

Universidad
Tecnológica de
Bolívar

2

0

0

8

REDES SENSORIALES INALÁMBRICAS

Actualmente podemos observar la gran utilidad que tienen las Redes sensoriales inalámbricas en todos los campos que el ser humano maneja. Es tanta la utilidad de las mismas que se ha logrado obtener mejorías que ayudan en el desarrollo de la medicina, la seguridad, el medio ambiente, entre otros.

REDES SENSORIALES INALÁMBRICAS

Autores

EFRAIN DAVID BLANCO FONSECA

ELKIN ESTEBAN COTTA PINTO

**Monografía presentada para optar el título de Ingeniero de
Sistemas**

Director

GIOVANNY RAFAEL VASQUEZ MENDOZA

Ingeniero de Sistemas

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

PROGRAMA INGENIERÍA DE SISTEMAS

CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.

AGRADECIMIENTOS:

Antes que nada quisiera darle las gracias a Dios por permitirme culminar esta etapa de estudio. De igual forma agradezco a mis padres por brindarme todo su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos. Agradezco a mis tutores de monografía por estar siempre cuando los necesitaba. Y por último agradezco a mi compañero de monografía por todas las experiencias vividas en el transcurso del desarrollo de la misma.

EFRAIN DAVID BLANCO FONSECA

Agradezco a Dios por iluminar mi mente y llenarme de conocimientos, que me ayudaran a la finalización de este trabajo y por ende mi carrera. Al igual quisiera darle las gracias a mi madre que siempre estuvo a mi lado en los momentos más oscuros de mi vida, por brindarme todo su apoyo de forma ilimitada. Por último agradezco a mi compañero de monografía y de carrera por todos los momentos que vivimos en este lapso de tiempo de investigación para el desarrollo de la monografía.

ELKIN ESTEBAN COTTA PINTO

ARTICULO 105

La Universidad Tecnológica de Bolívar se reserva el derecho de propiedad de los trabajos de grado aprobados y no pueden ser explotados comercialmente sin autorización.

Nota De Aceptación

FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

Cartagena de Indias, Octubre de 2008

Cartagena D. T. Y C., Octubre de 2008

Señores:

COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS

Programa de Ingeniería de Sistemas

Universidad Tecnológica De Bolívar

La ciudad

Respetados señores:

Con toda atención nos dirigimos a ustedes con el fin de presentarles a su consideración, estudio y aprobación la monografía titulada REDES SENSORIALES INALÁMBRICAS como requisito parcial para optar al título de ingeniero de sistemas.

Atentamente,

EFRAIN DAVID BLANCO FONSECA

ELKIN ESTEBAN COTTA PINTO

Cartagena D. T. Y C., Octubre de 2008

Señores:

COMITÉ DE EVALUACION DE PROYECTOS

Programa de Ingeniería de Sistemas

Universidad Tecnológica De Bolívar

La ciudad

Cordial saludo:

A través de la presente me permito entregar la monografía titulada REDES SENSORIALES INALÁMBRICAS para su estudio y evaluación la cual fue realizada por los estudiantes EFRAIN DAVID BLANCO FONSECA y ELKIN ESTEBAN COTTA PINTO, de la cual acepto ser su director.

Atentamente,

GIOVANNI RAFAEL VASQUEZ MENDOZA

AUTORIZACIÓN

Yo EFRAIN DAVID BLANCO FONSECA, identificado con la cédula de ciudadanía número 1.047.368.655 de Cartagena, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar, para hacer uso de mi trabajo de monografía y publicarlo en el catálogo online de la Biblioteca.

EFRAIN DAVID BLANCO FONSECA

AUTORIZACIÓN

Yo ELKIN ESTEBAN COTTA PINTO, identificado con la cédula de ciudadanía número 1.128.047.445 de Cartagena, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar, para hacer uso de mi trabajo de monografía y publicarlo en el catálogo online de la Biblioteca.

ELKIN ESTEBAN COTTA PINTO

RESUMEN

Este trabajo esta hecho con el fin de brindarle al lector información sobre las redes sensoriales inalámbricas de tal forma que amplié sus conocimientos acerca de esta misma.

Esta tecnología nace en la década de los 80, bajo la necesidad de las fuerzas militares estadounidenses de protegerse contra su enemigo durante la guerra fría por lo cual instalaron una serie de sensores de sonido bajo el agua para detectar los submarinos que se le acercaban. Luego fueron surgiendo otros proyectos en diferentes áreas tales como: agricultura, medicina, naturaleza entre otros.

Una red de sensores inalámbrica se define como aquella que consta de pequeños aparatos capaces de realizar tareas por si solos para efectuar su comunicación, teniendo en cuenta que no necesitan de un cable para transmitir información.

La capacidad de comunicación que tienen estos aparatos lo logran por medio del Protocolo ZigBee, basado en el estándar de comunicaciones para redes inalámbricas IEEE_802.15.4.

Para el diseño e implementación de esta tecnología cabe destacar que ZigBee cuenta con tres topologías de red:

→ ESTRELLA

→ ARBOL

→ MALLA

ZigBee es una de las tecnologías más prometedoras del momento gracias a la gran aplicabilidad que tienen sus dispositivos, quienes a su vez son de bajo coste y el consumo de energía de estos es bastante considerada, por lo tanto la visión de ZigBee es prevalecer en el mercado con los precios más bajos y crecer en calidad.

Se puede concluir que esta monografía busca aportar al lector un material acerca de las redes sensoriales inalámbricas, con el fin de que amplíen su conocimiento sobre esta tecnología.

Por último cabe destacar que esta herramienta esta orientada a los profesionales de ingeniería de sistemas enfatizados en el área de redes y comunicaciones, ingeniería electrónica y carreras afines.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE IMAGENES	14
INTRODUCCIÓN	15
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	16
OBJETIVOS	17
JUSTIFICACIÓN	18
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	19
1. MARCO TEÓRICO	20
1.1 HISTORIA Y ANTECEDENTES	20
1.2 Redes Sensoriales Inalámbricas	21
1.2.1 Funcionamiento	24
1.2.2 Características Generales de las Redes Sensoriales Inalámbricas	25
1.3 Áreas de Aplicación	27
1.3.1 Aplicaciones en la Naturaleza	27
1.3.2 Aplicaciones en la Agricultura	28
1.3.3 Aplicación en la Seguridad	30
1.3.4 Aplicación en la Medicina	30
1.3.5 Aplicación en la Automoción	30
2. PROTOCOLO DE CONTROL DE ACCESO AL MEDIO PARA REDES SENSORIALES INALÁMBRICAS	32

2.1	ZigBee y su historia	32
2.2	Características de la tecnología ZigBee	43
2.3	Usos de ZigBee	44
2.3.1	ZigBee vs. Bluetooth	45
2.4	Arquitectura	46
2.5	Tipos de dispositivos	49
2.5.1	Según su Funcionalidad	50
2.6	Duración del periodo de vida	51
2.7	Importancia de la capa de red	52
2.8	Conversión en un sistema seguro	54
3	TOPOLOGÍAS DE RED	55
4	El futuro de la tecnología ZigBee	55
	CONCLUSIÓN	57
	RECOMENDACIONES	59
	GLOSARIO	60
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	64
	ANEXOS	66

LISTA DE IMÁGENES

		Pág.
Imagen 1:	Nodo sensor	21
Imagen 2:	Red Sensorial Autónoma	25
Imagen 3:	Sensor instalado en tronco	28
Imagen 4:	Implementación en campo de cultivo	29
Imagen 5:	Fuente de inspiración	32
Imagen 6:	Vivienda domotizada	34
Imagen 7:	Tabla Comparativa de Tecnologías Wireless	37
Imagen 8:	Estructura de la arquitectura ZigBee 1	47
Imagen 9:	Estructura de la arquitectura ZigBee 2	48
Imagen 10:	Modelo de red de la tecnología ZigBee	52
Imagen 11:	Esquema de un dispositivo ZigBee	54

INTRODUCCIÓN

Actualmente podemos observar la gran utilidad que tienen las Redes sensoriales inalámbricas en todos los campos que el ser humano maneja. Es tanta la utilidad de las mismas que se ha logrado obtener mejorías que ayudan en el desarrollo de la medicina, la seguridad, el medio ambiente, entre otros.

No se puede negar que este avance de la tecnología cada día va ganando más renombre e interés de investigación por parte de expertos y personas del común, reduciendo y mejorando de manera magnífica los problemas del mundo de hoy referentes con la información y comunicación. Sin embargo, hay lugares que apenas están aprendiendo a nadar en esta tecnología, ejemplo de ello es nuestro país “Colombia”, la actual situación de nuestro país en esta tecnología se podría decir que no es la mejor, puesto que no se maneja con la información necesaria para involucrarse de forma profunda en la investigación de la misma, no obstante lo que se busca es mejorar y crear inquietud, interés y motivación para con esta nueva tecnología innovadora.

La razón fundamental de este trabajo es buscar encaminar la noción de la nueva tecnología de redes sensoriales inalámbricas hacia un concepto interesante y necesario para diferentes áreas o entornos de la sociedad, alentando así al lector a profundizar acerca de la misma.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A nivel mundial la tecnología en el área de las comunicaciones ha dado saltos impresionantes más que todo cuando se habla de redes de sensores.

Su historia se remonta aproximadamente a la década de los 80's comenzó con el proyecto *Distributed Sensor Networks (DSN)* de la agencia militar de investigación avanzada de Estados Unidos Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA).

Con su aparición se mejoran de forma notable los procedimientos en tecnologías en los cuales necesariamente se tenía que interactuar directamente con los humanos puesto que, se pueden hacer ahora de forma distribuida por medio de sistemas gestores inteligentes (redes sensoriales).

