

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA**

FACULTAD DE INGENIERÍAS

SEDE QUITO-CAMPUS SUR

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

MENCIÓN TELEMÁTICA

**ANÁLISIS Y ESTUDIO DE IMPACTO DE LA TECNOLOGÍA ZIGBEE
APLICADO A LA DOMÓTICA EN EL ECUADOR**

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO DE SISTEMAS

CECILIA CRISTINA GARZÓN CARRIÓN

ING. RAFAEL JAYA

Quito, Octubre 2010

DECLARACIÓN

Yo, Cecilia Cristina Garzón Carrión, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Politécnica Salesiana según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Cecilia Cristina Garzón Carrión

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Garzón Carrión Cecilia Cristina, bajo mi dirección.

Ing. Rafael Jaya

Director de Tesis

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento especial y sincero al Ingeniero Rafael Jaya por su correcta orientación en la elaboración de la presente investigación, al Ing. Fabián Ortiz quien ayudó de manera desinteresada en el desarrollo de este trabajo.

A mis padres por siempre impulsarme a seguir adelante y darme siempre su apoyo incondicional

A mis maestros por su disposición y ayuda brindada.

Y a Dios por a verme dado la fuerza y la salud para seguir adelante y culminar la tesis.

Cecilia

DEDICATORIA

Dios ha sido y es quien me ha bendecido con la dicha de culminar una etapa importante en mi vida, por cuanto este trabajo y todo el esfuerzo involucrado está dedicado a él

Doy gracias principalmente a mis padres, Segundo y Cecilia, por inculcarme y encaminarme por el camino del estudio y la dedicación.

También va dedicado a mis hermanos, a mi bisabuelita, abuelos, abuelas, tíos, tías, primos, primas, cuñada y mi sobrino, porque sin su apoyo nada tendría sentido en la vida.

Todos ellos han motivado mi esfuerzo día a día, y son quienes forman parte primordial de este triunfo personal.

ÍNDICE

CAPITULO I.....	¡Error! Marcador no definido.
ANTECEDENTES.....	¡Error! Marcador no definido.
1.1 Descripción del Problema	¡Error! Marcador no definido.
1.2 Objetivos	¡Error! Marcador no definido.
1.3 Justificación del Proyecto.....	¡Error! Marcador no definido.
1.4 Alcance del Proyecto	¡Error! Marcador no definido.
1.5 Descripción Geberal del Proyecto	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO II.....	¡Error! Marcador no definido.
MARCO TEORICO	¡Error! Marcador no definido.
2.1 Tecnología WPAN (Wireless Personal Area Networks) ..	¡Error! Marcador no definido.
definido.	
2.1.1 Definición	¡Error! Marcador no definido.
2.1.1.1 Evolución	¡Error! Marcador no definido.
2.1.1.2 El paradigma PAN.....	¡Error! Marcador no definido.
2.1.1.3 Posibles equipos o dispositivos	¡Error! Marcador no definido.
2.1.1.4 Tecnología de red personal.....	¡Error! Marcador no definido.
2.1.1.5 Aplicaciones.....	¡Error! Marcador no definido.
2.1.1.6 Arquitectura PAN.....	¡Error! Marcador no definido.
2.1.1.7 Estándares de redes PAN.....	¡Error! Marcador no definido.
2.1.1.9 Equipos y dispositivos	¡Error! Marcador no definido.
2.2 Redes ZIGBEE.....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.1 Definición de Redes Zigbee.....	¡Error! Marcador no definido.
2.3 Tecnología Bluetooth o Redes Bluetooth	¡Error! Marcador no definido.
2.3.1 Objetivo de redes Bluetooth.....	¡Error! Marcador no definido.

2.3.2 Definición de redes Bluetooth	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2.1 Origen del nombre y logo	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2.2 Tipos de Bluetooth	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2.3 Control de flujo	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2.4 Sincronización	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2.5 Seguridad Bluetooth	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2.6 Aplicaciones.....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2.7 La tecnología Bluetooth como resultado de productos.....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2.8 Bluetooth contra Wi-Fi.....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2.9 Aplicaciones de la tecnología Bluetooth	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2.10 Arquitectura hardware	¡Error! Marcador no definido.
2.4 Sensores.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.1 Definición de Sensores.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.1.1 Características de un sensor	¡Error! Marcador no definido.
2.4.1.2 Sensores Analógicos de Distancia	¡Error! Marcador no definido.
2.4.2 Tipos de sensores.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.2.1 Sensor Crespucular	¡Error! Marcador no definido.
2.4.2.2 Sensor de Presencia (PIR).....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.2.3 Contacto Magnético Perimetral.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.2.4 Sensor de Humo	¡Error! Marcador no definido.
2.4.2.5 Sensor de Inundación.....	¡Error! Marcador no definido.
2.5 Actuadores.....	¡Error! Marcador no definido.
2.5.1 Definición de Actuadores.....	¡Error! Marcador no definido.
2.5.2 Tipos de Actuadores	¡Error! Marcador no definido.
2.6 Domótica.....	¡Error! Marcador no definido.
2.6.1 Definición de Domótica.....	¡Error! Marcador no definido.

2.6.2 Características de la vivienda inteligente.....	¡Error! Marcador no definido.
2.7 Estándares de redes inalámbricas.....	¡Error! Marcador no definido.
2.7.2.1 Cobertura y estándares de Redes Inalámbricas.....	¡Error! Marcador no definido.
2.7.2.3 Aplicaciones.....	¡Error! Marcador no definido.
2.7.2.4 Seguridad.....	¡Error! Marcador no definido.
2.7.2.5 Ataques contra redes inalámbricas.....	¡Error! Marcador no definido.
2.8 Modelo OSI.....	¡Error! Marcador no definido.
2.8.1 Definición de Modelo OSI.....	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO III.....	¡Error! Marcador no definido.
ANÁLISIS Y ESTUDIO COMPARATIVO.....	¡Error! Marcador no definido.
3.1 Comparación entre Zigbee y Bluetooth.....	¡Error! Marcador no definido.
3.1.1 Características Técnicas de los Estándares.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2. Comunicación y dispositivos de Seguridad.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2.2 Modelos de comunicación.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2.3 Servicios de seguridad.....	¡Error! Marcador no definido.
3.3.1 Funcionalidad de la tecnología Zigbee.....	¡Error! Marcador no definido.
3.4 Tabla Comparativa de tecnologías Wireless.....	¡Error! Marcador no definido.
3.4.1 Comparaciones de tecnologías.....	¡Error! Marcador no definido.
3.4.2 Alternativas paralelas a Zigbee.....	¡Error! Marcador no definido.
3.5 Comparación de las características técnicas de los estándares.....	¡Error! Marcador no definido.
3.6 Penetración en el mercado.....	¡Error! Marcador no definido.
3.6.1 Costos de productos Zigbee en el mercado ecuatoriano.....	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO IV.....	¡Error! Marcador no definido.

EVALUACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
4.1 Evaluación y análisis de Zigbee en nuestro medio	¡Error! Marcador no definido.
4.1.1 Determinación del tamaño de la muestra	¡Error! Marcador no definido.
4. 2 Resultados de las encuestas.....	¡Error! Marcador no definido.
4.2.1 Programa para determinar el impacto de la tecnología Zigbee aplicado a la Domótica y su impacto en el Ecuador.....	¡Error! Marcador no definido.
4.2.2 Análisis de resultado de las encuestas	¡Error! Marcador no definido.
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	¡Error! Marcador no definido.
Conclusiones	¡Error! Marcador no definido.
Recomendaciones.....	¡Error! Marcador no definido.
BIBLIOGRAFÍA.....	¡Error! Marcador no definido.3
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.5

RESUMEN

El capítulo I, trata sobre la investigación de la tecnología Zigbee buscando el problema, objetivo, justificación, alcance y descripción general del proyecto.

En el capítulo II, Marco Teórico, se realiza una investigación sobre los temas WPAN, Zigbee, Bluetooth, Sensores, actuadores, Domótica, Estándares y Modelo OSI. Además se mencionan las generalidades, características, ventajas y desventajas de los temas a investigar.

En el capítulo III, se realiza el análisis y comparaciones entre las tecnologías Zigbee y Bluetooth y la investigación del impacto en el mercado nacional de Zigbee aplicado en la Domótica.

En el capítulo IV, se realiza encuesta y análisis de resultados

PRESENTACIÓN

La investigación y desarrollo de nuevas tecnologías para dar soluciones a situaciones de la vida cotidiana han hecho posible la implementación de una novedosa aplicación para mejorar y asegurar la comunicación mediante el uso de la tecnología Zigbee.

La tecnología ZigBee ofrece nuevas oportunidades para el usuario como una variedad de herramientas de seguridad y prevención.

En la actualidad, los usuarios de productos domóticos están comprobando los beneficios y la comodidad de la tecnología inalámbrica.

Este trabajo de investigación será de un total interés, y sobre todo de utilidad por los beneficios que entrega esta tecnología Zigbee a los usuarios.

CAPITULO I

ANTECEDENTES

El sistema inalámbrico de domótica con una tecnología nueva llamada zigbee que busca una comunicación con un conjunto de protocolos para cubrir necesidades de seguridad, pensando siempre en una comunicación segura, diseñada para reemplazar la cantidad de sensores y actuadores que se ocupa en las redes.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Buscando un sistema ideal para redes domóticas, específicamente diseñado para reemplazar la proliferación de sensores/actuadores individuales, se crea la tecnología Zigbee para cubrir la necesidad del mercado de un sistema a bajo costo, un estándar para redes Wireless de pequeños paquetes de información, bajo consumo, seguro y fiable.

ZigBee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radios digitales de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (wireless personal area network, WPAN), son aplicadas para redes Wireless que requieran comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General.

- Realizar un análisis y estudio de impacto de la tecnología zigbee aplicado a la domótica en el Ecuador.

1.2.2 Objetivos Específicos.

- Dar a conocer en que consiste y como opera la tecnología.
- Conocer sus características, ventajas y desventajas.
- Determinar los parámetros a tomar en cuenta para el uso de Zigbee.
- Identificar los métodos de seguridad y comunicación que tiene esta tecnología.
- Explicar la integración de Zigbee con las tecnologías inalámbricas emergentes según los aspectos de seguridad, costos, topología, estructura, tasa de transferencia y aplicaciones.
- Comparar la tecnología Zigbee con las diferentes tecnologías inalámbricas.
- Realizar el estudio de impacto en el Ecuador.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Zigbee es la tecnología inalámbrica del futuro que no tiene competencia fuerte con las existentes, debidos a que sus aplicaciones son de automatización de edificios, residencias e industrias, especialmente para aplicaciones con sensores.

Las tecnologías inalámbricas han adoptado con el paso del tiempo una manera más sencilla y cómoda de utilizar toda clase de dispositivos con el fin de mejorar el confort y las comunicaciones en general.

Zigbee comunica una serie de dispositivos haciendo que trabajen más eficiente entre sí. Es un transmisor y receptor que usa baja potencia para trabajar y tiene como objetivo las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

En nuestro país no se ha realizado grandes avances en lo que se refiere a la domótica.

1.4 ALCANCE DEL PROYECTO

- En primera instancia, se realizará el estudio de la tecnología Zigbee. Se explicará la estructura, se analizarán los tipos de dispositivos, funcionalidad y la topología Zigbee
- Se estudiará y analizará el tipo de tráfico y las estrategias de conexión de los dispositivos en una red Zigbee
- Se planteará técnicas de modulación y comunicación de dispositivos de seguridad.
- Se analizará el impacto de la tecnología Zibee aplicado en la domótica en el Ecuador.
- El estudio se realizará en el Sur de Quito en el sector de Solanda y Barrio “El Carmen”.

1.5 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Se realizará un estudio que sirva a la sociedad ecuatoriana a conocer más sobre las tecnologías de comunicación usando redes inalámbricas.

Se realizará una investigación que sirva para establecer parámetros aceptables dentro del conocimiento de lo que tiene que ver en las tecnologías de las redes inalámbricas.

Se establecerán comparaciones dentro de las tecnologías de las redes inalámbricas que nos permitan conocer sus ventajas y desventajas en el uso que se pueda dar a estas.

En el área geográfica escogida, se realizarán encuestas que sirvan para establecer el conocimiento sobre las tecnologías de las redes inalámbricas que tiene la sociedad ecuatoriana.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

En este capítulo, se muestra los principales conceptos que se usarán en el estudio de las tecnologías Zigbee aplicados a la domótica.

2.1 Tecnología WPAN (Wireless Personal Area Networks)

La tecnología inalámbrica WPAN es de corto alcance, en relación a la tecnología WLAN. Sin embargo WLAN y WPAN tienen situaciones complementarias: WPAN enfatiza el bajo costo y el bajo consumo de potencia, usualmente permite una rápida transmisión y un máximo flujo de datos. (Ver la figura1)

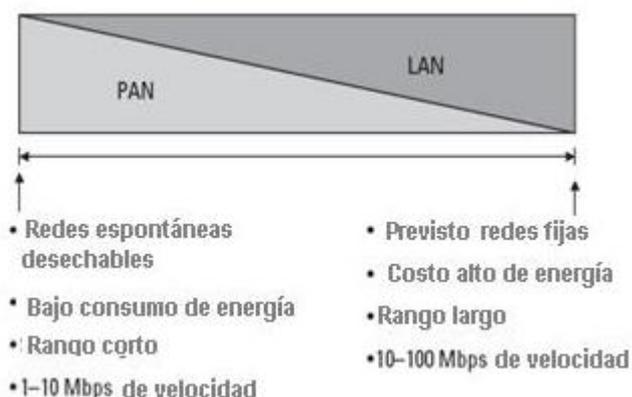


Figura 1.- Posición complementarias de WLANS Y WPANs

La tecnología WPAN y WLAN tienen medios complementarios ya que WPAN tiene bajo costo y bajo consumo de potencia, permite una rápida transmisión y un máximo flujo de datos y WLAN consume una gran cantidad de gastos y costos de potencia, pero se pueden obtener una gran cantidad de datos y un amplio rango de cobertura.

2.1.1 DEFINICIÓN

Red de área Personal (PAN): (Personal Área Network) es una red de computadoras usadas para la comunicación entre dispositivos de la computadora y un usuario. Las redes se pueden conectar con cables hacia los buses de la computadora tales como USB. Una red de área personal inalámbrica (WPAN) puede también realizarse con tecnologías de red como IrDA y Bluetooth.

La Red PAN se constituye en base a una configuración de red básica formada por el conjunto de dispositivos situados físicamente en el entorno personal y local del usuario, en el trabajo, en casa o en la ciudad.

Esta configuración inicial permite al usuario disponer en todo momento y lugar de una serie de servicios y dispositivos adaptados a los requerimientos y necesidades del usuario.

En particular cuando se usa el medio inalámbrico, se refiere a las PANs inalámbricas. La WPAN forma una burbuja alrededor del usuario, que se le denomina ESPACIO DE OPERACIÓN PERSONAL (POS).

WPAN es una red de computadoras usadas para la comunicación entre los dispositivos personales que puede ser conectado con una red de alto nivel y del internet o una red personal sin hilos como IrDA y Bluetooth.

Se puede decir que la comunicación cubre gran parte las necesidades y demandas básicas de los usuarios.

Se afirma que dos dispositivos equipados con WPAN puede tener una cobertura de 10 metros del uno al otro (POS se cruzan, intersecan), un dispositivo WPAN puede conectarse o ser extendido para incluir el acceso a sensores y actuadores.

2.1.1.1 Evolución

Las comunicaciones inalámbricas experimentaron un crecimiento importante en la última década. Estas tecnologías permitieron una altísima transferencia de datos para dar soluciones de sistemas o redes inalámbricas. La ventaja de las comunicaciones inalámbricas es que con el terminal un usuario puede mover por toda el área de cobertura, lo que no ocurre con las redes de comunicaciones fijas; esto permitirá el desarrollo de diferentes soluciones PAN.

El concepto de red para áreas personales surge en el año 1995 en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, en el cual usa señales eléctricas o impulsos eléctricos provenientes del cuerpo humano, y así poder comunicar el mismo con dispositivos adjuntos. Las diferentes soluciones de PAN incluyen lo siguiente:

- Proyecto Oxygen (MIT);
- Pico-radio;
- Infrared Data Association (IrDA);
- Bluetooth;
- IEEE 802.15

2.1.1.2 El paradigma PAN

PAN prevé el acercamiento de un paradigma de redes, la cual atrae el interés a los investigadores, y las industrias que quieren aprender más acerca de las soluciones avanzadas para redes, tecnologías de radio, altas transferencias de bits, nuevos patrones para celulares, y un soporte de software más sofisticado

La tecnología va hacia las redes dinámicas, que permite fácil comunicación con dispositivos que pueden y/o no estar en movimiento dentro de un área de cobertura.

2.1.1.3 Posibles equipos o dispositivos

Las diferentes demandas del servicio y los panoramas de uso hacen que PAN acumule distintos acercamientos hacia las funciones y capacidades que pueda tener. Deben preverse los siguientes puntos como importantes para su fácil escalabilidad:

- Funcionalidad y Complejidad;
- Precio;
- Consumo de energía;
- Tarifas para los datos;
- Garantía;
- Soporte para las interfaces.

Los dispositivos más óptimos pueden incorporar funciones multimodo que permiten el acceso a múltiples redes.

2.1.1.4 Tecnología de red personal

La red personal se caracteriza por ofrecer a cada usuario la posibilidad de iniciar una red en el entorno personal en que transcurre su vida diaria sea en su casa, en el trabajo, en su ciudad, etc de tal manera que incorporando dispositivos y servicios a la misma pueda satisfacer una serie de requerimientos asociados a su vida personal.

El usuario tendrá la posibilidad de incorporar no solo los dispositivos asociados al cuerpo del individuo como pueden ser aquellos que le permiten mejorar sus percepciones sensoriales, sino dispositivos asociados al entorno en el que quiere interactuar independientemente de que el entorno sea local al usuario lo que llamamos “red de área personal” en un radio de cobertura de 10 metros o “remoto virtual” donde el individuo puede ampliar su red y por tanto su entorno personal; existen servicios accesibles a través de las tecnologías actualmente como las redes móviles o Internet. (ver figura 2)



Figura 2.- Redes de Área Personal -PAN

2.1.1.5 Aplicaciones

Las aplicaciones de las redes PAN son:

- Sincronizar automáticamente listas de contactos entre teléfonos móviles, notebook y dispositivos de mano.
- Acceso a periféricos inalámbricos (impresoras, escaners, fax, copadoras).
- En desplazamientos, conectar un computador de mano al teléfono móvil para acceder a Internet o a los sistemas corporativos.
- Compartir documentos o archivos en reuniones o conferencias.

2.1.1.6 ARQUITECTURA PAN

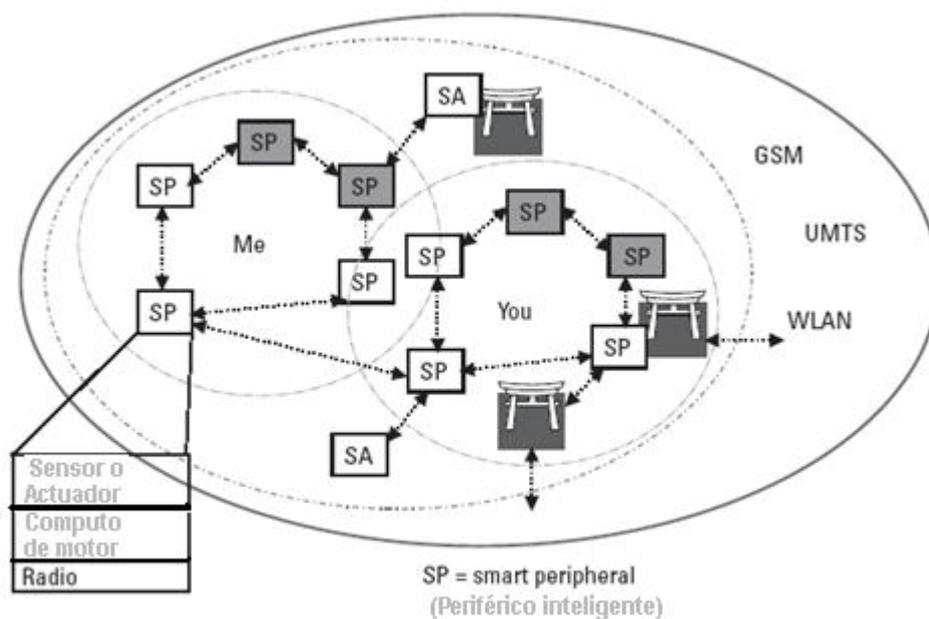


Figura 3.- Modelo de una red de área personal

La PAN es una red para un usuario, entre usuarios y entre usuarios y el mundo exterior. Por eso, la arquitectura de la red PAN, es una arquitectura de capas transparente para el usuario, donde diferentes capas cubren los diferentes tipos de especificaciones de conectividad. (Ver figura 3)

La conectividad, es habilitada por la incorporación de diferentes funcionalidades de la red dentro de los dispositivos. Sin embargo para un solo stand PAN la persona debería ser capaz de direccionar los dispositivos dentro del POS independientemente del entorno de la red. Para la comunicación directa de dos personas (entre PANs) la funcionalidad de puenteo debería ser incorporado dentro de cada PAN.

