

INTEGRACIÓN DE SENSORES INALÁMBRICOS Y DOMÓTICA

CARLOS DANIEL RAMIREZ
RODRIGO SANABRIA BOCANEGRA
MIGUEL SUAREZ SIERRA

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS "UNIMINUTO"

TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA

GIRARDOT

2011

INTEGRACIÓN DE SENSORES INALÁMBRICOS Y DOMÓTICA

CARLOS DANIEL RAMIREZ
RODRIGO SANABRIA BOCANEGRA
MIGUEL SUAREZ SIERRA

Monografía para optar al título de:
Tecnólogo en Electrónica

DIRECTOR
ING. RAFAEL SUÁREZ

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS "UNIMINUTO"

TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA

GIRARDOT

2011

NOTA DE ACEPTACION

PRESIDENTE DEL JURADO

JURADO

JURADO

Girardot, Septiembre 02 de 2011

RESUMEN

Las redes de sensores inalámbricas (WSN) están experimentando un gran crecimiento en los últimos años, desarrollándose en aplicaciones de diversos ámbitos como la medicina, botánica, militares, etc. La domótica, entendida como automatización de viviendas y edificios, es uno de los campos de aplicación donde las redes de sensores van a crear sistemas inteligentes, a través de redes de sensores y actuadores inalámbricos, (WSAN) capaces de adaptarse a cualquier tipo de vivienda, así como aumentar las prestaciones, ventajas y aplicaciones dentro de las funcionalidades que ofrece la domótica: seguridad, ahorro energético, comunicaciones y confort.

ABSTRACT

Wireless sensor networks (WSN) are experiencing tremendous growth in recent years, developing applications in various fields such as medicine, botany, military, etc. Home automation, defined as home and building automation is one of the fields of application where sensor networks are going to create intelligent systems through networks of wireless sensors and actuators (WSAN) able to adapt to any type of housing and increase the benefits, advantages and applications within the home automation features it offers: security, energy efficiency, communications and comfort.

INDICE

	pág.
INTRODUCCIÓN	10
RESEÑA HISTORICA	13
1 DOMOTICA	15
1.1 GENERALIDADES	15
1.2 CARACTERISTICAS	18
1.2.1 El sistema	18
1.2.2 Arquitectura	20
1.2.3 Topologías	23
1.2.4 Medios de transmisión	24
1.3 FUNCIONALIDAD DE LA DOMOTICA	27
1.3.1 Control energético	28
1.3.2 Seguridad	29
1.3.3 Confort	31
1.3.4 Comunicaciones	32
1.4 TECNOLOGIAS EXISTENTES	34
1.4.1 CEBus	37
1.4.2 X-10	37
1.4.3 Lonworks	38
1.4.4 EHS	39
1.4.5 KNX/EIB	40

2 REDES DE SENSORES INALAMBRICAS	42
2.1 GENERALIDADES	42
	pág.
2.2 CARACTERISTICAS DE LAS WSN	43
2.3 TECNOLOGIAS DE COMUNICACIÓN	46
2.4 ZIGBEE, ESTANDAR WSN	48
2.4.1 ZigBee Alliance	49
2.5 PROBLEMAS DE LAS WSN	50
2.6 COMPATIBILIDAD ENTRE WIFI Y ZIGBEE	50
2.7 APLICAICONES DE LAS WSN	51
2.8 NODOS DE SENSORES	52
2.8.1 Ejemplos de motes	54
3 INTEGRACIÓN DE WSN Y DOMOTICA	59
3.1 GENERALIDADES	59
3.2 WSN	59
3.3 SOLUCIONES EXISTENTES	61
3.3.1 Control4	61
3.3.2 TAC Ingeniería S.A.S	61
4. CONCLUSIONES	42
BIBLIOGRAFIA	64
ANEXOS	66

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla1 Tecnologías domóticas	36
Tabla 2 Comparativa tecnologías inalámbricas diferentes aspectos	47
Tabla 3 Tipos de sensores para Micas	56

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Casa domótica	17
Figura 2 Pasarela residencial	19
Figura 3 Sistema centralizado	21
Figura 4 Sistema distribuido	22
Figura 5 Control energético	29
Figura 6 Funciones de seguridad	29
Figura 7 Sistema de alarma técnico	31
Figura 8 Aplicaciones de la domótica	33
Figura 9 Sistemas domóticos en función del tamaño de la instalación	34
Figura 10 Elementos de una WSN	45
Figura 11 Comparativa tecnologías inalámbricas uso y distancia de transmisión	46
Figura 12 Aplicaciones ZigBee	49
Figura 13 Canales de WI-FI y ZigBee	51
Figura 14 Estructura de red y motes	54
Figura 15 Diagrama de bloques Micaz	55
Figura 16 Diagrama de bloques Mica2dot	56
Figura 17 Diagrama de bloques TelosB	58

INTRODUCCIÓN

Con el tiempo se observa a un incremento acelerado de la presencia de las comunicaciones inalámbricas en nuestra sociedad. Precisamente, existen múltiples tecnologías que utilizamos cada día obedeciendo de la aplicación a la que estén destinadas. No solo el teléfono móvil se ha convertido en indispensable, también para muy corto alcance se está imponiendo el uso de Bluetooth. Existe afluencia de dispositivos como PDAs, manos libres, que ya tienen instalada esta tecnología.

De igual manera, si queremos disponer de comunicaciones en un contorno local sin necesidad de cables, existen diferentes tecnologías entre ellas la WiFi. Finalmente, la sociedad va descubriendo las ventajas de los entornos inalámbricos y en un futuro próximo surgirán nuevas aplicaciones, incluso algunas aún no imaginadas.

Una vez implantado este tipo de tecnologías en la sociedad, empiezan a aparecer sistemas y servicios basados en tecnologías inalámbricas, optimizándose los procedimientos que habitualmente requerían una interacción directa con el ser humano y pueden ahora llevarse a cabo de forma distribuida por medio de sistemas gestores inteligentes.

Específicamente, desde hace algunos años, han comenzado a surgir las Redes de Sensores. Los sensores son fuentes de información tan diversos como lo son las medidas que realizan. Los hay de temperatura, de luminosidad, de presión, de

humedad, de velocidad, de aceleración, de presencia, de volumen entre otras. Si a estos sensores que nos suministran información valiosa para nuestras vidas, les agregamos la capacidad de comunicación inalámbrica y la posibilidad de formación de redes, obtenemos las Redes de Sensores Inalámbricas, que están teniendo un auge cada vez mayor debido especialmente a la multitud de aplicaciones que se están desarrollando, como aplicaciones de seguimiento, de seguridad, de salud, de gestión, etc.

Con el objeto de mostrar la implementación de los sensores inalámbricos hemos escogido la domótica, definida como la automatización de viviendas y edificios, ya que es una de las aplicaciones más atractivas de las redes de sensores inalámbricas por diversos motivos.

Como primer característica, se muestra como un medio económico de introducir los sensores y actuadores necesarios para la automatización con bajo impacto para la arquitectura de un edificio. También, su bajo coste permitirá montar cientos de nodos que se podrán integrar en nuestra vida diaria y permitir la llamada *computación ubicua*, que consiste en la gestión de entornos inteligentes en el interior de edificios y viviendas basados en la determinación y predicción de la localización de usuarios.

Así, los componentes de la vivienda tendrán la capacidad de comunicarse entre sí y cooperar entre ellos, lo que permitirá configurar la casa para que la intensidad de luz baje automáticamente cuando se encienda el televisor, que la temperatura de una sala se ajuste a los gustos de un usuario cuando éste entre en ella, o, por supuesto, para realizar un control energético del consumo, mantener un sistema de seguridad en la vivienda monitorizado a distancia o cualquier comunicación con otro tipo de redes multimedia o Internet.

La investigación a desarrollar implica estos dos grandes campos que se mantienen aún sin relacionar: la domótica y las redes de sensores inalámbricas. Las instalaciones domóticas establecidas y controladas mediante dispositivos inalámbricos es un tema en estudio y poco desarrollada por el momento, pero es considerada como el futuro de la domótica, por las facilidades y prestaciones que aporta y que, como ocurre con las nuevas tecnologías, tras una implementación a la sociedad y mercado, experimentará un crecimiento y asentamiento en nuestros hogares.

Se busca entonces que aplicaciones domóticas sean integradas con sensores en una red, programándolos y configurándolos, de tal forma que logremos crear una red inalámbrica de sensores que tenga como objetivo el control de aspectos de una vivienda como la iluminación, las persianas o la climatización.

RESEÑA HISTORICA

El automatismo inicia durante el siglo XIX con el adelanto industrial, el cual admitía controlar y establecer secuencialmente los procesos productivos. Con el paso del tiempo y hasta hoy, los sistemas han sido mejorados hasta llegar al punto en donde las industrias basan gran parte de sus etapas de producción en tareas automatizadas o temporizadas.

En el año 1977, los Estados Unidos y Japón fueron los países precursores en dar una noción de un edificio o inmueble inteligente bajo el predominio de factores tecnológicos y económicos. Desde este año se efectúan estudios y análisis sobre el impacto que tiene la automatización en la sociedad y la rentabilidad que podían generar sus ideas en un período de baja productividad en el sector industrial.

