

1 Introducción

1.1 Contexto y motivación

Las redes inalámbricas de sensores están emergiendo como un nuevo elemento en las tecnologías de información que involucran hardware y diseño de sistemas, redes, algoritmos distribuidos, modelos de programación, administración de datos, y seguridad.

En los últimos años, en diversos informes se augura que este tipo de redes conllevarán una revolución tecnológica similar a la que tuvo la aparición de Internet. La *DARPA* (Defense Advanced Research Projects Agency), institución dependiente del Departamento de Defensa estadounidense, también se ha involucrado en el desarrollo de este tipo de redes. Ya se habla de redes de vigilancia global del planeta, capaces de registrar los hábitos de la gente, realizar un seguimiento de personas y mercancías concretas, monitorizar el tráfico, etc. Las últimas investigaciones apuntan hacia una eventual proliferación de redes de sensores inteligentes, redes que recogerán enormes cantidades de información hasta ahora no registrada que contribuirá de forma favorable al buen funcionamiento de fábricas, al cuidado de cultivos, a tareas domésticas, a la organización del trabajo y a la predicción de desastres naturales como los terremotos. En este sentido, la computación que penetra en todas las facetas de la vida diaria de los seres humanos está a punto de convertirse en realidad.



Aunque la tecnología relacionada con las redes de sensores sin cable está todavía en su primera fase, equipos de investigación en la Universidad de California Berkeley ya han fabricado una caja que se puede adaptar a muchos tipos de sensores. Los científicos utilizan los sensores sin cable para encontrar y controlar microclimas y plagas en plantaciones de uva, para estudiar los hábitos de aves y para controlar sistemas de ventilación y calefacción. En la Universidad de California Los Angeles, investigadores utilizan las redes de sensores sin cable para recibir información detallada sobre el efecto de los movimientos sísmicos en los edificios. Gracias a los avances y reducción de costos en dispositivos electrónicos y de comunicación inalámbrica, es posible construir sensores multifuncionales de bajo costo que operan con poca energía, de un tamaño pequeño, y de una capacidad de comunicación a corta distancia. Estos sensores son capaces de capturar parámetros de temperatura, aceleración, humedad, entre otros.

Las posibilidades de aplicación y los beneficios que el uso de las redes inalámbricas de sensores ofrecen, son amplios. Algunos ejemplos son:

- Monitoreo de glaciales. Se monitorean ambientes glaciales para estudiar el clima del planeta y los cambios dinámicos dentro del glacial.
- Monitoreo de aguas oceánicas. Se observa la temperatura, la humedad y perfil actual de la superficie oceánica para obtener patrones de variación de clima.
- Rescate de víctimas de avalanchas. Se provee una automatización de la coordinación de rescate de víctimas al conocer sus estados vitales (respiración, etc).



- Observación de aves. Se hace uso de una red inalámbrica de sensores para estudiar el comportamiento de aves, las cuales son fácilmente perturbadas por la presencia humana.
- Monitoreo de un habitat, con el propósito de recabar datos de las condiciones y la escala de organismos individuales para ayudar a resolver problemas que afectan animales, plantas y personas.
- Monitoreo de viñedos. Se monitorean las condiciones que influyen en el crecimiento de las plantas (temperatura, humedad de tierra, luz, etc.).

Como se puede observar, las posibilidades de aplicación son tantas como se puedan imaginar, incluso éstas pueden servir como medios para lograr realizar investigación en muchas más áreas, así como también el de ayudar a hacer realidad el cómputo ubicuo. La implementación, los límites y requerimientos de estas aplicaciones no están completamente comprendidos y como consecuencia, muchas de estas aplicaciones actuales aún no están listas para el mundo real. Según un estudio reciente realizado por *OnWorld* [<http://www.onworld.com/>], el mercado de redes de sensores inalámbricos muestra un alto crecimiento en la demanda, porque cada vez más empresas quieren instalar este tipo de red. Dicho estudio se basa en los resultados de una encuesta realizada con 147 empresas donde se incluye predicciones sobre producción e ingresos en ocho mercados de redes de sensores inalámbricas, además de análisis y resultados sobre motivación de usuarios, avances en las aplicaciones actuales de redes de sensores y las últimas tendencias de la industria.



investigación de *ONWorld*, nos arroja datos los cuales indican que en el año 2005 se habían utilizado al menos un millón de nodos de redes de sensores inalámbricas, además, las redes de 500 nodos o mas son cada vez más frecuentes y existen ya varios casos de miles de nodos en una sola red. En la actualidad existe una demanda abrumadora de soluciones ofrecidas por redes de sensores inalámbricas por parte de las industrias. De las empresas sondeadas para el estudio, el 29% utilizan este tipo de redes, mientras que más de 40% consideran muy probable la posibilidad de que realicen pruebas piloto con redes de sensores sin cable dentro del próximo año y medio.

