentes ambientes para ser empleado universalmente por muchas aplicaciones.

Por último se requería que el desarrollo tuviera las características de escalabilidad, robustez y de fácil operación para que pudiera adaptarse a circunstancias cambiantes y también para que su estructura fuera útil como punto de partida para futuros desarrollos.

3. KIT DE DESARROLLO SUN-SPOT

El dispositivo tecnológico en el que se basa el desarrollo de la presente investigación, recibe el nombre de Sun Spot (*Small Programmable Object Technology*) diseñado y desarrollado por Sun Microsystems en USA. Como sus siglas lo indican es una tecnología de pequeños dispositivos programables, en donde cada unidad está integrada por un microprocesador, un modulo de radio y sensores, el cual se comunica con otros dispositivos de forma inalámbrica mediante el protocolo IEEE 802.15.4 a una frecuencia de 2.4 GHz.

La programación de este dispositivo se realiza mediante lenguaje Java y su ejecución de software se realiza sobre una plataforma de aplicación llamada Squawk, la cual se define como 'Maquina Virtual' en términos de Java, pero adicionalmente también hace las funciones de un sistema operativo.

3.1 Configuración

El kit Sun Spot contiene varios elementos que lo hacen apropiado para el desarrollo de un sistema de monitoreo como son una tarjeta con el procesador Atmel AT91RM9200 que ejecuta un tipo especial de maquina virtual de java llamada Squawk (Simon *et al.*, 2006), el radio transmisor receptor TI CC2420 obedece a la normativa IEEE 802.15.4 y opera en las bandas libres 2.4GHz y 2.8325GHz con el que puede comunicarse dentro de una red de área personal inalámbrica WPAN, la tarjeta eDemo que a su vez contiene un acelerómetro de tres ejes, un sensor de luz ambiente, ocho leds tricolor (rojo, verde y azul), dos interruptores, seis pines para entradas análogas, cuatro pines para salidas de alta corriente y tensión y cinco pines de entrada y salida general. Los sensores no operan por sí mismos por lo que la eDemo también tiene

un acondicionador de señal y varios circuitos procesadores de señales analógicas y digitales.

Con todo lo anterior, el kit Sun Spot, resuelve el problema de la adquisición de datos y en gran medida el problema de la comunicación ya que también opera como dispositivo de capa física gracias al radio que trae incorporado y también como dispositivo de capa de enlace ya que es posible realizar direccionamiento entre Spots a través de la dirección MAC en cada Spot, por lo tanto soporta muchas arquitecturas incluyendo la topología de estrella (con un nodo actuando como coordinador casi como un *Access Point* en 802.11), topología tipo árbol donde algunos nodos se comunican a través de otros nodos para establecer contacto con el nodo coordinador) y topología de malla (donde los nodos comparten responsabilidades de enrutar sin la necesidad de un coordinador maestro).

Para facilitar la comunicación entre los Spot y la comunicación entre un Spot y un *host* remoto, se emplean dos protocolos: *stream connection* y *datagram connection*, que pertenecen al GCF (*Generic Connection Framework*) el cual hace parte de la plataforma J2ME (Piroumian, 2002). GCF establece la categoría de interfaces y clases que permiten crear conexiones tales como HTTP, datagramas, radiogramas o *streams* para ejecutar la operación de entrada y salida de datos a través de las interfaces.

El sistema de monitoreo SASBEE, hace especial uso de dos protocolos del GCF, como son: *datagram* y *httpconnection*. Por medio del protocolo *datagram*, es posible realizar *broadcasting* hacia los dispositivos de la WPAN, alcanzando un gran desempeño de la comunicación debido a que *datagram* no es un protocolo orientado hacia la conectividad. Por parte del protocolo *httpconnection*, se logra la conectividad desde un Spot hacia otro Spot que se encuentre de manera remota, así como también podría realizar conexión con computadoras u otros dispositivos con capacidad para establecer conectividad mediante protocolo http. Este hecho es bien aprovechado en el sistema SASBEE, ya que hace uso de este protocolo para crear la conexión entre el Spot y el servidor http que se encuentra de manera remota, necesario para la centralización de la información proveniente de la red de Spots y la gestión de los datos con un GIS.