Para la comunicación a través de una red externa, la PAN debería implementar funcionalidades de enrutamiento y/o gateway. La estandarización de topologías y arquitecturas son todavía publicaciones abiertas (siguen desarrollándose) dentro

de PAN. Una capa orientada a una arquitectura escalable debería soportar funcionalidades y protocolos de las tres primeras capas y debería proveer la capacidad para comunicarse con el mundo exterior, a través de la conectividad de la capa más alta. La mitad de la estructura debería ser capaz de manejar el sistema según el acceso a la red, recursos descubiertos, soporte para escalabilidad, reconfiguración y suministrar ¹QoS. También debería soportar aplicaciones de descarga. Desde el punto de vista del usuario PAN debería ofrecer una conectividad plug and play.

2.1.1.7 ESTÁNDARES DE REDES PAN

IEEE 802.15 es un grupo de trabajo dentro de IEEE 802 especializado en redes inalámbricas de área personal (wireless personal area networks, WPAN).

Se divide en los siguientes:

2.1.1.7.1 Subgrupo 1 (WPAN/Bluetooth)

IEEE 802.15.1-2002, desarrolla un estándar basado en la especificación 1.1 de Bluetooth. Incluye nivel físico (PHY) y control de acceso al medio (MAC). Se ha publicado una versión actualizada, IEEE 802.15.1-2005.

2.1.1.7.2 Subgrupo 2 (Coexistencia)

IEEE 802.15.2-2003, estudia los posibles problemas derivados de la coexistencia de WPAN's con otros dispositivos inalámbricos que utilicen las bandas de frecuencia no reguladas, tales como redes inalámbricas de área local (WLAN).

2.1.1.7.3 Subgrupo 3 (WPAN de alta velocidad)

- **(WPAN de alta velocidad)**

¹ QoS: Quality of Service (Calidad de Servicio)

IEEE 802.15.3-2003, es un estándar que define los niveles PHY y MAC para WPAN's de alta velocidad (11-55 Mbps).

- **(PHY alternativa para WPAN de alta velocidad)**

IEEE 802.15.3a, intentó realizar mejoras al nivel físico de Ultra- WideBand para su uso en aplicaciones que trabajen con elementos multimedia.

- **(Revisión MAC)**

IEEE 802.15.3.b. trabaja en el desarrollo de mejoras a 802.15.3 para refinar la implementación e interoperabilidad de MAC. Esto incluye optimizaciones menores que preserven la compatibilidad en todo caso, además de corrección de errores y ambigüedades así como aclaraciones.

- **(PHY alternativa de onda milimétrica)**

(TG3c) trabaja en el desarrollo de una PHY alternativa basada en ondas milimétricas para el estándar 802.15.3-2003.

2.1.1.7.4 Subgrupo 4 (WPAN de baja velocidad)

- **(WPAN de baja velocidad)**

IEEE 802.15.4-2003, (WPAN's de baja velocidad, Low Rate WPAN) trata las necesidades de sistemas con poca transmisión de datos pero vidas útiles muy altas con alimentación limitada (pilas, baterías) y una complejidad muy baja. Los protocolos ZigBee, se basan en la especificación producida por este grupo de trabajo.

- **(PHY alternativa)**

El principal interés de este grupo es permitir comunicaciones y facilidades de localización de alta precisión (de un metro y mejor), alta productividad agregada y necesidades energéticas extremadamente reducidas.

- **(Revisiones y mejoras)**

Este grupo se inició con un proyecto de realización de mejoras y aclaraciones específicas sobre IEEE 802.15.4-2003. Entre estos objetivos, se encuentran la resolución de ambigüedades y reducción de complejidad innecesaria, el incremento de la flexibilidad en el uso de claves de seguridad, las consideraciones para el uso de nuevos rangos de frecuencias disponibles y otros aspectos.

2.1.1.7.5 Subgrupo 5 (Redes en malla)

Redes en malla en el ámbito de las WPAN.

2.1.1.8 SERVICIOS DE LAS REDES PAN

Muchos escenarios de operaciones diferentes, pueden ser previstos principalmente concentrados alrededor de:

- **Servicios personales**
 - **Servicios de negocios**
 - **Servicios de entretenimiento**
- **Servicios personales:**

Incluyen tele monitoreo médico, control de aplicaciones, y servicios en hogares pequeños como se describen a continuación:

- Médicos profesionales pueden constantemente monitorear, al paciente donde él o ella se esté moviendo.

- Una persona puede utilizar un pequeño dispositivo portátil para enviar comandos para aplicaciones domésticas, tales como actuadores que controlan la temperatura, cortinas, ventanas cuando se está lejos del hogar.
- Una persona entra en su auto y puede escuchar su e-mail incorporando texto leído por una computadora, dictarle y enviarle réplicas. Esto podría ser realizado por ejemplo, haciendo enlaces temporales con los dispositivos de tercera generación tales como PDAs (que incorporan reconocimiento de voz), mediante micrófonos.
- **Servicios de negocios:**
 - La posibilidad de que una persona que está en su oficina pueda acceder a una impresora para imprimir información guardada en su pequeño dispositivo portátil
 - Tomar medidas de presión, temperatura en su carro.
 - Rastrear el movimiento de los empleados en la oficina.
- **Servicios de entretenimiento**
 - Podrían considerar aplicaciones high-tech, tales como, alta velocidad de video, o un juego con dispositivos montados en la cabeza head- mounted. Una persona puede ser portadora de una pequeña pantalla para mostrar un video, y donde quiera el usuario puede ver el video en una pantalla grande (por ejemplo en una laptop) esto podría ser posible pasando simplemente el contenido de este dispositivo en el camino. (Ver Figura 4)



**Figura 4.- Ejemplo de una aplicación (PAN) para el entretenimiento:
Dispositivo usado sobre la cabeza para jugar**

2.1.1.9 EQUIPOS Y DISPOSITIVOS

Las diferentes demandas del servicio y los panoramas de uso hacen que PAN acumule distintos acercamientos hacia las funciones y capacidades que pueda tener.

Deben preverse los siguientes puntos como importantes para su fácil escalabilidad:

- Funcionalidad y Complejidad;
- Precio;
- Consumo de energía;
- Tarifas para los datos;
- Garantía;
- Soporte para las interfaces.

Los dispositivos más óptimos pueden incorporar funciones que permiten el acceso a múltiples redes.

Algunos otros dispositivos podrían incorporar trabajo en redes avanzadas, funcionalidades computacionales y soportar altas velocidades de transmisión.

Algunos dispositivos deberían ser usados y sujetos a una persona.

Otros podrían ser estacionarios o asociados temporalmente al POS tal como sensores ambientales e impresoras. Sin embargo el dispositivo mas óptimo debería incorporar funciones multimodo o permitir el acceso a múltiples redes.

2.2 Redes ZIGBEE

Zigbee es un protocolo de comunicaciones inalámbrico basado en el estándar de comunicaciones para redes inalámbricas IEEE_802.15.4. Creado por Zigbee Alliance, una organización, teóricamente sin ánimo de lucro, de más de 200 grandes empresas (destacan Mitsubishi, Honeywell, Philips, ODEM do, Invensys, entre otras), muchas de ellas fabricantes de semiconductores.

Zigbee permite que dispositivos electrónicos de bajo consumo puedan realizar sus comunicaciones inalámbricas. Es especialmente útil para redes de sensores en entornos industriales, médicos y, sobre todo, domóticos.

Las comunicaciones Zigbee se realizan en la banda libre de 2.4GHz. A diferencia de bluetooth, este protocolo no utiliza FHSS (Frequency hopping), sino que realiza las comunicaciones a través de una única frecuencia, es decir, de un canal. Normalmente puede escogerse un canal de entre 16 posibles.

El alcance depende de la potencia de transmisión del dispositivo así como también del tipo de antenas utilizadas (cerámicas, dipolos, etc) El alcance normal con antena dipolo en línea vista es de aproximadamente (tomando como ejemplo el caso de MaxStream, en la versión de 1mW de potencia) de 100m y en interiores de unos 30m. La velocidad de transmisión de datos de una red Zigbee es de hasta 256kbps. Una red Zigbee la pueden formar, teóricamente, hasta

65535 equipos, es decir, el protocolo está preparado para poder controlar en la misma red esta cantidad enorme de dispositivos.

Entre las necesidades que satisface el módulo de comunicación Zigbee se encuentran:

- Bajo costo.
- Ultra-bajo consumo de potencia.
- Uso de bandas de radio libres y sin necesidad de licencias.
- Instalación barata y simple.
- Redes flexibles y extensibles.

El uso del protocolo Zigbee va desde reemplazar un cable por una comunicación serial inalámbrica, hasta el desarrollo de configuraciones punto a punto, multipunto, peer-to-peer (todos los nodos conectados entre sí) o redes complejas de sensores.

2.2.1 Definición de Redes Zigbee

ZigBee es un nuevo estándar para conectividad wireless, orientado a posibilitar la interoperabilidad de productos orientados al control del hogar (Home control), automatización de edificios y control y monitorización industrial.

Como se extrae rápidamente de las funcionalidades para las que se ha diseñado, trata de proponer una red de comunicación de dispositivos con un tamaño de paquete pequeño, en contraposición a otras tecnologías como Bluetooth o WIFI, que tratan volúmenes de información superiores y por supuesto se sitúan entre las tecnologías más complejas.

Está diseñado sobre dos capas del modelo de sistemas abiertos para interconexión de sistemas definidas por el estándar IEEE 802.15.4, una capa física con una tecnología radio muy robusta (PHY) y una capa de control de acceso al medio (MAC). En las capas altas del modelo ZigBee define las

topologías de red, consideraciones acerca de la seguridad y perfiles de aplicación que aseguran la interoperabilidad de los sistemas.

La capa física incluye adicionalmente sistemas de detección de energía recibida ED (Energy Detection), de indicación de la calidad del enlace LQI (Link Quality Indication) y de exploración de canal libre CCA (Clear Channel Assessment).

Soporta tanto direcciones de 64 bits (propuesta de IEEE) como direcciones cortas de 16 bits, que permiten el direccionamiento de más de 65.000 dispositivos, además de posibilitar la asociación y disociación de redes.

El estándar opera con cuatro tipos o estructuras de trama:

- Trama de balizado para la transmisión de balizas (Beacon frames)
- Tramas de datos
- Tramas de asentimiento para confirmar la recepción (Acknowledgement frame)
- Tramas de comandos MAC

En cuanto a las frecuencias utilizadas, encontramos tres bandas con 27 canales disponibles

- 2.4 GHz: 16 canales y 250 kbps
- 868.3 MHz : un canal y 20 Kbps
- 902-928 MHz: 10 canales y 40 Kbps

No todas estas frecuencias están permitidas en todos los países, ya que no son de uso común.

Respecto a la topología y configuraciones de red tenemos tres situaciones:

- Estrella
- Mesh (peer-to-peer)
- Cluster Tree (híbrido entre los dos anteriores).

Las tres difieren en cuanto a prestaciones, puesto que unas ofrecen caminos de respaldo y otras no.

Como se puede comprobar, las configuraciones Mesh y Cluster Tree proveen al sistema de caminos redundantes. Examinando los esquemas se puede establecer que las redes ZigBee constan de los siguientes tipos de dispositivos:

- **El nodo coordinador ZigBee:** Hay uno y solo uno en cada red, que actúa como un router que interconecta con otras redes. Puede ser enlazado a la raíz de una red Cluster Tree. Se diseña para almacenar toda la información de la red.
- **Dispositivo de funcionalidad completa FFD:** El FFD es un router intermediario que transmite datos de otros dispositivos. Precisa de menos memoria que el coordinador y por supuesto tiene un menor costo de fabricación. Opera en todas las topologías y puede funcionar como coordinador.
- **Dispositivo de funcionalidad reducida RFD:** Este dispositivo solo puede hablar en la red, es decir, no puede recibir ni enviar datos de otros nodos. Requiere menor memoria que ningún otro tipo de nodo y será, como es obvio, más barato. Solo habla con el coordinador y se implementa muy fácilmente en la topología de estrella.

2.2.2.1 Análisis

Claramente, por especificaciones del diseño, ZigBee tiene una seria limitación cuando la aplicación requiere un ancho de banda considerable, por ejemplo para aplicaciones de voz o video.

Aunque el número de dispositivos que pueden configurar una red es muy alto comparado con otras tecnologías, bien es cierto que si el periodo de sondeo es muy corto (beacon interval), con constantes interrogaciones a los dispositivos, el

rendimiento de la red no solo decae sino que la duración de las baterías empieza a decaer por debajo del que soportan otras tecnologías.

2.2.2.2 Historia de la Red Zigbee

El nombre "ZigBee" se deriva de los patrones erráticos comunicativos que hacen muchas abejas entre las flores durante la recogida de polen. Esto es evocador de las redes invisibles de las conexiones existentes en un entorno totalmente inalámbrico.

ZigBee se ha desarrollado para satisfacer la creciente demanda de capacidad de red inalámbrica entre varios dispositivos de baja potencia. En la industria ZigBee se está utilizando para la próxima generación de fabricación automatizada, con pequeños transmisores en cada dispositivo, lo que permite la comunicación entre dispositivos a un ordenador central.

Para llevar a cabo este sistema, un grupo de trabajo llamado Alianza ZigBee (ZigBee Alliance) formado por varias industrias, sin ánimo de lucro, la mayoría de ellas fabricantes de semiconductores, está desarrollando el estándar. Esta alianza en la cuales destacan empresas como Invensys, Mitsubishi, Honeywell, Philips, ODEM do, Invensys, entre otras trabajan para crear un sistema estándar de comunicaciones, vía radio y bidireccional, para usarlo dentro de dispositivos de automatización hogareña (domótica), de edificios (inmótica), control industrial, periféricos de computadoras y sensores médicos. Los miembros de esta alianza justifican el desarrollo de este estándar para cubrir el vacío que se produce por debajo del Bluetooth.

Esta nueva aplicación, definida por la propia ZigBee Alliance como el nuevo estándar global para la automatización del hogar, permite que las aplicaciones domóticas desarrolladas por los fabricantes sean completamente inter operables entre sí, garantizando así al cliente final fiabilidad, control, seguridad y comodidad.

2.2.2.3 Cronología

1998. - Las redes de la familia de ZigBee se conciben, al tiempo que se hizo claro que Wi-Fi y Bluetooth no serían soluciones válidas para todos los contextos. En concreto, se observó una necesidad de redes ad hoc inalámbricas.

2003. - El estándar IEEE 802.15.4 se aprueba en mayo.

2003. - Philips Semiconductors puso fin a su inversión en redes de mallas. Philips Lighting ha perpetuado la participación de Philips, que sigue siendo un miembro prominente de la ZigBee Alliance.

2004. - ZigBee Alliance anunció en octubre una duplicación en su número de miembros en el último año a más de 100 compañías en 22 países.

2004. - Se aprueba la especificación Zigbee el 14 de diciembre.

2005. - ZigBee 2004 se puso a disposición del público sin fines comerciales el 13 de junio en San Ramón, California.

2006. - “El precio de mercado de un transceptor compatible con ZigBee se acerca al dólar y el precio de un conjunto de radio, procesador y memoria ronda los tres dólares” .

2006. - En diciembre se publicó la actual revisión de la especificación.

2007. - En Noviembre se publicó el perfil HOME AUTOMATION de la especificación.

ZigBee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radios digitales de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (wireless personal area network, WPAN). Sus objetivos son las

aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

Las características que lo diferencian de otras tecnologías son:

- Su bajo consumo
- Su topología de red en malla
- Su fácil integración (se pueden fabricar nodos con muy poca electrónica).

2.2.2.4 Estándar IEEE 802.15.4

IEEE 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 (low-rate wireless personal area network, LR-WPAN). La actual revisión del estándar se aprobó en 2006. El grupo de trabajo IEEE 802.15 es el responsable de su desarrollo.

También es la base sobre la que se define la especificación de ZigBee, cuyo propósito es ofrecer una solución completa para este tipo de redes construyendo los niveles superiores de la pila de protocolos que el estándar no cubre.

¿Por qué ZigBee?

Actualmente, existen diversos padrones que definen transmisión en medias y altas tasas para voz, vídeo, redes de computadoras personales, entre otros. Sin embargo, hasta el presente momento todavía no ha surgido un estándar que esté de acuerdo con las necesidades únicas de la comunicación sin cable (inalámbrica) entre dispositivos de control y sensores.

Los principales requisitos de este tipo de red son: baja latencia, optimización para bajo consumo de energía, posibilidad de implementación de redes con elevado número de dispositivos y baja complejidad de los nodos de red.

2.2.2.5 Características

- ZigBee, también conocido como "HomeRF Lite", es una tecnología inalámbrica con velocidades comprendidas entre 20 kB/s y 250 kB/s.
- Los rangos de alcance son de 10 m a 75 m.
- Puede usar las bandas libres ISM de 2,4 GHz (Mundial), 868 MHz (Europa) y 915 MHz (EEUU).
- Una red ZigBee puede estar formada por hasta 255 nodos los cuales tienen la mayor parte del tiempo el transceiver ZigBee dormido con objeto de consumir menos que otras tecnologías inalámbricas.
- Un sensor equipado con un transceiver ZigBee pueda ser alimentado con dos pilas AA durante al menos 6 meses y hasta 2 años.
- La fabricación de un transmisor ZigBee consta de menos circuitos analógicos de los que se necesitan habitualmente.
- Diferentes tipos de topologías como estrella, punto a punto, malla, árbol.
- Acceso de canal mediante CSMA/CA (acceso múltiple por detección de portadora con evasión de colisiones).
- Escalabilidad de red -- Un mejor soporte para las redes más grandes, ofreciendo más opciones de gestión, flexibilidad y desempeño.
- Fragmentación -- Nueva capacidad para dividir mensajes más largos y permitir la interacción con otros protocolos y sistemas.
- Agilidad de frecuencia -- Redes cambian los canales en forma dinámica en caso que ocurran interferencias.
- Gestión automatizada de direcciones de dispositivos - El conjunto fue optimizado para grandes redes con gestión de red agregada y herramientas de configuración.
- Localización grupal -- Ofrece una optimización adicional de tráfico necesaria para las grandes redes.
- Puesta de servicio inalámbrico -- El conjunto fue mejorado con capacidades seguras para poner en marcha el servicio inalámbrico.

- Recolección centralizada de datos -- El conjunto fue sintonizado específicamente para optimizar el flujo de información en las grandes redes.

Una red ZigBee puede estar formada por hasta 255 nodos.

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 costo, un estándar para redes Wireless de pequeños paquetes de información, bajo consumo, seguro y fiable.

2.2.2.6 Estructura de la Red Zigbee



Figura 5.- Estructura de la Red Zigbee

Siguiendo el estándar del modelo de referencia OSI (Open Systems Interconnection), en el gráfico, aparece la estructura de la arquitectura en capas. Las primeras dos capas, la física y la de acceso al medio MAC, son definidas por el estándar IEEE 802.15.4. Las capas superiores son definidas por la Alianza ZigBee y corresponden a las capas de red y de aplicación las cuales contienen los perfiles del uso, ajustes de la seguridad y la mensajería.

Los cometidos principales de la capa de red son permitir el correcto uso del subnivel MAC y ofrecer un interfaz adecuado para su uso por parte del nivel inmediatamente superior. Sus capacidades, incluyendo el ruteo, son las típicas de un nivel de red clásico.

2.2.2.7 Tipos de Dispositivos Zigbee

Se definen tres tipos distintos de dispositivo ZigBee según su papel en la red:

2.2.2.7.1 Coordinador ZigBee (ZigBee Coordinator, ZC): El tipo de dispositivo más completo. Debe existir uno por red. Sus funciones son las de encargarse de controlar la red y los caminos que deben seguir los dispositivos para conectarse entre ellos, requiere memoria y capacidad de computación.

2.2.2.7.2 Router ZigBee (ZigBee Router, ZR): Interconecta dispositivos separados en la topología de la red, además de ofrecer un nivel de aplicación para la ejecución de código de usuario.

2.2.2.7.3 Dispositivo final (ZigBee End Device, ZED): Posee la funcionalidad necesaria para comunicarse con su nodo padre (el coordinador o un router), pero no puede transmitir información destinada a otros dispositivos. De esta forma, este tipo de nodo puede estar dormido la mayor parte del tiempo, aumentando la vida media de sus baterías. Un ZED tiene requerimientos mínimos de memoria y es por tanto significativamente más barato.

2.2.2.8 Funcionalidad

Basándose en su funcionalidad, puede plantearse una segunda clasificación:

2.2.2.8.1 Dispositivo de funcionalidad completa (FFD): También conocidos como nodo activo. Es capaz de recibir mensajes en formato 802.15.4. Gracias a la memoria adicional y a la capacidad de computar, puede funcionar como Coordinador o Router ZigBee, o puede ser usado en dispositivos de red que actúen de interfaces con los usuarios.

2.2.2.8.2 Dispositivo de funcionalidad reducida (RFD): También conocido como nodo pasivo. Tiene capacidad y funcionalidad limitadas con el objetivo de conseguir un bajo coste y una gran simplicidad. Básicamente, son los sensores/actuadores de la red.