Con la llegada de las tecnologías en comunicaciones y el surgimiento de la nueva generación de los conmutadores telefónicos llamados de multiservicio o PABX, se vieron los primeros avances en el área de los edificios inteligentes. Estos novedosos sistemas de comunicación admitían la transmisión de datos numéricos y la conversación telefónica simultáneamente, ya que este último servicio era monopolizado hasta 1984 por la compañía de comunicaciones AT&T. En este

mismo año se originó en los Estados Unidos la primera aproximación de lo que se denomina hoy en día Domótica. El proyecto llamado “*Smart House*” fue dirigido por la NAHB (“*Nacional Association of Home Builders*”), la cual estaba integrada por constructores de casas unifamiliares que crearon una fundación para impulsar el desarrollo de la casa inteligente. (Builes, 2003)

El concepto de edificios automatizados en Asia, particularmente en Japón, se desarrolló hacia el año 1987, empleando las tecnologías de información con el objetivo de lograr espacios que proporcionaran un ambiente confortable y estimulante, haciéndolos más competitivos dentro del mercado.

La automatización de las tareas del hogar es un tema muy reciente. Actualmente se permite a los usuarios una mayor comodidad, ahorro de energía y de dinero al momento de desarrollar, implementar y utilizar las tecnologías residenciales. Inicialmente, el control de los aparatos se hacía enviando señales a través de la red eléctrica; luego evolucionó la forma de comunicación y control de los procesos domésticos hasta utilizar emisores y receptores más avanzados, que reciben la señal y la transforman en la acción determinada.

DOMOTICA

1. GENERALIDADES

La domótica, dicho en muy pocas palabras, es la instalación e integración de varias redes y dispositivos electrónicos en el hogar, que permiten la automatización de actividades cotidianas y el control local o remoto de la vivienda, o del edificio inteligente. Por ejemplo, un sensor de presencia aislado puede servir para abrir una puerta siempre que alguien se acerque, pero si está integrado en una red, proporciona información sobre frecuencia de uso, horas punta de entrada, etc.; una información que puede resultar muy valiosa para otras aplicaciones y así, por ejemplo, no abriría la puerta fuera del horario comercial, para evitar la entrada de intrusos, o la mantendría permanentemente abierta en las horas de mayor afluencia al recinto.

Desde el punto de vista etimológico, la palabra domótica fue inventada en Francia (país pionero en Europa) y está formada por la contracción de *domus* (vivienda) más automática.

En este sentido ha habido cierta polémica en lo referente a la idoneidad de su denominación, puesto que el objeto de esta disciplina no es únicamente la vivienda, sino cualquier tipo de edificación. Además, la domótica va más allá de la

mera automatización de un edificio, integrando el control del mismo con el uso que se hace de él.

En cualquier caso, el uso de este término se ha extendido ampliamente, pero se pueden distinguir tres sectores distintos dependiendo del alcance de su aplicación:

1. Domótica, para el sector doméstico.
2. Inmótica, para el sector industrial.
3. Urbótica, para las ciudades. En este caso se tratan temas como el control de la iluminación pública, la gestión de semáforos, las telecomunicaciones, medios de pago, etc.

Para definir una vivienda automatizada habría que tener en cuenta al menos dos puntos de vista: el del usuario y el punto de vista técnico.

Desde el punto de vista del usuario, una vivienda domótica podría ser aquella que proporciona una mayor calidad de vida a través de las nuevas tecnologías y comunicaciones, ofreciendo una reducción del trabajo doméstico, un aumento del bienestar y la seguridad de sus habitantes, y una racionalización de los distintos consumos, mediante un control energético.

Desde el punto de vista tecnológico, la definición podría ser la siguiente: es aquella en la que se integran los distintos aparatos domésticos que tienen la capacidad de intercomunicarse entre ellos a través de un soporte de comunicaciones, de modo que puedan realizar tareas que hasta ahora se venían haciendo de forma manual.

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:

1. Seguridad
2. Gestión de la energía
3. Automatización de tareas domésticas
4. Formación y cultura
5. Monitorización de salud
6. Comunicación con servidores externos
7. Ocio y entretenimiento
8. Operación y mantenimiento de las instalaciones

La introducción de todos estos sistemas y tecnologías en el hogar aún no es una realidad, salvo en contadas ocasiones, pero sí hay muchos elementos que ayudarán a que ello se realice rápidamente.

Por una parte cada vez existen más dispositivos electrónicos en el hogar. Eso provoca una necesidad real de comunicar unos con otros. Por otra, la estandarización de las tecnologías de comunicación privadas como las redes Ethernet cableadas o las redes inalámbricas Wi-Fi, han reducido los costes a unos niveles que permiten su despliegue masivo. Y, por supuesto, la disponibilidad y flexibilidad del elemento base que ha acelerado el desarrollo de la informática en

los últimos tiempos: los computadores, así como la paulatina convergencia de la informática y las telecomunicaciones, y la necesidad, cada vez mayor, de la información a todos los niveles.

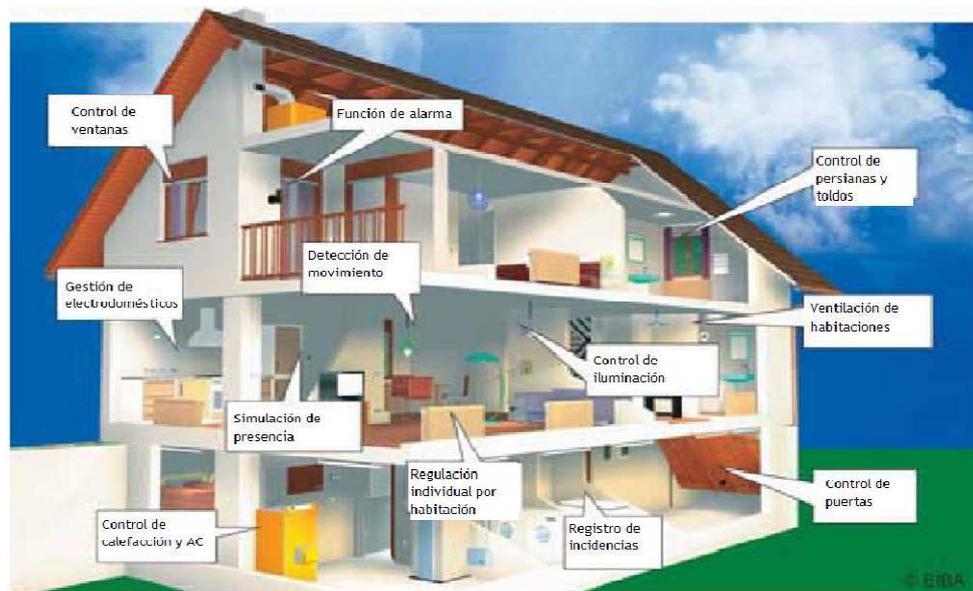


Figura 1: Casa domótica. Fuente: www.domoticaviva.com

Según todo lo expuesto, la domótica no son servicios ni productos aislados, sino la implementación e integración de todos los aparatos del hogar (eléctricos, electrónicos, informáticos, etc.). No obstante, la incorporación e integración de estas redes y dispositivos en la vivienda domótica posibilitan una cantidad ilimitada de nuevas aplicaciones y servicios en el hogar, consiguiendo así un mayor nivel de confort, se aumenta la seguridad, se reduce el consumo energético, se incrementan las posibilidades de ocio, etc. En definitiva, se produce un incremento de la calidad de vida de sus habitantes.

1. CARACTERÍSTICAS

1. El Sistema

Para que todos los dispositivos que integran una red domótica puedan trabajar de forma conjunta es necesario que estén conectados a través de una red interna, red que generalmente se suele conocer por HAN (Home Area Network). Esta red, cableada o inalámbrica, suele dividirse en tres tipos de redes, según el tipo de dispositivos que se vayan a interconectar y de las aplicaciones que se vayan a ofrecer:

1. La red de control
2. La red de datos
3. La red multimedia

Estas tres redes suelen estar constituidas en la actualidad por distintas tecnologías, aunque es bastante probable que durante los próximos años se produzca una integración de todas ellas. Por otro lado, es necesario la conexión de la HAN con el exterior, lo cual se realiza a través de las redes públicas de telecomunicación (RTC, RDSI, Internet, etc.). De entre todos los dispositivos de la vivienda domótica cabe destacar un elemento imprescindible, el conocido por pasarela residencial (residencial gateway). Este dispositivo es el que permite la convivencia de todas estas redes y dispositivos internos, interconectándolos entre

sí y con el exterior. Esta pasarela debe garantizar la seguridad de las comunicaciones hacia/desde el hogar y debe ser gestionable de forma remota.



Figura 2: Pasarela residencial

Además de la pasarela residencial, los dispositivos que se deben instalar en los edificios o viviendas domóticas para posibilitar un sistema de automatización y control podríamos clasificarlos de la siguiente forma:

1. **Los sistemas de control:** en instalaciones centralizadas, son los dispositivos encargados de gestionar y controlar los dispositivos destinados a la automatización del edificio, según los parámetros de actuación establecidos por los usuarios. En ellos reside toda la inteligencia del sistema

y suelen tener las interfaces de usuario necesarias para presentar la información a éste (pantalla, teclado, monitor, etc.).

2. **Los sensores:** son los dispositivos encargados de recoger la información de los diferentes parámetros a controlar: la temperatura ambiente, la luminosidad, detectores de escape de agua, gas o sismo, la presencia de un intruso, activación de un interruptor, etc. y enviársela al sistema de control o actuador para que ejecute automáticamente las tareas programadas. Están distribuidos por todo el edificio.

3. **Los actuadores:** son los dispositivos utilizados por el sistema de control para modificar el estado de ciertos equipos o instalaciones: encendido/apagado, subida/bajada de persianas, el aumento o la disminución de la calefacción o el aire acondicionado, el corte del suministro de gas o agua, el envío de una alarma a una central de seguridad, etc. Están distribuidos por todo el edificio y podemos distinguir diferentes tipos de actuadores entre ellos los electromecánicos, acústicos y luminosos.