El modelo de capas del Sun Spot está basado en el modelo de capas TCP/IP (Scheben, 2008), tal como se observa en la figura 1. Las capas de aplicación

transporte y de red del modelo obedecen a las capas correspondientes del modelo TCP/IP. Sin embargo la capa de acceso ha sido sustituida por dos sub-capas: una sub-capas de control de acceso al medio MAC y una capa física. La subcapa MAC obedece al estándar IEEE 802.15.4 para redes inalámbricas de área personal de baja potencia, bajo costo y tasas de transferencia bajas o LoWPAN. El papel de la LoWPAN es el de servir como una adaptación necesaria para superar las diferencias de arquitectura entre los modelos TCP/IP y OSI. El propósito de la LoWPAN es el de generar tramas a partir del encapsulamiento de los paquetes.

Como los Spot no usan el protocolo de *internet* IP directamente, ellos no pueden conectarse directamente con otros dispositivos basados en *internet*, entonces es imprescindible el enlace entre al menos uno de los Spot que conforman la red y un computador para que este facilite el enrutamiento de los paquetes a través de la conexión http hasta el servidor remoto mediante el acceso del computador a *internet* a través del *service provider*.

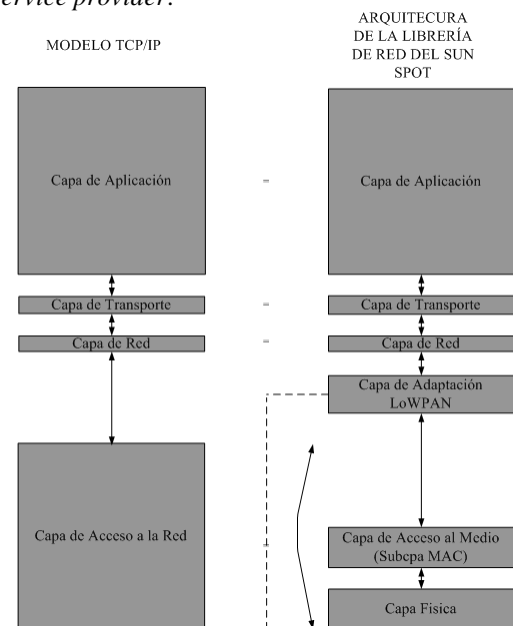


Fig. 1. Arquitectura de la librería de red del SUN SPOT y la relación con el modelo TCP/IP.

Fuente:(Scheben 2008)

3.2 Nodo sensor

Está compuesto por 2 tarjetas impresas (Fig. 2): una *board* principal alimentada por una batería recargable prismática LI-ION, y una *board* hija que contiene los sensores de temperatura, intensidad de luz y el acelerómetro, botones pulsadores, leds,

conectores auxiliares de entrada y salida. A esta *board* se le realizó una adaptación para acoplarle el GPS externo necesario para el servicio LBS.

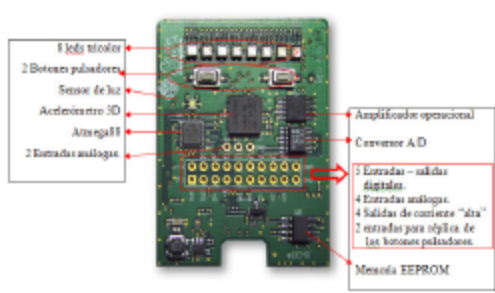


Fig. 2. Tarjeta de sensores SUN SPOT. Fuente: Autor del proyecto

3.3 Nodo estación base

Es un *Spot* pero sin la batería y sin la tarjeta hija de sensores (Fig. 3). La energía es suministrada a través del puerto USB mientras está conectada a un *Laptop*, *Desktop* u otro terminal de trabajo. Este dispositivo tiene la función de servir como puerta de enlace para comunicarse con los demás dispositivos Spots mediante señal de radio *standard* IEEE 802.15.4.



Fig. 3. Nodo base SUN SPOT. Fuente: Autor del proyecto

4. SISTEMA SASBEE

El sistema de monitoreo SASBEE emplea *internet* para el envío de los datos hacia el servidor y hacia los clientes, y se destaca porque una vez habilitado el sistema, este emite información de manera continua desde el lugar remoto donde se hallen los Sun Spot sin necesidad que intervenga personal alguno. También se destaca por usar tecnología inalámbrica y por aprovechar recursos SIG de Internet como es el API de *GoogleEarth*, lo cual lo convierte en un sistema sencillo y potente como para monitorear un gran territorio sin necesidad de mayores cambios. Esto es posible debido a que el sistema puede habilitar un mayor número de nodos

generando una red de sensores más amplia y de mayor cobertura.