2.2.2.9 La arquitectura básica de una red Zigbee

Una red Zigbee la forman básicamente 3 tipos de elementos. Un único dispositivo Coordinador, dispositivos Routers y dispositivos finales (end points).

2.2.2.9.1 El Coordinador.

Es el nodo de la red que tiene la única función de formar una red. Es el responsable de establecer el canal de comunicaciones (como hablábamos antes) y del PAN ID (identificador de red) para toda la red.

Una vez establecidos estos parámetros, el Coordinador puede formar una red, permitiendo unirse a él a dispositivos Routers y End Points. Una vez formada la red, el Coordinador hace las funciones de Router, esto es, participar en el enrutado de paquetes y ser origen y/o destinatario de información.

2.2.2.9.2 Los Routers.

Es un nodo que crea y mantiene información sobre la red para determinar la mejor ruta para enrutar un paquete de información. Lógicamente un router debe unirse a una red Zigbee antes de poder actuar como Router retransmitiendo paquetes de otros routers o de End points.

2.2.2.9.3 End Device.

Los dispositivos finales no tienen capacidad de enrutar paquetes. Deben interactuar siempre a través de su nodo padre, ya sea este un Coordinador o un Router, es decir, no puede enviar información directamente a otro end device. Normalmente estos equipos van alimentados a baterías. El consumo es menor al no tener que realizar funciones de enrutamiento.

2.2.2.10 Modelos de comunicación

Una aplicación consiste en un conjunto de objetos que se comunican entre sí y cooperan para llevar a cabo un trabajo. El propósito de ZigBee es distribuir este trabajo entre muchos nodos distintos que se asocian formando una red.

El nivel de aplicación sigue un diseño clásico de servicios estructurados en tipos petición, confirmación, indicación, respuesta. Dentro de un dispositivo pueden haber hasta 240 objetos, con números entre 1 y 240. 0 se reserva para el interfaz de datos de ZDO y 255 para broadcast; el rango 241-254 se reserva para usos futuros.

Existen dos servicios utilizables por los objetos de aplicación:

- El servicio de pares clave-valor (key-value pair, KPV) se utiliza para realizar la configuración, definiendo, solicitando o modificando valores de atributos de objetos por medio de una interfaz simple basada en primitivas get/set, algunas

de ellas con petición de respuesta. Se utiliza XML comprimido (extensible a XML puro) para lograr una solución sencilla y flexible.

- El servicio de mensajes está diseñado para ofrecer una aproximación general al tratamiento de información, sin necesidad de adaptar protocolos de aplicación y buscando evitar la sobrecarga que presenta KPV. Permite el envío de un payload arbitrario a través de tramas APS.

El direccionamiento es, a su vez, parte del nivel de aplicación. Un nodo está formado por un transceptor de radio compatible con 802.15.4 y una o más descripciones de dispositivo (colecciones de atributos que pueden consultarse o asignarse, o se pueden monitorizar por medio de eventos). El transceptor es la base del direccionamiento, mientras que los dispositivos dentro de un nodo se identifican por medio de un endpoint numerado entre 1 y 240.

2.2.2.11 Topología de la Red Zigbee

La capa de red soporta múltiples configuraciones de red incluyendo estrella, árbol, punto a punto y rejilla (malla).

En la configuración en estrella, uno de los dispositivos tipo FFD asume el rol de coordinador de red y es responsable de inicializar y mantener los dispositivos en la red. Todos los demás dispositivos zigbee, conocidos con el nombre de dispositivos finales, hablan directamente con el coordinador.

En la configuración de rejilla, el coordinador ZigBee es responsable de inicializar la red y de elegir los parámetros de la red, pero la red puede ser ampliada a través del uso de routers ZigBee.

Para la topología punto a punto, existe un solo FFD Coordinador. A diferencia con la topología estrella, cualquier dispositivo puede comunicarse con otro siempre y cuando estén en el mismo rango de alcance circundante. Las aplicaciones orientadas para el monitoreo y control de procesos industriales,

redes de sensores inalámbricos, entre otros, son ampliamente usados por estas redes. Proveen confiabilidad en el enrutamiento de datos (multipath routing).

La topología de árbol es un caso especial de topología de conexión punto a punto, en la cual muchos dispositivos son FFDs y los RFD pueden conectarse como un nodo único al final de la red. Cualquiera de los FFDs restantes pueden actuar como coordinadores y proveer servicios de sincronización hacia otros dispositivos o coordinadores.

2.2.2.12 Tipos de Tráfico de Datos

ZigBee/IEEE 802.15.4 dirige tres tipos de tráfico típicos:

2.2.2.12.1 Cuando el dato es periódico: La aplicación dicta la proporción, el sensor se activa, chequea los datos y luego desactiva.

2.2.2.12.2 Cuando el dato es intermitente: La aplicación, u otro estímulo, determina la proporción, como en el caso de los detectores de humo. El dispositivo necesita sólo conectarse a la red cuando la comunicación se hace necesaria. Este tipo habilita el ahorro óptimo en la energía.

2.2.2.12.3 Cuando el dato es repetitivo: La proporción es a priori fija. Dependiendo de las hendeduras de tiempo repartidas, los dispositivos operan para las duraciones fijas.

2.2.2.13 Estrategias de conexión de los dispositivos en una red Zigbee

Las redes ZigBee han sido diseñadas para conservar la potencia en los nodos esclavos. De esta forma se consigue el bajo consumo de potencia. La estrategia consiste en que, durante mucho tiempo, un dispositivo esclavo está en modo dormido, de tal forma que solo se despierta por una fracción de segundo para confirmar que está vivo en la red de dispositivos de la que forma parte. Esta transición del modo dormido al modo despierto (modo en el que realmente

transmite), dura unos 15ms, y la enumeración de "esclavos" dura alrededor de 30ms.

En las redes Zigbee, se pueden usar dos tipos de entornos o sistemas:

2.2.2.13.1 Con balizas

Es un mecanismo de control del consumo de potencia en la red. Permite a todos los dispositivos saber cuándo pueden transmitir. En este modelo, los dos caminos de la red tienen un distribuidor que se encarga de controlar el canal y dirigir las transmisiones. Las balizas que dan nombre a este tipo de entorno, se usan para poder sincronizar todos los dispositivos que conforman la red, identificando la red doméstica, y describiendo la estructura de la "supertrama". Los intervalos de las balizas son asignados por el coordinador de red y pueden variar desde los 15ms hasta los 4 minutos.

2.2.2.13.2 Sin balizas

Se usa el acceso múltiple al sistema Zigbee en una red punto a punto cercano. En este tipo, cada dispositivo es autónomo, pudiendo iniciar una conversación, en la cual los otros pueden interferir. A veces, puede ocurrir que el dispositivo destino puede no oír la petición, o que el canal esté ocupado.

Este sistema se usa típicamente en los sistemas de seguridad, en los cuales sus dispositivos (sensores, detectores de movimiento o de rotura de cristales).

Cuando se produce un evento (en el sistema es cuando se detecta algo), el sensor "despierta" instantáneamente y transmite la alarma correspondiente.

2.2.2.14 Seguridad

La seguridad de las transmisiones y de los datos son puntos clave en la tecnología ZigBee. ZigBee utiliza el modelo de seguridad de la subcapa MAC IEEE 802.15.4, la cual especifica 4 servicios de seguridad.

- **Control de accesos:** El dispositivo mantiene una lista de los dispositivos comprobados en la red.
- **Datos Encriptados:** Los cuales usan una encriptación con un código de 128 bits.
- **Integración de tramas:** Protegen los datos de ser modificados por otros.
- **Secuencias de refresco:** Comprueban que las tramas no han sido reemplazadas por otras. El controlador de red comprueba estas tramas de refresco y su valor, para ver si son las esperadas.

Una vez revisado la tecnología Zigbee se procede a revisar la tecnología Bluetooth

2.3 Tecnología Bluetooth o Redes Bluetooth

La tecnología Bluetooth es una especificación abierta para la comunicación inalámbrica (WIRELESS) de datos y voz. Está basada en un enlace de radio de bajo costo y corto alcance, implementado en un circuito integrado de 9 x 9 mm, proporcionando conexiones instantáneas para entornos de comunicaciones tanto móviles como estáticos. En definitiva, Bluetooth pretende ser una especificación global para la conectividad inalámbrica.

2.3.1 Objetivo de redes Bluetooth.

El principal objetivo de esta tecnología, es la posibilidad de reemplazar los muchos cables propietarios que conectan unos dispositivos con otros por medio de un enlace radio universal de corto alcance. Por ejemplo, la tecnología de radio

Bluetooth implementada en el teléfono celular y en el computador portátil reemplazaría el molesto cable utilizado hoy en día para conectar ambos aparatos. Las impresoras, las agendas electrónicas, los PDA, los faxes, los teclados, los joysticks y prácticamente cualquier otro dispositivo digital son susceptibles de formar parte de un sistema Bluetooth.

Bluetooth ofrece un puente a las redes de datos existentes, una interfaz con el exterior y un mecanismo para formar en el momento, pequeños grupos de dispositivos conectados entre sí de forma privada fuera de cualquier estructura fija de red.

Las diferentes partes del sistema Bluetooth son:

- Una unidad de radio
- Una unidad de control del enlace
- Gestión del enlace
- Funciones software

2.3.2 Definición de redes Bluetooth

El Bluetooth, una asociación comercial formada por líderes en telecomunicación, informática e industrias de red, está conduciendo el desarrollo de la tecnología inalámbrica Bluetooth y llevándola al mercado.

La tecnología inalámbrica Bluetooth es una tecnología de ondas de radio de corto alcance (2.4 gigahertzios de frecuencia) cuyo objetivo es el simplificar las comunicaciones entre dispositivos informáticos, como computadoras móviles, teléfonos móviles, otros dispositivos de mano y entre estos dispositivos e Internet. También pretende simplificar la sincronización de datos entre los dispositivos y otros computadores

Permite comunicaciones, incluso a través de obstáculos, a distancias de hasta unos 10 metros. Esto significa que, por ejemplo, se puede oír los mp3 desde tu

comedor, cocina, cuarto de baño, etc. También sirve para crear una conexión a Internet inalámbrica desde tu portátil usando tu teléfono móvil. Un caso aún más práctico es el sincronizar libretas de direcciones, calendarios etc. en tu PDA, teléfono móvil, ordenador de sobremesa y portátil automáticamente y al mismo tiempo.

Con la intención de clarificar lo que significa e implica esta tecnología, se ha recogido una serie de definiciones:

- Piconet: colección de dispositivos (de 2 a 8) conectados por medio de la tecnología Bluetooth. Todos los dispositivos tienen la misma implementación. Sin embargo, al crearse la red una unidad actuará como maestra y el resto como esclavas mientras dure la conexión.
- Scatternet: varias piconets independientes y no sincronizadas forman una scatternet.
- Dirección Mac: dirección de 3 bits para distinguir a los miembros de la piconet.
- Parked: una unidad en una piconet se encuentra en este modo cuando está sincronizada pero no tiene una dirección MAC.
- Modos Sniff y Hold: modos de ahorro de energía para los dispositivos de una piconet.

El sistema Bluetooth permite conexiones punto a punto y punto a multipunto. Se pueden establecer varias piconet y enlazarlas juntas, de forma que cada piconet se identificará por una secuencia de saltos de frecuencia distinta.

Cada usuario dentro de una misma piconet estará sincronizado a esta secuencia de saltos. Por tanto, la topología de red se puede describir como una estructura de múltiples piconets.

La velocidad de datos en full-dúplex dentro de una estructura como la descrita, con 10 piconets con carga máxima es de 6 Mb/s.

2.3.2.1 Origen del nombre y logo

El nombre viene de Harald Bluetooth, un Vikingo y rey de Dinamarca a de los años 940 a 981, fue reconocido por su capacidad de ayudar a la gente a comunicarse. Durante su reinado unió Dinamarca y Noruega.

De la misma manera, Bluetooth intenta unir diferentes tecnologías como las de las computadoras, los teléfonos móviles y el resto de periféricos.

El símbolo de Bluetooth es la unión de las letras nórdicas análogas a la H y B: ✠ (Hagall) y ᚱ (Berkanan).

2.3.2.1.1 Bluetooth (especificación)

Bluetooth define redes de área personal inalámbricas (wireless personal area network, WPAN). Está desarrollada por Bluetooth SIG y, a partir de su versión 1.1, sus niveles más bajos (en concreto, el nivel físico y el control de acceso al medio) se formalizan también en el estándar IEEE 802.15.1. En 2007, la versión más reciente es la 2.1, publicada en julio del mismo año (la revisión actual de IEEE 802.15.1 se aprobó en 2005).

2.3.2.1.2 Visión general

La especificación principal de Bluetooth (denominada core) define el nivel físico (PHY) y el control de acceso al medio (MAC) de una red inalámbrica de área personal. Este tipo de redes tienen por cometido la transferencia de información en distancias cortas entre un grupo privado de dispositivos.

A diferencia de las LAN inalámbricas, están diseñadas para no requerir infraestructura alguna, o muy poca. Aún más, su comunicación no debería trascender más allá de los límites de la red privada.

2.3.2.2 Tipos de Bluetooth

Existen equipos Bluetooth clase 1, 2 y 3. Las diferencias existentes en las clases, sólo afectan al alcance de la comunicación inalámbrica. Los dispositivos clase 1 llegan a 100 metros, los de clase 2 lo hacen a 20 metros, mientras que los Bluetooth de tercera clase, poseen apenas un metro de alcance y son los que casi no se usan.

Bluetooth es la conexión inalámbrica de corto alcance más usada por los celulares, palmtops, notebooks, reproductores de MP3 y cámaras, para compartir datos entre sí y para comunicarse sin cables con otros aparatos digitales del hogar y la oficina, como la PC, la impresora, módem o el minicomponente. Bluetooth utiliza la tecnología de radiofrecuencia que trabaja en un rango de banda de espectro disperso de 2.4 Ghz.

2.3.2.3 Control de flujo

El protocolo banda base recomienda usar colas FIFO en ACL y enlaces SCO para transmisión y recepción. El Link Manager rellena estas colas y el Link Controller las vacía automáticamente. Si estas colas RX FIFO están llenas, se utiliza el control de flujo para evitar la congestión y la pérdida de paquetes. Si no se pueden recibir los datos, se transmite una indicación de stop insertada por el Link Controller del receptor en la cabecera del paquete devuelto. Cuando el transmisor recibe la indicación de stop, congela sus colas FIFO. Si el receptor está preparado, envía un paquete go que reestablece el flujo.

2.3.2.4 Sincronización

El transceptor Bluetooth usa un método duplex de división de tiempo (Time-Division Duplex), lo que significa que transmite alternativamente y recibe de forma síncrona. El promedio de tiempo de la transmisión de paquetes por parte del maestro no debería ser mayor de 20 ppm. La piconet es sincronizada por el reloj

del sistema del maestro. Para transmitir por el canal piconet se necesitan tres piezas de información. La secuencia hopping, la fase de la secuencia, y el CAC para situarlo en los paquetes.

2.3.2.5 Seguridad Bluetooth

En el nivel de enlace, la seguridad se mantiene mediante la autenticación de los usuarios y la encriptación de la información. Para esta seguridad básica se necesita una dirección pública que sea única para cada dispositivo (BD_ADDR), dos claves secretas (clave de autenticación y clave de encriptación) y un generador de números aleatorios.

Primero, el dispositivo realiza la autenticación emitiendo un mensaje y el otro dispositivo tiene que enviar una respuesta a ese mensaje basado en el propio mensaje, su BD_ADDR y una clave de enlace compartida entre ellos.

Después de la autenticación, la encriptación puede utilizarse para comunicar.

2.3.2.6 Aplicaciones

Las posibilidades son casi ilimitadas, a continuación enumeramos algunas de las aplicaciones actuales:

- Eliminación de la necesidad de conexiones por cable entre los productos y accesorios electrónicos.
- Intercambio de archivos, tarjetas de visita, citas del calendario, etc. entre usuarios de Bluetooth.
- Sincronización y transferencia de archivos entre dispositivos.
- Conexión a determinados contenidos en áreas públicas.
- Como mandos a distancia funcionan como llave, entradas y monederos electrónicos.

2.3.2.7 La tecnología Bluetooth como resultado de productos

La tecnología inalámbrica Bluetooth es única en su amplitud de usos. Los acoplamientos se pueden establecer entre grupos de productos simultáneamente o entre productos individuales con Internet.

Esta flexibilidad, además de que los productos con tecnología Bluetooth tienen que ser calificados y pasar pruebas de interoperabilidad por el Bluetooth Special Interest Group antes de su lanzamiento, ha hecho que una amplia gama de segmentos de mercado soporte esta tecnología, incluyendo técnicos de software, vendedores de silicio, fabricantes de periféricos y cámaras fotográficas, fabricantes de PCs móviles y técnicos de dispositivos de mano, y fabricantes de equipos de pruebas y medidas.

2.3.2.8 Bluetooth contra Wi-Fi

Bluetooth y Wi-Fi cubren necesidades distintas en los entornos domésticos actuales: desde la creación de redes y las labores de impresión a la transferencia de ficheros entre PDA y ordenadores personales. Ambas tecnologías operan en las bandas de frecuencia no reguladas (banda ISM).

2.3.2.8.1 Diferencias entre Wi-Fi y la tecnología de radio Bluetooth

Las tecnologías inalámbricas Bluetooth y Wi-Fi son tecnologías complementarias.

La tecnología Bluetooth se diseña para sustituir los cables entre los teléfonos móviles, ordenadores portátiles, y otros dispositivos informáticos y de comunicación dentro de un radio de 10 metros.

Un router típico con Wi-Fi puede tener un radio de alcance de 45 m en interiores y 90 m al aire libre.

Se espera que ambas tecnologías coexistan: que la tecnología Bluetooth sea utilizada como un reemplazo del cable para dispositivos tales como PDAs, teléfonos móviles, cámaras fotográficas, altavoces, auriculares etc. Y que la tecnología Wi-Wi-Fi sea utilizada para el acceso Ethernet inalámbrico de alta velocidad.

2.3.2.9 Aplicaciones de la tecnología Bluetooth

Dentro del campo de la tecnología su aplicación es inmediata ya que permite una comunicación: fácil, instantánea, en cualquier lugar y su costo es bajo.

Sin olvidar su impacto en la forma de realizar los procesos, al sustituir los medios convencionales y posibilitar nuevos negocios y aplicaciones.

Del mismo modo, su aplicación será amplia y fructífera en los Sectores Industriales de:

- Automoción, Aeronáutico, Naval, otros transportes.
- Bienes de equipo mecánico / eléctrico / Electrodomésticos.
- Computadoras, Equipos de oficina / hogar.
- Telecomunicaciones y Equipos electrónicos.
- Otros segmentos industriales

Finalmente, no podemos olvidar el espacio que empieza a ocupar en los Sectores de Servicios:

- Financieros.
- Contenidos / ocio.
- Administración y servicios públicos.
- Servicios privados a empresas.

2.3.2.10 Arquitectura hardware

El hardware que compone el dispositivo Bluetooth está compuesto por dos partes:

- **Un dispositivo de radio**, encargado de modular y transmitir la señal.
- **Un controlador digital**, compuesto por una CPU, por un procesador de señales digitales (DSP - Digital Signal Processor) llamado Link Controller (o controlador de Enlace) y de los interfaces con el dispositivo anfitrión.

El LC o Link Controller está encargado de hacer el procesamiento de la banda base y del manejo de los protocolos ARQ y FEC de capa física. Además, se encarga de las funciones de transferencia (tanto asíncrona como síncrona), codificación de Audio y cifrado de datos.

El CPU del dispositivo se encarga de atender las instrucciones relacionadas con Bluetooth del dispositivo anfitrión, para así simplificar su operación. Para ello, sobre el CPU corre un software denominado Link Manager que tiene la función de comunicarse con otros dispositivos por medio del protocolo LMP.

Entre las tareas realizadas por el LC y el Link Manager, destacan las siguientes:

- Envío y Recepción de Datos.
- Empaginamiento y Peticiones.
- Determinación de Conexiones.
- Autenticación.
- Negociación y determinación de tipos de enlace.
- Determinación del tipo de cuerpo de cada paquete.
- Ubicación del dispositivo en modo sniff o hold.

Conociendo las características de las tecnologías Zigbee y bluetooth, estudiaremos los dispositivos que forman parte de esta.

2.4 SENSORES

Los sensores son dispositivos formados por células sensibles que detectan variaciones en una magnitud física y las convierten en señales útiles para un sistema de medida o control. Son los elementos físicos que transmiten una señal al sistema cuando hay una variación de algún parámetro.

Es decir, son los “sentidos” de la residencia, a través de ellos se pueden “percibir” si la casa esta fría o caliente (tacto), si hay alguien en una habitación (vista), si hay humo en la casa (olfato), si se ha roto un cristal (oído), entre otros y actuar en consecuencia

2.4.1 Definición de Sensores

Un **sensor** es un aparato capaz de transformar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, en magnitudes eléctricas. Las variables de instrumentación dependen del tipo de sensor y pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, etc. Una magnitud eléctrica obtenida puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como un fototransistor), etc.