La implementación y desarrollo de esta tecnología en Cartagena es escasa, ya que se cuenta con poco material educativo acerca de la misma. El problema identificado en esta monografía es el anterior, la falta de información y fuentes que le permitan al lector enriquecer su conocimiento en el área de las redes sensoriales inalámbricas y le incite a este mismo a investigar aún mas sobre esta tecnología, para el desarrollo de futuros proyectos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Ampliar conocimientos acerca de las Redes Sensoriales Inalámbricas en aspectos relacionados con sus características, aplicabilidad, y arquitectura que fomenten una mejor comprensión de esta nueva tecnología.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Dar a conocer el protocolo de control de acceso al medio para redes sensoriales inalámbricas.
- Diferenciar la tecnología ZigBee utilizada por las redes de sensores sin cableado con otras, tales como Wi-Fi y Bluetooth, dando a conocer ventajas y desventajas.
- Mostrar al lector ejemplos palpables de la aplicabilidad de las redes sensoriales inalámbricas.

JUSTIFICACIÓN

El ser humano ha logrado interconectar las redes de sensores en diferentes entornos, tanto ha sido la hambruna del hombre que creo las llamadas redes de sensores sin cableado, dispositivos muchos mas inteligentes que los primeros (Redes sensoriales), estos mismos han logrado traer muchos beneficios que antes no se podía realizar, puesto que resultaban muy complicados. Tales trabajos que hoy día se pueden hacer lo son: detectar un terremoto, incendios forestales, la temperatura, entre otros.

Basándose en lo anterior se puede decir que es necesario que esta tecnología deba ser conocida o por lo menos que la humanidad sepa que cuenta con una herramienta muy útil para la resolución de problemas del mundo. Y que se concienticen, que esta misma merece ser implementada en donde se identifique cualquier problema que las redes de sensores sin cable puedan solucionar.

Actualmente en la ciudad de Cartagena y en general en el país el desarrollo de esta tecnología no es muy prometedor, si bien se sabe que en Colombia existen grupos de investigación trabajando con proyectos concernientes a las redes sensoriales sin cableado, no son suficientes para satisfacer necesidades y/o problemas que estas puedan solucionar, ya que no se cuenta con herramientas, incentivos y fuentes de información que permitan el desarrollo de la misma.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de este trabajo se tuvo primeramente que aclarar ideas acerca de lo que se quería plasmar en este, luego de haber aclarado las ideas se procedió con la búsqueda de información necesaria. Se contó como fuente de investigación la internet. Antes de empezar a elaborar la monografía se organizó la forma de cómo se quería desplegar la monografía, es decir, el orden en que se le mostrarían al lector los ítems o capítulos concernientes a esta temática, de tal forma que tuvieran una secuencia lógica y así evitar conflictos a la hora de la lectura.

Cabe destacar que durante el desarrollo de esta, siempre se quiso llegar al lector por medio de imágenes y tablas para una mejor comprensión de lo que se plantea en dicho trabajo, de tal manera que la lectura no se torne tan aburrida y así se alcancen los objetivos plasmados en el mismo.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Historia y Antecedentes

Para hablar de redes sensoriales inalámbricas es necesario primero saber de donde se originan o bajo que necesidad se crean. Los primeros inicios con tecnología inalámbrica se remontan al año 1979 cuando científicos de IBM crea una red con tecnología infrarroja.

En 1985 se empieza a comercializar este tipo de tecnología cuando la FCC, asigna estrechas bandas de frecuencias, donde inmediatamente la IEEE (asociación de ingenieros electrónicos) comienzan a trabajar en tecnologías para ser utilizadas sobre dichas bandas, de hay donde nacen los estándares IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g que es la mas nueva.

Las redes de sensores sin cableado han nacido bajo la necesidad de las fuerzas militares estadounidenses de protegerse contra su enemigo durante la guerra fría por lo cual instalaron una serie de sensores de sonido bajo el agua para detectar los submarinos que se le acercaban. Luego fueron surgiendo nuevas necesidades en otros campos tales como:

- ✓ Medicina
- ✓ Agricultura
- ✓ Domótica

- ✓ Industria
- ✓ Naturaleza
- ✓ Entre otros

1.2 Redes Sensoriales Inalámbricas

Son aquellas que utilizan nano aparatos autónomos para efectuar su comunicación, teniendo en cuenta que no necesitan del cableado para la transmisión de la información.



Imagen 1, tomada de http://www.projects-lab.com/wp-content/uploads/2008/04/at3235_door_sensor_photo.jpg

En la anterior imagen podemos observar un nodo, que es parte importante en una red sensorial inalámbrica, cada nodo de estos esta formado por un dispositivo con microcontrolador, sensores y transmisor/ receptor y al estar unidos con otros nodos forman una red que se denomina sensores o motas. Los sensores son capaces de procesar una cantidad de datos limitada. Cuando

la información es coordinada entre muchos nodos, ellos tienen la capacidad de medir un medio físico que se da con gran especificación.

Lo anterior nos permite inferir que una red de sensores es aquella que está conformada por un conjunto de nodos que se regularizan para hacer una aplicación detallada. Las redes de sensor llevan con mayor precisión sus labores siempre y cuando haya un buen despliegue y coordinación al máximo.

En la actualidad las redes sensoriales inalámbricas son uno de los avances tecnológicos más investigados, estos son pequeños aparatos independientes que están integrados por redes.

Las redes sensoriales alámbricas se diferencian de las redes sensoriales inalámbricas en que las primeras utilizan cableado para poder tener comunicación, en cambio las segundas no necesitan de ello. Además de lo dicho anteriormente se puede decir que las segundas son más perspicaces, en otras palabras quiere decir que están preparadas para realizar cualquier trabajo siempre y cuando adquieran información. Las redes de sensores han revolucionado el mundo desde 1990 en el que las personas y organizaciones hacen cambios de información y ordenan sus actividades. Actualmente estamos viviendo una revolución de esta tecnología en donde observamos y controlamos el mundo físico. La tecnología de hoy ha permitido que se creen avances con mecanismos desarrollados, pequeños, de bajo consumo y de muy bajo costo, además tienen la capacidad de procesar información de manera inalámbrica. Cuando se tiene disponibilidad de microprocesadores y

comunicaciones sin cable ha permitido desarrollar redes de sensores/actuadores que se aplican en diferentes campos.

El lenguaje de programación que maneja los sensores no es muy fácil, además de ello esta la cantidad de recursos y la limitada capacidad de cálculo. Dentro de los lenguajes de programación encontramos los siguientes:

- ⊕ nesC: este es un lenguaje que se utiliza para las motas o sensores.
- ⊕ Protothreads: es aquel lenguaje que se diseño para la programación presente, como base de funcionamiento este suministra hilos de dos bytes.
- ⊕ c@t: esta es la computación quien fija iníciales en un punto del espacio en el tiempo.
- ⊕ SNACK: para redes de sensores sin cableado facilita el diseño de los componentes, y más cuando se trata de cálculos o información que sea de gran tamaño.
- ⊕ galsC: es un lenguaje que sirve o esta orientado para tareas.
- ⊕ SCTL: es una herramienta llamativa ya que se utiliza para hacer consultas sobre redes motas.
- ⊕ DCL: es un lenguaje de constitución distribuida.

1.2.1 Funcionamiento

Las redes sensoriales si bien sabemos son dispositivos que tienen la capacidad de medir cualquier parámetro del medio que nos rodea y asimismo puede volver a transmitir sus valores que adquiere a través de la red, ejemplos de esos parámetros lo son: la temperatura, humedad, movimiento, humo, etc.

La capacidad de comunicación que tienen los nodos lo logran por medio del Protocolo ZigBee, el cual convierte a la *Domòtica* en uno de los campos de aplicación más importantes dentro de las redes sensoriales.

La red y su respectiva estructura admite que todos aquellos valores que ya han pasado por el proceso de lectura es decir, que ya fueron leídos, serán enviados a un sistema que tiene la función de analizarlos (datos) y arrojar respuestas acertadas, ejemplo de lo dicho anteriormente puede ser la activación de una alarma cuando hay alguna persona intrusa en una casa, activar una alarma cuando hay incendios en cultivos, jardines, activar el aire acondicionado, entre otros más.

La siguiente imagen nos permitirá comprender un poco del funcionamiento de las Redes Sensoriales Inalámbricas, esta imagen representa una red que está monitorizada por aspectos concernientes al buen funcionamiento de aparatos tales como lavadoras, neveras, televisores y microondas, y también aspectos relacionados a la humedad y la luz que las plantas de un jardín toman. Esta monitorización se lleva a cabo gracias a los que se encargan de comunicar tienen situado un sensor apropiado, además del módulo de comunicación.

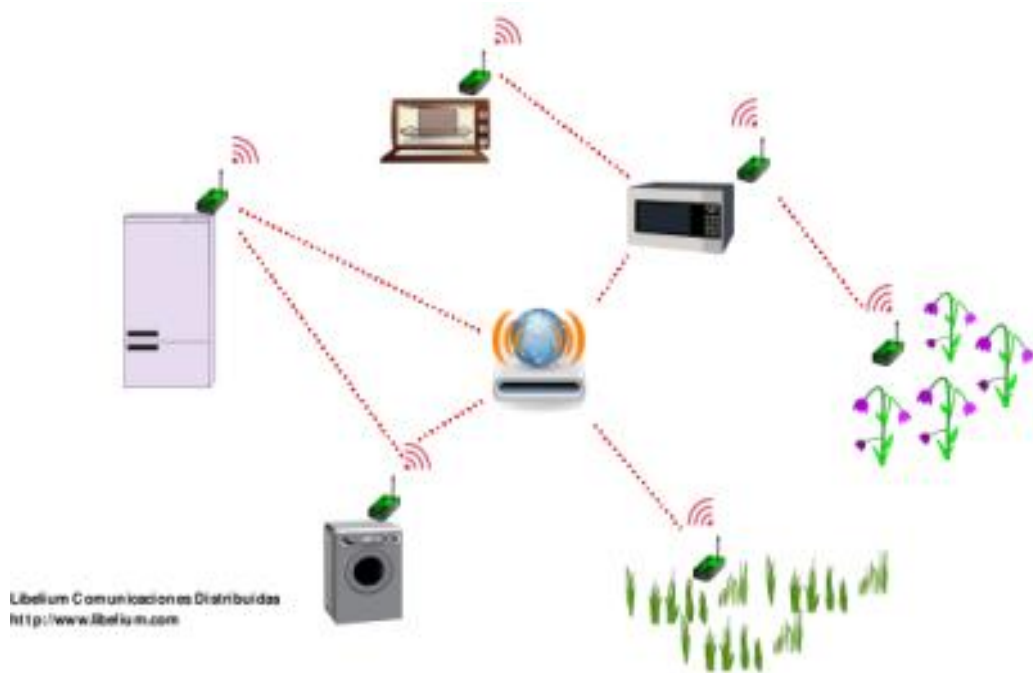


Imagen 2 tomada de <http://www.libelium.com/images/productos/sensorial01.png>

png-grande.png, Red Sensorial Autónoma

1.2.2 Características Generales de las Redes Sensoriales Inalámbricas

- **Topología dinámica:** en las redes sensoriales la topología es variable por lo cual los sensores tienen que adaptarse al cambio para poder efectuar una buena comunicación.