El sistema SASBEE ofrece una funcionalidad única al integrar un dispositivo GPS, elemento que lo diferencia de otros sistemas semejantes. Este dispositivo GPS va conectado directamente a la UART del Sun Spot en la misma tarjeta eDemo donde se hallan los sensores, logrando de esta manera mayor rapidez y precisión en la información de la posición del dispositivo GPS con relación a los otros sensores y menor complejidad puesto que el dispositivo GPS se conecta directamente al Sun Spot y no a través de una interfaz externa que obliga a depender de terceros perdiendo autonomía, como por ejemplo conectado a un GPS externo por *Bluetooth*.

El sistema de monitoreo SASBEE es una integración de hardware, software y datos geográficos que hace uso de una red inalámbrica de sensores, para adquisición de las variables a sensar remotamente. Particularmente hace uso del *Kit Sun Spot* descrito anteriormente, el cual es el resultado de investigaciones de la compañía *Sun Microsystems* durante años y que tiene como uno de sus objetivos, que las personas puedan experimentar con aplicaciones de sensores y actuadores inalámbricos sobre plataforma java de *Sun*.

4.1 Estructura del sistema SASBEE

La estructura del sistema SASBEE está conformada por la integración de diferentes tecnologías que participan en el proceso de adquisición, transmisión, procesamiento y visualización de datos. El primero de ellos es montado sobre el hardware del Spot, el segundo es ejecutado en un equipo que hace las veces de transmisor encargado de activar el protocolo http para el envío de los datos y el tercero es un aplicativo *web* encargado de la visualización.



Fig. 4. Modelo de referencia empleado en el desarrollo del sistema SASBEE. Fuente: Autor del proyecto

4.2 Aplicativo para los SUN-SPOT

El programa que se le instaló a cada nodo Spot consiste en un aplicativo móvil conocido como MIDlet usando la plataforma Java J2ME, que tiene como función básica realizar las tareas de abrir la comunicación con la estación base.

La lógica del aplicativo es la siguiente, se inician un ciclo repetitivo dentro del Spot, el cual le solicita a la *board* del sensor el valor capturado de la variable sensada, una vez obtenido, se procesa el dato y es enviado inalámbricamente hacia los puertos específicos del receptor, repitiendo el ciclo indefinidamente mientras el Spot se encuentra encendido hasta que haya una señal de interrupción.

Por cada lectura de las variables sensadas (temperatura, aceleración, intensidad de luz, etc) se procede a obtener un dato de GPS, capturando las sentencias NMEA (*National Marine Electronics Association*) del dispositivo GPS, el cual es conectado a cada Spot a través de la UART.

Para cumplir con el objetivo del sistema SASBEE, fue necesario trabajar en la instalación de un módulo GPS, para lo cual se eligió el modulo EM-406A, fabricado por la compañía GlobalSat. Este puede reportar mensajes cada segundo en estándar NMEA dando a conocer la velocidad, posicionamiento 3D, número de satélites vistos por el dispositivo, tiempo GPS como fecha y hora actual, entre otros adicionales. Los mensajes NMEA del dispositivo son transmitidos en formato ASCII a 4800 baudios. Para obtener un mensaje de este dispositivo, basta con aplicar potencia al modulo y este arrojará datos NMEA.



Fuente: Autor del proyecto

Fig. 5. GPS EM-406A conectado al SUN SPOT

La conexión física con el Spot se realiza por medio de los 6 pines del GPS conectados a los pines multipropósito I/O de la tarjeta del Spot. De este modo es posible obtener sentencias NMEA, donde cada una comienza con el símbolo \$ y termina con un retorno de renglón. El MIDlet desarrollado contiene la funcionalidad necesaria para analizar sintácticamente cada sentencia de modo que tome

únicamente la información relacionada con la latitud y la longitud de cada trama.