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable a **medir o a controlar**. Hay sensores que no solo sirven para medir la variable, sino también para convertirla mediante circuitos electrónicos en una señal estándar (4 a 20 mA, o 1 a 5VDC) para tener una relación lineal con los cambios de la variable censada dentro de un rango (span), para fines de control de dicha variable en un proceso.

Puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la

propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra.

Áreas de aplicación de los sensores: Industria automotriz, Industria aeroespacial, Medicina, Industria de manufactura, Robótica , etc.

Entre los más comúnmente utilizados se distinguen los siguientes:

- Termostato de ambiente, destinado a medir la temperatura de la estancia y permitir la modificación de parámetros de consigna por parte del usuario.
- Sensor de temperatura interior, destinado a medir únicamente la temperatura de la estancia.
- Sensor de temperatura exterior, destinado a optimizar el funcionamiento de la calefacción a través de una óptima regulación de su carga y/o funcionamiento.
- Sondas de temperatura para gestión de calefacción, necesarias para controlar de forma correcta distintos tipos de calefacción eléctrica (por ejemplo, sondas limitadoras para suelo radiante).
- Sonda de humedad, destinada a detectar posibles escapes de agua en cocinas, aseos, etc.
- Detector de fugas de gas, para la detección de posibles fugas de gas en cocina, etc.
- Detector de humo y/o fuego, para la detección de conatos de incendio.
- Detector de radiofrecuencia (RF) para detectar avisos de alerta médica emitidos por un emisor portátil de radiofrecuencia (de idéntico parecido a los mandos para apertura de puertas de garaje).
- Sensor de presencia, para detección de intrusiones no deseadas en la vivienda.
- Receptor de infrarrojos.
- Sensor de efecto Hall.

2.4.1.1 Características de un sensor

Entre las características técnicas de un sensor destacan las siguientes:

- Rango de medida: dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.
- Precisión: es el error de medida máximo esperado.
- Offset o desviación de cero: valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula. Si el rango de medida no llega a valores nulos de la variable de entrada, habitualmente se establece otro punto de referencia para definir el offset.
- Linealidad o correlación lineal.
- Sensibilidad de un sensor: relación entre la variación de la magnitud de salida y la variación de la magnitud de entrada.
- Resolución: mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.
- Rapidez de respuesta: puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir. Depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.
- Derivas: son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que influyen en la variable de salida. Por ejemplo, pueden ser condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento (oxidación, desgaste, etc.) del sensor.
- Repetitividad: error esperado al repetir varias veces la misma medida.

Además se estudiará las características de los transductores que son parte de los sensores los cuales se agrupan en dos grandes bloques:

- Características estáticas, que describen la actuación del sensor en régimen permanente o con cambios muy lentos de la variable a medir.
- Características dinámicas, que describen el comportamiento del sensor en régimen transitorio.

2.4.1.1.1 Características Estáticas

Rango de medida: el conjunto de valores que puede tomar la señal de entrada comprendidos entre el máximo y el mínimo detectados por el sensor con una tolerancia de error aceptable.

- **Resolución:** indica la capacidad del sensor para discernir entre valores muy próximos de la variable de entrada. Indica que variación de la señal de entrada produce una variación detectable en la señal de salida.
- **Precisión:** define la variación máxima entre la salida real obtenida y la salida teórica dada como patrón para el sensor.
- **Repetitibilidad:** Indica la máxima variación entre valores de salida obtenidos al medir varias veces la misma entrada con el mismo sensor y en idénticas condiciones ambientales.
- **Linealidad:** un transductor es lineal si existe una constante de proporcionalidad única que relaciona los incrementos de la señal de salida con los respectivos incrementos de la señal de entrada en todo el rango de medida.
- **Sensibilidad:** indica la mayor o menor variación de la señal de salida por unidad de la magnitud de entrada. Cuanto mayor sea la variación de la señal de salida producida por una variación en la señal de entrada, el sensor es más sensible.
- **Ruido:** cualquier perturbación aleatoria del propio sistema de medida que afecta la señal que se quiere medir.

2.4.1.1.2 Características Dinámicas

- **Velocidad de respuesta:** mide la capacidad del sensor para que la señal de salida siga sin retraso las variaciones de la señal de entrada.
- **Respuesta en frecuencia:** mide la capacidad del sensor para seguir las variaciones de la señal de entrada a medida que aumenta la frecuencia,

generalmente los sensores convencionales presentan una respuesta del tipo pasabajos.

- **Estabilidad:** indica la desviación en la salida del sensor con respecto al valor teórico dado, al variar parámetros exteriores distintos al que se quiere medir (condiciones ambientales, alimentación, etc.).

2.4.1.2 Sensores Analógicos de Distancia

2.4.1.2.1 Características

Dos principios de detección distintos

Unos modelos con detección por haz infrarrojo y otro con detección por ultrasonido para utilizar el más adecuado para cada aplicación.

Tres señales de salidas diferentes

- Señal analógica proporcional a la distancia
- Señal OUT para indicar la presencia de un objeto dentro de un intervalo de distancia programado.
- Señal ALARM para indicar detección defectuosa Compacto

Este avanzado método de evaluación está disponible en el modelo por ultrasonido para minimizar totalmente la posibilidad de errores.

2.4.1.2.2 Características Generales

Estos dispositivos permiten obtener una salida analógica por corriente (4 a 20 mA) la cual es proporcional (ultrasonido) e inversamente proporcional (infrarrojo) a la distancia a la cual se encuentra el objeto sensado.

Adicionalmente, dos salidas digitales (tipo ON-OFF), permiten conocer cuando un objeto entra en un intervalo de distancia cuyos límites se programan en el mismo

dispositivo y dar una señal de alarma cuando la intensidad del haz reflejado por el objeto es escasa o excesiva.

En caso de que fuese necesario que la señal analógica sea por tensión y no por corriente se debe agregar una resistencia calibrada (se provee en forma standard con cada sensor), en paralelo con la salida.

2.4.2 Tipos de sensores

En la siguiente tabla, se indican algunos tipos y ejemplos de sensores electrónicos.

Magnitud	Transductor	Característica
Posición lineal o angular	Potenciómetro	Analógica
	Encoder	Digital
Desplazamiento y deformación	Transformador diferencial de variación lineal	Analógica
	Galga extensiométrica	Analógica
	Magnetostrictivos	A/D
	Magnetorresistivos	Analógica
Velocidad lineal y angular	LVDT	Analógica
	Dinamo tacométrica	Analógica
	Encoder	Digital
	Detector inductivo	Digital
	Servo-inclinómetros	A/D
	RVDT	Analógica
Aceleración	Giróscopo	
	Acelerómetro	Analógico
Fuerza y par (deformación)	Servo-accelerómetros	
	Galga extensiométrica	Analógico
Presión	Triaxiales	A/D
	Membranas	Analógica
	Piezoeléctricos	Analógica
Caudal	Manómetros Digitales	Digital
	Turbina	Analógica
	Magnético	Analógica

Temperatura	Termopar	Analógica
	RTD	Analógica
	Termistor NTC	Analógica
	Termistor PTC	Analógica
	Bimetal	I/O
Sensores de presencia	Inductivos	I/O
	Capacitivos	I/O
	Ópticos	I/O y Analógica
Sensores táctiles	Matriz de contactos	I/O
	Piel artificial	Analógica
Visión artificial	Cámaras de video	Procesamiento digital
	Cámaras CCD o CMOS	Procesamiento digital
Sensor de proximidad	Sensor final de carrera	
	Sensor capacitivo	
	Sensor inductivo	
	Sensor fotoeléctrico	
Sensor acústico (presión sonora)	Micrófono	
Sensores de acidez	IsFET	
Sensor de luz	Fotodiodo	
	Fotorresistencia	
	Fototransistor	
	Célula fotoeléctrica	
Sensores captura de movimiento	Sensores inerciales	

Tabla 1.- Tipos de sensores

Para ver en detalle, a continuación se describen las características de cada uno.

TIPOS DE SENSORES:



Figura 6.- Tipos de sensores

2.4.2.1 SENSOR CREPUSCULAR



Figura 7.- Sensor Crepuscular

El sensor crepuscular mide la intensidad de luz ambiente y envía una señal cuando esta es inferior a una luminosidad patrón previamente marcada.

En un sensor crepuscular acotado por ejemplo a 50 lux, cuando la luminosidad baje de 50 (es decir si "es de noche") se cierra el circuito y nos envía una señal al sistema domótico al que lo tengamos conectado.

De la misma forma cuando la luminosidad supere los 50 luxes (es decir "si es de día") el circuito se abre y desactiva la señal.

2.4.2.1.1 CARACTERISTICAS

- Alimentación: 12v, 24v cc ó 230v ca normalmente
- Tipo de contacto: Relé NA/NC
- Regulación: 5-100 lux normalmente (>100 lux son sensores de luminosidad)
- Led indicador de contacto: cuando el contacto es NA ó NC
- Tiempo de retardo: 0s-10s-20s,... ≤ 1 normalmente

2.4.2.1.2 UTILIDADES

Útil para automatizar de forma natural la subida y bajada de persianas, activación del sistema automático de encendido de luces o como control para encendido de luces como condición previa (ej: la luz del garaje se enciende al abrir la puerta del garaje solo si es de noche), entre otros.

2.4.2.2 SENSOR DE PRESENCIA (PIR)



Figura 8.- Sensor de Presencia

El sensor de Presencia (PIR) - PASIVO INFRAROJO - reacciona sólo ante determinadas fuentes de energía tales como el cuerpo humano.

Estos captan la presencia detectando la diferencia entre el calor emitido por el cuerpo humano y el espacio alrededor.

Con objeto de lograr total confiabilidad, algunas marcas integran además, un filtro especial de luz que elimina toda posibilidad de falsas detecciones causadas por la luz visible (rayos solares), así como circuitos especiales que dan mayor inmunidad a ondas de radio frecuencia.

Cuando un sensor de Presencia se activa (ej: una persona pasa cerca de su radio de acción), se cierra el circuito y nos envía una señal al sistema domótico al que lo tengamos conectado.

2.4.2.2.1 CARACTERISTICAS

- Alimentación: 12v, 24v cc ó 230v ca normalmente
- Tipo de contacto: Relé NA/NC
- Radio de detección: normalmente de 8 a 12 m dependiendo de la altura de colocación.
- Angulo de detección: 90°, 180° y 360°.
- Led indicador de contacto: cuando el contacto es NA ó NC. Se ilumina en caso de detección (en algunos modelos es posible desconectarlo)
- Contador de pulsos: detección con 1 ó 2 pulsos, gracias a la polaridad alternante de la señal.
- Tiempo de retardo: de 2 a 3 segundos.
- Salida antisabotaje: contacto NC

2.4.2.2 UTILIDADES

Útil para tanto para la detección de intrusión (seguridad) como para el automatismo en luces (confort y ahorro energético). El ahorro energético que proporciona este tipo de instalaciones se hace palpable desde el primer momento.

2.4.2.3 CONTACTO MAGNÉTICO PERIMETRAL

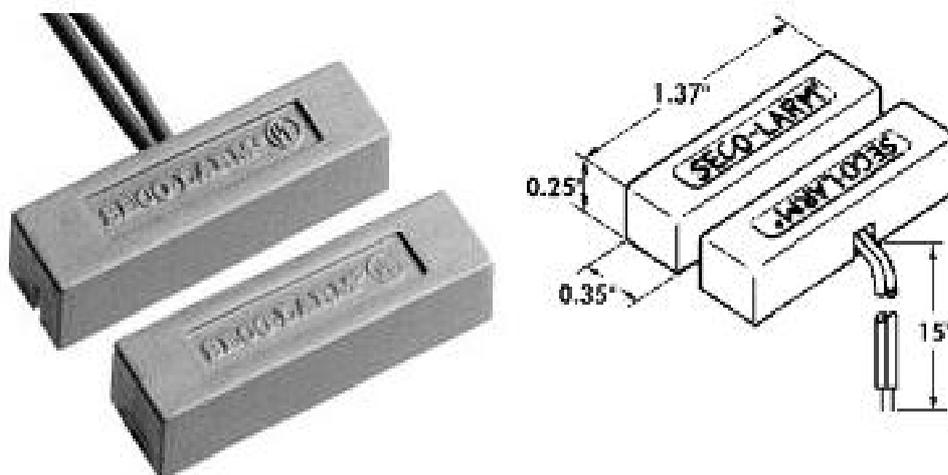


Figura 9. Contacto Magnético Perimetral

Los contactos magnéticos producen una señal (abren o cierran un circuito) cuando se alejan uno del otro, con lo que el campo magnético varía y envían la señal al circuito al que están conectados.

Cuando un contacto magnético se activa (ej: se abre una ventana), se abre el circuito y nos envía una señal al sistema domótico al que se tenga conectado.

2.4.2.3.1 CARACTERÍSTICAS

- Alimentación: no requiere alimentación
- Tipo de contacto: Relé NA/NC

2.4.2.3.2 UTILIDADES

Muy útil tanto para la detección de intrusión perimetral (seguridad independiente de los sensores PIR o complementaria a los mismos), control de climatización (desactivar una zona si la ventana / puerta esta abierta), como pre requisito anterior al conectar la alarma (que no haya ventanas/puertas abiertas).

El ahorro energético que nos proporciona este tipo de instalaciones sobretodo como apoyo al control de la climatización zonal.

2.4.2.4 SENSOR DE HUMO



Figura 10.- Sensor de Humo

Un Sensor de Humo, es un dispositivo que detecta la presencia de humo en el aire y emite una señal que se lleva al módulo de control domótico y mediante la programación adecuada se controla las salidas correspondientes: activar una señal acústica (sirena) avisando del peligro de incendio, emitir un aviso telefónico a una central de alarmas, poner en marcha el sistema de extinción, de manera aislada o combinada.

Según el método de detección que usan pueden ser de dos tipos: Ópticos o Iónicos, aunque algunos usen los dos mecanismos para aumentar su eficacia.

2.4.2.4.1 Ópticos:

Pueden ser de dos tipos, según detecten el humo por oscurecimiento o por dispersión del aire en un espacio:

- **De rayo infrarrojo:** compuestos por un dispositivo emisor y otro receptor. Cuando se oscurece el espacio entre ellos debido al humo sólo una fracción de la luz emitida alcanza al receptor provocando que la señal eléctrica producida por éste sea más débil y se active la alarma.
- **De tipo puntual,** en los que emisor y receptor se encuentran alojados en la misma cámara pero no se ven al formar sus ejes un ángulo mayor de 90° y estar separados por una pantalla, de manera que el rayo emitido no alcanza el receptor. Cuando entra humo en la cámara el haz de luz emitido se refracta y puede alcanzar al receptor, activándose la alarma.

2.4.2.4.2 Iónicos:

Este tipo de detector es más barato que el óptico y puede detectar partículas que son demasiado pequeñas para influir en la luz.

Está compuesto por una pequeña cantidad del isótopo radioactivo americio 241 que emite radiación alfa. La radiación pasa a través de una cámara abierta al aire en la que se encuentran dos electrodos, permitiendo una pequeña y constante corriente eléctrica. Si entra humo en esa cámara se reduce la ionización del aire y la corriente disminuye o incluso se interrumpe, con lo que se activa la alarma.

Se recomienda que haya un detector por cada habitación.

2.4.2.4.3 CARACTERISTICAS

- Alimentación: 8-16Vdc
- Corriente de alarma: 50mA

- Fuente luminosa: LED IR
- Salida de relé: NC - NA 24Vdc/1ª
- Temperatura ambiente: de 0°C - 50°C
- Corriente de reposo: 70µA

2.4.2.4.4 UTILIDADES

Es fundamental para el circuito de seguridad del hogar: robo, fugas de combustible, inundación e incendios.

La utilidad principal es la de aviso de incendio, la señal que emite cuando se activa puede ser tratada posteriormente por un sistema domotico que active una sirena, emita una aviso telefónico al particular y/o a una central de alarmas e incluso puede activar un sistema anti incendio (extintores automáticos o aspersores).

2.4.2.5 SENSOR DE INUNDACIÓN



Figura 11.- Sensor de Inundación

Un Sensor de Inundación, es un dispositivo que detecta las fugas de agua (por ejemplo un grifo mal cerrado en el baño), empleando para ello una sonda de nivel

(al detectar una variación del mismo) emite una señal que se lleva al módulo de control domótico y mediante la programación adecuada se tenga las salidas correspondientes: cortar el suministro de agua cerrando electroválvulas de paso de agua, enviar avisos de inundación mediante señal acústica (sirena) avisando del peligro de inundación y/o emitir un aviso telefónico a una central de alarmas, de manera aislada o combinada.

Los Sensores de Inundación están compuestos por dos elementos: la Sonda o elemento sensor y el Detector que analiza la señal procedente de la sonda y determina el estado de alarma (inundación) o reposo.

Algunos modelos disponen de indicadores luminosos independientes para los estados de funcionamiento y alarma, sonido interno para aviso en caso de alarma.

2.4.2.5.1 CARACTERISTICAS

- Alimentación: 12 V cc. / 230 V ca.
- Tipo de contacto: Relé NA/NC

2.4.2.5.2 UTILIDADES

Es un elemento mas del sistema de seguridad de la casa (junto al de incendios, intrusión y fugas de combustibles). Integrado en un sistema Domótico y usando como complementos: una válvula de corte de agua y una sirena, se puede actuar sobre la señal que envía cuando detecta inundación: cerrando el paso de la electroválvula (cortando el flujo de agua) y emitiendo avisos sonoros (sirena) para advertir del problema, además de enviar avisos telefónicos vía móvil o SMS al propietario y/o a una central de alarmas.

Luego de ver las características de los sensores y su utilización, a continuación se procederá a estudiar los actuadores.

2.5 ACTUADORES

Los actuadores son dispositivos electrónicos por medio de los cuales se modifican estados de sistemas como ser iluminación, climatización, persianas y motores entre otros.

Para cada tipo de carga existe un determinado tipo de actuador. Según se trate de un circuito de iluminación, de un motor o de una válvula, habrá que seleccionar el actuador correspondiente para el correcto funcionamiento del sistema.

Los actuadores vienen en distintos formatos según el tipo de montaje que se quiera realizar.

2.5.1 Definición de Actuadores

Un actuador es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide). Dependiendo de el origen de la fuerza el actuador se denomina “neumático”, “hidráulico” o “eléctrico”.

Se denominan actuadores a aquellos elementos que pueden provocar un efecto sobre un proceso automatizado.

Los actuadores son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa.

El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como son las válvulas.

Existen tres tipos de actuadores:

- Hidráulicos
 - Neumáticos
 - Eléctricos
-
- **Los actuadores hidráulicos**, neumáticos y eléctricos son usados para manejar aparatos mecatrónicos. Por lo general, los actuadores hidráulicos se emplean cuando que se necesita es potencia, los neumáticos, son simples posicionamientos. Sin embargo, los hidráulicos requieren mucho equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico. Por otro lado, las aplicaciones de los modelos neumáticos también son limitadas desde el punto de vista de precisión y mantenimiento.
 - **Los actuadores eléctricos** también son muy utilizados en los aparatos mecatrónicos, como por ejemplo, en los robots. Los servomotores CA sin escobillas se utilizaran en el futuro como actuadores de posicionamiento preciso debido a la demanda de funcionamiento sin tantas horas de mantenimiento.

2.5.1.1 Historia de los Actuadores

El actuador más común es el actuador manual o humano. Es decir, una persona mueve o actúa un dispositivo para promover su funcionamiento.

Con el tiempo, se hizo conveniente automatizar la actuación de dispositivos, por lo que diferentes dispositivos hicieron su aparición. Actualmente hay básicamente dos tipos de actuadores.

- Lineales
- Rotatorios

- **Los actuadores lineales** generan una fuerza en línea recta, tal como haría un pistón.
- **Los actuadores rotatorios** generan una fuerza rotatoria, como lo haría un motor eléctrico.

Tipos de actuadores:

- Neumáticos
- Eléctricos
- Hidráulicos

2.5.1.2 Funcionamiento

Es importante comprender el funcionamiento de los actuadores para su correcta aplicación.

2.5.1.2.1 Funcionamiento del actuador Rotatorio

El objetivo final del actuador rotatorio es generar un movimiento giratorio. El movimiento debe estar limitado a un ángulo máximo de rotación. Normalmente se habla de actuadores de cuarto de vuelta, o 90° ; fracción de vuelta para ángulos diferentes a 90° , por ejemplo 180° ; y de actuadores multivuelta, para válvulas lineales que poseen un eje de tornillo o que requieren de múltiples vueltas para ser actuados.

La variable básica a tomar en cuenta en un actuador rotatorio es el torque o par; también llamado momento. Y es expresado en lb-in, lb-pie, N-m, etc.