- **Variabilidad del canal:** debe existir una variabilidad ya que en este ocurren una serie de inconvenientes tales como: interferencia, atenuación, desvanecimientos entre otros, por lo cual pueden ocurrir errores en la comunicación.

- 📌 **Tolerancia a errores:** un sensor dentro de una red sensorial debe tener la capacidad de seguir efectuando sus actividades independientemente de si tiene fallas en su sistema.

- 📌 **No necesita infraestructura de red:** no es necesario tener infraestructura de red dentro de una red sensora para poder seguir con sus tareas ya que los nodos pueden actuar como emisores, receptores o enrutadores de los datos. Pero hay que destacar a el sink node (nodo recolector) que es el que hace la tarea de recopilar la información para luego ser distribuida dentro de la red.

- 📌 **Limitación de energía:** esta es una las características mas notable dentro de una red sensorial ya que los nodos muchas veces están expuestos al medio ambiente por lo cual no tienen un constante contacto con las personas, por consiguiente estos deben tener un procesador que consuma lo mas mínimo de energía para que alargue el tiempo de vida de la red.

- 📌 **Limitaciones de hardware:** esta característica esta muy ligada a la anterior ya que para poder obtener un consumo bajo de energía se deben utilizar procesadores, transceptores lo mas sencillo posibles lo cual causa un procesamiento de información limitado.

- 📊 **Escalabilidad:** es aquella en donde la red permite que se implante otros nodos sin ninguna dificultad, es decir deben ser reconocidos por los demás (nodos).
- 📊 **Fácil implantación:** el proceso de instalación en estas redes resulta poco complicado para cualquier entorno puesto que no se utiliza cables para dicha tecnología.

1.3 Áreas de Aplicación

La tecnología que se maneja hoy en día ha permitido que este avance tecnológico se aplique en diferentes áreas, a continuación se darán algunos ejemplos claros y puntuales de la realidad de estos aparatos:

1.3.1 Aplicaciones en la Naturaleza

Los parques naturales son ejemplos concisos que permiten demostrar la eficacia y eficiencia de la tecnología de redes de sensores inalámbricos, si bien se sabe que los parques naturales están llenos de seres vivos y que por ende necesita de un cuidado muy estricto para poderlos resguardar y necesitan también de una manutención, tal vez es la razón más veraz y contundente por la cual se implementaron estos sensores de pequeño tamaño en el entorno.

Con ello se impide el tráfico de personas y vehículos en estas zonas forestales, asimismo se puede controlar la temperatura, la humedad, el crecimiento de plantas, monitorización de un hábitat (para determinar la población y comportamiento de animales y plantas), control de parámetros en la agricultura,

monitorización del medio ambiente, observación del suelo o agua, entre otros aspectos.

En la imagen que aparece a continuación podemos observar uno de estos aparatos instalados en el tronco de un árbol.



Imagen 3, tomada de <http://www.heraldo.es/reportajes/redes/img/foto1.jpg>.

1.3.2 Aplicaciones en la Agricultura

La agricultura ha sido una de las más beneficiadas por esta tecnología. Con las redes de sensores se disminuye el consumo de agua y pesticidas, ayudando en la conservación del medio. Igualmente puede ser útil para avisar en los cambios de temperatura, es decir, puede comunicar las diferentes estaciones de cierta forma.

La agricultura de precisión es una tendencia en el sector agrícola que sirve como práctica en la gestión de cultivos, cosechas, plantas, y otros más.

Son tantos los beneficios que ha traído este gran avance que se ha logrado tener un control minucioso de las plagas y enfermedades de las plantas y animales. Las aplicaciones de la naturaleza tienen cierta relación con la de la agricultura ya que se ha logrado monitorizar la humedad, el clima o temperatura de las plantas, todo esto con fines de prevenir situaciones de negativas, es decir prevención de plagas.

En la siguiente imagen podemos observar como un campo de cultivo tiene impreso redes sensoriales inalámbricas, teniendo una base que rige a las demás.

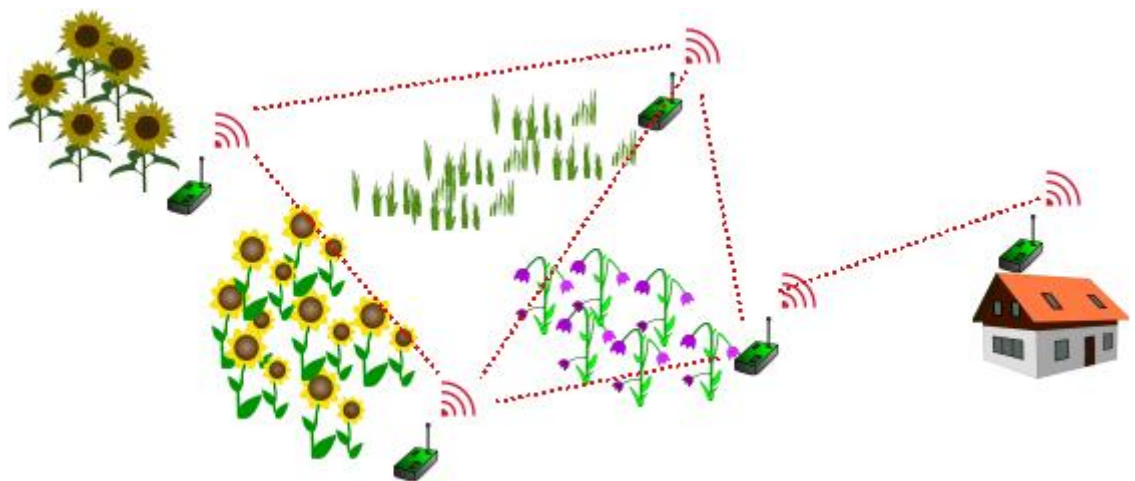


Imagen 4, tomada de http://www.libelium.com/images/productos/cultivo_solo_sens.png

1.3.3 Aplicación en la Seguridad

Teniendo en cuenta que muchos lugares demandan un nivel de seguridad alto como lo son aeropuertos, terminales de transporte y edificios del gobierno por nombrar algunos, se pueden descubrir situaciones jamás vista por otro artefacto que no sea las redes sensoriales inalámbricas.

1.3.4 Aplicación en la Medicina

Esta es un área bastante prometedora ya que la reducción de tamaño que han tenido los nodos han permitido que se controlen constantes vitales en los seres humanos tales como:

- Presión
- Nivel de azúcar en la sangre
- Pulso
- Entre otros.

1.3.5 Aplicación en la Automoción

Las redes de sensores son el complemento ideal a las cámaras de tráfico, ya que pueden informar de la situación del tráfico en ángulos muertos que no cubren las cámaras y también pueden informar a conductores de la situación, en caso de atasco o accidente, con lo que estos tienen capacidad de reacción para tomar rutas alternativas ¹.

¹ Red de sensores [en línea]. Wikipedia la enciclopedia libre [consulta: 15 julio de 2008] disponible en: <www.wikipedia.org/wiki/red_sensorial.htm>

Gracias a la tecnología de las redes sensoriales inalámbricas el control de tráfico se puede beneficiar ya que se optimiza la distribución de automóviles por diferentes rutas por lo cual se disminuye la congestión de estos mismos por las carreteras.

A continuación se encuentra una lista de aplicaciones que en el mercado con redes sensoriales inalámbricas:

- ❖ CROSSBOW: ha elaborado redes de sensores para monitorizar entornos y aplicaciones industriales.
- ❖ JAPAN'S OMRON CORP: ha creado una red de sensores para naves de carga con un sistema de seguridad en puertos.
- ❖ XYZ: su aplicación es el control de entornos en el interior de edificios.
- ❖ SOFTLINX: su aplicación es la seguridad perimetral asentada en sensores.
- ❖ EMBER: aplicación que con la WLAN suministran soluciones para la automatización industrial, edificios inteligentes y defensa.
- ❖ ENSCO: junto con la WLAN se encarga de aplicaciones meteorológicas.
- ❖ XSILOGY: aplicación para organización de inventario de tanques, sistemas de distribución de flujos, defensa del hogar, monitorización del medioambiente, etc.

2. PROTOCOLO DE CONTROL DE ACCESO AL MEDIO PARA REDES SENSORIALES INALÁMBRICAS

2.1 ZigBee y su historia

ZigBee es un protocolo de comunicaciones inalámbrico basado en el estándar de comunicaciones para redes sin hilos IEEE_802.15.4.



Imagen 5, tomada de <http://www.heraldo.es/reportajes/redes/img/abeja.jpg>

La fuente de inspiración de este protocolo se originó en los insectos, particularmente de las abejas.