4.3 Aplicativo transmisor de datos

Como ya se había mencionado antes, los *SunSpot* por si solos no implementan el protocolo *http*, por tal motivo necesitan de un aplicativo que habilite la comunicación con Internet. Este aplicativo es desarrollado con Java J2SE y su objetivo es permitir que aplicaciones en los Spot de rango libre abran conexiones *http* con cualquier servicio *web* accesible desde un *host* en un computador configurado correctamente. Una conexión se puede abrir así (Reilly, 2002):

```
HttpConnection connection =
(HttpConnection)Connector.open("http://host:[port]/filepath");
```

Donde *host* es el nombre en *internet* en la notación de dominio, por ejemplo *www.radiogis.serveftp.com*, o una dirección numérica TCP/IP. *Port* es el número del puerto, por defecto será el puerto 80. *Filepath* es la ruta del recurso que está siendo solicitado desde el servidor *web*.

Para que sea posible que el protocolo *http* acceda a la URL especificada, el SPOT de rango libre debe estar dentro del alcance del radio del dispositivo *Basestation*, el cual se conecta a un *host* que ejecuta un *Socket Proxy*. El programa *proxy* es responsable de la comunicación con el servidor especificado en la URL.

4.4 Aplicativo Web

Del lado del servidor, existe una aplicación escrita en lenguaje PERL la cual es un archivo ejecutable cuya idea básica es crear una pagina HTML sobre el servidor, tomando las entradas necesarias (latitud, longitud, niveles de temperatura, luz y aceleración). Sin embargo en vez de de usar la forma típica de una petición en la que se llenan unos campos y se presiona el botón enviar, el Spot crea una URL similar a la que se generaría si se completaran los campos y se enviara la información. Para que el sistema cliente-servidor funcione apropiadamente, la URL debe ser exactamente la que se vería en el explorador después de presionar el botón enviar.

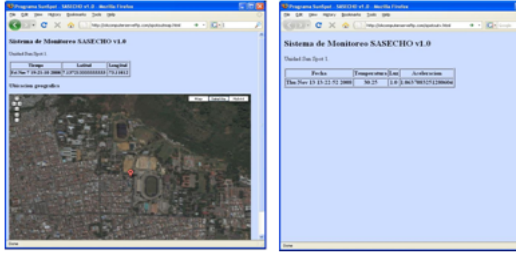


Fig. 6. Resultado de las peticiones al aplicativo Web. Fuente: Autor del proyecto

Cuando se trata de la información del posicionamiento de un Spot, se muestra una tabla con las coordenadas geográficas del dispositivo GPS y se invoca usando el API de *GoogleMaps* un mapa del sitio, el cual presenta una imagen de las inmediaciones del sitio de ubicación del sensor, presentando con una etiqueta el punto exacto donde está localizado el sensor, obteniendo de este modo un servicio basado en localización. Este proceso se efectúa de modo dinámico, y el cliente puede actualizar las coordenadas geográficas y el mapa, refrescando la ventana del explorador de Internet. El resultado se puede observar en la figura 6.

Para lograr escalabilidad de la red de sensores inalámbrica en el sistema SASBEE fue necesario evitar los direccionamientos por dirección MAC y en cambio reemplazarlas por transmisiones tipo *broadcast*. De este modo los datagramas no son enviados a una dirección MAC en particular sino que estos son recibidos por todos los Spot que se encuentren en el área de cobertura del Spot que este enviado el datagrama es decir unos 80 metros aproximadamente. La aplicación desplegada en cada Spot posee la competencia para recibir el mensaje proveniente del Spot emisor, y además volver a transmitir este mismo mensaje junto con el mensaje que este mismo genere al próximo Spot, y así el mensaje continua el proceso pasando por cada Spot que sea necesario hasta que finalmente es recibido por el Spot que concentra la información y la pasa a la computadora donde otra aplicación aguarda por los datos del Spot remoto para que sean procesados.

5. PRUEBA DEL DESEMPEÑO DEL SASBEE

Los *Sun Spot* son dispositivos de rango corto. Las especificaciones del dispositivo indican que se puede establecer comunicación entre los Spots por radio a una distancia máxima de 100m. Este es el mejor caso. Típicamente se encuentra que es algo menor que esta distancia dependiendo del ambiente y de otros factores los cuales pueden interferir con

el radio (emisiones radiales en la banda 2.5 GHz en las cercanías, obstáculos como objetos metálicos, personas etc.).