El actuador rotatorio dependiendo de su diseño, consta de las siguientes partes móviles básicas (Ver tabla 2)

	Actuador Neumático	Actuador Eléctrico	Actuador Hidráulico
Fuerza Generadora de Movimiento	Presión de aire	Energía Eléctrica	Presión Hidráulica
Elemento Motriz	Émbolo, Pistón o Veleta	Motor Eléctrico	Émbolo, Pistón o Veleta
Transmisión de Fuerza o Torque	Eje o Cremallera	Reductor	Eje
Conversión Mecánica	Yugo o Piñon	- No Hay -	Yugo o Piñon

Tabla 2.- Funcionamiento del actuador Rotatorio

2.5.2 Tipos de Actuadores

2.5.2.1 Actuador Rotatorio Neumático

Para hacer funcionar el actuador neumático, se conecta aire comprimido a uno de los lados del émbolo o veleta (en adelante, solo “émbolo”) generando una fuerza en sentido de la expansión del espacio entre el émbolo y la pared del cilindro o el cuerpo. (ver figura 11)

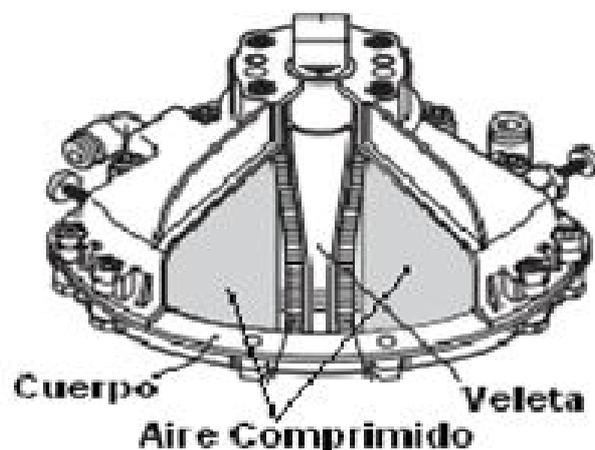


Figura 12.- Actuador Rotatorio Neumático

Mediante un dispositivo mecánico que puede ser el conjunto piñón y cremallera, yugo escocés, o una simple veleta, el movimiento se transforma en rotatorio.

Para mover el actuador en sentido contrario es necesario introducir aire comprimido en el lado opuesto del émbolo. El torque que genera el actuador es directamente proporcional a la presión del aire comprimido, pero dependiendo de su diseño puede ser variable de acuerdo a la posición actual del actuador. Es decir, supongamos que el movimiento del actuador rotatorio está definido en el rango de 0% a 100% de su movimiento. El torque de salida en 0% es en algunos casos diferente al torque de salida cuando está en la posición 50%. A mayor abundamiento, en realidad lo que se tiene es una curva de torques en función de la posición del actuador. No necesariamente, esta variabilidad de hecho es beneficiosa para la mayoría de las válvulas, ya que permite ajustar más el tamaño del actuador, pudiendo incluso bajar un modelo o dos al seleccionado originalmente.

Hoy existen 3 tipos de actuadores neumáticos

- Piñón y cremallera
- Yugo Escocés
- Veleta

A continuación se tiene una tabla de las principales características de ambos tipos de actuadores (Ver Tabla 3)

TIPO	RANGO DE MOVIMIENTO ^(*)	TIPO DE TORQUE	RANGO DE TORQUE
Piñón y Cremallera	0° a 90° (180° y 270°) ^(*)	Constante	Torques Bajos y Medios
Yugo Escocés	0° a 90°	Variable	Toques Medios y Altos
Veleta	0° a 90° (180° y 270°) ⁽²⁾	Constante	Torques bajos

Tabla 3.- Características de tipos de actuadores neumáticos

Nota (*1) Los rangos de movimiento de los actuadores son ajustables en rangos $\pm 1^\circ$ en cada lado hasta $\pm 5^\circ$ a cada lado o más

Nota (*2) También disponible en 180° y muy raramente en 270°

2.5.2.2 Actuador Hidráulico Rotatorio

Para hacer funcionar el actuador hidráulico, se conecta la presión hidráulica a uno de los lados del émbolo o veleta (en adelante, solo “émbolo”) generando una fuerza en sentido de la expansión del espacio entre el émbolo y la pared del cilindro o el cuerpo. Mediante un dispositivo mecánico que puede ser el conjunto piñón y cremallera, yugo escocés, o una simple veleta, el movimiento se transforma en rotatorio. Para mover el actuador en sentido contrario es necesario introducir aire comprimido en el lado opuesto del émbolo.

El torque que genera el actuador es directamente proporcional a la presión de aceite hidráulico, pero puede ser variable de acuerdo a la posición actual del actuador, si el actuador es de Yugo Escocés. (Ver figura 12)

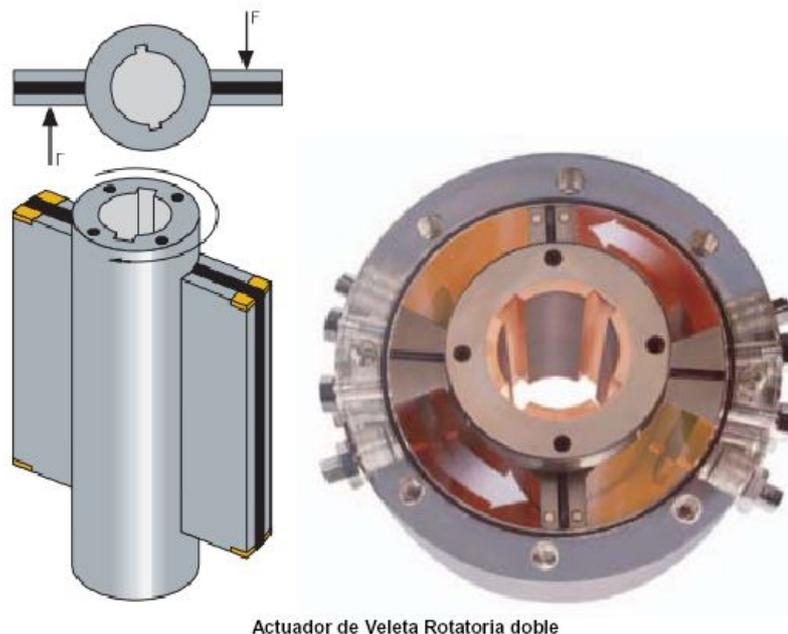


Figura 13.- Actuador Hidráulico Rotatorio

2.5.2.3 Actuador Rotatorio Eléctrico

Para hacer funcionar el actuador eléctrico, se debe energizar los bornes correspondientes para que el motor actúe en la dirección apropiada. Usualmente vienen con un controlador local o botonera que hace este proceso mas sencillo. Sin embargo para la automatización remota del actuador, se debe considerar el diagrama de cableado que viene con el actuador. Las conexiones deben considerar fuerza, señales de límites de carrera y torque, señales análogas o digitales de posición y torque, etc.

El torque generado por el motor eléctrico es aumentado por un reductor interno o externo para dar salida al torque final en el tiempo seleccionado. Esta es la razón por la que los actuadores eléctricos toman mas tiempo en recorrer la carrera que los neumáticos o hidráulicos.

A continuación se analizará la automatización y control del sistema domótico.

2.6 Domótica

La domótica es la automatización y control centralizado y/o remoto de aparatos y sistemas eléctricos y electrotécnicos en la vivienda. Los objetivos principales de la domótica es aumentar el confort, ahorrar energía y mejorar la seguridad.

Domótica se refiere a la automatización y control (encendido / apagado, apertura / cierre y regulación) de aparatos y sistemas de instalaciones eléctricas y electrotécnicos (iluminación, climatización, persianas y toldos, puertas y ventanas motorizados, el riego, etc.) de forma centralizada y/o remota.

El objetivo del uso de la domótica es el aumento del confort, el ahorro energético y la mejora de la seguridad personal y patrimonial en la vivienda.

2.6.1 Definición de Domótica

En Francia, muy amantes de adaptar términos propios a las nuevas disciplinas, se acuñó la palabra "Domotique", contracción de las palabras "domo" e "informatique". De hecho, la enciclopedia Larousse define el término domótica como: "el concepto de vivienda que integra todos los automatismos en materia de seguridad, gestión de la energía, comunicaciones, etc.". Es decir, el objetivo es asegurar al usuario de la vivienda un aumento del confort, de la seguridad, del ahorro energético y de las facilidades de comunicación.

Domótica es el término "científico" que se utiliza para denominar la parte de la tecnología (electrónica e informática), que integra el control y supervisión de los elementos existentes en un edificio de oficinas o en uno de viviendas o simplemente en cualquier hogar. También, un término muy familiar para todos es el de "edificio inteligente" que aunque viene a referirse a la misma cosa, normalmente tendemos a aplicarlo más al ámbito de los grandes bloques de oficinas, bancos, universidades y edificios industriales.

El uso de las TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) en la vivienda genera nuevas aplicaciones y tendencias basadas en la capacidad de proceso de información y en la integración y comunicación entre los equipos e instalaciones. Así concebida, una vivienda inteligente puede ofrecer una amplia gama de aplicaciones en áreas tales como:

- Seguridad
- Gestión de la energía
- Automatización de tareas domésticas
- Formación, cultura y entretenimiento
- Monitorización de salud
- Comunicación con servidores externos
- Ocio y entretenimiento
- Operación y mantenimiento de las instalaciones, etc.

La definición de vivienda domótica o inteligente presenta múltiples versiones y matices. También aquí son diversos los términos utilizados en distintas lenguas: "casa inteligente" (smart house), automatización de viviendas (home automation), domótica (domotique), sistemas domésticos (home systems), etc.

De una manera general, un sistema domótico dispondrá de una red de comunicación que permite la interconexión de una serie de equipos a fin de obtener información sobre el entorno doméstico y, basándose en ésta, realizar unas determinadas acciones sobre dicho entorno.

Los elementos de campo (detectores, sensores, captadores, actuadores, etc.), transmitirán las señales a una unidad central inteligente que tratará y elaborará la información recibida. En función de dicha información y de una determinada programación, la unidad central actuará sobre determinados circuitos de potencia relacionados con las señales recogidas por los elementos de campo correspondientes.

En este sentido, una vivienda domótica se puede definir como: "aquella vivienda en la que existen agrupaciones automatizadas de equipos, normalmente asociados por funciones, que disponen de la capacidad de comunicarse interactivamente entre sí de un bus doméstico multimedia que las integra".

2.6.2 Características de la vivienda inteligente

Se pueden determinar rasgos propios y comunes a los distintos sistemas de una vivienda inteligente que son los que la caracterizan como tal.

Estas características generales, junto con las consecuencias inmediatas emanadas de su uso, son las siguientes:

- **Control remoto desde dentro de la vivienda:** a través de un esquema de comunicación con los distintos equipos (mando a distancia, bus de comunicación, etc.). Reduce la necesidad de moverse dentro de la vivienda,

este hecho puede ser particularmente importante en el caso de personas de la tercera edad o discapacitadas.

- **Control remoto desde fuera de la vivienda:** presupone un cambio en los horarios en los que se realizan las tareas domésticas (por ejemplo: la posibilidad de que el usuario pueda activar la cocina desde el exterior de su vivienda, implica que previamente ha de preparar los alimentos) y como consecuencia permite al usuario un mejor aprovechamiento de su tiempo.
- **Programabilidad:** el hecho de que los sistemas de la vivienda se pueden programar ya sea para que realicen ciertas funciones con sólo tocar un botón o que las lleven a cabo en función de otras condiciones del entorno (hora, temperatura interior o exterior, etc.) produce un aumento del confort y un ahorro de tiempo.
- **Acceso a servicios externos:** servicios de acceso a Internet, telecompra, etc. Para ciertos colectivos estos servicios pueden ser de gran utilidad (por ejemplo, unidades familiares donde ambos cónyuges trabajan) ya que producen un ahorro de tiempo.

2.6.2.1 Gestión de la Domótica

La domótica se encarga de gestionar principalmente los siguientes cuatro aspectos del hogar:

Energía eléctrica: En este campo, la domótica se encarga de gestionar el consumo de energía, mediante temporizadores, relojes programadores, termostatos, etc. También se aprovecha de la tarifa nocturna, mediante acumuladores de carga.

Confort: La domótica proporciona una serie de comodidades, como pueden ser el control automático de los servicios de: Calefacción, Agua caliente, Refrigeración, Iluminación y la gestión de elementos como accesos, persianas, toldos, ventanas, riego automático, etc.

Seguridad: La seguridad que proporciona un sistema domótico es más amplia que la que nos puede proporcionar cualquier otro sistema, pues integra tres campos de la seguridad que normalmente están controlados por sistemas distintos:

- Seguridad de los bienes: Gestión del control de acceso y control de presencia, así como la simulación de presencia. Alarmas ante intrusiones.
- Seguridad de las personas: Especialmente, para las personas mayores y los enfermos. Mediante el nodo telefónico, se puede tener acceso (mediante un pulsador radiofrecuencia que se lleve encima, por ejemplo) a los servicios de ambulancias, policía, etc.
- Incidentes y averías: Mediante sensores, se pueden detectar los incendios y las fugas de gas y agua, y, mediante el nodo telefónico, desviar la alarma hacia los bomberos, por ejemplo.

Comunicaciones: Este aspecto es imprescindible para acceder a multitud de servicios ofrecidos por los operadores de telecomunicaciones. La domótica tiene una característica fundamental, que es la integración de sistemas, por eso hay nodos (pasarela residencial) que interconectan la red domótica con diferentes dispositivos, como Internet, la red telefónica, etc.

2.6.2.2 Los Dispositivos

La amplitud de una solución de domótica puede variar desde un único dispositivo, que realiza una sola acción, hasta amplios sistemas que controlan prácticamente todas las instalaciones dentro de la vivienda. Los distintos dispositivos de los sistemas de domótica se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- **Controlador:** Los controladores son los dispositivos que gestionan el sistema según la programación y la información que reciben. Puede haber un controlador solo, o varios distribuidos por el sistema.

- **Actuador:** El actuador es un dispositivo capaz de ejecutar y/o recibir una orden del controlador y realizar una acción sobre un aparato o sistema (encendido/apagado, subida/bajada, apertura/cierre, etc.).
- **Sensor:** El sensor es el dispositivo que monitoriza el entorno captando información que transmite al sistema (sensores de agua, gas, humo, temperatura, viento, humedad, lluvia, iluminación, etc.).
- **Bus:** Es bus es el medio de transmisión que transporta la información entre los distintos dispositivos por un cableado propio, por la redes de otros sistemas (red eléctrica, red telefónica, red de datos) o de forma inalámbrica.
- **Interface:** Los interfaces refiere a los dispositivos (pantallas, móvil, Internet, conectores) y los formatos (binario, audio) en que se muestra la información del sistema para los usuarios (u otros sistemas) y donde los mismos pueden interactuar con el sistema.

Es preciso destacar que todos los dispositivos del sistema de domótica no tienen que estar físicamente separados, sino varias funcionalidades pueden estar combinadas en un equipo. Por ejemplo un equipo de Central de Domótica puede ser compuesto por un controlador, actuadores, sensores y varios interfaces.

2.6.2.3 Sistemas de Domótica

El sistema de domótica actúan sobre, e interactúan con, los aparatos y sistemas eléctricos de la vivienda según:

- El programa y su configuración
- La información recogida por los sensores del sistema
- La información proporcionado por otros sistemas interconectados
- La interacción directa por parte de los usuarios.

2.6.2.4 La Arquitectura

La Arquitectura de los sistemas de domótica hace referencia a la estructura de su red. La clasificación se realiza en base de donde reside la “inteligencia” del sistema domótico. Las principales arquitecturas son:

- **Arquitectura Centralizada:** En un sistema de domótica de arquitectura centralizada, un controlador centralizado, envía la información a los actuadores e interfaces según el programa, la configuración y la información que recibe de los sensores, sistemas interconectados y usuarios.
- **Arquitectura Descentralizada:** En un sistema de domótica de Arquitectura Descentralizada, hay varios controladores, interconectados por un bus, que envía información entre ellos y a los actuadores e interfaces conectados a los controladores, según el programa, la configuración y la información que recibe de los sensores, sistemas interconectados y usuarios.
- **Arquitectura Distribuida:** En un sistema de domótica de arquitectura distribuida, cada sensor y actuador es también un controlador capaz de actuar y enviar información al sistema según el programa, la configuración, la información que capta por si mismo y la que recibe de los otros dispositivos del sistema.
- **Arquitectura Híbrida / Mixta:** En un sistema de domótica de arquitectura híbrida (también denominado arquitectura mixta) se combinan las arquitecturas de los sistemas centralizadas, descentralizadas y distribuidas. A la vez que puede disponer de un controlador central o varios controladores descentralizados, los dispositivos de interfaces, sensores y actuadores pueden también ser controladores (como en un sistema “distribuido”) y procesar la información según el programa, la configuración, la información que capta por si mismo, y tanto actuar como enviarla a otros dispositivos de la red, sin que necesariamente pasa por otro controlador.

2.6.2.5 Medios de Transmisión

Los principales medios de transmisión son:

- **Cableado Propio:** La transmisión por un cableado propio es el medio más común para los sistemas de domótica, principalmente son del tipo: par apantallado, par trenzado (1 a 4 pares), coaxial o fibra óptica.
- **Cableado Compartido:** Varias soluciones utilizan cables compartidos y/o redes existentes para la transmisión de su información, por ejemplo la red eléctrica (corrientes portadoras), la red telefónica o la red de datos.
- **Inalámbrica:** Muchos sistemas de domótica utilizan soluciones de transmisión inalámbrica entre los distintos dispositivos, principalmente tecnologías de radiofrecuencia o infrarrojo.

2.6.2.6 Los Protocolos de Domótica

Los protocolos de comunicación son los procedimientos utilizados por los sistemas de domótica para la comunicación entre todos los dispositivos con la capacidad de “controlador”.

Existen una gran variedad de protocolos, algunos específicamente desarrollados para la domótica y otros protocolos con su origen en otros sectores, pero adaptados para los sistemas de domótica.

Los protocolos pueden ser del tipo estándar abierto (uso libre para todos), estándar bajo licencia (abierto para todos bajo licencia) o propietario (uso exclusivo del fabricante o los fabricantes propietarios).

2.6.2.7 Elección de Sistema de Domótica

Para una elección de sistema de domótica adecuada (para una vivienda o una promoción de varias viviendas con zonas comunes, etc.) es preciso tener en cuenta los siguientes aspectos:

- **Tipología y Tamaño:** La tipología del proyecto arquitectónico (apartamento, adosado, vivienda unifamiliar), y su tamaño.
- **Nueva o Construida:** Si la vivienda no se ha construido todavía hay prácticamente libertad total para incorporar cualquier sistema, pero si la vivienda esta ya construida, hay que tener en cuenta la obra civil que conllevan los distintos sistemas.
- **Las Funcionalidades:** Las funcionalidades necesarias de un sistema de domótica suele basarse en la estructura familiar (o la composición de los habitantes) y sus hábitos y si el uso es para primera vivienda, segunda vivienda o vivienda para alquiler, etc.
- **La Integración:** Además de los aparatos y sistemas que se controla directamente con el sistema de domótica hay que definir con que otros sistemas del hogar digital que se quiere interactuar.
- **Los Interfaces:** Hay una gran variedad de interfaces, como pulsadores, pantallas táctiles, voz, presencia, móvil, Web, etc. para elegir e implementar. Los distintos sistemas disponen de distintos interfaces. .
- **El Presupuesto:** El coste varía mucho entre los distintos sistemas, y hay que equilibrar el presupuesto con los otros factores que se desea cumplir.
- **Reconfiguración y Mantenimiento:** Hay que tener en cuenta con que facilidad se puede reconfigurar el sistema por parte del usuario y por otro

lado los servicios de mantenimiento y post venta que ofrecen los fabricantes y los integradores de sistemas

2.6.2.8 La casa domótica.

La domótica es un concepto que se refiere a la integración de las distintas tecnologías en el hogar mediante el uso simultáneo de la electricidad, la electrónica, la informática y las telecomunicaciones. Su fin es mejorar la seguridad, el confort, la flexibilidad, las comunicaciones, el ahorro energético, facilitar el control integral de los sistemas para los usuarios y ofrecer nuevos servicios.

Algunos de las áreas principales de la domótica son:

- Automatización y Control - incluye el control (abrir / cerrar, on / off y regulación) de la iluminación, climatización, persianas y toldos, puertas y ventanas, cerraduras, riego, electrodomésticos, suministro de agua y gas etc.
- Seguridad - incluye alarmas de intrusión, alarmas personales y alarmas técnicas (incendio, humo, agua, gas, fallo de suministro eléctrico).
- Telecomunicaciones - incluye transmisión de voz y datos con redes locales (LAN) para compartir acceso de alta velocidad a Internet, recursos y el intercambio entre todos los equipos. Además permite disfrutar de nuevos servicios como Telefonía sobre IP y Televisión digital.
- Audio y video - incluye la distribución de imágenes de video capturadas con cámaras dentro y fuera de la casa a toda la casa y a través de Internet. Otra parte de audio / video trata del entretenimiento como el multi-room y el "Cine En Casa".

- Con la integración de las específicas funcionalidades de estos sistemas se puede crear servicios de "valor añadido", como por ejemplo:
- Automatización de eventos (apagar y encender iluminación exterior, riego, regular temperaturas etc.)
- Escenarios tipo "Me voy de Casa" que con pulsar un botón podemos bajar todas las persianas, apagar toda la iluminación, armar la casa, bajar la temperatura; "Cine en Casa" que con un simple presión de un botón bajar las persianas del salón, bajar la luz a 25%, armar la planta baja, y encender el amplificador, el proyector y bajar la pantalla motorizada. "Cena" que regula la iluminación del salón y comedor, pone la música al fondo y enciende la iluminación de la terraza.
- Avisos por teléfono, sms o email de la llegada o salida de terceros a la vivienda (hijos, asistenta, etc.) o por el contrario, la ausencia de actividad si se queda alguien en la vivienda (niños, ancianos, etc) en un determinado intervalo de tiempo.