La alianza ZigBee hizo público y permitió a todas las universidades y Centros de desarrollo las especificaciones del Protocolo ZigBee en California, específicamente en San Ramón a los trece días del mes de Junio del año 2005. La aplicación ZigBee Home Automation dejó de ser color de rosa para el público, es decir ya no se obtenía de forma gratuita, esto comenzó a partir del 5 de Noviembre del 2007, ahora solo se ofrece a personas fabricantes, desarrolladores, integradores de productos concernientes a la domótica. Esta aplicación, fue hecha por ZigBee Alliance, quien la definió como un estándar

que abarca todo lo relacionado con domótica, teniendo como idea que los productos de la automatización del hogar fueran hechos por los fabricantes, y asimismo hubieran operaciones entre ellos, es decir interoperabilidad, creando en el comprador control, fiabilidad, comodidad y seguridad.

Además de la anterior aplicación ZigBee Alliance también tiene disponible a integradores e ingenieros al acceso de la aplicación ZigBee Cluster Library, este es un estándar apto para las prestaciones de la domótica, y crea bloque de construcción para aplicaciones que sean de domótica específicamente de residencias.

Desde el año de 1998 se empezaron a crear las redes de la familia ZigBee, en ese tiempo también se declaró que las tecnologías Wi-Fi al igual que el Bluetooth no eran las únicas redes legales para todos los entornos. A la fecha de mayo de 2003 se aprobó el estándar IEEE 802.15.4 y en ese mismo año Philips Semiconductors no continuó con la inversión de redes de mallas, Philips Lightin sigue siendo un importante miembro de la ZigBee Alliance. A partir del año del 2004 ZigBee Alliance amplió sus miembros corporativos.

ZigBee es un sistema ideal para redes domóticas, específicamente diseñado para reemplazar la proliferación de sensores/actuadores individuales. ZigBee fue creado para cubrir la necesidad del mercado de un sistema a bajo coste, un estándar para redes Wireless de pequeños paquetes de información, bajo consumo, seguro y fiable ².

Primeramente ZigBee es un conjunto de protocolos de gran nivel en el campo de la comunicación sin cable, como lo dice anteriormente es de bajo precio y esta asentado bajo el estándar IEEE 802.15.4. Si bien se sabe que este protocolo tiene mayor aceptación o más bien es magnifico para la domótica, debemos saber que es. La domótica es un conjunto de sistemas idóneos que computarizan un lugar, dentro de los servicios que ofrecen están los siguientes:

- La gestión energética
- La comunicación
- La seguridad



Imagen 6, tomada de http://www.arqhys.com/tutoriales/uploaded_images/1-717601.jpg, Domótica.

² Afondo: ZigBee [en línea]. Domodesk. [Consulta: 17 julio de 2008] Disponible en: <<http://www.domodesk.com/content.aspxco=97&t=21&c=47>>

En la imagen podemos observar varias funciones que tiene la domótica dentro de una vivienda en específico. Con la tecnología de redes inalámbricas en el campo de la domótica se puede detectar el movimiento, el umbral, control de calefacción, control de iluminación, control de acceso, y entre otras funciones que la hacen útil dentro de la vida diaria.

Para dar un concepto de domótica, se puede decir que es la unión de la tecnología en un esquema inteligente de un lugar. La domótica por tener impreso este protocolo de redes inalámbricas de área personal hace que ZigBee se diferencie de las demás tecnologías, por tal motivo cabe nombrar algunas características notables que lo hacen único en su especie como los son:

- Su bajo consumo
- Su topología de red en malla (cada nodo está conectado a uno o más nodos)
- Fácil creación

Se puede decir que el protocolo ZigBee se ha convertido en la raíz de la automatización del hogar con mejor sentido común y mas racional, además hay que destacar el bajo consumo, el sistema de comunicación a través de vía radio teniendo como topología MESH, los nodos se pueden hacer sin la necesidad de utilizar mucha electrónica. En el mercado se encuentra el ZigBee v1.0.

La red de comunicaciones, la seguridad con algoritmos incrustados, servicios de apoyo que trabajan bajo la capa IEEE 802.15.4, la PHY (capa física), el control y diferentes topologías de red, son aspectos importantes que proporciona el estándar ZigBee.

La seguridad es también un aspecto que este estándar trae implícito en donde trabaja con AES 128 bits y el 802.15.4.

La alianza de ZigBee esta conformada por más de 100 empresas, que buscan el mejoramiento y establecimiento de esta tecnología de punta como lo es las redes sensoriales inalámbricas. Además tienen el objetivo de hacer un sistema estándar de comunicaciones que sea por vía radio y de dos direcciones, todo esto con la finalidad de que puedan ser llevados al campo de la automatización del hogar, edificios, juguetes, etc. Entre las empresas que la conforma se destacan:

- ✓ Invensys
- ✓ Honeywell
- ✓ Philips
- ✓ Mitsubishi
- ✓ Motorola

La creación de esta tecnología nace por el hecho de que se cubran los vacíos que deja la tecnología del bluetooth.

Hoy en día podemos decir que nuestras vidas están muy dadas al control remoto, la mayoría de las cosas que hacemos sino son todas por decirlo así están expuestas, controlado todo por un control remoto, prender la televisión, pasar las emisoras de la radio, el DVD, cámara digital, encender el aire acondicionado, abrir las puertas del carro, del garaje, etc.

El Protocolo ZigBee es uno de los más prometedores actualmente, el cual trabaja bajo el estándar IEEE 802.15.4., en la siguiente tabla observaremos una comparación de ZigBee con otras tecnologías inalámbricas:

Estándar	Ancho de Banda	Consumo de potencia	Ventajas	Aplicaciones
Wi-Fi	Hasta 54Mbps	400ma transmitiendo, 20ma en reposo	Gran ancho de banda	Navegar por Internet, redes de ordenadores, transferencia de ficheros
Bluetooth	1 Mbps	40ma transmitiendo, 0.2ma en reposo	Interoperatividad, sustituto del cable	Wireless USB, móviles, informática casera
ZigBee	250 Kbps	30ma transmitiendo, 3ma en reposo	Batería de larga duración, bajo coste	Control remoto, productos dependientes de la batería, sensores , juguetería

Imagen 7, tabla comparativa de tecnologías Wireless tomada de <http://www.domodesk.com/content.aspx?co=97&t=21&c=47>

Hasta entonces, se han creado nuevas redes Wireless, como Wi-Fi, Bluetooth, y otras venideras WiMAX, USB inalámbrico, etc. En la tabla representamos una comparativa de las tres tecnologías mas conocidas y ya en proceso de expansión. Las cámaras Wireless, destacadas por el control remoto, son un ejemplo de cómo se pueden aplicar estas tecnologías para la domótica y el control de áreas. Pero el problema es que estas tecnologías no satisfacen los requerimientos de la domótica, porque su arquitectura no pensó en ello cuando fueron creadas.

Si echamos un vistazo en la clase de comunicaciones que se producen en una red de sensores o actuadores, podemos encontrar que muchas de estas comunicaciones se realizan con pequeños paquetes de datos: para enviar información de un sensor (por Ej., activado = detecta humo), o simplemente para controlar el estado de los sensores. Además de ser paquetes pequeños de información, la gran mayoría de los dispositivos pueden estar 'dormidos' hasta que envíen la información (porque no ocurre nada) y activarse al detectar algo. Las principales características de estos sensores son:

- Un consumo de potencia extremadamente bajo
- La posibilidad de estar 'dormidos' durante grandes periodos de tiempo
- Su sencillez
- Su bajo coste
- Un sistema domótico ha de poder controlar diferentes configuraciones: en estrella, bus & Idots; para poder cubrir el área de

una casa, y sobre todo la configuración MESH (rejilla) que nos permitirá no depender del rango.³

Los primeros resultados que se consiguieron en el área de la comunicación sin cable dentro de una red local fue en una fabrica del país de Suiza, a esta tecnología se le conoce redes de área local inalámbricas es decir la WLAN que significa en ingles Wireless Local Área Network. Esta tecnología hoy en día ha logrado una fuerza única, el cual se debe a las ventajas de movilización, es decir, el usuario puede moverse en cualquier lugar sin necesidad de estar atado a un dispositivo con clave y además ha alcanzado gran fuerza porque la competitividad en precios es mejor que la tecnología de redes alámbricas convencionales.

Las redes locales inalámbricas usan un sistema de ondas electromagnéticas para enviar información de un lugar a otro sin tener conexión física. Muy seguido las ondas de radio de frecuencia se convierten en las portadoras de radio, esto lo hace porque ella solo entrega energía que soporta el receptor.

La información o datos que se quieren transmitir se superponen sobre la ya mencionada “portadora de radio”, esto con la finalidad de que los datos o información puedan ser recuperados por el lado receptor, cuyo proceso se conoce como “*modulación portadora*”, el nombre viene de la idea de que la información es transmitida. Luego del proceso de envío de la información, lo

³ ZigBee [en línea]. Wikipedia la enciclopedia libre [consulta: 18 julio de 2008] disponible en: <<http://www.wikipedia.org/wiki/ZigBee#searchInputrg\wiki\red sensorial.htm>>

que ocurre es que la radio ocupa más de una frecuencia, esto se debe a que la frecuencia de datos transmitidos se agrega a la portadora. Se puede dar que existan o más bien que estén varias portadoras en el mismo espacio de manera sincrónica, claro esta que una no estorba a la otra, en otras palabras no hay interferencia entre ellas, estas se transmiten en diferentes frecuencias. Para sacar los datos, el que recibe en la radio se sintoniza para elegir una frecuencia de radio y dejar a un lado las demás frecuencias.

En la configuración de una red de área local inalámbrica típica, un dispositivo que transmite y/o recibe se le llama punto de acceso, este se conecta a la red con cable usando un cable llamado Ethernet estándar (punto fijo).

El dispositivo que envía y/o transmite, es decir, el punto de acceso cumple al menos la labor de recibir, almacenar y enviar la información entre dos redes: la red inalámbrica y la red con cable.