Se realizaron pruebas para validar el desempeño del sistema de comunicación del Sun Spot empleando las aplicaciones del sistema SASBEE. Se utilizó el método RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) (Zennaro *et al.*, 2008) de java, el cual mide la potencia de la señal para el paquete en unidades en el rango de +60 (fuerte) a -60 (débil). Para convertir estas unidades a decibeles relativos a 1mW (= 0 dBm) se debe sustraer 45 del valor dado, por ejemplo para un RSSI de -20 la potencia percibida en el nodo receptor es de aproximadamente -65dBm. Los Spot se ubicaron aproximadamente a 1m del nivel del suelo y sobre una superficie plana y se realizaron las pruebas con un periodo de muestreo de 10 segundos durante 2 horas para cada distancia, al final se calculó el valor promedio en el tiempo del RSSI. Los resultados obtenidos se resumen en la tabla 1 y la figura 7, donde se puede observar que a partir de los 70 metros la potencia de la señal es deficiente para establecer alguna comunicación entre nodos.

Tabla 1: Muestras de la prueba de desempeño del sistema SASBEE

Distancia (m)	RSSI promedio
3	10.2
10	3.1
20	-8.8
40	-29.5
70	-42.3
90	-57.6
110	-59.3

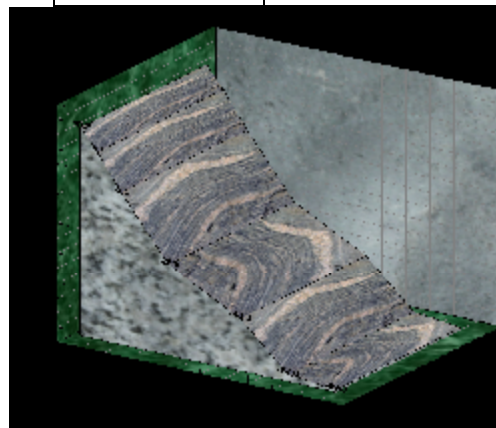


Fig. 7. RSSI durante la prueba de desempeño del sistema SASBEE Fuente: Autor del proyecto

6. VISION INTEGRAL DEL SERVICIO

Reuniendo todas las bondades y características del sistema desarrollado en el presente trabajo, se presenta a continuación la forma en que se implementaría la solución de manera integral y completa para ofrecer un Servicio multipropósito de Información Geográfica con redes de sensores dentro de una plataforma de redes convergentes.

Primero se debe dar un siguiente paso de investigación, que consiste en lograr conectar un circuito electrónico Modem GPRS a cada *SunSpot*, con el fin de obtener un dispositivo completamente portable, ligero y en comunicación permanente sin tener que depender de otros accesorios para tener conexión.



Fuente: Autor del proyecto

Fig. 8. Solución integral del sistema de monitoreo

El esquema de la figura 8, muestra el recorrido de la información sobre los canales de transmisión. Los datos se generan desde cada nodo sensor, a los que se les ha dotados de un acople para transmitir directamente a la red celular y de allí la información viajaría por la red de *internet* hasta llegar al servidor, con el fin de que los usuarios remotos finales tengan acceso a la información procesada en tiempo real. Gracias al servidor GIS que maneja una base de datos y tiene acceso a mapas geográficos, se pueden procesar varias solicitudes al mismo tiempo y por medio de software se enrutan los datos según la dirección que corresponda.

7. RECONOCIMIENTO

Esta investigación fue realizada gracias a la financiación recibida de parte de la VIE (Vicerrectoría de Investigación y Extensión de la Universidad Industrial de Santander, código 8538, 8543), el DIEF (División de Investigación y extensión de la Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas de la Universidad Industrial de Santander, código 5542) y el Estado Colombiano (Departamento Colciencias y Sena).

8. CONCLUSIONES

Se ha desarrollado un sistema de monitoreo que combina varias tecnologías como WSN (*Wireless Sensor Network*), GPS (*Global Positioning System*), Sun Spot (*Sun Small Programmable Object Technology*) y GIS (*Geographic Information System*). El sistema de monitoreo captura información de un ambiente a través de sensores que miden los niveles de temperatura, luz y aceleración y adicionalmente información sobre el posicionamiento de estos sensores. El sistema permite que la información recopilada sea transmitida a través de Internet por lo cual los usuarios pueden acceder a esta información de manera remota y también a través de dispositivos móviles. Este sistema tiene un carácter universal y puede ser empleado para aplicaciones de propósito general como monitoreo de estructuras, desarrollo de servicios para el agro, mantenimiento y cuidado de parques entre otros.