2.6.2.9 EJEMPLO

La casa domótica

Una vivienda en un edificio de 12 plantas. Como todavía no está acabada, se a hablado con el constructor para que se instale las canalizaciones y los cables que nos permitan automatizar distintas funciones que hará la vida más comfortable.

El segundo piso tiene una única planta con dos dormitorios, un salón (con salida a una estupenda terraza en la que se tiene un jardín), una cocina y un cuarto de baño. Todas las habitaciones son exteriores.

Entre otras cosas, se podría automatizar los siguientes sistemas:

- **Control de iluminación.** Encendido de las luces si hay alguien en casa y además es de noche.
- **Control de electrodomésticos** (Gestión de algunos enchufes de la red). **Encendido/apagado** de la lavadora, horno, lámpara del salón, etc.
- **Calefacción.** Control del encendido de la caldera.
- **Simulación de presencia.** Es un medio eficaz para evitar robos y otras agresiones a la propiedad privada. Se utilizarán varias luces y persianas.
- **Control de apertura** y cierre de persianas.
- **Automatización** del toldo de la terraza.
- **Riego** del jardín de la terraza.

Dentro de las distintas soluciones que se proponen para automatizar las viviendas, está el uso de autómatas programables. (Ver figura 13)



Figura 14.- Autómatas programables

2.6.9.1 El proceso - La casa domótica

Se procede a realizar el plano de vivienda, indicando los tabiques, ventanas, persianas, puertas, terraza, toldo, plantas del jardín, caldera, horno, lavadora, lámpara del salón. (Ver Figura 14)

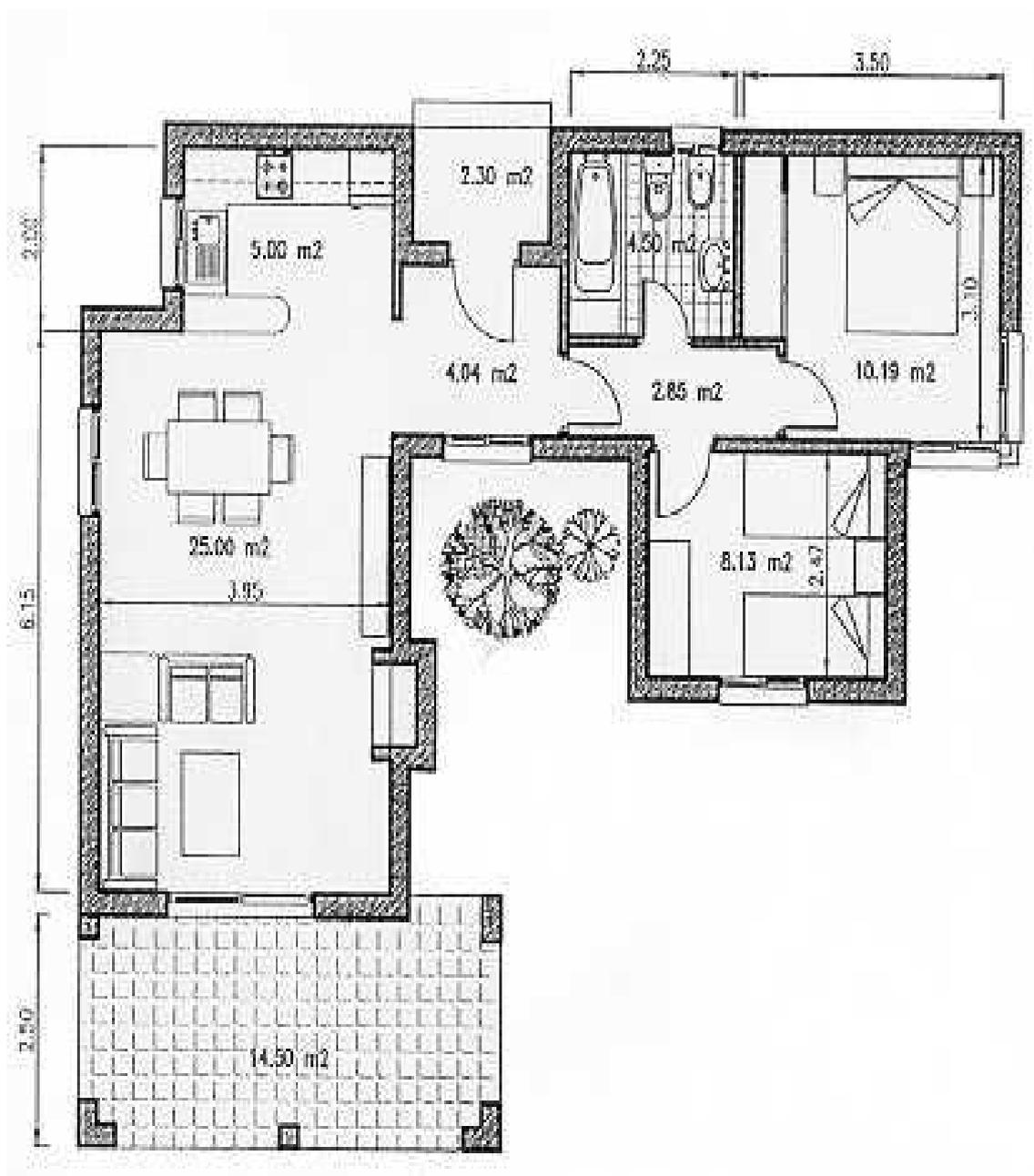


Figura 15.- Plano de vivienda

El lugar más idóneo donde colocar el autómata que gobernará la vivienda, es un armario.

Se crea una tabla con todos los elementos que van a ser controlados, al lado se pondrá los sensores que condicionan su funcionamiento y sus símbolos.

Se elegirá los símbolos de acuerdo al diagrama siguiente. (Ver figura 16)

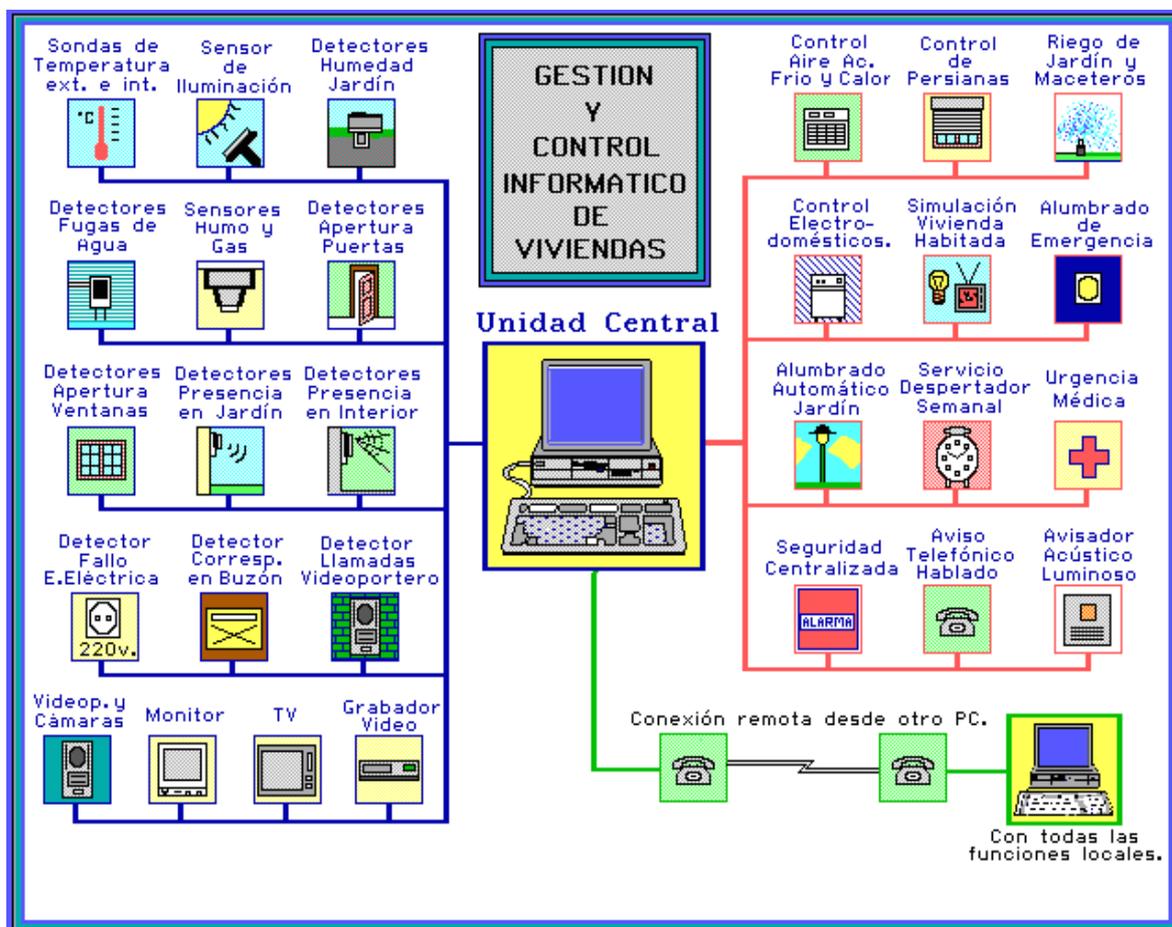


Figura 16.- Cuadro de símbolos y funcionamiento

Las canalizaciones, se realiza mediante líneas coloreadas. Cada sistema estará representado por un color distinto. Identificamos con un número y con una tabla explicativa. (Ver tabla 4)

Color	Elemento de control	Grosor tubo/ tipo de cable
Rojo	Alimentación de motores de las persianas	16 mm / 1.5 mm ² x 3 hilos
Azul	Control de los motores	16 mm / 1.5 mm ² x 3 hilos

Tabla 4.- Cuadro de identificación

2.7 Estándares de redes inalámbricas

Puede que parezcan una serie de números y letras sin sentido, pero en realidad significan todo cuando se trata de tecnologías de redes inalámbricas. El estándar que se elija tendrá un gran impacto en la velocidad, alcance, capacidad y costo de su red inalámbrica. (ver tabla 5)

Estándar Inalámbrico	802.11g	Banda Dual	802.11n (sin ratificar aún)	Bluetooth
Velocidad de clasificación (Mbps)	54 (hasta 150 con versiones avanzadas "g")	54	540	1
Alcance interno (pies)	Hasta 150 (hasta 450 con versiones avanzadas "g")	Hasta 150	TBD	Hasta 30
Frecuencia	2.4GHz	2.4 y 5.0GHz	2.4 y 5.0GHz	2.4GHz
Compatible con:	802.11b	802.11b, g y a	802.11 b y g	Ninguno
Probabilidades de interferencia en la señal	Alta	Depende del entorno	TBD	Alta
Disponibilidad de puntos activos	Excelente	Excelente	TBD	Baja
Consumo de energía	Moderado	Alta	TBD	Baja
Precio	Moderado	Alta	Superior	Moderado

Usos ideales	- Uso de Internet en su hogar y en puntos activos (incluyendo los que utilizan 802.11b)	- Uso de la internet libre de interferencias en su hogar o puntos activos	- Uso de Internet libre de interferencias en su hogar	- Teclados y ratones inalámbricos
	- Transferencia de archivos pequeños y grandes en una red doméstica	- Transferencia de archivos pequeños y grandes en una red doméstica	- Transferencia de videos de alta resolución y de otros archivos grandes en una red doméstica	- Conexiones inalámbricas del teléfono a los auriculares
	- Flujo ininterrumpido y descarga de música digital y archivos de video más pequeños	- Flujo ininterrumpido y descarga de música digital y archivos de video más pequeños	- Flujo ininterrumpido y descarga de música digital	- Intercambio de archivos de rango cercano entre computadoras portátiles y PDA
	- Instalación de una red inalámbrica en oficinas	- Instalación de una red inalámbrica en oficinas	- Instalación de una red inalámbrica es una oficina grande o en el ámbito de una empresa	- Acceso a Internet por medio de teléfonos celulares habilitado con Bluetooth

Tabla 5.- Estándares de redes inalámbricas

2.7.2.1 Cobertura y estándares de Redes Inalámbricas

Según su cobertura, se pueden clasificar en diferentes tipos:

En este tipo de red de cobertura personal, existen tecnologías basadas en:

- HomeRF (estándar para conectar todos los teléfonos móviles de la casa y los ordenadores mediante un aparato central);
- Bluetooth (protocolo que sigue la especificación IEEE 802.15.1);
- ZigBee (basado en la especificación IEEE 802.15.4 y utilizado en aplicaciones como la domótica, que requieren comunicaciones seguras con tasas bajas de transmisión de datos y maximización de la vida útil de sus baterías, bajo consumo); RFID (sistema remoto de almacenamiento y recuperación de datos con el propósito de transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio.

2.7.2.2 Características

Según el rango de frecuencias utilizado para transmitir, el medio de transmisión pueden ser las ondas de radio, las microondas terrestres o por satélite, y los infrarrojos, por ejemplo. Dependiendo del medio, la red inalámbrica tendrá unas características u otras:

- **Ondas de radio:** las ondas electromagnéticas son omnidireccionales, así que no son necesarias las antenas parabólicas. La transmisión no es sensible a las atenuaciones producidas por la lluvia ya que se opera en frecuencias no demasiado elevadas. En este rango se encuentran las bandas desde la ELF que va de 3 a 30Hz, hasta la banda UHF que va de

los 300 a los 3000 MHz, es decir, comprende el espectro radioeléctrico de 30 - 3000000 Hz.

- **Microondas terrestres:** se utilizan antenas parabólicas con un diámetro aproximado de unos tres metros. Tienen una cobertura de kilómetros, pero con el inconveniente de que el emisor y el receptor deben estar perfectamente alineados. Por eso, se acostumbran a utilizar en enlaces punto a punto en distancias cortas. En este caso, la atenuación producida por la lluvia es más importante ya que se opera a una frecuencia más elevada. Las microondas comprenden las frecuencias desde 1 hasta 300 GHz.
- **Microondas por satélite:** se hacen enlaces entre dos o más estaciones terrestres que se denominan estaciones base. El satélite recibe la señal (denominada señal ascendente) en una banda de frecuencia, la amplifica y la retransmite en otra banda (señal descendente). Cada satélite opera en unas bandas concretas. Las fronteras frecuenciales de las microondas, tanto terrestres como por satélite, con los infrarrojos y las ondas de radio de alta frecuencia se mezclan bastante, así que pueden haber interferencias con las comunicaciones en determinadas frecuencias.
- **Infrarrojos:** se enlazan transmisores y receptores que modulan la luz infrarroja no coherente. Deben estar alineados directamente o con una reflexión en una superficie. No pueden atravesar las paredes. Los infrarrojos van desde 300 GHz hasta 384THz.

2.7.2.3 Aplicaciones

Las bandas más importantes con aplicaciones inalámbricas, del rango de frecuencias que abarcan las ondas de radio, son la VLF (comunicaciones en navegación y submarinos), LF (radio AM de onda larga), MF (radio AM de onda media), HF (radio AM de onda corta), VHF (radio FM y TV), UHF (TV).

Mediante las microondas terrestres, existen diferentes aplicaciones basadas en protocolos como Bluetooth o ZigBee para interconectar ordenadores portátiles, PDAs, teléfonos u otros aparatos. También se utilizan las microondas para comunicaciones con radares (detección de velocidad u otras características de objetos remotos) y para la televisión digital terrestre.

Las microondas por satélite se usan para la difusión de televisión por satélite, transmisión telefónica a larga distancia y en redes privadas, por ejemplo.

Los infrarrojos tienen aplicaciones como la comunicación a corta distancia de los ordenadores con sus periféricos. También se utilizan para mandos a distancia, ya que así no interfieren con otras señales electromagnéticas, por ejemplo la señal de televisión. Uno de los estándares más usados en estas comunicaciones es el IrDA (Infrared Data Association). Otros usos que tienen los infrarrojos son técnicas como la termografía, la cual permite determinar la temperatura de objetos a distancia.

2.7.2.4 Seguridad

La naturaleza inherentemente del acceso inalámbrico, en comparación con el mundo cableado crea problemas de seguridad importantes, el principal de ellos, la autenticación de usuario y el cifrado de datos. Al emitir las señales a menudo viajan a las zonas públicas que se pueden acceder fácilmente. La inspección debe identificar el estado de la seguridad de todos los lugares considerados de acceso inalámbrico.

La solución de seguridad debe controlar el acceso a la red de diferentes formas para diferentes tipos de usuarios que pueden estar en el mismo lugar. Algunos usuarios, como los empleados, pueden tener derecho a un acceso total o amplio. Otros usuarios, como clientes o contratistas, sólo pueden tener derecho a un acceso más limitado. En una solución más sofisticada, un controlador de acceso se encuentra entre el punto de acceso y la red, que funciona como un portero o administrador, en el borde de la red. Con este dispositivo, por ejemplo, los empleados pueden tener acceso a los recursos corporativos, y los invitados sólo pueden tener acceso a Internet.

2.7.2.5 Ataques contra redes inalámbricas

Conexión no autorizada a la red inalámbrica.- Mediante una conexión no autorizada un intruso podría utilizar el ancho de banda de la organización para acceder a Internet, provocando una disminución del rendimiento en la red para sus usuarios legítimos.

Análisis de tráfico y sustracción de información confidencial.- Para llevar a cabo este tipo de ataques, los intrusos puede utilizar programas llamados "sniffers" para redes inalámbricas, programas especialmente diseñados para interceptar el tráfico transmitido vía radio en este tipo de redes. Entre los más conocidos se puede citar: NetStumbler, AiroPeek, Wireshark, Kismet, Ettercap y Dstumbler.

Estas herramientas se encargan de analizar las señales transmitidas por los Puntos de Acceso y los equipos con tarjetas inalámbricas y pueden ofrecer un lista completa de información sobre cada equipo detectado: identificador SSID de la red, indicando que protocolo se está usando, tipo de equipo, dirección MAC del equipo, canal de frecuencia que está utilizando, nivel de potencia de la señal entre otros.

Luego de haber analizado los estándares de red se revisará el modelo de referencia de interconexión de sistemas abiertos (Modelo OSI)

2.8 Modelo OSI

La comunicación de datos, es un proceso común y cotidiano, que en ocasiones, hasta para aquellas personas distanciadas del mundo de la computación caen en la necesidad de manejar y transmitir información.

Es evidente que para el progreso y desarrollo de la sociedad es necesaria la información: su divulgación y manejo.

Pero en ocasiones el manejo y la transmisión de los datos resulta distorsionada, por lo que los usuarios deben asegurarse que sus datos se entreguen y reciban de manera adecuada. Es necesario que los datos tengan un formato claro y eficiente, se debe verificar los servicios que involucra como los protocolos de traducción de formatos, códigos y sintaxis de los lenguajes entre una computadora emisora y una receptora.

Es aquí donde el Modelo de Referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos cobra la importancia que merece, al permitir que sistemas de cómputo disímiles se interconecten e interoperen, gracias a reglas preestablecidas que deben ir cumpliéndose nivel a nivel para su total desempeño logrando el concepto de InternetWorking.

2.8.1 Definición de Modelo OSI

El Modelo de Referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos, conocido mundialmente como Modelo OSI (Open System Interconnection), fue creado por la ISO (Organización Estandar Internacional) y en él pueden modelarse o referenciarse diversos dispositivos que reglamenta la ITU (Unión de Telecomunicación Internacional), con el fin de poner orden entre todos los sistemas y componentes requeridos en la transmisión de datos, además de simplificar la interrelación entre fabricantes. Así, todo dispositivo de cómputo y telecomunicaciones podrá ser referenciado al modelo y por ende concebido como parte de un sistema interdependiente con características muy precisas en cada nivel.

2.8.1.1 El Modelo OSI cuenta con 7 capas o niveles:

- Nivel de Aplicación
- Nivel de Presentación
- Nivel de Sesión
- Nivel de Transporte
- Nivel de Red

- Nivel de Enlace de Datos
- Nivel Físico

Zigbee trabaja en las siguientes capas del Modelo OSI:



Figura 17.- Modelo de Capas

Siguiendo el estándar del modelo de referencia OSI (Open Systems Interconnection), (Ver figura 17), aparece la estructura de la arquitectura en capas. Las primeras dos capas, la física y la de acceso al medio MAC, son definidas por el estándar IEEE 802.15.4. Las capas superiores son definidas por la Alianza ZigBee y corresponden a las capas de red y de aplicación las cuales contienen los perfiles del uso, ajustes de la seguridad y la mensajería.

Los cometidos principales de la capa de red son permitir el correcto uso del subnivel MAC y ofrecer un interfaz adecuado para su uso por parte del nivel inmediatamente superior. Sus capacidades, incluyendo el ruteo, son las típicas de un nivel de red clásico.

Por una parte, la entidad de datos crea y gestiona las unidades de datos del nivel de red a partir del payload del nivel de aplicación y realiza el ruteo en base a la topología de la red en la que el dispositivo se encuentra. Las funciones controlan la configuración de nuevos dispositivos y el establecimiento de nuevas redes; puede decidir si un dispositivo colindante pertenece a la red e identifica nuevos routers y vecinos.