Los dispositivos de radio frecuencia tienen una distancia, en donde se comunican siempre y cuando haya diseño de los productos, interacciones con objetos típicos de construcción y no intervengan las personas ya que pueden afectar las ondas de programación. En un punto alto usualmente se pone la antena, pero no quiere decir que no se puede colocar en otro lugar práctico, la idea es que este en un lugar donde haya cobertura.

Se puede tener la red de área local inalámbrica a través de adaptadores sin cable que están implementados en una tarjeta PC para Laptops, es decir computadoras portátiles y los adaptadores ISA o PCI es para Desktops que son

las llamadas computadoras de escritorio, pero también se pueden usar adaptadores que son integrados en asistentes personales digitales “PDA (Personal Digital Assistant)”. Por otra parte los adaptadores de la WLAN suministran el interfaz entre las ondas electromagnéticas de la antena y el sistema operativo de red de la persona. El sistema operativo de red es transparente de la conexión inalámbrica.

Las aplicaciones que tiene la WLAN son las siguientes:

La tecnología LAN (alámbrica) es complementada por la WLAN (inalámbrica). La cobertura inalámbrica brinda una vía a las personas que tienen computadores portátiles ya que pueden estar en cualquier lugar sin necesidad de estar amarrados a un cable, se puede estar en un restaurante, un centro comercial, en el bus, en un café, en x lugar.

Cuando una empresa que tiene un espacio que no es de propiedad y en ella se maneja redes y esta desea reubicarse (la red se puede desplegar), la WLAN disminuye el costo que trae el movimiento, cambio y crecimiento. En los hoteles y centro de convenciones cuando hay alguna actividad o evento se hace un despliegue temporal de redes de acceso, el cual no es necesario hacer tendido de cableado puesto que la red se va a quitar cuando se acabe dicha actividad o evento. Las personas que tenemos acceso a la información nos dirigimos y utilizamos la red inalámbrica.

Hay dos configuraciones que puede tener este tipo de redes, estas son:

- ✓ Redes Ad – Hoc
- ✓ Redes de infraestructura

Las redes Ad – Hoc es la configuración más sencilla de las redes de área local inalámbrica, esta red se le denomina también WLANs independiente, en ella se conecta un conjunto de PCs con adaptadores sin cable. Cuando dos o más de los equipos están conectados a sus adaptadores crean una red independiente.

Varios puntos de acceso unen la WLAN con la red con cable, y la cobertura sin cable puede hacerse hasta a un edificio entero. Cuando se hace despliegue de la red hay que tener en cuenta los costos que esto conlleva, existen dos clases de costos, uno es el que lo crea la infraestructura, que son por los puntos de acceso inalámbricos y el otro que lo crea los adaptadores por la WLAN para las personas. El mérito de la WLAN depende del número de puntos de acceso, y asimismo el área de cobertura que se quiere y, tipo de usuario y número al que serán servidos.

El precio que tiene el instalar y el mantenimiento de una red de área local inalámbrica en comparación con una red de área local alámbrica es menor porque el primero se ahorra el cableado y asimismo las actividades de reparación y mantenimiento. Y segundo porque facilita los movimientos de infraestructura, cambios y crecimientos, por lo que son menores los gastos que se hacen en esas actividades.

La alianza Wi – Fi es una corporación que se formó a partir del año de 1999, que legitimó la interoperabilidad entre los productos creados por la red de área

local inalámbrica, estos estaban basados bajo el estándar IEEE 802.11. Cuando observamos el logotipo Wi-Fi CERTIFIED quiere decir que el producto ha cumplido con todas las características de la interoperabilidad.

Además la Wi – Fi tiene la labor de hacer nuevos y mejores estándares de seguridad, como Wi- Fi Protected Access (WPA), y la expansión de hotspots, es decir, ampliación de lugares públicos, como por ejemplo:

- Cafeterías
- Hoteles
- Aeropuertos
- Bancos

En conclusión se puede decir que las actividades hacia esta investigación y desarrollo de dispositivos que hace posible las redes de esta naturaleza se han hecho más poderosas.

2.2 Características de la tecnología ZigBee

El HomeRF Lite es otro nombre con que se conoce a la tecnología ZigBee, este trabaja con velocidades que están entre 20 Kb/s y 250 Kb/s con rango comprendidos entre los 10 m a 75 m.

La red ZigBee puede trabajar hasta con 255 nodos, el cual se encuentra dormido la mayor parte del tiempo por el transceiver ZigBee, teniendo como particularidad de que consume mucho menos energía que otras tecnologías sin

cableado. ZigBee puede utilizar las bandas libres ISM de 2,4 GHz, 868 MHz (Europa) y 915 MHz (EEUU). La idea, fundamentalmente esta en que si se trabaja con un transceiver ZigBee se usen pilas (dos) AA con duración mínima de seis meses hasta un máximo de dos años.

El deseo de los transmisores inalámbricos de los módulos de ZigBee es que sean los más económicos en el mercado y que sea producido con masividad.

2.3 Usos de ZigBee

ZigBee esta determinado en su gran mayoría en ser utilizado en aplicaciones que estén relacionados con el consumo de energía y la transmisión de datos. Lo que busca este protocolo son aplicaciones que tengan bajo costo en redes malladas, en estrella o en árbol y que se organice por si mismo, es decir sin la ayuda de la mano humana. El uso de este puede llevarse a cabo en diferentes campos la industria, la medicina, la agricultura, etc. Por ejemplo en la agricultura se puede utilizar para detectar si hay algún incendio, la temperatura y la presencia de algo o alguien. Son muchas las aplicaciones que podemos encontrar y estos trabajos se pueden hacer con muy poca utilización de energía.

2.3.1 ZigBee vs. Bluetooth

ZigBee es muy similar al Bluetooth pero con algunas diferencias:

- Una red ZigBee puede constar de un máximo de 65535 nodos distribuidos en subredes de 255 nodos, frente a los 8 máximos de una subred (Piconet) Bluetooth.
- Menor consumo eléctrico que el de Bluetooth. En términos exactos, ZigBee tiene un consumo de 30mA transmitiendo y de 3uA en reposo, frente a los 40mA transmitiendo y 0.2mA en reposo que tiene el Bluetooth. Este menor consumo se debe a que el sistema ZigBee se queda la mayor parte del tiempo dormido, mientras que en una comunicación Bluetooth esto no se puede dar, y siempre se está transmitiendo y/o recibiendo.
- Tiene una velocidad de hasta 250 Kbps, mientras que en Bluetooth es de hasta 1 Mbps.
- Debido a las velocidades de cada uno, uno es más apropiado que el otro para ciertas cosas. Por ejemplo, mientras que el Bluetooth se usa para aplicaciones como los teléfonos móviles y la informática casera, la velocidad del ZigBee se hace insuficiente para estas tareas, desviándolo a usos tales como la Domótica, los productos dependientes de la batería, los sensores médicos, y en artículos de juguetería, en los cuales la transferencia de datos es menor.

- Existe una versión que integra el sistema de radiofrecuencias característico de Bluetooth junto a una interfaz de transmisión de datos vía infrarrojos desarrollado por IBM mediante un protocolo ADSI y MDSI.⁴

En los puntos anteriores podemos concluir que ZigBee y bluetooth son tecnologías muy parecidas pero a la vez tienen diferencias, siendo ZigBee más avanzada y con mayor eficiencia.

2.4 Arquitectura

A continuación se muestra un gráfico de la estructura de la arquitectura en capas del protocolo ZigBee.

La estructura que veremos a continuación tiene el siguiente significado:

La primera capa (Capa física) es definida por el estándar IEEE 802.15.4, así como la segunda (Capa de acceso al medio) y las demás por el grupo de alianza de ZigBee.

⁴ ZigBee [en línea]. Wikipedia la enciclopedia libre [consulta: 18 julio de 2008] disponible en: <<http://www.wikipedia.org/wiki/ZigBee#searchInputrg\wiki\red sensorial.htm>>

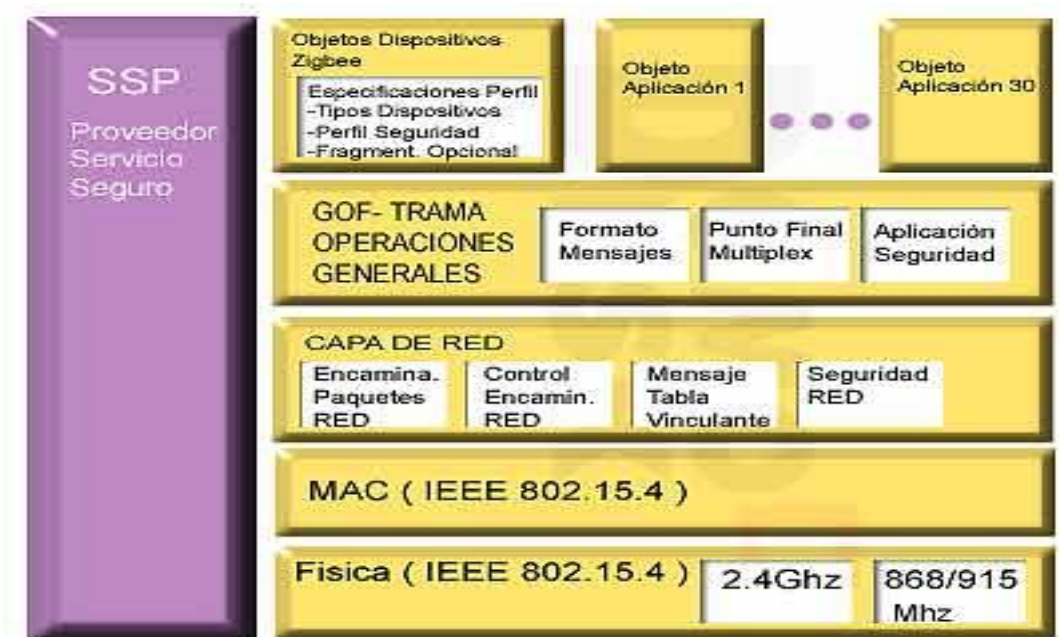


Imagen 8, tomada de <http://www.domodesk.com/images/content/1/zigbeetabla1.jpg>

Los productos ZigBee trabajan en una banda de frecuencias que incluye la 2.4 GHz (mundial), de 902 a 928 MHz (en Estados Unidos) y 866Mhz (en Europa). La transferencia de datos de hasta 250 Kbps puede ser transmitido en la banda de 2.4Ghz (16 canales), hasta 40kps en 915Mhz (10 canales) y a 20kps en la de 868Mhz (un solo canal). La distancia de transmisión puede variar desde los 10 hasta los 75 metros, dependiendo de la potencia de transmisión y del entorno. Al igual que WiFi, ZigBee usa la DSSS (secuencia directa de espectro ensanchado) en la banda 2.4 GHz En las bandas de 868 y 900Mhz también se utiliza la secuencia directa de espectro ensanchado pero con modulación de fase binaria.⁵ En el texto anterior nos hablan de la banda de frecuencias con la

⁵ Afondo: ZigBee [en línea]. Domodesk. [Consulta: 17 julio de 2008] Disponible en: <<http://www.domodesk.com/content.aspxco=97&t=21&c=47>>

cual trabaja el protocolo ZigBee, con que frecuencia trabaja a nivel mundial, en Estados Unidos y en Europa.