1. Arquitectura

Desde el punto de vista de donde reside la inteligencia del sistema domótico, y gracias al desarrollo actual de las tecnologías de la información (en concreto los micros controladores), hacen viables dos tipos distintos de sistemas domóticos:

1. Sistemas Centralizados.

Un controlador centralizado recibe información de múltiples sensores y, una vez procesada, genera las órdenes oportunas para los actuadores. Toda la información de detección y actuación se tratan en este único punto. El cableado es

en estrella cuyo centro es la unidad central de control y no existe comunicación entre sensores y actuadores.

Ventajas:

1. Bajo coste: ningún elemento necesita módulo especial de direccionamiento ni interface.
2. Instalación sencilla.
3. Requerimientos mínimos.

Desventajas:

1. Flexibilidad limitada: las reconfiguraciones son costosas.
2. Poca robustez: si cae el módulo central cae todo el sistema.
3. Mayor longitud de cableado dada la topología, su uso en grandes instalaciones es limitado.

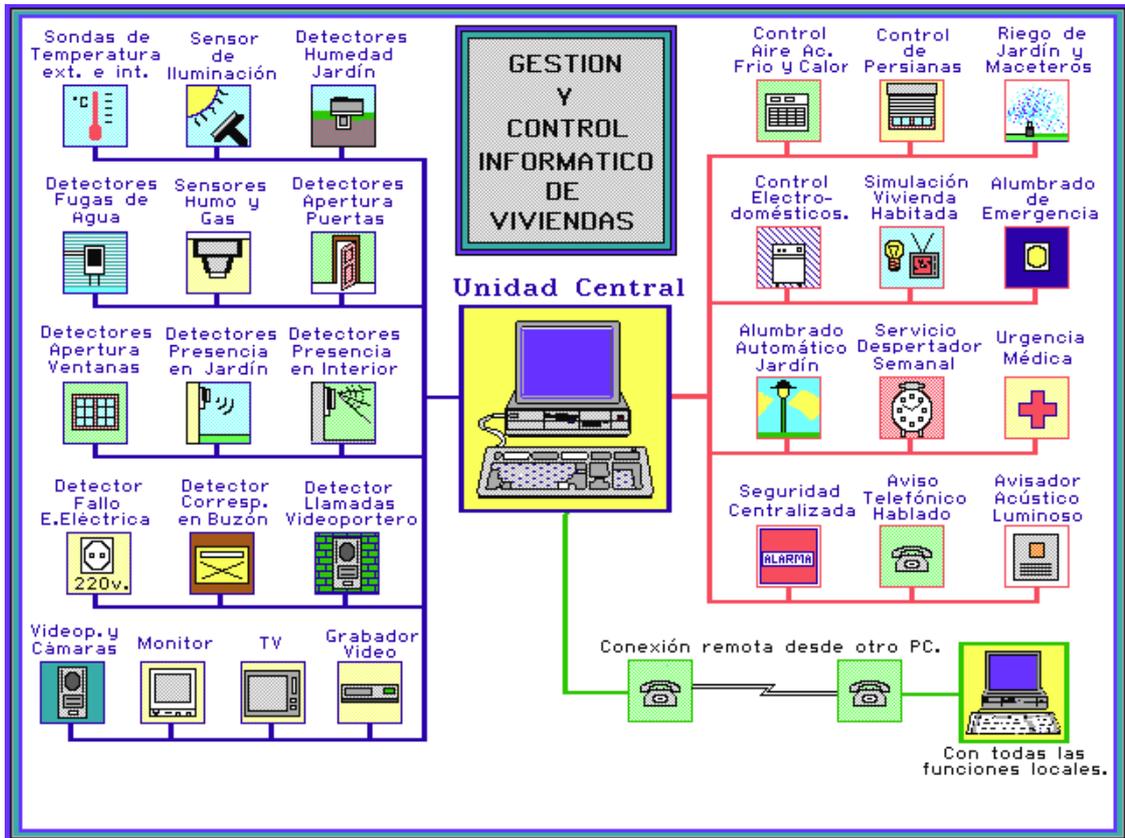


Figura 3. Sistema centralizado. Fuente: Creación de una casa inteligente, Davis Fernández Llorca

2. Sistemas Distribuidos.

En este caso no existe la figura del controlador centralizado, sino que toda la inteligencia del sistema está distribuida por todos los módulos sean sensores o actuadores. Cada elemento dispone de capacidad para tratar la información que recibe y actuar en consecuencia de forma autónoma.

Suele ser típico de los sistemas con topología en bus y es necesario un protocolo de comunicaciones. Todos los elementos disponen de un acoplador al bus con una interfaz de acceso compartido y técnicas de direccionamiento para que la recepción y el envío de información quede definida y el diálogo entre elementos asegurado.

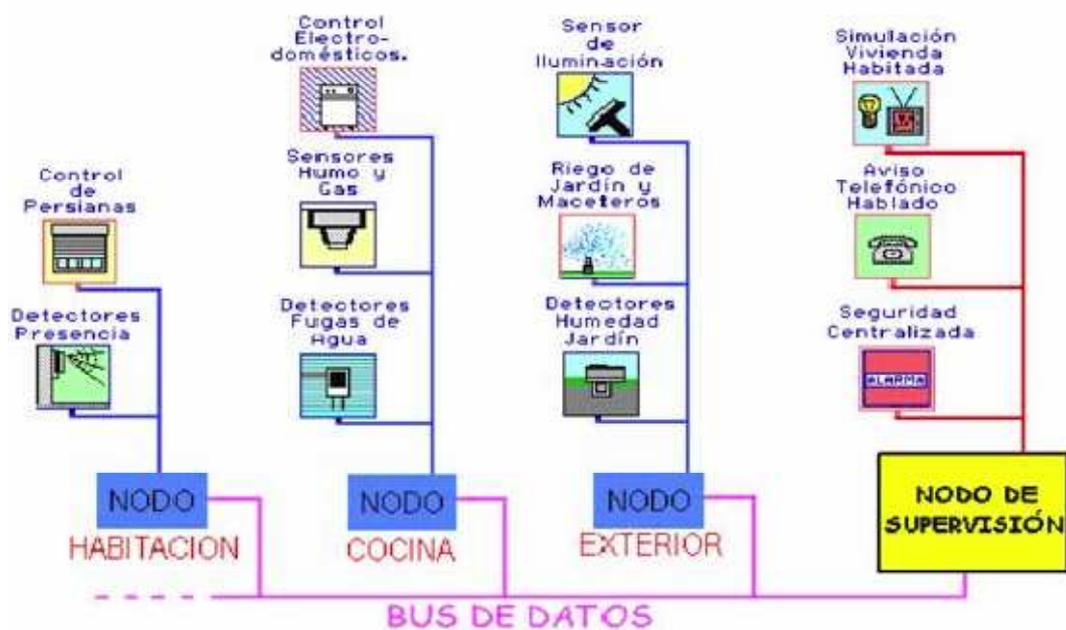


Figura 4. Sistema distribuido. Fuente: Creación de una casa inteligente, DavisFernández Llorca

Ventajas:

1. Alta flexibilidad y una gran facilidad para reconfiguraciones.
2. Posibilidad de tecnologías *plug & play*, que simplifican mucho las instalaciones.

3. Ahorro de cableado en la instalación, lo que da ventajas respecto a los costes, sobre todo en instalaciones y proyectos a gran escala.

Desventajas:

1. Precio elevado de componentes, dado el incremento de complejidad que conllevan.
2. Necesidad de compatibilidad entre los equipos y componentes.
3. Escasez de productos, debida a los requisitos exigibles de direccionamientos, protocolos, etc.

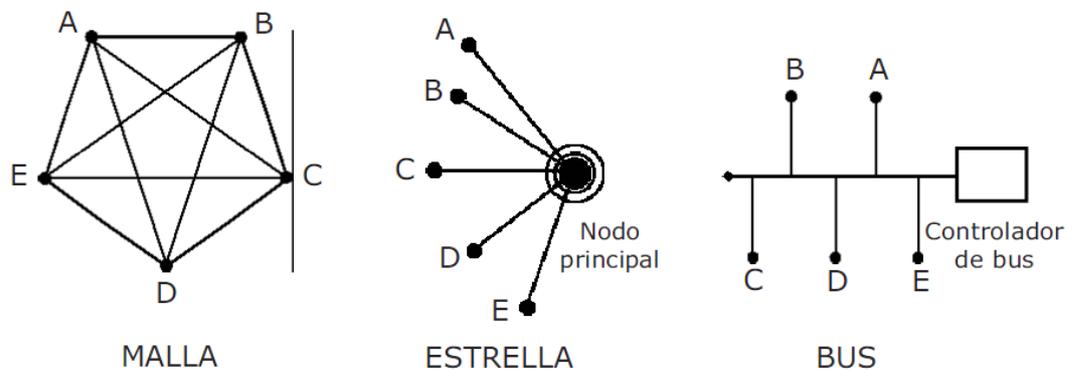
Hay que destacar que algunos sistemas usan un enfoque mixto, esto es, son sistemas con arquitectura descentralizada en cuanto a que disponen de varios pequeños dispositivos capaces de adquirir y procesar la información de múltiples sensores y transmitirlos al resto de dispositivos distribuidos por la vivienda. Hoy en día hay buenos sistemas centralizados y distribuidos, todos ellos con elevadas prestaciones. Ambas arquitecturas tienen sus ventajas y sus inconvenientes, lo cual, a priori, no ayuda a decidir cuál es la mejor solución para una vivienda.