El control puede detectar así mismo la presencia de receptores, lo que posibilita la comunicación directa y la sincronización a nivel MAC.

La trama general de operaciones (GOF) es una capa que existe entre la de aplicaciones y el resto de capas. La GOF suele cubrir varios elementos que son comunes a todos los dispositivos, como el subdireccionamiento, los modos de direccionamientos y la descripción de dispositivos, como el tipo de dispositivo, potencia, modos de dormir y coordinadores de cada uno.

Utilizando un modelo, la GOF especifica métodos, eventos, y formatos de datos que son utilizados para constituir comandos y las respuestas a los mismos.

La capa de aplicación es el más alto definido por la especificación y, por tanto, la interfaz efectiva entre el nodo ZigBee y sus usuarios.

En él se ubican la mayor parte de los componentes definidos por la especificación, tanto los objetos de dispositivo ZigBee (ZigBee device objects, ZDO) como sus procedimientos de control como los objetos de aplicación que se encuentran aquí.

CAPITULO III

ANÁLISIS Y ESTUDIO COMPARATIVO

En este capítulo, se utilizarán los conceptos dados en el marco teórico para tener un conocimiento más acertado en el tema de la tecnología Zigbee aplicado a la domótica, este capítulo permitirá conocer las principales características de cada una de las tecnologías a ser estudiadas.

3.1 Comparación entre Zigbee y Bluetooth

Comparando los dos estándares, Zigbee y Bluetooth están en la categoría **PAN**.

Tienen radios similares, pero no lo son en cuanto al consumo de energía. La diferencia entre los dos estándares está en su campo de aplicación; Bluetooth apunta a las aplicaciones de una transferencia media de datos y servicio ininterrumpido, como transferencia de ficheros y transmisión de sonido en telecomunicaciones.

ZigBee, apunta las aplicaciones de baja transferencia de datos y ciclos de servicio bajos.

Los dispositivos “end point” no transmiten o reciben tan frecuentemente en este tipo de aplicaciones, y permiten una duración de la pila excepcional.

Por ejemplo, si un sensor transmite una vez durante un minuto para informar sobre su estado y esto 10 veces al día, cuando hay un evento tal como abrir una puerta. En este caso con un dispositivo Bluetooth duraría 100 días y con un dispositivo ZigBee duraría de 8 a 9 años, sobrepasando el tiempo de caducidad de la batería. Evidentemente, ZigBee es una mejor opción para este tipo de aplicación controlada por eventos.

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.

Zigbee vs. Bluetooth		
Parámetros	ZigBee	Bluetooth
Interfaz aire	DSSS	FHSS
Rango	70m	10m
Vida de la batería	años	meses
Velocidad de datos	250Kbps	1Mbps
Dispositivos en la red	256	7
Modulación	OQPSK	GFSK

Tabla 6.- Cuadro comparación entre Zigbee vs. Bluetooth

3.1.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS ESTÁNDARES

3.1.1.1 Interfaz aire

Bluetooth emplea como interfaz aire al método FHSS el cual es más seguro que DSSS empleado por ZigBee, debido a que los saltos de frecuencia realizados por la señal son de manera aleatoria.

3.1.1.2 Vida de la batería

ZigBee al ser un estándar de bajo ciclo de trabajo emplea menos capacidad de voltaje y corriente que el Bluetooth

3.1.1.3 Dispositivo en la red

En ZigBee una red simple puede soportar hasta 256 dispositivos y una red extendida puede contener hasta 256 subredes. En tanto que Bluetooth soporta un máximo de 7 dispositivos por red y una red extendida puede soportar hasta 8 subredes.

En este punto ZigBee llega a ser totalmente superior a Bluetooth.

3.2. Comunicación y dispositivos de Seguridad

3.2.1 Comunicación y descubrimiento de dispositivos

Para que los dispositivos que forma una aplicación puedan comunicarse, deben utilizar un protocolo de aplicación compartido. Estas convenciones se agrupan en perfiles. Las decisiones de asociación se deciden en base a la coincidencia entre identificadores de clusters de entrada y salida, que son únicos en el contexto de un perfil dado y se asocian a un flujo de datos de entrada o salida en un dispositivo; las tablas de asociaciones mantienen los pares de identificadores fuente y destino.

En base a la información disponible, el descubrimiento de dispositivos puede adecuarse utilizando varios métodos distintos. Si se conoce la dirección de red, se pide la dirección IEEE utilizando unicast. Si no es así, se pide por broadcast, y la dirección IEEE forma parte de la respuesta. Los dispositivos hoja (end devices) responden con la dirección propia solicitada, mientras que routers y coordinadores envían también las direcciones de todos los dispositivos asociados a ellos.

Este protocolo extendido permite indagar acerca de dispositivos dentro de una red y sus servicios ofrecidos a nodos externos a la misma. Los endpoints pueden informar acerca de estos servicios cuando el protocolo de descubrimiento dirige mensajes a ellos. También pueden utilizarse servicios de emparejamiento oferta-demanda.

La asociación puede iniciar las comunicaciones:

- **El direccionamiento directo** utiliza la dirección de radio y el número de endpoint; por su parte, el indirecto necesita toda la información relevante (dirección, endpoint, cluster y atributo) y la envía al coordinador de la red, que mantiene esta información por él y traduce sus peticiones de comunicación.

- **El direccionamiento indirecto** es especialmente útil para favorecer el uso de dispositivos muy sencillos y minimizar el almacenamiento interno necesario.

Además de estos dos métodos, se puede hacer broadcast a todos los endpoints de un dispositivo, y direccionamiento de grupos para comunicarse con grupos de endpoints de uno o varios dispositivos distintos.

3.2.2 Modelos de comunicación

Una aplicación consiste en un conjunto de objetos que se comunican entre sí y cooperan para llevar a cabo un trabajo. El propósito de ZigBee es distribuir este trabajo entre muchos nodos distintos que se asocian formando una red (este trabajo será en general local a cada nodo en gran parte, como por ejemplo el control de cada electrodoméstico individual dentro de una vivienda).

El conjunto de objetos que conforma la red se comunica utilizando los servicios de APS, supervisado a su vez por las interfaces ZDO. El nivel de aplicación sigue un diseño clásico de servicios estructurados en tipos petición, confirmación, indicación y respuesta. Dentro de un dispositivo pueden haber hasta 240 objetos, con números entre 1 y 240. 0 se reserva para el interfaz de datos de ZDO y 255 para broadcast; el rango 241-254 se reserva para usos futuros.

Existen dos servicios utilizables por los objetos de aplicación:

- El servicio de pares clave-valor (key-value pair, KPV) se utiliza para realizar la configuración, definiendo, solicitando o modificando valores de atributos de objetos por medio de una interfaz simple basada en primitivas get/set, algunas de ellas con petición de respuesta.
- El servicio de mensajes está diseñado para ofrecer una aproximación general al tratamiento de información, sin necesidad de adaptar protocolos de aplicación y buscando evitar la sobrecarga que presenta KPV. Permite el envío de un payload arbitrario a través de tramas APS.

El direccionamiento es a su vez, parte del nivel de aplicación. Un nodo está formado por un transceptor de radio compatible con 802.15.4 y una o más descripciones de dispositivo. El transceptor es la base del direccionamiento, mientras que los dispositivos dentro de un nodo se identifican por medio de un endpoint numerado entre 1 y 240.

3.2.3 Servicios de seguridad

La seguridad de las transmisiones y de los datos son puntos clave en la tecnología ZigBee. ZigBee utiliza el modelo de seguridad de la subcapa MAC IEEE 802.15.4, la cual especifica 4 servicios de seguridad.

- **Control de accesos:** El dispositivo mantiene una lista de los dispositivos comprobados en la red.
- **Datos Encriptados:** Los cuales usan una encriptación con un código de 128 bits.
- **Integración de tramas:** Protegen los datos de ser modificados por otros.
- **Secuencias de refresco:** Comprueban que las tramas no han sido reemplazadas por otras. El controlador de red comprueba estas tramas de refresco y su valor, para ver si son las esperadas.

3.3.3.1 Modelo básico de seguridad

Las claves son la base de la arquitectura de seguridad y, como tal, su protección es fundamental para la integridad del sistema. Las claves nunca deben transportarse utilizando un canal inseguro, si bien existe una excepción momentánea que se da en la fase inicial de la unión de un dispositivo desconfigurado a una red.

La red ZigBee debe tener particular cuidado, pues una red ad hoc puede ser accesible físicamente a cualquier dispositivo externo y el entorno de trabajo no se puede conocer de antemano. Las aplicaciones que se ejecutan en concurrencia

utilizando el mismo transceptor deben, así mismo, confiar entre sí, ya que por motivos de costo no se asume la existencia de un cortafuego entre las distintas entidades del nivel de aplicación.

3.3.3.2 Arquitectura de seguridad

ZigBee utiliza claves de 128 bits en sus mecanismos de seguridad. Una clave puede asociarse a una red (utilizable por los niveles de ZigBee y el subnivel MAC) o a un enlace (en tal caso, adquirida por preinstalación, acuerdo o transporte). Las claves de enlace se establecen en base a una clave maestra que controla la correspondencia entre claves de enlace. Como mínimo la clave maestra inicial debe obtenerse por medios seguros (transporte o preinstalación), ya que la seguridad de toda la red depende de ella en última instancia. Los distintos servicios usarán variaciones unidireccionales (one-way) de la clave de enlace para evitar riesgos de seguridad.

La arquitectura de seguridad está distribuida entre los distintos niveles de la siguiente manera:

- El subnivel MAC puede llevar a cabo comunicaciones fiables de un solo salto. En general, utiliza el nivel de seguridad indicado por los niveles superiores.
- El nivel de red gestiona el ruteo, procesando los mensajes recibidos y pudiendo hacer broadcast de peticiones. Las tramas salientes usarán la clave de enlace correspondiente al ruteo realizado, si está disponible; en otro caso, se usará la clave de red.
- El nivel de aplicación ofrece servicios de establecimiento de claves al ZDO y las aplicaciones, y es responsable de la difusión de los cambios que se produzcan en sus dispositivos a la red. Estos cambios podrían estar provocados por los propios dispositivos (un cambio de estado sencillo) o en el centro de confianza, que puede ordenar la eliminación de un dispositivo de la red, por ejemplo. También encamina peticiones de los dispositivos al centro de seguridad y propaga a todos los dispositivos las renovaciones de

la clave de red realizadas por el centro. El ZDO mantiene las políticas de seguridad del dispositivo.

3.3.1 Funcionalidad de la tecnología Zigbee

- **Dispositivo de funcionalidad completa (FFD):** También conocidos como nodo activo. Es capaz de recibir mensajes en formato 802.15.4.

Gracias a la memoria adicional y a la capacidad de computar, puede funcionar como Coordinador o Router ZigBee, o puede ser usado en dispositivos de red que actúen de interface con los usuarios.

- **Dispositivo de funcionalidad reducida (RFD):** También conocido como nodo pasivo. Tiene capacidad y funcionalidad limitadas (especificada en el estándar) con el objetivo de conseguir un bajo costo y una gran simplicidad. Básicamente, son los sensores/actuadores de la red.
- **Un nodo ZigBee** (tanto activo como pasivo) reduce su consumo gracias a que puede permanecer inactivo la mayor parte del tiempo.

Cuando se requiere su uso, el nodo ZigBee es capaz de activar en un tiempo ínfimo, para volverse a desactivar cuando deje de ser requerido. Un nodo cualquiera se activa en aproximadamente 15 ms. Además de este tiempo, se muestran otras medidas de tiempo de funciones comunes:

- **Nueva enumeración de los nodos esclavo** (por parte del coordinador): aproximadamente 30 ms.
- **Acceso al canal entre un nodo activo y uno pasivo:** aproximadamente 15 ms.

3.4 Tabla Comparativa de tecnologías Wireless

Durante los últimos años, se ha tenido una gran expansión de dispositivos de control remoto en nuestra vida diaria. Hace unos años, los mandos de TV por infrarrojos eran los únicos dispositivos de control remoto en nuestros hogares.

Para interactuar remotamente con todos estos dispositivos, se necesita trabajar con un solo estándar para tenerlos todos bajo una misma red, específicamente en nuestro hogar. Uno de los protocolos más prometedores es ZigBee, basado en el estándar IEEE 802.15.4.

Con este se pretende que conozcan que es ZigBee, como funciona y por qué es uno de los futuros de la domótica a nivel mundial.

Pero hasta entonces, se han creado nuevas redes Wireless, como Wi-Fi, Bluetooth, y otras venideras WiMAX, USB inalámbrico, etc.

En la tabla 7 se representa una comparativa de las tres tecnologías más 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, y por otras razones.

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

Tabla 7.- Tabla comparativa de tecnología Wireless

3.4.1 Comparaciones de tecnologías

Si se compara gráficamente las tecnologías de comunicación inalámbrica se tiene:

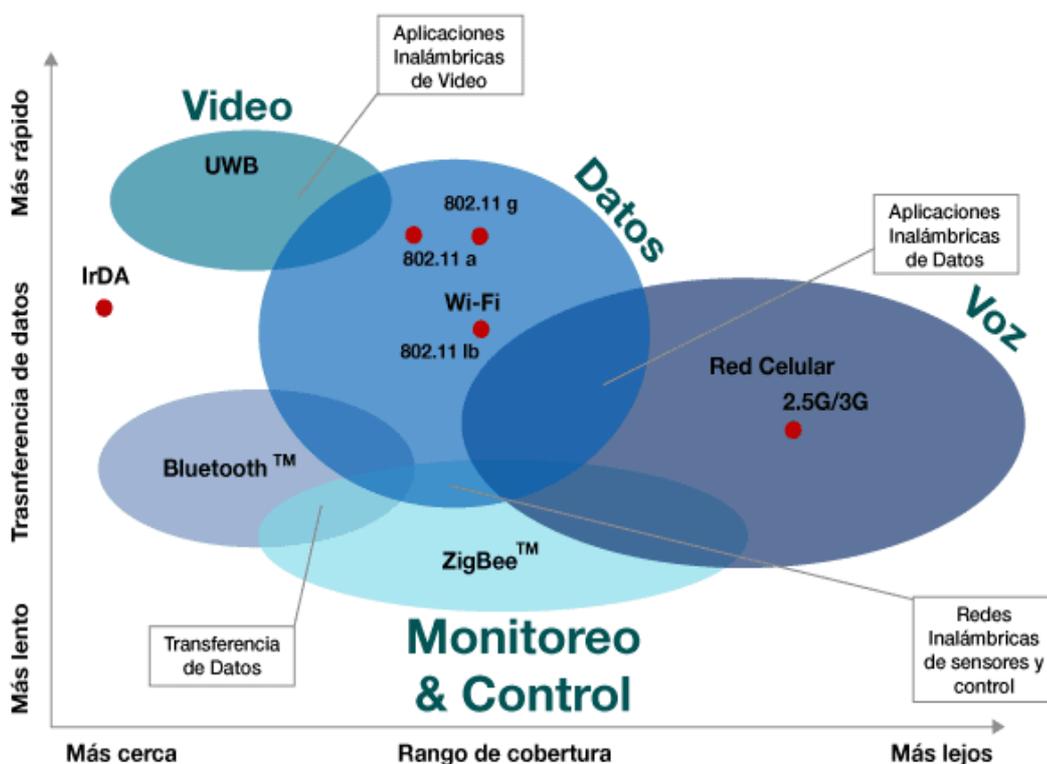


Figura 17.- Comparación de las tecnologías inalámbricas

3.4.2 Alternativas paralelas a Zigbee

Hay muchas alternativas inalámbricas asequibles a los diseñadores. Comparando ZigBee con algunos de los estándares más populares que comparten la banda de 2.4 GHz sin licencia. Los parámetros mostrados (Ver tabla 7), incluyen el estándar de la MAC, la máxima velocidad de transmisión, el consumo de corriente típica en transmisión y en "standby", los requisitos de memoria de programa para un dispositivo típico, aplicaciones y opciones de conexión de la red.

ZigBee (WPAN)	Bluetooth (WLAN/WPAN)	Wi-Fi (WLAN)
Estándar 802.15.4	Estándar 802.15.1	Estándar 802.11
250KBps	1MBps	Hasta 54MBps
Consumo Tx: 35mA	Consumo Tx: 40mA	Consumo Tx: > 400mA
Consumo (Stand By): 3µA	Consumo (Stand By): 200µA	Consumo (Stand By): 20mA
Memoria: 32-60KB	Memoria: Mayor de 100KB	Memoria: Mayor de 100KB
Aplicación: Iluminación, sensores, control, remoto, etc.	Telecomunicación, radio, etc	Internet, tec
Topologías: Malla, punto a punto o punto a multipunto.	Punto a multipunto	Punto a multipunto

Tabla 8.- Alternativas paralelas a Zigbee

3.4.2.1 Análisis Bluetooth

Es un popular sistema de comunicación inalámbrico basado en el estándar IEEE 802.15.1. Bluetooth trabaja a una velocidad de transmisión de datos de 1 Mbps. Se puede ver que Bluetooth y ZigBee tienen similares corrientes en transmisión, pero ZigBee tiene un recurso significativamente mejor, más baja corriente en "standby". Esto es debido a que los dispositivos en redes Bluetooth deben dar información a la red frecuentemente para mantener la sincronización, así que no pueden ir fácilmente en modo "Sleep".

3.4.2.2 Análisis Wi-Fi o WLAN

Es una red que requiere la actividad casi ininterrumpida de los dispositivos en la red. La ventaja de este estándar es la cantidad tremenda de datos que se pueden

transferir de un punto a multi-puntos, pero se puede ver que la corriente en transmisión es alta.

También se puede observar que de los tres estándares de radio, solamente ZigBee brinda la flexibilidad de la conexión de redes en malla. También se pueden ver los reducidos requisitos de memoria de programa de ZigBee. Las aplicaciones ZigBee son típicamente muy simples.

La potencia está en la conexión de redes y el hecho de que los dispositivos "end point" de ZigBee pueden "dormir" mientras que se mantienen asociados a la red. Uno de los puntos clave de esta tabla, es mostrar que los estándares inalámbricos están basados en lo que se llaman "modelos de uso" o "aplicaciones". Ningún estándar cubre todos los requerimientos de todos los "modelos de uso".

Los diseñadores deben escoger el estándar que cubre mejor sus requisitos de aplicación.

3.5 Comparación de las características técnicas de los estándares

CARACTERISTICAS	ZIGBEE	BLUETOOTH	WIFI IEEE 802.11 bg
Protocolo IEEE	802.15.4	802.15.1	802.11bg
Bandas de frecuencia	2,4 GHz - Mundial 868 MHz - Europa 915 MHz - EEUU	2,4 GHz	2,4 GHz
Tasa de Transferencia	250 Kbps (2,4GHz) 40 Kbps (915 MHz) 20 Kbps (868 MHz)	1 Mbps	11 Mbps
Número de Canales	16 (2,4 GHz) 10 (915 MHz) 1 (868 MHz)	79 canales de comunicación	entre 11 y 14 canales de comunicación
Tipos de Datos	Digital (texto)	Digital, Audio	Digital
Rango de Nodos Internos	10 m - 100 m	10 m - 100 m	100 m

Número de dispositivos	Entre 255 y 65535	8	32
Requisitos de alimentación	Muy baja - años de batería	Media - días de batería	Media - horas de batería
Arquitecturas	Estrella, Árbol, punto a punto, malla	Estrella	Estrella
Consumo de potencia	30 mA transmitiendo 3 mA en reposo	40 mA transmitiendo 0,2 mA en reposo	400 mA transmitiendo 20 mA en reposo
Tipo de Red por cobertura	LR - LP WPAN (Red inalámbrica de área personal con baja transferencia y bajo consumo).	WPAN (Red inalámbrica de área personal).	WLAN (Red inalámbrica de área local).
Tipo de modulación	QPSK (Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura).	GFSK (Modulación por desplazamiento de frecuencia gaussina).	DBPSK (modulación por desplazamiento diferencial de fase binario). DQPSK (modulación por desplazamiento diferencial de fase en cuadratura). OFDM (Múltiplexación por División de Frecuencias Ortogonales).
Método de transmisión	DSSS (Espectro ensanchado por secuencia directa)	FHSS (Espectro Ensanchado por salto de frecuencia)	DSSS (Espectro ensanchado por secuencia directa). FHSS (Espectro Ensanchado por salto de frecuencia)
Formas de acceso al canal	CSMA/CA (Acceso múltiple por detección de portadora con evasión de colisiones).	TDD (Duplex por división de tiempo)	FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia). TDMA (Acceso múltiple por División de tiempo)
Modos de Seguridad		WEP 64/128 bits (Privacidad Equivalente a Cableado).	WPA (Protección de acceso WI - FI). WEP 64/128 bits (Privacidad Equivalente a Cableado). Modos en AES (Encriptación estándar avanzada) TKIP (Protocolo de integración de llave temporal)

Tabla 9.- Comparación de las características técnicas de los estándares

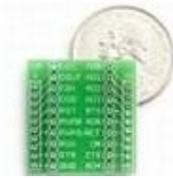
3.6 Penetración en el mercado

Zigbee aplicado en la domótica en el mercado de nuestro país, es un producto que por el momento no está al alcance de nuestra economía. Pero según investigaciones realizadas con personas que conocen de esta tecnología, se está ocupando en pocos edificios de un nivel socio económico medio alto y alto, ya que sus costos son todavía elevados, como Zigbee aplicado en la domótica solo hay proyectos y estudios.