Para la estructuración de ese estándar tenemos la siguiente figura que nos ayudara en el entendimiento de dicha estructura, para eso debemos saber que la imagen que observamos tiene campos de tipos de paquetes conformados en cuatro, estos son los que vamos a ver a continuación:

1. Datos
2. ACK
3. MAC
4. Baliza.

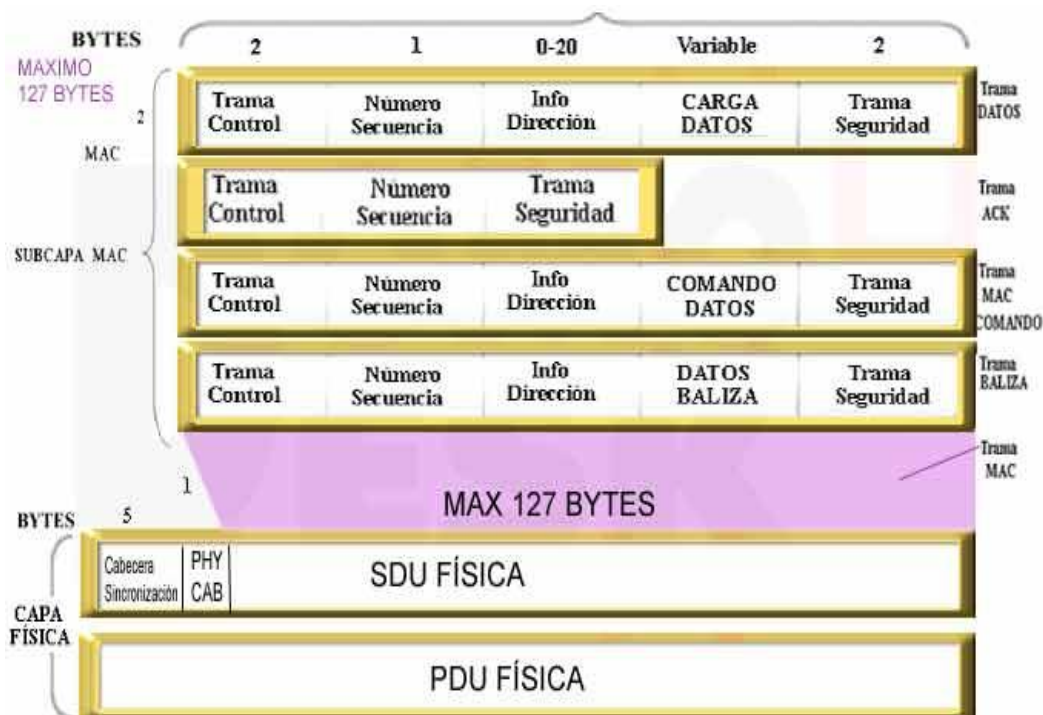


Imagen 9 tomada de <http://www.domodesk.com/images/content/1/zigbeetabla2.jpg>

La carga de información que tiene el paquete de datos puede llegar a 104 bytes, un campo tiene la función de asegurar si el paquete de datos se ha acogido sin ninguna dificultad. Algo particular dentro de este trama es que están detalladas por números.

La de reconocimiento o la también llamada ACK tiene como finalidad retomar lo que la trama de datos realizó anteriormente, es decir esta reconfirma si todo está bajo control dicho de otra forma, verifica si hubo errores en esa transmisión de datos. En ella hay comunicación de quien lo manda y de quien lo recibe.

También encontramos el paquete MAC este se encarga del control y distribución de nodos y dispositivos.

Por último encontramos el paquete Baliza, que cumple con la labor de poner en marcha a los dispositivos, el que mantiene a los dispositivos es decir, cuando no hay nada por recibir es el que dice no hay labor pero cuando si la hay es el que los levanta y los pone a andar. Este paquete es muy importantísimo dentro de la estructuración de este estándar puesto que mantiene encajados tanto a los dispositivos como a los nodos.

2.5 Tipos de dispositivos

Dentro de los [dispositivos](#) de ZigBee encontramos tres tipos que dependen del trabajo que tengan en la red, estos son:

1. **Coordinador ZigBee:** este dispositivo es uno de los más importantes y perfecto. Es tan importante que cada red debe poseer uno, su finalidad es tener control de la red y encaminar a los dispositivos para que haya conexión entre ellos mismos.
2. **Routers ZigBee:** son [dispositivos](#) que crean y mantienen información sobre la red que determinan el mejor camino para enrutar paquetes de información.
3. **Dispositivo final (End Point):** tiene como función principal la comunicación con el nodo principal o nodo padre es decir, un router o un coordinador de red. Tiene como condición no permite pasar datos o información a otro dispositivo final.

2.5.1 Según su Funcionalidad

Los anteriores tipos de [dispositivos](#) se clasificaron de acuerdo al trabajo que realizan pero los que vamos a observar a continuación están relacionados o clasificados de acuerdo a su función:

- **Dispositivo de función completa:** tiende a ser organizador de la red. Puede tomar mensajes del estándar 802.15.4, y puede tener las funciones de routers.
- **Dispositivo de función reducida:** la mayor parte del tiempo lo puede pasar sin realizar alguna acción pero cuando es solicitado no espera mucho tiempo para empezar a trabajar.

2.6 Duración del periodo de vida

La duración del protocolo ZigBee es muy duradera, esto se debe a que tiene muy poco consumo energético. ZigBee fue creado para tener almacenamiento de energía en nodos esclavos, esto se debe a que los nodos esclavos permanecen sin trabajo constante y solo hacen trabajo para manifestarse en la red de los dispositivos.

La tecnología ZigBee puede utilizar el ambiente ya sea con la presencia o ausencia de los paquetes de balizas, las balizas cumplen con la labor de poner en marcha a los dispositivos, el que mantiene a los dispositivos.

Cuando hay presencia de baliza la función es encargarse del control del consumo de la energía, y además da la orden a los dispositivos cuando puede transferir datos. Este modo baliza se mueve en la red en forma de dos caminos, ambos tienen un distribuidor, uno se encarga de destinar las transmisiones y el otro se encarga de inspeccionar el canal. Lo importante en la presencia de balizas es que el consumo de energía es muy reducido.

En el modo de sin *baliza* la red coordinadora se alimenta de la red principal todo el tiempo, pero en el modo con *baliza* el coordinador de red tiene que trabajar con una batería. Donde los dispositivos están al pendiente de lo que dice el coordinador de red cuando este envía mensajes. Cada dispositivo tiene que reportarse ante el coordinador de la red y preguntar si hay mensajes o no para él. Cuando no hay mensajes el dispositivo duerme hasta que el coordinador de la red le diga lo contrario, este establece un horario. Al

igual que los dispositivos no hay que olvidar que el coordinador de la red también es un dispositivo y que por ende asimismo descansa siempre y cuando haya hecho su trabajo correspondiente de envío de mensajes a todos los dispositivos.

2.7 Importancia de la capa de red

La NWK o capa de red tiene como función ensamblar o despegar a los dispositivos por medio del controlador de red, con ello se realiza seguridad y las tramas llegan a donde deben llegar. Asimismo esta comprometida a hacer una nueva red y proporcionarle a cada dispositivo su destino.

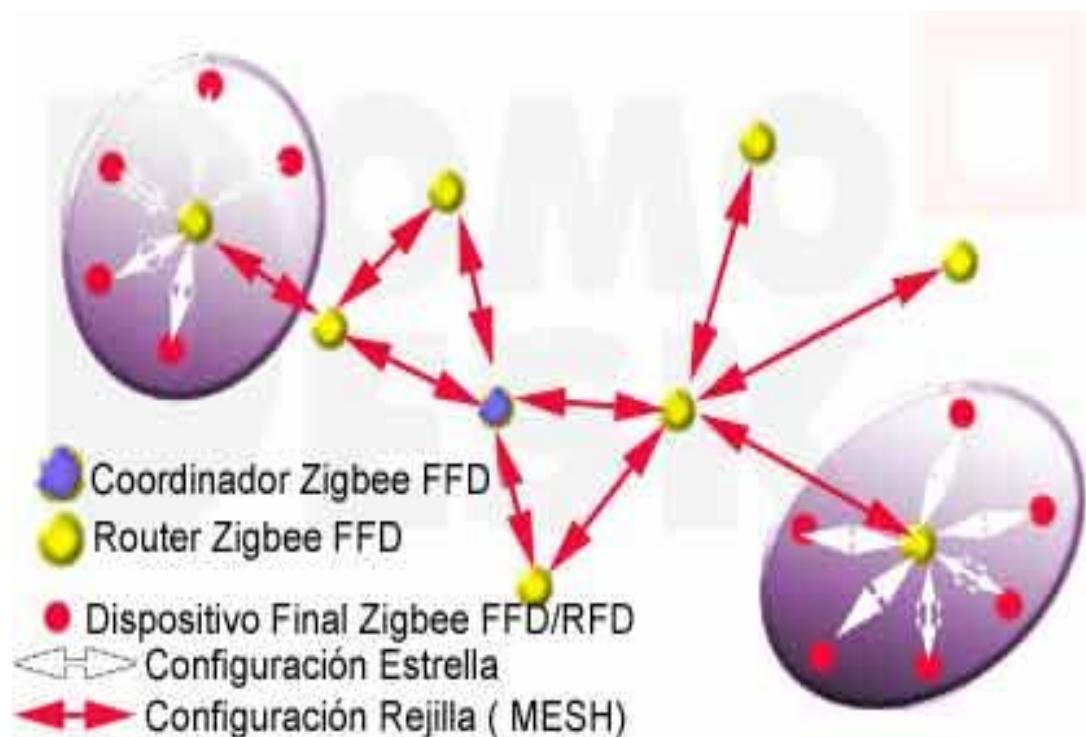


Imagen 10, tomada de <http://www.domodesk.com/images/content/1/zigbeetabla3.jpg>, modelo de red de la tecnología ZigBee.