1. Topologías

La topología de la red se define como la distribución física de los elementos de control respecto al medio de comunicación. Es el método para interconectar los equipos y sistemas conectados a ella así como la forma que adoptan. La topología

depende del sistema de control que se utilice y el cableado en función de los requerimientos del sistema. Entre ellas están:

3. **La Red de Estrella:** es la conexión utilizada por los sistemas centralizados donde existe un único controlador sobre el que pasa toda la información.
4. **La Red de Anillo:** cada controlador está conectado a otros dos, y así sucesivamente, formado un anillo.
5. **La Red en Bus:** es una arquitectura donde todos los elementos conectados a ella tengan la estructura de controladores, y que sean conectados al bus.



Fuente: Lorente S. (1991)

Figura 5. Topología física de red.

1. Medios de transmisión

En todo sistema domótico los diferentes dispositivos deben intercambiar información unos con otros a través de un soporte físico: par trenzado, línea de potencia o red eléctrica, radio, infrarrojos, etc.

Veamos los distintos tipos que se pueden presentar:

1. Líneas de distribución de energía eléctrica (Corrientes Portadoras).

Si bien no es el medio más adecuado para la transmisión de datos, si es una alternativa a tener en cuenta para las comunicaciones domésticas dado el bajo coste que implica su uso, puesto que se trata de una instalación existente, por lo que es nulo el coste de la instalación, y con un conexionado sencillo. Para aquellos casos en los que las necesidades del sistema no impongan requerimientos muy exigentes en cuanto a la velocidad de transmisión, la línea de distribución de energía eléctrica puede ser suficiente como soporte de dicha transmisión.

2. Soporte metálico. La infraestructura de las redes de comunicación actuales, tanto públicas como privadas, tiene en un porcentaje muy elevado cables metálicos de cobre como soporte de transmisión de las señales eléctricas que procesa. En general se pueden distinguir dos tipos de cables metálicos:

Par metálico: Los cables formados por varios conductores de cobre pueden dar soporte a un amplio rango de aplicaciones en el entorno doméstico. Este tipo de cables pueden transportar voz, datos y alimentación de corriente continua.

Coaxial: Un par coaxial es un circuito físico asimétrico, constituido por un conductor filiforme que ocupa el eje longitudinal del otro conductor en forma de tubo, manteniéndose la separación entre ambos mediante un dieléctrico

apropiado. Este tipo de cables permite el transporte de las señales de video y señales de datos a alta velocidad.

3. **Fibra óptica.** La fibra óptica es el resultado de combinar dos disciplinas no relacionadas, como son la tecnología de semiconductores (que proporciona los materiales necesarios para las fuentes y los detectores de luz), y la tecnología de guiado de ondas ópticas (que proporciona el medio de transmisión, el cable de fibra óptica). La fibra óptica está constituida por un material dieléctrico transparente, conductor de luz, compuesto por un núcleo con un índice de refracción menor que el del revestimiento, que envuelve a dicho núcleo. Estos dos elementos forman una guía para que la luz se desplace por la fibra. La luz transportada es generalmente infrarroja, y por lo tanto no es visible por el ojo humano. Permite altas velocidades para datos, televisión, etc. En el ámbito de los sistemas domóticos su uso es muy escaso, motivado por el elevado coste del cableado la instalación de la fibra. Su uso se restringe a la interconexión de grandes sistemas con cableado sobre par trenzado, en los niveles más altos de la topología. No obstante, existen algunos diseños de redes domóticas empleando fibra (Muñiz 1996).

4. **Conexiones inalámbricas:**

Infrarrojos: El uso de mandos a distancia basados en transmisión por infrarrojos está ampliamente extendido en el mercado residencial para controlar equipos de audio y video. Los controladores de equipos domésticos basados en la transmisión de ondas en la banda de los infrarrojos presentan gran comodidad y flexibilidad y admiten un gran número de aplicaciones. Al tratarse de un medio de transmisión óptico es inmune a las radiaciones electromagnéticas producidas por los equipos domésticos o por los demás medios de transmisión (coaxial, cables pares, red de

distribución de energía eléctrica, etc.). Sin embargo, hay que tomar precauciones en los siguientes casos:

- Las interferencias electromagnéticas sólo afectaran a los extremos del medio IR, es decir, a partir de los dispositivos optoelectrónicos (diodo emisor y fotodiodo receptor).
- Es necesario tener en cuenta otras posibles fuentes de IR. Hoy en día, existen diferentes dispositivos de iluminación que emiten cierta radiación IR.

Por tanto, habría que tener cuidado con las interferencias en estos elementos pero no supone un gran problema, sus principales inconvenientes son:

- Poca distancia de comunicación, los dispositivos a comunicar deben estar como máximo a 1m y usando emisores especiales se pueden llegar a distancias de 10 m pero con ángulos de visión de 17° a 30°.
- Bajas velocidades de comunicación, el sistema IrDA 1.0 llega a velocidades de 115.2 Kb/s y el IrDA 1.1 a 4Mb/s.

Radiofrecuencias: La introducción de las radiofrecuencias como soporte de transmisión en la vivienda ha venido precedida por la proliferación de los teléfonos inalámbricos y sencillos telemandos. Este medio de transmisión puede parecer, en principio, idóneo para el control a distancia de los sistemas domóticos, dada la gran flexibilidad que supone su uso. Sin embargo, puede resultar sensible a las perturbaciones electromagnéticas producidas, tanto por los medios de transmisión, como por los equipos domésticos. Se espera que la verdadera revolución en el sector de la domótica inalámbrica se produzca con la introducción de las redes de sensores y actuadores inalámbricas (WSAN). Iniciativas como la especificación del estándar IEEE 802.15.4 (Callaway 2002) para WSAN definen la automatización de viviendas como uno de sus principales ámbitos de aplicación.

1. FUNCIONALIDAD DE LA DOMOTICA

La domótica es un conjunto de servicios realizados por automatismos o dispositivos con cierto grado de inteligencia dentro del hogar, dirigidos a la gestión de cuatro funciones básicas: control energético, confort, seguridad y telecomunicaciones.

Aunque en muchos aspectos estas funciones se interrelacionen, vamos a intentar diferenciar cada una de ellas, puesto que son las que resumen de forma general las prestaciones domóticas que puede tener una vivienda.

1. Control energético

La finalidad es satisfacer las necesidades del hogar al mínimo coste. En este control se pueden distinguir tres aspectos diferenciados:

Regulación: con la que se pueda obtener la evolución del consumo energético de la vivienda o edificio.

Programación: para programar distintos parámetros de la vivienda a nivel energético, como temperatura según horarios, días de la semana, mes, etc.

Optimización: de modo que se minimice el consumo. El aprovechamiento de la energía y reducción de su consumo, es uno de los apartados más importantes en la instalación de un sistema domótico, puesto que revierte a medio y largo plazo en su amortización, además de estar muy ligadas al concepto de confort. Las acciones destinadas a reducir el consumo están íntimamente ligadas a la integración de todos los dispositivos de la vivienda en el sistema (Waks 1991). Dichas acciones son del tipo:

1. Aprovechamiento de las franjas de tarificación de valle para hacer trabajar aquellos equipos que lo permitan (ejm: aprovechamiento de tarifas nocturnas en función de las necesidades programadas).
2. Reducción del consumo para climatización fuera de las horas de trabajo normales.
3. Detección de fuentes de pérdidas en sistemas de climatización (ejm: suspensión del funcionamiento en lugares donde se detecten ventanas abiertas).
4. Reducción del consumo para climatización en ausencia de individuos en los lugares mediante la detección automática de presencia.
5. Actuación sobre automatismos de persianas para el aprovechamiento de la luz solar.

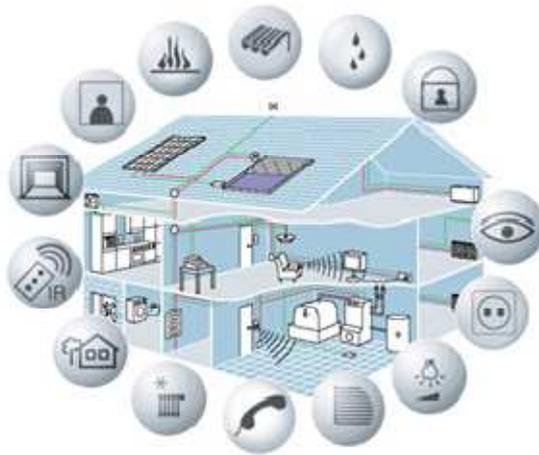


Figura 5. Control energético.

2. Seguridad

La seguridad es la función más solicitada e instalada, aunque de manera individualizada (no integrada) y puede integrar múltiples aplicaciones (ver la Figura 6), sobre todo si se encuentra integrada dentro de un sistema domótico. Se distinguen dos áreas básicas: seguridad de personas y seguridad de bienes.

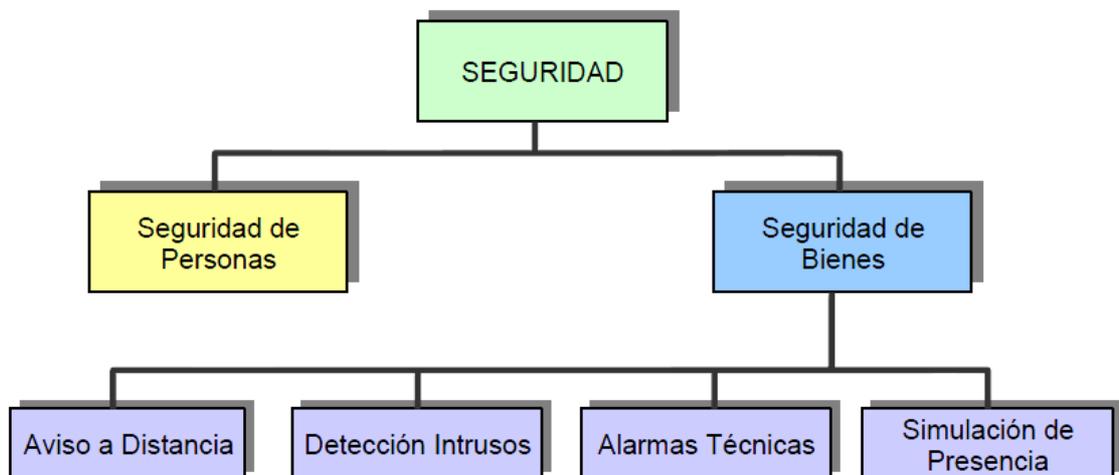


Figura 6. Funciones de seguridad.