Dentro de los planes para el futuro se incluyen mejoras al sistema SASBEE, apuntando a la portabilidad del sistema, suprimiendo la necesidad actual de un computador personal como dispositivo solución para la conectividad a nivel de red con el traslado hacia un escenario que consista de los principales elementos del actual sistema junto con la inclusión de dispositivos que trabajen directamente con protocolo IP y que permitan transmitir los resultados de las diferentes variables sensadas, a través de una red GPRS, WIFI o Ethernet hacia una central local o remota.

Debido a que se trabajó con tecnología reciente en proceso de prueba, es importante mantener un trabajo en equipo con los desarrolladores del dispositivo Spot y al mismo tiempo con los demás desarrolladores. Así, se ha obtenido como resultado una productiva comunidad de generadores de servicios y soluciones. Es por esto que durante el trabajo con las versiones del software de desarrollo para los Sun Spot (SDK), que aun están insipientes, se descubrió un BUG en las aplicaciones desarrolladas en el presente trabajo, el problema se encontró al tratar de medir simultáneamente los datos obtenidos de la señal capturada por algún sensor de la tarjeta eDEMO y la señal de posicionamiento obtenida a través de un dispositivo GPS conectado a la UART del Spot. Esto nada tiene que ver con el software desarrollado sino que se trata de un bug que se encontró y el cual ya ha sido reportado a los desarrolladores de Sun Spot para que en una versión futura del SDK sea corregido y de ese

modo las aplicaciones propuestas produzcan los resultados esperados sin que se tenga que acudir a mas dispositivos Spot para coleccionar todos los datos requeridos y al mismo tiempo tener funcionando el modem GPRS, para finalmente tener el sistema completo de servicio, trabajando con una red de sensores a través de la convergencia en las NGN.

REFERENCIAS

- Albarracín J. (2008). *Servicio basado en localización y GIS para la lectura y registro de señales usando el kit Sun Spot con tecnología Zigbee*. Tesis Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.
- Forero C. y Bautista J. (2007). *Medición de ángulo con tecnologías ZIG-BEE orientado a un servicio de rehabilitación biomecánica del codo*, Tesis Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.
- Fox P. (2007). *Creating Your First Map*, Google Maps API Team.
- Ortega H., Espindola H. y Castellanos W. (2002), *Aplicaciones y servicios para las redes de próxima, Generación en un ambiente de procesamiento distribuido*, Memorias del simposio internacional de investigación y desarrollo de electrónica y telecomunicaciones, Universidad Nacional, Bogotá.

- Piroumian V. (2002). *Wireless J2ME Platform Programming*, Sun Microsystems, San Antonio Road, Palo Alto, California .
- Reilly D. (2002). *Java Network programming and distributed computing*, Editorial Addison Wesley, Boston.
- Scheben C. (2008). *Verification of sun SPOT's network library*, University of Karlsruhe, pag 20.
- Simon D., Cifuentes C. y Cleal D. (2006). *Java on the bare metal of wireless sensor devices*, Sun Microsystems Laboratories, Ottawa, Canada, pag 79.
- Zennaro M., Ntareme H. y Bagula A. (2008). *Experimental evaluation of temporal and energy characteristics of an outdoor sensor network*, International Conference on Mobile Technology, Applications, and System.

SITIOS WEB

- Globalsat. (2005). *Manual GPS EM406A*. http://www.sparkfun.com/datasheets/GPS/EM-406A_User_Manual.PDF (febrero de 2008)
- SiRF. (2005). *NMEA Reference manual*. <http://www.sparkfun.com/datasheets/GPS/NMEA%20Reference%20Manual1.pdf> (febrero de 2008)
- Sun Microsystems (2008). *Sun small programmable object technology Sun SPOT, Developer's Guide*, release version 4.0. <https://www.sunspotworld.com/docs/Blue/spot-developers-guide.pdf> (febrero de 2008)