En la imagen se observa las configuraciones que puede tener la red, en ella vemos como tiene configuración estrella (Flechas blancas), configuración rejilla o MESH (Flechas rojas), además se observa el coordinador de red y los routers. El dispositivo FFD que es el ya nombrado coordinador de red se encarga de salvaguardar e iniciar a los demás dispositivos, estos dispositivos se comunican con el coordinador de la red. Lo dicho anteriormente es para la configuración estrella.

El router puede ser el reemplazo del coordinador de la red en la configuración de rejilla, teniendo como tarea iniciar y optar por los parámetros más ideales para la red. Aquellas rutas que no sean las más adecuadas se desechan pero antes de hacer eso se utiliza un protocolo de pregunta y respuesta.

El GOF es una capa existente entre las aplicaciones y las demás capas, el subdireccionamiento y sus modos pueden ser encubiertos por el GOF al igual que la potencia, los tipos de dispositivos, entre otros. Asimismo es el que determina los eventos y formatos que deben ser utilizados para la formación de los comandos y también respuestas de esos mismos comandos.

A continuación encontraremos un esquema típico de ZigBee, donde muestra un RFIC (circuito integrado de radio frecuencia) con PHY (capa física), conectada al microcontrolador de 8 bits.

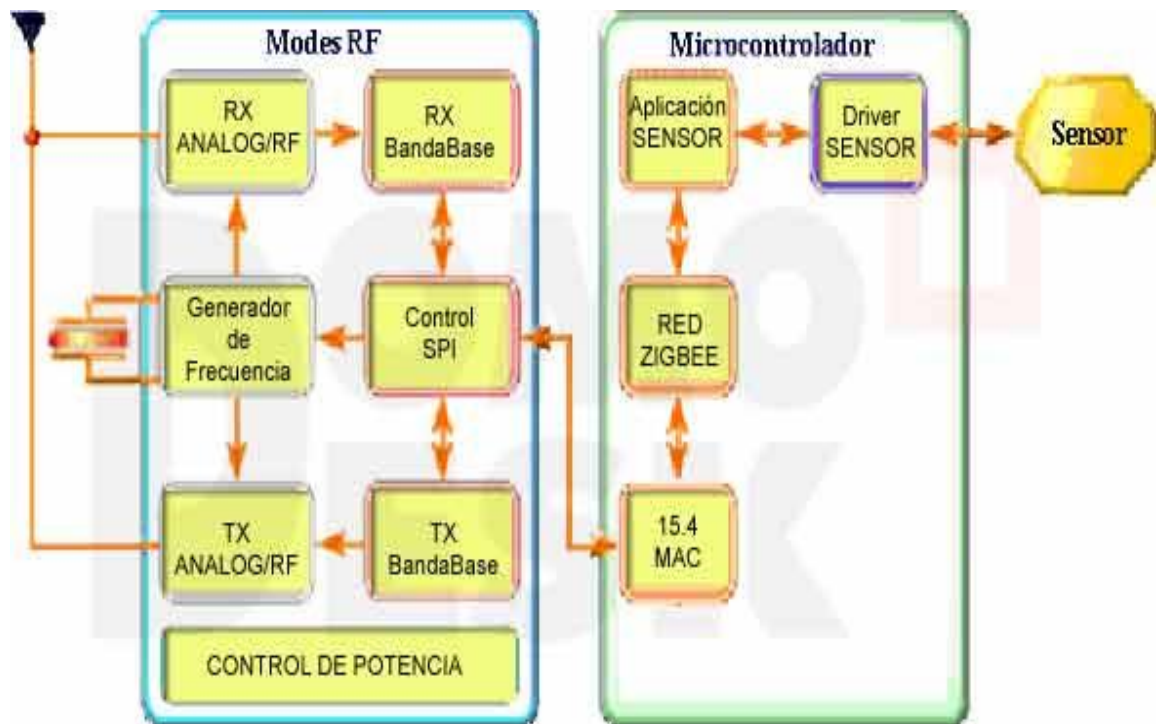


Imagen 11 tomada de <http://www.domodesk.com/images/content/1/zigbeetabla4.jpg>, esquema típico de un dispositivo ZigBee

2.8 Conversión en un sistema seguro

El modelo de seguridad de la subcapa MAC IEEE 802.15.4 es aquel que utiliza el protocolo ZigBee siendo para él, la seguridad de las transmisiones y datos algo importantísimo. Dentro de la seguridad de ZigBee hay cuatro especificaciones claves, las cuales son:

- ✓ **Control de accesos:** es aquel que tiene detallados a los dispositivos que fueron constatados o aprobados por la red.
- ✓ **Datos encriptados:** estos datos son encriptados porque resultan importantes el cual solo tienen acceso a ellos con el código de 128 bits.

- ✓ **Integración de tramas:** sirve para reguardar datos con la finalidad de que no puedan ser cambiados.
- ✓ **Secuencias de refresco:** este prueba que las tramas sean las mismas y no otras, el encargado de esa prueba es el controlador de red.

3. TOPOLOGÍAS DE RED

El protocolo ZigBee cuenta con tres [topologías](#) de red:

- **Topología en estrella:** es aquella en donde el coordinador de red se sitúa en el centro
- **Topología en árbol:** en este caso el coordinador de red no se sitúa en el centro sino en la raíz.
- **Topología de malla:** en esta topología siquiera un nodo puede tener tres o más conexiones. Esta es la causa de mas revuelo dentro de las demás topologías, la razón es que si en caso tal no funciona cualquiera de los nodos, los demás pueden seguir desempeñado su labor ya que vuelven a hacer los caminos, y el encargado de volver a hacer ese camino es el coordinador de red.

4. El futuro de la tecnología ZigBee

ZigBee actualmente tiene microcontroladores creados por las empresas de Motorola y Atmel. Lo cierto de la tecnología de ZigBee es que cada vez es mayor su apogeo en el mercado.

En este momento se espera que los transmisores inalámbricos de menor costo en todos los tiempos sean los de la tecnología ZigBee y que prevalezca con gran fuerza en el mercado de la tecnología, se ha estipulado un costo de seis euros por cada uno aproximadamente, pero este valor puede disminuir dependiendo de cómo evolucione.

CONCLUSIÓN

Al finalizar la elaboración de este trabajo se ha logrado brindar al lector una fuente de información acerca de las redes sensoriales inalámbricas con el fin de que amplíen su conocimiento sobre esta tecnología. De manera más específica se ha logrado concluir que:

- ✓ El protocolo que utilizan las redes de sensores sin cableado es el Home RF Lite o mejor conocido como ZigBee y que su especialidad es la domótica.
- ✓ ZigBee en comparación con otras tecnologías inalámbricas tales como Wi-Fi y Bluetooth no es tan veloz ya que trabaja bajo una velocidad de hasta 250 Kbps mientras Wi-Fi y Bluetooth tienen un ancho de banda de 54 y 1 Mbps respectivamente. Pero en consumo de energía es mucho mejor, por lo tanto es de bajo costo. Y en aplicaciones que tengan que utilizar control remoto, productos dependientes de la batería o sensores, la tecnología más adecuada para implementar es ZigBee.
- ✓ La agricultura, la medicina, la automoción, la naturaleza y la domótica, son unos de los campos más beneficiados en los que se han desarrollado aplicaciones implementando esta tecnología (Redes Sensoriales Inalámbricas).
- ✓ Fuentes de información acerca de esta tecnología es muy pobre ya que todavía está en evolución, por lo tanto se presentan dificultades a la hora de investigar dicha temática, por lo anterior se sugiere a la UTB y

a la FUTCO la adquisición de fuentes bibliográficas que permitan al lector profundizar y enriquecer conocimientos en este tema

RECOMENDACIONES

Esta monografía esta orientada a profesionales del área de ingeniería de sistemas enfatizados en el campo de redes y comunicaciones, ingeniería electrónica y carreras afines.

Para estudiantes que en un futuro quieran desarrollar monografías acerca de esta tecnología están recomendados los ítems mencionados a continuación, con el fin de mejorar este material:

- Ilustrar con gráficos el diseño e implementación de una red sensorial inalámbrica, dando a conocer dispositivos ZigBee certificados con nombres y referencias propias.
- Profundizar en el área de seguridad acerca de las redes de sensores sin cableado.
- Mostrar una tabla, que ilustre todos o la mayoría de los dispositivos ZigBee, con su respectiva utilidad, como obtenerlos y valor de su compra clasificados según el trabajo que realizan (Coordinador de red, routers ZigBee, End Points).