En la seguridad de personas se incluyen tareas como:

1. Alumbrado automático en zonas de riesgo por detección de presencia (escaleras, etc.) para evitar accidentes domésticos.
2. Desactivación de enchufes de corriente para evitar contactos.
3. Manipulación a distancia de interruptores en zonas húmedas.
4. Emisión de avisos telefónicos a números prefijados en caso de necesidad de ayuda urgente.

5. Detectores de fugas de gas o de agua que cierren las válvulas de paso a la vivienda en el caso de producirse escapes.
6. Alarmas de salud. En el caso de personas con necesidades especiales (ancianos, personas discapacitadas) se disponen pulsadores cuya activación genera un aviso a una central receptora, un familiar o un hospital para solicitar ayuda sanitaria urgente.

En lo referente a la seguridad de bienes, las funciones principales son:

1. Avisos a distancia. En ausencia del usuario se emiten avisos en caso de alarmas (bien acústicas o telefónicas).
2. Detección de intrusos. Incluye la instalación de diversos sensores como sensores volumétricos para detección de presencia, sensores de hiperfrecuencia para cristales rotos o sensores magnéticos para apertura de puertas y ventanas.
3. Alarmas técnicas. En este apartado son típicas la detección de incendios, detección de fugas de agua y gas y detección de cortes de suministro eléctrico. También se pueden realizar acciones correctivas (por ejemplo, si se detecta escape de gas entonces se debe cortar el suministro).

1. Confort

El concepto de confort va dirigido principalmente a las instalaciones de climatización, ventilación y calefacción (HVAC, *Heating, Ventilating, and Air Conditioning*), aunque también se incluyen en este campo los sistemas de audio y vídeo, control de iluminación, riego y jardines, mando a distancia y todo aquello que contribuya al bienestar y la comodidad de las personas que utilicen las instalaciones.

En los sistemas de HVAC es donde mayores inversiones se están realizando, pues además de abarcar una gran parte del consumo energético, están presentes en casi todas las instalaciones y son la primera contribución. Se hace necesario que el control de estos sistemas esté lo más distribuido posible, esto es, que cada habitación, local o recinto, disponga de control individual.

Entre los sistemas destinados al confort cabe destacar, además de los mencionados:

1. Control por infrarrojos de los distintos automatismos.
2. Automatización de riego de jardines.
3. Apertura automática de puertas.
4. Centralización y supervisión de todos los sistemas de la vivienda en dispositivos como pantallas táctiles o centros multimedia.
5. Accionamiento automático de distintos sistemas en función de datos del entorno, como la recogida automática de toldos, bajada de persianas en caso de tormenta o viento excesivo, encendido automático de luces en zonas de paso (pasillos, escaleras), etc.
6. Información de presencia de correo en el buzón.

1. Comunicaciones

La aparición de nuevas tecnologías en el campo de las comunicaciones y redes de transmisión de datos, y el hecho de que los sistemas domóticos avanzados se basan en el empleo de estos tipos de redes, hacen de éste un campo fértil para la investigación y el desarrollo de nuevas arquitecturas y sistemas de integración (Matías 1999) . Entre las posibilidades de telecomunicación según el tipo de edificio, destacaremos:

1. Sistemas de comunicación en el interior. Megafonía, difusión de audio/video, intercomunicadores, etc.

2. Sistemas de comunicación con el exterior. Telefonía básica, videoconferencia, e-mail, Internet, TV digital, TV por cable, fax, radio, transferencia de datos, etc.
3. Comunicaciones externas propias de la vivienda. Mensajes de alarma como fugas de gas, agua, etc., y telecontrol del sistema domótico a través de la línea telefónica o conexión a redes de datos (Internet).

De entre todas ellas, las que mayor auge están teniendo en los últimos años, desde el punto de vista de aportaciones de investigación e implantación de nuevas tecnologías, son las iniciativas de telecontrol del sistema domótico desde el exterior. En este sentido se pueden destacar trabajos como:

1. Control de instalaciones domóticas mediante protocolo TCP/IP utilizando html o applets de Java, para la tele operación y monitorización de sistemas domóticos en edificios (Acuña 2008).
2. Control de instalaciones domóticas mediante mensajes SMS. Consistente en la aplicación de la tecnología GSM al control de remoto de redes domóticas, ampliando sus posibilidades con nuevas tecnologías como 3G en el campo del envío de audio y video.
3. Acceso a redes EIB (Bus de Instalación Europeo) para personas discapacitadas empleando redes inalámbricas de datos (IEEE 802.11b) mediante aplicaciones cliente-servidor con protocolo TCP/IP, que facilitan el acceso a todas las funciones de la vivienda a personas discapacitadas a través del uso del ordenador personal.
4. Aplicación de sistemas de encriptación y autenticación en el acceso remoto a instalaciones domóticas a través de Internet, para asegurar la privacidad y seguridad de los datos en el acceso a través de redes públicas (Fernández 2001).

5. Integración de redes domóticas en redes de fibra óptica ya existentes.

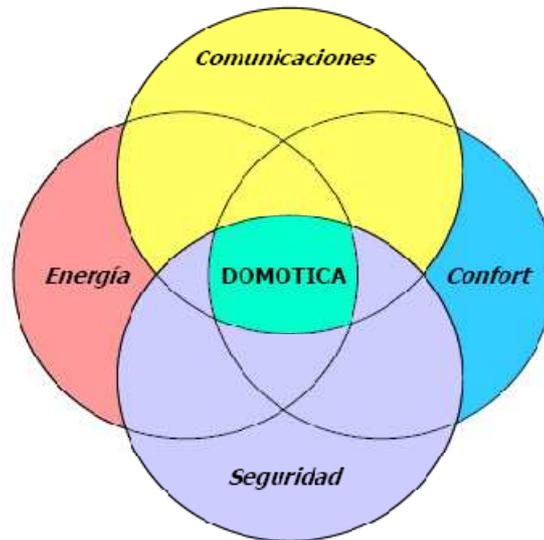


Figura 8. Aplicaciones de la domótica.

Las fronteras entre estos cuatro objetivos son difusas y en muchos casos un mismo dispositivo favorece el logro de varios objetivos a la vez, lo cual, por otra parte, economiza la instalación. Es precisamente esta filosofía de integración la que da realmente significado a la domótica, ya que de otro modo estaríamos hablando de automatizaciones independientes. Es decir, la instalación domótica va más allá de la mera automatización de una vivienda o edificio, ya que integra el control de una serie de sistemas y el uso que se hace de ellos.

1. TECNOLOGIAS EXISTENTES

En la actualidad existen numerosos sistemas domóticos comerciales, orientados a distintos segmentos del mercado. Desde el punto de vista de los sectores a los que van destinados, se pueden distinguir tres: viviendas ya construidas, casas de nueva construcción y grandes edificios (ver la Figura 7).

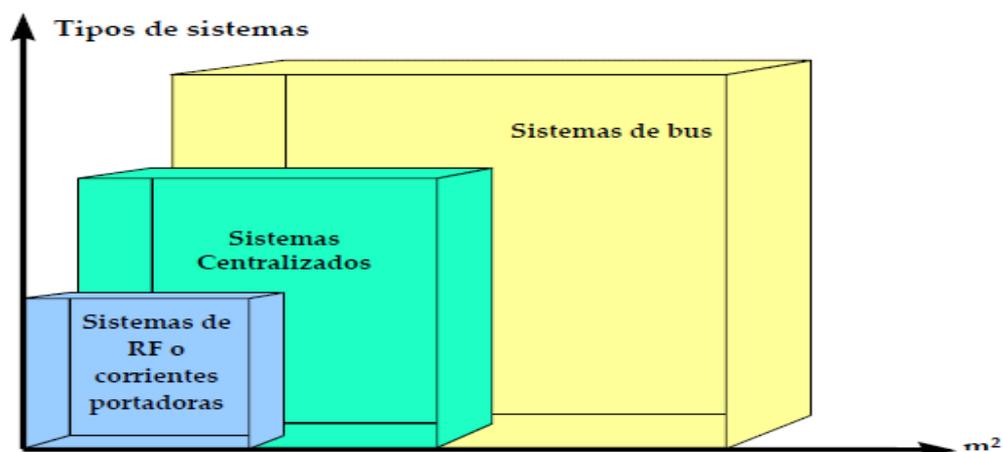


Figura 9. Sistemas domóticos en función del tamaño de la instalación.

En **viviendas construidas** existen tan sólo dos alternativas, el empleo de sistemas con transmisión por corrientes portadoras o bien por radiofrecuencia. La implantación de los sistemas por radiofrecuencia es muy escasa, debida, por una parte a la escasa oferta comercial, y por otra a los problemas que se derivan de su uso (poca fiabilidad, alcance limitado, etc.). La implantación de los sistemas por corrientes portadoras es mucho mayor, siendo el más instalado el americano *X10 de Home Systems*, debido a su antigüedad en el mercado y bajo coste, y el sistema CAD de Legrand en Europa. Sin embargo, existen versiones PL (*Power Line* o Corrientes Portadoras) de los sistemas Konnex y Lonworks (este último uno de los más fiables y avanzados del mercado) que están tomando cada vez más fuerza.