Esta tecnología salió al mercado hace 2 años y se estima que de aquí a 5 años posiblemente ingrese a nuestro país a ser un mercado prometedor y que presente varios productos a un nivel económico alcanzable.

En nuestro país, existen empresas como Thunder electrical que es representante de Thunder Electrical USA, Cistelam empresa ecuatoriana que realiza estudios sobre este tema, quienes proveen de servicio y tecnología de productos de automatización (Domótica) residencial y comercial.

3.6.1 Costos de productos Zigbee en el mercado ecuatoriano

ELEMENTO	COSTO UNITARIO	GRAFICO
Xbee 1 mw Chip Antena	41,00	
Xbee 1 mw Wire Antena	39,00	
Xbee 2 mw Wire Antena	40,00	
Xbee Breakout 03L	38,00	
Xbee Pro 60mw Chip Antena	41,00	
Xbee Socket 10p	38,00	

²Tabla 10.- Costos de productos Zigbee

² APM (All Power Microcontroller) <http://www.apmmicro.com/>

CAPITULO IV

EVALUACIÓN

4.1 EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE ZIGBEE EN NUESTRO MEDIO

Para ver el impacto que tienen las tecnologías Zigbee, se procedió a realizar una encuestas en una población casi en su mayoría de instrucción superior lo que me servirá como guía para tener una idea clara sobre el impacto de las tecnologías Zigbee en el Ecuador, para establecer parámetros de conocimiento en el Ecuador.

Para determinar el impacto que ha tenido en la sociedad ecuatoriana, las tecnologías Zigbee, he tomado una población objetiva de 100 habitantes, que cumplan los requisitos básicos para dar una adecuada respuesta a la encuesta planteada.

El método que se va a utilizar es el de proporciones debido a que arroja resultados más confiables y el cual permitirá determinar con mayor precisión la muestra adecuada para cumplir con el objetivo.

4.1.1 DETERMINACION DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

La encuesta es una técnica de recolección de información, se fundamenta en un cuestionario o conjunto de preguntas que están preparadas con el propósito de obtener información de las personas.

El muestreo es una herramienta de la investigación científica. Su función básica es determinar que parte de una realidad en estudio (Población o universo) debe examinarse con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población.

Obtener una muestra adecuada significa lograr una versión simplificada de la población, que reproduzca de algún modo sus rasgos básicos.

Para calcular el tamaño de la muestra basándonos en la técnica de muestreo aleatorio simple, las fórmulas que se utilizarán para su determinación pueden variar de acuerdo a la población objetivo de la investigación, recurrimos a la siguiente clasificación:

- **Población finita**

Que es la población que si se puede contar o estudiar ya que su número de componentes es limitado. Para calcular su muestra tenemos la siguiente:

$$n = \frac{N Z^2 P_m Q_m}{Z^2 P_m Q_m + (N - 1) (E_p)^2}$$

Muestreo Proporcional

El muestreo proporcional es una técnica para seleccionar una muestra representativa de la población. Consiste en seleccionar proporcionalmente los elementos de la población que formarán la muestra.

N = Mercado Objetivo

Z = Nivel de Confianza de la Investigación (1.96)

Ep = Error muestral (0.05)

Pm = Probabilidad esperada (0.50)

Qm = Probabilidad no esperada (0.50)

Si suponemos que el tamaño de la población con la que se realizará la encuesta consta de 135 personas, entonces el tamaño de la muestra que se va a realizar será el siguiente:

$$N = 135$$

$$Z = 1.96$$

$$E_p = 0.05$$

$$P_m = 0.50$$

$$Q_m = 0.50$$

$$n = \frac{135 (1.96)^2 (0.50)(0.50)}{(1.96)^2 (0.50)(0.50) + (135 - 1)(0.05)^2}$$

$$n = \frac{129.654}{1.2954}$$

$$n = 100$$

Es fundamental que se conozca la forma correcta para determinar el tamaño de la muestra, ya que sin el número adecuado de individuos, podríamos obtener resultados ficticios.

Se tomo como método el muestreo aleatorio simple porque es:

- Sencillo y de fácil comprensión
- Cálculo rápido de medias y varianzas
- Se basa en la teoría estadística

Como resultado de este método se determinó que el muestreo se realizará a 100 personas.

A continuación, se muestra la plantilla para la realización de las encuestas y la tabulación de las mismas.

4. 2 RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

4.2.1 PROGRAMA PARA DETERMINAR EL IMPACTO DE LA TECNOLOGIA ZIGBEE APLICADO A LA DOMOTICA Y SU IMPACTO EN EL ECUADOR

CUESTIONARIO

Edad: _____

Sexo: M_____ F_____

Pregunta N° 1

¿Qué nivel de instrucción tiene?

Primaria Secundaria Superior

Pregunta N° 2

¿Conoce usted o ha escuchado el concepto de redes WPAN (Redes Inalámbricas)?

Si No

Pregunta N° 3

¿Conoce usted o ha escuchado el concepto de Domotica?

Si No

Pregunta N° 4

¿Conoce usted o ha escuchado sobre el Bluetooth como sistema inalámbrico?

Si No

Pregunta N° 5

¿Con que frecuencia usted utiliza el Bluetooth?

Diario Semanal Mensual Nunca

Pregunta N° 6

¿Conoce usted o ha escuchado el término ZigBee como red de comunicación?

Si No

Pregunta N° 7

¿A utilizado usted o conoce de dispositivos que utilicen ZigBee?

Si No

Gracias por su colaboración

4.2.2 ANÁLISIS DE RESULTADO DE LAS ENCUESTAS

Pregunta N° 1

PRIMARIA	SECUNDARIA	SUPERIOR
0%	23%	77%

Tabla 11.- Qué nivel de instrucción tiene



Gráfico 1.- Resultado de la pregunta N° 1 de la encuesta

Se puede observar que la mayoría de personas encuestadas poseen un nivel de educación superior y educación media.

Pregunta N° 2

SI	NO
63%	37%

Tabla 12.- ¿Conoce usted o ha escuchado el concepto de redes WPAN (Redes Inalámbricas)?

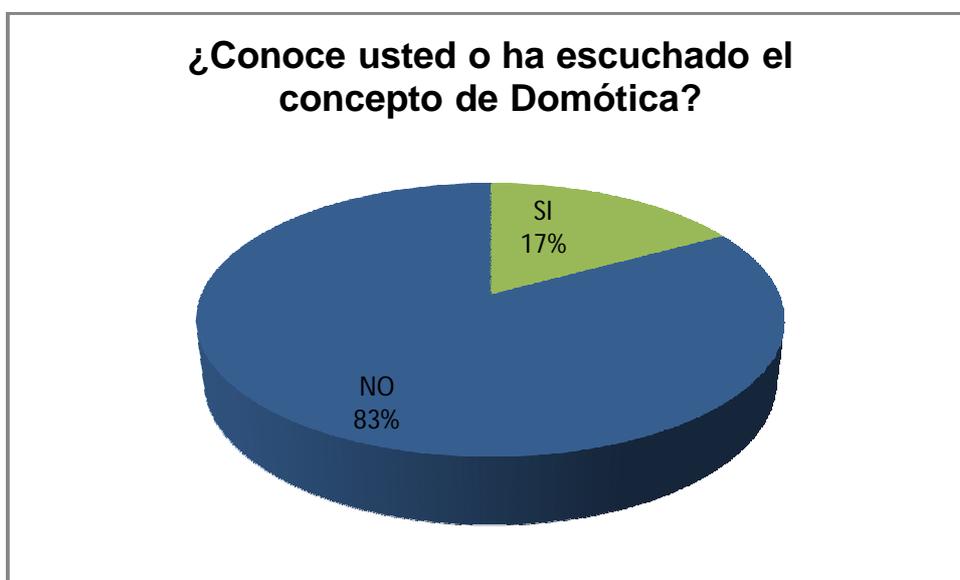


Gráfico 2.- Resultado de la pregunta N° 2 de la encuesta

La mayoría de los encuestados conocen, tienen el servicio y otras han escuchado y un porcentaje del 37% desconocen sobre las redes inalámbricas.

Pregunta N° 3

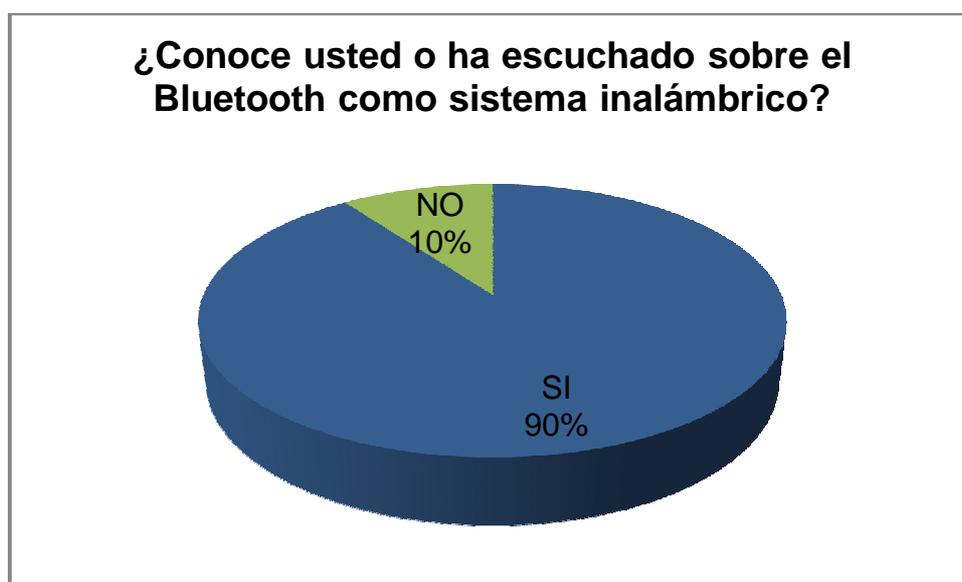
SI	NO
17%	83%

Tabla 13.- ¿Conoce usted o ha escuchado el concepto de Domótica?**Gráfico 3.- Resultado de la pregunta N° 3 de la encuesta**

El termino domótica a las personas encuestadas indican que en su mayoría no lo conocen.

Pregunta N° 4

SI	NO
90%	10%

Tabla 14.- ¿Conoce usted o ha escuchado sobre el Bluetooth como sistema inalámbrico?**Gráfico 4.- Resultado de la pregunta N° 4 de la encuesta**

De las personas encuestadas un 90% indican que conocen sobre esta tecnología.

Pregunta N° 5

DIARIO	SEMANTAL	MENSUAL	NUNCA
23%	23%	20%	34%

Tabla 15.- ¿Con qué frecuencia usted utiliza el Bluetooth?

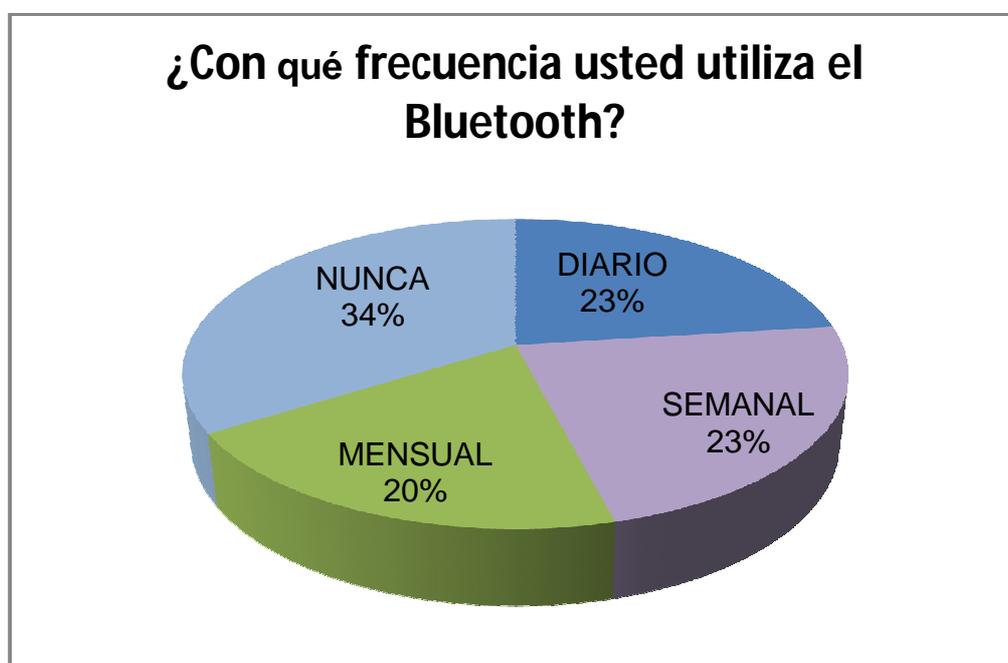


Gráfico 5.- Resultado de la pregunta N° 5 de la encuesta

El uso de la tecnología Bluetooth se encuentra en un 23% diario lo que muestra que la población encuestada va cada vez mas ligándose con la tecnología y en algunos casos lo encuentran sumamente necesario, y un 23% lo ocupa semanal otro 20% manifiesta que el uso es mensual y que en muchos casos es debido a la curiosidad que muestran los usuarios sobre sus teléfonos celulares, en un 34% ni siquiera conocen de la existencia de la tecnología y en muchos casos el termino es relacionado con otras cosas.

Pregunta N° 6

SI	NO
10%	90%

Tabla 16.- ¿Conoce usted o ha escuchado el término ZigBee como red de comunicación?**Gráfico 6.- Resultado de la pregunta N° 6 de la encuesta**

El termino Zigbee como red de comunicación los encuestados desconocen los términos de esta tecnología en un 90% y solo un 10% lo conocen o lo han escuchado

Pregunta N° 7

SI	NO
10%	90%

Tabla 17.- ¿Ha utilizado usted o conoce de dispositivos que utilicen ZigBee?**Gráfico 7.- Resultado de la pregunta N° 7 de la encuesta**

Al ver el resultado de la encuesta sobre los dispositivos que se utilizan en la red de comunicación Zigbee, se observa que de igual manera que la pregunta 6 tiene el mismo valor de desconocimiento.

Con estos datos he llegado a la conclusión que según la encuesta la mayoría tienen un nivel superior de educación pero no tienen el conocimiento y ni han oído sobre la nueva tecnología del Zigbee aplicado a la domótica.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Con el transcurso del tiempo, las tecnologías inalámbricas como ZigBee o Bluetooth aportarán con mayores aplicaciones para la entrega y recepción de datos, no solo en el campo de la Domótica, pues son estándares que pueden ser usados en un sin número de entornos y proyectos que ayuden al desarrollo de nuevos avances tecnológicos.
- Los Módulos ZigBee son muy versátiles, pues pueden ser utilizados en muchas aplicaciones en las cuales el uso de cables sea un impedimento para montar una red, además trabajan de manera excelente en aquellas situaciones en las que no se tengan flujos de información grandes, sino más bien se envíen o reciban datos muy puntuales cada cierto tiempo (como por ejemplo la medición de temperatura, información sobre si se tiene aún luz del día, etc.)
- Esta investigación, sirvió para comprobar que ZigBee es un estándar de comunicación inalámbrico válido para la Domótica, pues para un Hogar Estándar, se pueden cubrir todos los puntos distantes dentro de una misma red e incluso con un solo dispositivo remoto; el único condicionante sería el número de elementos que un solo prototipo logre controlar.
- Pese a que la tecnología ZigBee surge como una opción válida para una aplicación domótica, su factibilidad se pone en riesgo debido al costo de los equipos, principalmente porque éstos aún no se encuentran en el país y en la mayor parte de los casos, para desarrollar conectividad inalámbrica usando ZigBee es necesario importar los elementos requeridos.
- El correcto direccionamiento que se les dé a cada uno de los dispositivos pertenecientes a la Red ZigBee, evitará la pérdida de datos, pues si éstos

transmiten en el momento requerido y reciben de la misma forma, no existirá una posible colisión en el entorno RF que influya en una pérdida de información.

- Debido a que los Módulos emiten señales RF en una frecuencia ISM o de libre acceso (2.4 GHz), el uso de aparatos tales como teléfonos inalámbricos afectarán el desempeño del Sistema, pues se podrían presentar pérdidas de datos o interferencia de información.
- Uno de los beneficios tangibles que se puede obtener en esta investigación, es el hecho de que ZigBee mejora la comunicación entre dispositivos tomando en cuenta las distancias entre ellos (hasta 30 metros en indoor), pues si se comparan estas longitudes con respecto a Bluetooth, está claro que se pueden cubrir más habitaciones con menos dispositivos.
- Gracias a que no existen cables entre los dispositivos que se conectan entre sí, resultaría más fácil el montaje de la red dentro del hogar, pues no se deberían colocar materiales como canaletas y otros elementos que demoran el proceso de implementación y contribuyen a desmejorar el aspecto propio de la vivienda, pues saltan claramente a la vista; este es un factor que con la comunicación inalámbrica se puede evitar.
- Zigbee y Bluetooth son dos tecnologías diferentes orientadas a diferentes tipos de aplicaciones, lo que ratifica que estos dos sistemas serán estándares complementarios.

RECOMENDACIONES

- Si se va a tomar alguna decisión en cuanto a la manera como se van a conectar los elementos de un sistema (ya sea de forma serial, paralela, etc.), es importante realizar las pruebas necesarias con el fin de observar el comportamiento del diseño y determinar aquella que convenga más a los requerimientos.
- Perfeccionar y ampliar la red mediante ruteadores que mejoren el alcance del prototipo y permitan incrementar el número de posibles nodos dentro de la red, formando redes de topologías de mayor complejidad.
- Las antenas que poseen los módulos ZigBee deben permanecer completamente descubiertas y erguidas para obtener resultados favorables tanto en la transmisión como en la recepción, pues si éstas se encuentran dobladas o cubiertas con objetos extraños el nivel de señal no sería el mismo y la información recibida (o transmitida) sería incorrecta, causando fallos en el funcionamiento del sistema.
- Se debería usar la domótica como un medio de implementar un servicio de fácil instalación y reconfigurable con seguridad para el usuario.

BIBLIOGRAFÍA

ROLDAN MARTINEZ, David, Un enfoque aplicado, Comunicaciones Inalámbricas, Editorial RA-MA, 2004

REINOSO PÉREZ, Esteban Santiago, Diseño e implementación de un prototipo para una red de domótica y seguridad para un hogar utilizando el estándar IEEE 802.15.4, EPN - Electrónica y Telecomunicaciones, Noviembre 2008

BORJA RAMÍREZ, Edwin Santiago; ANDRANGO DÍAZ, Wilmer Rafael, Diseño e implementación de una red inalámbrica para sufragio electrónico basado en el estándar Zigbee (IEEE 802.15.4), EPN, Electrónica y Telecomunicaciones, 2007

Página de DomoDesk: A fondo: ZigBee

<http://www.domodesk.com/content.aspx?co=97&t=146&c=43>

Agosto,25 de 2009

Página de RTC-The magazine of record for the embedded computing industry: Using ZigBee Wireless Networking to Develop Commercial Products

<http://www.rtcmagazine.com/home/article.php?id=100656>

Julio,03 de 2006

Página de NetAndTech: Wireless con ZigBee

<http://netandtech.wordpress.com/zigbee/wireless-con-zigbee/>

Página de Casadomo.com: HomePlug y ZigBee, Protocolos por ondas portadoras y vía radio que eviten la instalación de “nuevos cables” para la domótica.

<http://www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?id=7123&c=6&idm=10&pat=10/12-02-10/12:00a.m.>

Christian P. García, Zigbee, Comunicación para Dispositivos, Página de Revista Software Guru.

<http://www.sg.com.mx/content/view/392>

J. M. Huidobro, ZigBee: El nuevo competidor de Bluetooth, Página de Comunicaciones World-La Revista de los profesionales de redes y telecomunicaciones.

<http://www.idg.es/comunicaciones/articulo.asp?id=173363&seccion=>

Página de Freescale Semiconductor, Electrocomponentes S.A., Tecnología ZigBee.

Un mundo de soluciones inalámbricas

<http://www.electrocomponentes.com/articulos/diciembre06/zigbee.html>

Página de Domótica.net: El zumbido de las abejas, ZigBee

<http://www.domotica.net/2716.html>

Página de Domótica Thunder Electrical

<http://www.thunderelectrical.com/espanol/html/page.php>

Página de Matriz Electrónica S.L.: Rabbit Semiconductor, INC lanza el kit de aplicación ZigBee/802.15.4 para el control inalámbrico embebido, económico y de bajo costo.

<http://www.matrix.es/Noticias/verNoticia.asp?IDNoticia=410>

Página personal de Christopher I. Diamond: Zigbee

<http://homepage.uab.edu/cdiamond/index.htm>

Página Domótica Cintelam:

<http://www.cintelam.com/>

Página de productos All power microcontoller

<http://www.apmmicro.com/>

ANEXOS