GLOSARIO

- **812.11a:** Estándar de comunicación del IEEE que trabaja sobre frecuencias de 5 GHz y que alcanza velocidades hasta de 54 Mbps.
- **812.11b:** Estándar de comunicación del IEEE que trabaja sobre frecuencias de 2.4 GHz y que alcanza velocidades hasta de 11 Mbps
- **812.11g:** Estándar de comunicación del IEEE que alcanza velocidades hasta de 54 Mbps y trabaja en la frecuencia de 2.4 GHz aprobada recientemente.
- **802.15.4:** es un estándar que define el nivel físico y el control de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal con tasas bajas de transmisión de datos
- **Adaptador:** en relación con los ordenadores o computadoras, suele tratarse de una placa de circuito impreso (también llamada tarjeta de interfaz) que permite que el ordenador o computadora utilice un periférico para el cual todavía carece de las conexiones o placas de circuito necesarias.
- **Algoritmo:** Conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema.
- **Baliza:** es un objeto señalizador, utilizado para indicar un lugar geográfico o una situación de peligro potencial.
- **Bluetooth:** Sistema de interconexión inalámbrica entre diferentes dispositivos electrónicos, como ordenadores, teléfonos móviles, auriculares, etc.


- **Cobertura:** área geográfica que cubre una estación específica de telecomunicaciones.
- **Cluster:** (o **unidad de asignación** según la terminología de Microsoft) es un conjunto contiguo de pistas de sectores que componen la unidad más pequeña de almacenamiento de un disco.
- **Domótica:** Conjunto de sistemas que automatizan las diferentes instalaciones de una vivienda.
- **Encriptación:** Proceso para volver ilegible información considerada importante. La información una vez encriptada sólo puede leerse aplicándole una clave. Se trata de una medida de seguridad que es usada para almacenar o transferir información delicada que no debería ser accesible a terceros.
- **FCC:** (Federal Communications Commission) De USA. Reglamenta el uso de módems y su fabricación.
- **Hotspots:** (punto caliente). Los Hotspots son los lugares que ofrecen acceso Wi-Fi, que pueden ser aprovechados especialmente por dispositivos móviles como notebooks, PDAs, consolas, para acceder a Internet.
- **IEEE:** (Institute of Electrical and Electronics Engineers) Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
- **Infrarrojo:** El infrarrojo es un tipo de luz que no podemos ver con nuestros ojos. La luz infrarroja nos brinda información especial que no podemos obtener de la luz visible, tal como la temperatura de un objeto

- **Interfaz:** punto en el que se establece una conexión entre dos elementos, que les permite trabajar juntos. La interfaz es el medio que permite la interacción entre esos elementos.
- **Interoperabilidad:** Capacidad de los sistemas de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), y de los procesos empresariales a los que apoyan, de intercambiar datos y posibilitar la puesta en común de información y conocimientos.
- **Interruptor:** Un interruptor es un dispositivo para cambiar el curso de un circuito
- **Microcontrolador:** es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, Memoria y Unidades de E/S, es decir, se trata de un computador completo en un solo circuito integrado.
- **Modulación:** es la adición de información a una señal electrónica u óptica de transmisión principal.
- **Nodo:** es un dispositivo conectado a la red capaz de comunicarse con otros dispositivos de la misma.
- **Protocolo:** conjunto de estándares que controlan la secuencia de mensajes que ocurren durante una comunicación entre entidades que forman una red.
- **Red inalámbrica:** Es aquella que efectúa la comunicación por un medio de transmisión no guiado (sin cables) mediante ondas electromagnéticas.
- **Red sensorial inalámbrica:** Es aquella que utiliza nano aparatos autónomos para efectuar su comunicación teniendo en cuenta que no necesitan del cableado para la transmisión de la información.

- **Sensor:** Dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la transmite adecuadamente.
- **Topología:** cadena de comunicación que los nodos que conforman una red usan para comunicarse.
- **Tramas:** es una unidad de envío de datos. Viene a ser sinónimo de paquete de datos o Paquete de red.
- **Transceptor:** es un dispositivo que realiza funciones tanto de envío como de recepción de señales, empleando elementos comunes del circuito para ambas funciones.
- **Wi-Fi:** es un sistema de envío de datos sobre redes computacionales que utiliza ondas de radio en lugar de cables.
- **ZigBee:** es un protocolo de comunicaciones inalámbrico basado en el estándar de comunicaciones para redes inalámbricas IEEE_802.15.4.

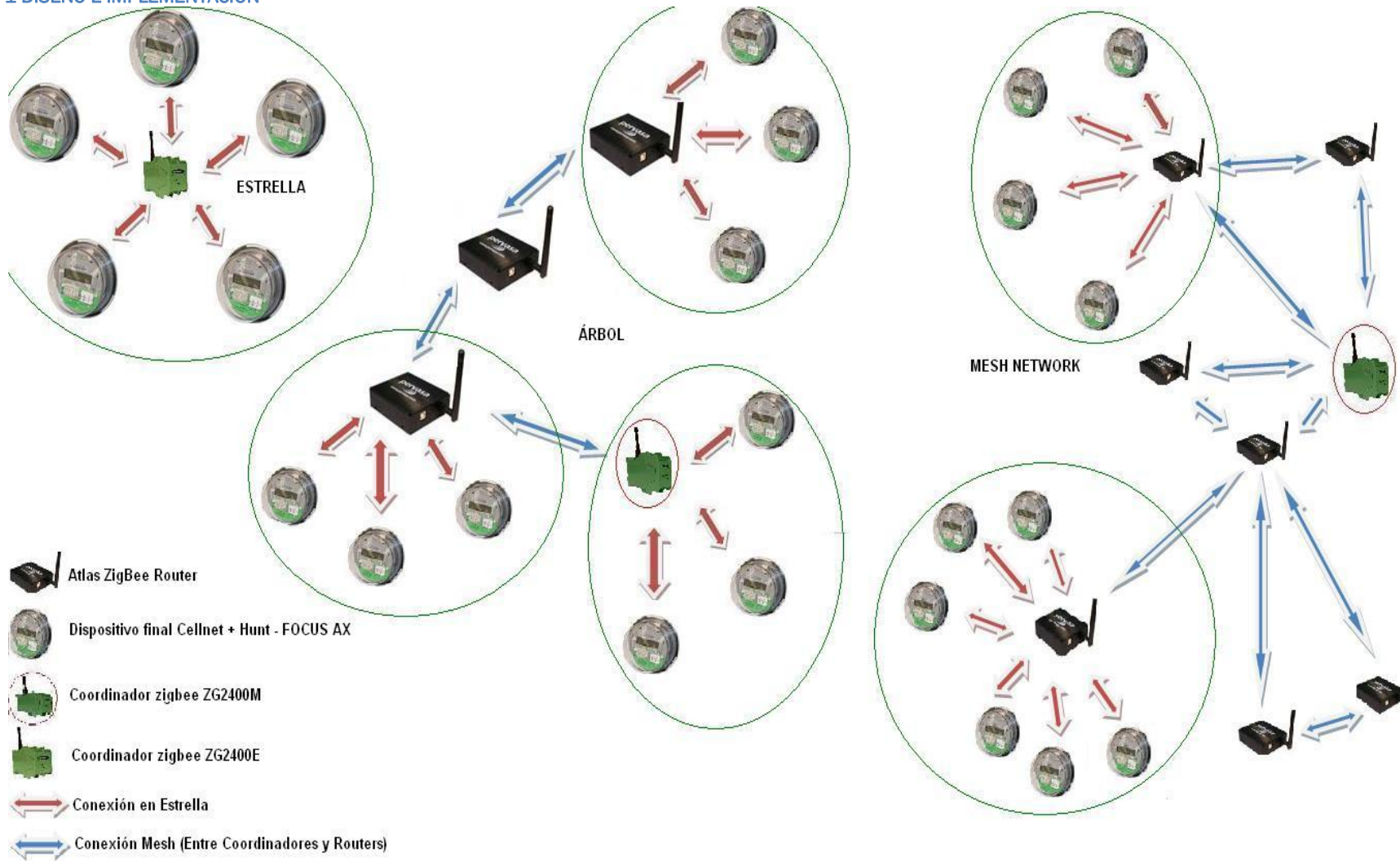
REFERENCIAS BIBLIOGRAFIAS

- http://www.libelium.com/index.php?option=com_content& task=view&id=11&Itemid=43. Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L - María de Luna 11, nave 5 (Instalaciones CEEIARAGON) C.P: 50018, Zaragoza (Spain).
- clusterfie.epn.edu.ec/ibernal/html/CURSOS/Oct05Marzo06/Inalambricas/Trabajo1/PPT/T1.ppt. Iván Bernal Dept. de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información Escuela Politécnica Nacional - P.O. Box 1701-2759 - Quito-Ecuador
- Colaboradores de Wikipedia. *ZigBee* [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2008 [fecha de consulta: 19 de septiembre del 2008]. Disponible en <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=ZigBee&oldid=20291759>.
- <http://www.domodesk.com/content.aspx?co=97&t=21&c=47>. Valencia, España, Mar Mediterráneo, 350Km de Madrid y 350Km de Barcelona. En la C/ Alquería de Benlloch 24, Bajo (46014, Valencia, España). Tel/Fax +34 963574862.
- <http://www.enterate.unam.mx/Articulos/2004/Abril/redes.htm>. ENTER@TE EN LINEA – internet computo y telecomunicaciones. Jaime Cuellar Ruiz Universidad Nacional Autónoma de México, Dirección General de Servicios de Cómputo Académico

- <http://www.heraldo.es/reportajes/redes/>. Robots que cuidan del medio ambiente- David Navarro. © Heraldo de Aragón, S.A. 2008 - Teléfono 976 765 000 / Publicación digital controlada por  y Nielsen.

ANEXOS

1 DISEÑO E IMPLEMENTACION



DISPOSITIVOS ZIGBEE



dispositivos2.htm

http://www.todocontrol.es/index.php?option=com_content&task=view&id=616&Itemid=2



dispositivos1.php.htm

http://www.zigbee.org/en/certification/certified_products_zse.asp