En **viviendas nuevas** la oferta es muy extensa, con sistemas que permiten cubrir todas las necesidades con topologías centralizadas o distribuidas y protocolos abiertos o propietarios. En viviendas pequeñas-medianas con requerimientos básicos son muy frecuentes los sistemas centralizados propietarios, como IHS (*Innovation House Control*).

Cuando los requerimientos son más exigentes y se trata de inmuebles de mayor tamaño, es cada vez más frecuente el uso de sistemas de bus distribuidos, especialmente los normalizados **Konnex** y **Lonworks**, cuyo abaratamiento y gran oferta de productos en los últimos años los está haciendo muy populares.

En el caso de los **edificios** las necesidades suelen ser mucho más complejas que en una vivienda. En este ámbito los sistemas de bus aventajan a los demás en cuanto a prestaciones, aunque es aún frecuente encontrar sistemas de control centralizado basados en autómatas de gama alta cuando la relación cableado/componentes lo permite. Hay que tener en cuenta que éstos han sido los sistemas tradicionalmente instalados para la gestión técnica de edificios, existentes antes de la aparición de tecnologías específicas para la domótica.

Los sistemas de tipo bus más instalados en Europa son **Batibus** de Merlin Gerin, **EHS**, y el sistema Konnex/EIB (KNX/EIB). En Estados Unidos, el sistema de bus más popular es **Lonworks** de Echelon, que en Europa está poco implantado, aunque recientemente se ha recogido en normas de la CENELEC. Otros sistemas aplicables en este tipo de instalaciones son CEBus de la EIA, EHS de EHSA, *Smart House* de la NAHB, y en el caso de los sistemas de control centralizado de gama alta autómatas de los principales fabricantes como Siemens, Omron, Schneider Electric, etc.

Por lo tanto, se puede concluir que las tecnologías domóticas más relevantes en la actualidad son, en el mercado americano, **CEBus**, **X-10** y **Lonworks**, y en el europeo **KNX/EIB**, **Batibus** y **EHS**.

La tabla 1 recoge las principales características técnicas de las tecnologías más habituales.

Tecnología	Medio de transmisión	Velocidad de transmisión	Distancia máxima al dispositivo
Konnex	Par trenzado Fibra óptica Coaxial Inalámbrico	1200 bps a 9600 bps	600m a 1000m
LonWorks	Par trenzado Cable eléctrico Coaxial Fibra óptica Inalámbrico	5,4 Kbps a 1,28 Mbps	1500m a 2700m
X10	Cable eléctrico	50/60 bps	185m
ZigBee	Inalámbrico	20 Kbps a 250 Kbps	10m a 75m

Tabla 1. Tecnologías domóticas. Fuente: *Junestrand (2005)*

1. CEBUS

En Estados Unidos, la EIA (Electronic Industries Association) reconoció la necesidad de desarrollar un estándar acerca de los sistemas de comunicación de los hogares automatizados. En 1983 se organizó un comité que tuvo como fruto en 1988 un estándar (el Home Automation Standard IS-60) conocido como Consumer Electronic Bus, CEBus. El documento final, después de varias revisiones, estuvo disponible en 1992.

El CEBus sólo utiliza cuatro de los siete niveles: Físico, Enlace, Red y Aplicación. La interfaz entre los diferentes niveles del nodo CEBus está definida como un conjunto de primitivas de servicio, proporcionando cada nivel servicio al inmediatamente superior.

Los objetivos principales del estándar son:

1. Facilitar el desarrollo de módulos de interfaz de bajo coste que puedan ser integrados fácilmente en electrodomésticos.
2. Soportar la distribución de servicios de audio y video tanto en formato analógico como digital.

3. Evitar la necesidad de un controlador central, distribuyendo la inteligencia de la red entre todos los dispositivos.
4. Permitir añadir y quitar componentes de la red sin que afecte al rendimiento del sistema ni que requiera un gran esfuerzo la configuración por parte del usuario.
5. Proporcionar un método adecuado de acceso al medio.

1. X-10

El formato de codificación X-10 es un estándar basado en la transmisión de corrientes portadoras (Power Line Carrier = P.L.C.). Esta tecnología fue desarrollada entre 1976 y 1978 por ingenieros en Pico Electronics Ltd, en Glenrothes, Escocia.

En 1978 se introdujo para el Sistema de Control del Hogar de Sears y para los sistemas de un gran distribuidor llamado Radio Shack que lo vendió a miles hasta que en 1979 los fabricó por su cuenta y los llamó "Plug n Power", y más tarde X10.

El sistema X-10 se caracteriza principalmente por:

1. Ser un sistema descentralizado, configurable, no programable.
2. De instalación sencilla: conectar y funcionar (plug & play)
3. De fácil manejo por el usuario.
4. Compatibilidad casi absoluta con los productos de la misma gama, obviando fabricante y antigüedad.
5. Flexible y ampliable.

La red de la instalación es la base de todo el sistema de corrientes portadoras. El elemento básico y fundamental de la técnica de corrientes portadoras es el aprovechamiento doble de la instalación eléctrica ya existente, como conductor de energía y de información.

Con los componentes X-10 la red, además de suministro de corriente, se encarga también de la transmisión de señales de mando para los diversos aparatos eléctricos. Con ello se puede enviar señales de corrientes portadoras a cualquier punto de la instalación que se desee, y a su vez pueden solicitarse de dicho punto las informaciones pertinentes.

El sistema permite el accionamiento a distancia y control remoto de diversos receptores eléctricos, desde uno o desde varios puntos y puede funcionar tanto en redes de corriente alterna monofásica como trifásica.

1. Lonworks

La compañía Echelon, responsable del desarrollo de esta tecnología, surgió como una iniciativa de Mike Markkula (exdirectivo de Fairchild Semiconductor, Intel y Apple), que lo propuso en el año 1990. Inicialmente se pretendía ocupar el rango de aplicaciones que X-10, por su simplicidad, no alcanzaba a cubrir, pero actualmente el ámbito de aplicación de este sistema abarca desde industrias, edificios, viviendas y automóviles hasta cualquier otro pequeño dispositivo susceptible de ser controlado.

Los componentes básicos de una red LonWorks son dos:

1. Neuronas. Son unos circuitos integrados que contienen dispositivos de entrada/salida, tres microprocesadores y memoria en la que reside el sistema operativo.
2. Transceptores. Son dispositivos emisores-receptores que se encargan de conectar las neuronas con el medio de transmisión.

El protocolo de ese sistema implementa todos los niveles del modelo de referencia OSI. En cuanto a la topología del cableado de la red, existe versatilidad para emplear cualquiera de las existentes. La topología en bus requiere de dos

elementos de terminación en ambos extremos para su buen funcionamiento. Se suele utilizar en aplicaciones industriales con fibra óptica o par trenzado.

Las topología libre y en anillo, tan sólo necesitan de una terminación que se puede colocar en cualquier lugar.

1. EHS

A finales de los años 80 la Unión Europea propició el desarrollo de un par de proyectos SPRIT (el *Home System 2341* y el *Integrated Interactive Home Project*), de los que surgiría la *European Home System Association* (EHSA) en 1990, de la que inicialmente formaban parte compañías como ABB, BT, Legrand, Philips, Siemens, Thomson y Thorn EMI.

Los objetivos de esta asociación fueron:

1. Posibilidad de interoperación entre los distintos equipos de diferentes fabricantes.
2. Fácil instalación y reconfiguración por parte del usuario.
3. Posibilidad de integración de todos los dispositivos y medios disponibles en una vivienda convencional.

El bus EHS surgió como un sistema abierto, consecuencia de esta iniciativa, con control y gestión distribuida, y preparado para su uso en distintos medios simultáneamente.

Sigue el modelo de referencia OSI, implementando únicamente las capas física, de enlace, de red y de aplicación.

Todos los medios pueden distribuir señales de clase 1 (señales de control), algunos distribuyen además señales de clase 2 (voz/datos baja velocidad) e incluso señales de clase 3 (audio/video/datos alta velocidad). Algunos medios también pueden distribuir la alimentación de los dispositivos.

1. KNX/EIB

El Bus de Instalación Europeo (EIB, *European Installation Bus*) surgió con la idea de introducir en el mercado un sistema unificado para la gestión de edificios, creado por el consorcio europeo EIBA (*European Installation Bus Association*) en 1990 por más de setenta compañías (ABB, Siemens, Jung, etc.).

En la actualidad la asociación tiene más de cien miembros, existiendo unas veinte empresas que suministran productos, siendo las más importantes Siemens, ABB, Temper, Grasslin y Niessen. También existen miembros científicos que colaboran en el desarrollo de actividades de I+D, especialmente universidades y centros de investigación.

Las funciones de la asociación son básicamente el soporte para la preparación de normas unificadas y la definición de las pruebas y requisitos de homologación que garanticen la calidad y compatibilidad de los productos. En la actualidad, EIBA se ha integrado dentro de la asociación Konnex (KNX) para la convergencia de sistemas europeos.

Se trata, además, de un sistema abierto sobre las mismas premisas que otros sistemas de comunicación como los buses de campo abiertos: tanto las especificaciones del protocolo como los procedimientos de verificación y certificación están disponibles, así como los componentes críticos del sistema.

El KNX/EIB es un sistema distribuido (no requiere de un controlador central de la instalación), en el que todos los dispositivos que se conectan al bus de comunicación de datos tienen su propio microprocesador y electrónica de acceso al medio.