1.2 Enunciado del problema y objetivo

Las redes de sensores inalámbricas presentan un desafío en el área de diseño, ya que dentro de los lugares físicos en lo que se ubican las redes existen variables de conectividad como una obstrucción, interferencia, factores ambientales, orientación de antenas y movilidad hacen que la determinada conectividad sea difícil

En las redes inalámbricas de sensores, cada nodo tiene un radio que provee un enlace de comunicación con los nodos cercanos para el intercambio de información, de este manera se forman cada nodo descubre nodos vecinos y así a través de un algoritmo distribuido se determina la ruta de datos acorde a la aplicación necesitada. El problema que puede ocurrir es que algún sensor quede aislado y no se pueda comunicar con otros nodos de la red, de esta forma, la información dentro del espacio que ocupa ese sensor se pierde. Al momento de que un sensor queda aislado, es necesario que una persona reubique dicho sensor para



poder integrarlo a la red, esto se escucha fácil, pero se vuelve complejo si se plantean los escenarios anteriormente mencionados como glaciares, océanos, avalanchas y viñedos entre otros escenarios que se puedan suscitar, ya sea en las industrias o en la vida cotidiana.

Debido a las dificultades que se enfrentan, un buen diseño de la red antes de su implementación, nos puede ayudar a evitar este tipo de problemas. El objetivo de este trabajo fue implementar una herramienta para diseñar una red de sensores inalámbrica. La herramienta debe permitir simular un espacio donde se va a instalar la red. Este espacio se representa tridimensionalmente, por la altura del espacio a través de colores, los cuales nos indican la heterogeneidad del espacio. Una vez representado el espacio se posicionan los sensores necesarios para crear la red. Por medio del sistema se deben detectar los grupos de sensores que están fuertemente conectados entre sí, y de esta forma se puede garantizar una buena comunicación entre los sensores y la funcionalidad de la red.

1.3 Contribución y metodología

La contribución principal de esta tesis es D-SENSO, un sistema de apoyo al diseño de redes de sensores en un espacio 2D o 3D. El sistema permite diseñar y simular la difusión de datos en la red de sensores antes de que la red sea implementada de manera física. Se puede proponer un buen diseño donde se puede simular la comunicación entre sensores, lo que nos lleva a un ahorro de tiempo y dinero. D-SENSO puede simular cualquier espacio que vayamos a censar, sin tener que estar físicamente en el lugar.



D-SENSO fue implementado usando Visual Studio .NET y el .NET Framework que permite desarrollar servicios web basados en XML además de otro tipo de aplicaciones como interfaces. El .NET Framework trabaja a base de componentes donde cada componente funciona con uno o mas servicios para que interactúen entre si, como lo son autenticación del usuario (Passport .NET), almacenar datos, administración de usuarios, entre otros. Se puede entender como cada servicio un bloque, donde al unir varios bloques se pueden construir infinidad de soluciones [kar07]. El uso de D-SENSO fue validado a través de tres escenarios que permiten probar su capacidad para localizar los sensores en diferentes tipos de terrenos. Además la localización es evaluada con respecto a la creación de la red de sensores tomando en cuenta el alcance de transmisión y la posible interferencia.

1.4 Organización del documento

El resto de este documento está organizado de la siguiente manera:

- El capítulo 2 introduce los conceptos necesarios para entender este trabajo. Primero, define una red inalámbrica de sensores y describe su funcionamiento. Luego describe las topologías usadas frecuentemente para estas redes. Finalmente, define la noción de bases de datos en los sensores de la red.
- El capítulo 3 presenta D-SENSO un sistema para la configuración de redes de sensores en un espacio bidimensional o tridimensionales considerando las propiedades de alcance de transmisión de los sensores. El capítulo presenta la arquitectura general de



D-SENSO y sus funciones principales, en particular el cálculo de *clusters* de comunicación entre los sensores.

- El capítulo 4 describe la implementación de D-SENSO usando la plataforma .net y un conjunto de escenarios que permitieron validar la propuesta.
- El capítulo 5 concluye el documento discutiendo las principales contribuciones y las principales perspectivas de investigación.