Los datos se transmiten como una tensión alterna superpuesta sobre la alimentación en corriente continua del bus, empleando para ello únicamente dos hilos. Para ello es necesario cumplir dos requisitos:

1. Cada línea dispone de una fuente de alimentación, con un filtro en serie con el bus (bobina) para evitar el filtrado de los datos de alta frecuencia.
2. Hay que desacoplar los datos de la componente de alimentación continua en cada dispositivo.

REDES DE SENSORES INALAMBRICAS

1. GENERALIDADES

El MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) identificó hace unos años las diez tecnologías emergentes que cambiarían el mundo y las redes de sensores inalámbricas aparecían en primer lugar.

Las Redes de Sensores Inalámbricas (Wireless Sensor Networks, WSN) consisten en un conjunto de nodos de pequeño tamaño, de muy bajo consumo y capaces de una comunicación sin cables, interconectados entre sí a través de una red y a su vez conectados a un sistema central encargado de recopilar la información recogida por cada uno de los sensores.

Este novedoso tipo de redes se han convertido en un campo de estudio que se encuentra en continuo crecimiento, ya que últimamente han surgido una serie de dispositivos que integran un procesador, una pequeña memoria, sensores y comunicación inalámbrica.

Al estar dotados con procesador, estos nodos son capaces de realizar ciertas computaciones locales sobre los datos tomados, lo que permite una serie de ventajas como una reducción de tráfico a través de la red, ya que será procesada localmente, y consecuentemente una lógica descarga de trabajo del computador central.

Las redes de sensores con cables no son nuevas y sus funciones incluyen medir niveles de temperatura, líquido, humedad etc. Muchos sensores en fábricas o automóviles por ejemplo, tienen su propia red que se conecta con un ordenador o una caja de controles a través de un cable y, al detectar una anomalía, envían un aviso a la caja de controles.

La diferencia entre los sensores que todos conocemos y la nueva generación de redes de sensores inalámbricas es que estos últimos son inteligentes, es decir, capaces de poner en marcha una acción según la información que vayan acumulando, y no están limitados geográficamente por un cable fijo.

A los nodos de las redes se les imponen unas restricciones de consumo severas. El motivo de la imposición de estas restricciones es la necesidad de que los nodos sean capaces de operar, por sí mismos, durante periodos largos de tiempo, en lugares donde las fuentes de alimentación no existente o son de baja potencia. El tamaño es otra restricción que cada vez se hace más necesaria para la mayoría de las aplicaciones, de manera que las tarjetas o nodos que forman las redes de sensores sean cada vez de menor tamaño.

Las últimas investigaciones apuntan hacia una eventual proliferación de redes de sensores inteligentes, redes que recogerán enormes cantidades de información hasta ahora no registrada que contribuirá de forma favorable al buen funcionamiento de fábricas, al cuidado de cultivos, a tareas domésticas, a la organización del trabajo y a la predicción de desastres naturales como los terremotos. En este sentido, la computación que penetra en todas las facetas de la vida diaria de los seres humanos está a punto de convertirse en realidad.

Si los avances tecnológicos en este campo siguen a la misma velocidad que han hecho en los últimos años, las redes de sensores inalámbricas revolucionarán la capacidad de interacción de los seres humanos con el mundo.

2. CARACTERÍSTICAS DE LAS WSN

Los recientes avances en microelectrónica, wireless y electrónica digital han permitido el desarrollo de nodos sensores de bajo coste, reducido tamaño, bajo consumo y que se comunican de forma inalámbrica.

Aunque la naturaleza de los nodos que emplean las redes pueda ser muy distinta y la misión a realizar pueda variar dependiendo del tipo de aplicación, se pueden identificar una serie de características comunes a todas ellas y que son las que principalmente las identifican:

1. **Gran Escala.** La cantidad de nodos que se despliega en una red puede llegar hasta los miles, pudiendo crecer su número a lo largo de la vida de la red. La red se va a componer de muchos sensores densamente desplegados en el lugar donde se produce el fenómeno y, por lo tanto, muy cerca de él.
2. **Topología variable.** La posición en que se coloca cada nodo puede ser arbitraria y normalmente es desconocida por los otros nodos. La localización no tiene por qué estar diseñada ni preestablecida, lo que va a permitir un despliegue aleatorio en terrenos inaccesibles.
3. **Recursos limitados.** Los sensores, a cambio de su bajo consumo de potencia, coste y pequeño tamaño disponen de recursos limitados. Los dispositivos actuales más usados, los *mica2*, cuentan con procesadores a 4 MHz, 4 Kbytes de RAM, 128 Kbytes de memoria de programa y 512 Kbytes de memoria flash para datos. Su radio permite transmitir a una tasa de 38.4 KBaudios.
4. **Cooperación de nodos sensores.** Realizan operaciones simples antes de transmitir los datos, lo que se denomina un procesamiento parcial o local.
5. **Comunicación.** Los nodos sensores usan comunicación por difusión y debido a que están densamente desplegados, los vecinos están muy cerca

unos de otros y la comunicación *multihop* (salto múltiple de uno a otro) consigue un menor consumo de potencia que la comunicación *single hop* (salto simple). Además, los niveles de transmisión de potencia se mantienen muy bajos y existen menos problemas de propagación en comunicaciones inalámbricas de larga distancia.

6. **Funcionamiento autónomo.** Puede que no se acceda físicamente a los nodos por un largo periodo de tiempo. Incluso tal vez esto nunca ocurra. Durante el tiempo en el que el nodo permanece sin ser atendido puede que sus baterías se agoten o su funcionamiento deje de ser el esperado.

En la siguiente figura se puede establecer los elementos que componen de forma general una WSN:

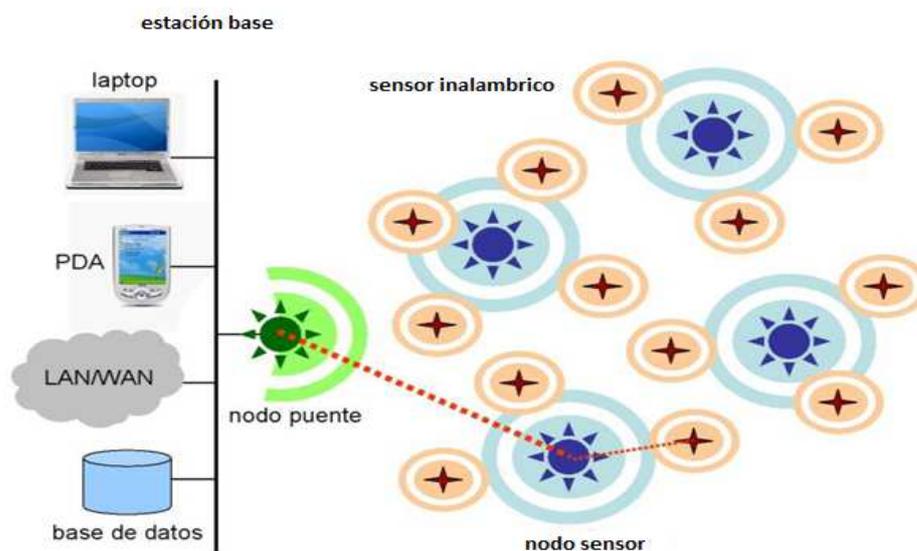


Figura 10. Elementos de una WSN

1. Sensores.

De distinta naturaleza y tecnología, toman del medio la información y la convierten en señales eléctricas.

2. Nodos sensores.

Son los procesadores de radio, que toman los datos del sensor a través de sus puertas de datos, y envían la información a la estación base.

3. Pasarelas o Gateways. (Nodo puente)

Elementos para la interconexión entre la red de sensores y una red TCP/IP.

4. Estaciones base.

Recolector de datos basado en un ordenador común o sistema integrado.

5. Red inalámbrica.

Típicamente basada en el estándar 802.15.4 – Zigbee

1. TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN

Entre los medios más usados hoy en día mediante transmisión inalámbrica tenemos las tecnologías Bluetooth, Wi-Fi y ZigBee.

En la figura 10 se puede observar las diferentes tecnologías inalámbricas dependiendo de la transmisión y de su utilización.

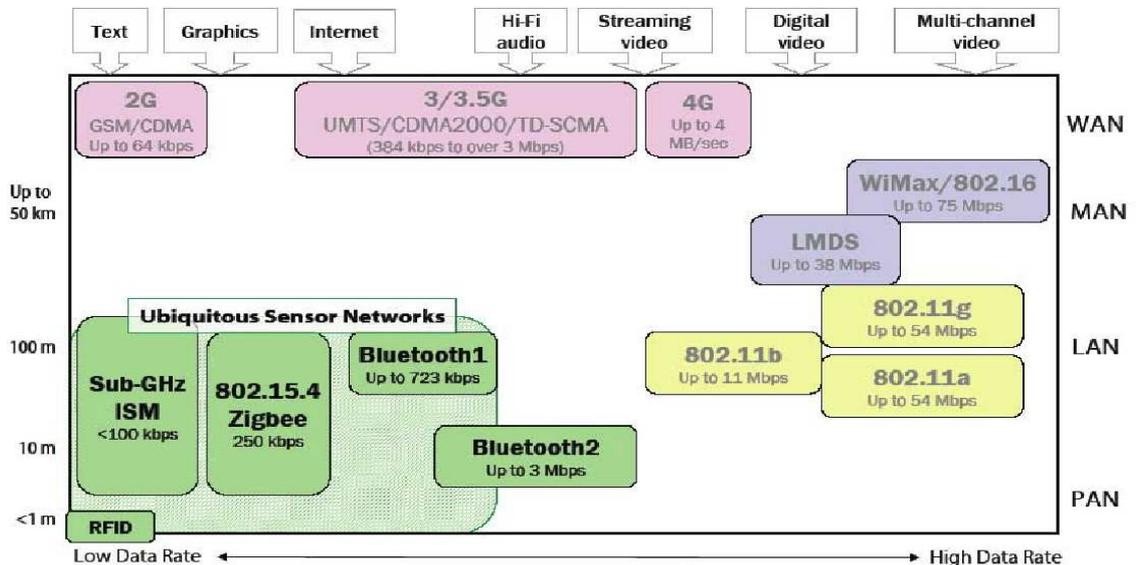


Figura 11. Comparativa tecnologías inalámbricas uso y distancia de transmisión.

En la figura 11 se observa cómo cada estándar tiene unas características distintas en cuanto a velocidad de transmisión, memoria necesaria o vida de las baterías, por lo que se enfocan para unas aplicaciones y parámetros clave muy distintos.



Estándar	Wi-Fi 802.11g	Wi-Fi 802.11b	Bluetooth 802.15.1	ZigBee 802.15.4
Aplicación principal	WLAN	WLAN	WPAN (sustituir cable entre dos dispositivos)	Control y monitorización
Memoria necesaria	1MB+	1MB+	250KB+	4KB - 32KB
Vida Bateria (días)	0,5 - 5	0,5 - 5	1 - 7	100 - 1000+
Tamaño Red	32 nodos	32 nodos	7	255 / 65.000
Velocidad (Kbps)	54 Mbps	11 Mbps	720 Kbps	20 - 250 Kbps
Cobertura (metros)	100	100	10 (v1.1)	1 - 100
Parámetros más importantes	Velocidad y Flexibilidad	Velocidad y Flexibilidad	Coste y perfiles de aplicación	Fiabilidad, bajo consumo y muy bajo coste

Tabla 2. Comparativa tecnologías inalámbricas diferentes aspectos.

Claramente se ve que los protocolos más adecuados para ser usados en WSN son los protocolos Bluetooth y Zigbee. A pesar de que Zigbee es muy similar a Bluetooth podemos encontrar algunas diferencias que hacen más adecuado el protocolo Zigbee para las WSN:

1. 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 Bluetooth.
2. Zigbee tiene un menor consumo eléctrico que el Bluetooth. En términos exactos, ZigBee tiene un consumo de 30mA transmitiendo y de 3µA 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.
3. Zigbee tiene una velocidad de hasta 250 Kbps, mientras que Bluetooth es de hasta 3 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 una batería, los sensores médicos, y en artículos de juguetería, en los cuales la transferencia de datos es menor.

1. ZIGBEE, ESTANDAR WSN

ZigBee es el estándar de la norma IEEE 802.15.4 que define el protocolo y la interconexión de dispositivos con comunicación vía radio para redes de área personal inalámbricas (WPAN) patrocinado por la ZigBee Alliance.

La tecnología está diseñada con el objetivo de ser más simple y barata que otras WPANs tales como Bluetooth, y está apuntando su uso al de aplicaciones de bajas tasas de datos y bajo consumo de potencia.

El estándar usa CSMA/CA como acceso al medio, acceso múltiple con detección de portadora evitando colisiones y soporta topologías en estrella y punto a punto. Opera en las bandas libres de los 2.4 GHz, 915 MHz y 868 MHz, y, al igual que WiFi, usa DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) como método de transmisión y se focaliza en las capas inferiores de red (Física y MAC).

La transmisión se realiza a 20 Kbps para el caso de las frecuencias de 915/868 MHz mientras que aumenta a 250 Kbps para las que son de 2.4 GHz. Finalmente, el rango de transmisión está entre los 10 y 75 metros, dependiendo de la potencia de transmisión y del entorno.

Una red ZigBee puede estar formada por hasta 255 nodos los cuales tienen la mayor parte del tiempo el transmisor ZigBee dormido con objeto de consumir menos que otras tecnologías inalámbricas. El objetivo es que un sensor equipado con un transmisor ZigBee pueda ser alimentado con dos pilas AA durante al menos 6 meses y hasta 2 años.

Como comparativa, la tecnología Bluetooth es capaz de llegar a 1 Mbps en distancias de hasta 10 m operando en la misma banda de 2,4 GHz y sólo puede tener 8 nodos por celda y está diseñado para mantener sesiones de voz de forma continuada, por otro lado, pueden construirse redes que cubran grandes superficies ya que cada ZigBee actúa de repetidor enviando la señal al siguiente.

2.4.1 ZigBee Alliance

Es una alianza, sin ánimo de lucro, de más de 100 empresas, la mayoría de ellas fabricantes de semiconductores, con el objetivo de auspiciar el desarrollo e implantación de una tecnología inalámbrica de bajo coste. La alianza de empresas está trabajando codo con codo con IEEE para asegurar una integración, completa y operativa. Los principales mercados de la ZigBee Alliance son la automatización de viviendas, edificios y la automatización industrial.

Además de ser el estándar aceptado y utilizado por las WSN, ZigBee es un sistema ideal para redes domóticas, específicamente diseñado para reemplazar la proliferación de sensores y actuadores individuales. ZigBee fue creado para cubrir la necesidad del mercado de un sistema a bajo coste, un estándar para redes Wireless de pequeños paquetes de información, bajo consumo, seguro y fiable.

2. PROBLEMAS DE LAS WSN

Es evidente que las tecnologías de redes de sensores nos ofrecen multitud de aplicaciones y utilidades pero también conllevan un importante esfuerzo de producción eficiente tanto hardware como software.

Las características que tienen este novedoso tipo de redes requieren de protocolos y estrategias concretas a la hora de crearlas, tanto a nivel de red como a nivel de componentes individuales, ya sean los sensores con sus limitaciones de potencia o procesador, las pasarelas para enrutar de forma eficiente este tipo de redes o las estaciones base para evaluar y ejecutar respuestas de forma adecuada ante los datos que van recibiendo.

Una serie de problemas que están en estudio para conseguir posibles soluciones o mejoras, tanto a nivel hardware como de programación son las siguientes:

1. Optimización del consumo de energía en los nodos sensores.
2. Ancho de banda y cobertura de red limitados.
3. Los recursos de computación son limitados en procesador y memoria.
4. La topología de red debe ser muy dinámica con nodos móviles, nodos con alta probabilidad de fallo.

1. COMPATIBILIDAD ENTRE WIFI Y ZIGBEE

En multitud de aplicaciones es posible que estos dos sistemas de comunicación inalámbrica estén funcionando simultáneamente muy cerca, y se debe tener seguridad en que no se causaran interferencias entre sí.

En la figura 12 podemos ver cuanta energía y en que frecuencias opera la radio en las dos tecnologías inalámbricas. No se emite en un solo canal sino que ocupan varias bandas de frecuencia. La asignación del canal de radio se hace en el centro de la banda de frecuencias (en el centro de la joroba).

Podemos observar que el canal WiFi es más ancho que el canal ZigBee, lo que quiere decir que WiFi ocupa más espectro de radio frecuencia que ZigBee.

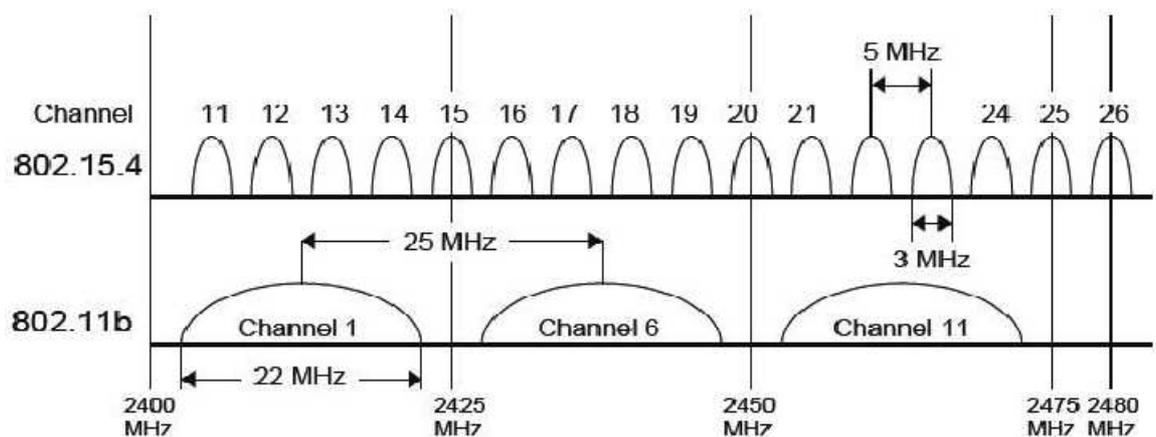


Figura 13. Canales de WI-FI y ZigBee

2. APLICACIONES DE LAS WSN

La WSN puede consistir en muchos tipos diferentes de sensores, como pueden ser sísmicos, magnéticos, térmicos, acústicos, radar, IR, etc. Los distintos tipos de sensores existentes pueden monitorizar una gran variedad de condiciones ambientales, que incluyen:

1. Temperatura, humedad, presión.
2. Condiciones de luz, movimiento, niveles de ruido.
3. Composición del suelo.
4. Presencia o ausencia de cierto tipo de objetos.
5. Niveles de estrés mecánico en objetos (maquinaria, estructuras, etc.).
6. Características de velocidad, dirección y tamaño de un objeto.

Los nodos sensores pueden adoptar diversas formas de trabajo, pueden actuar en modo continuo, por detección de eventos, por identificación de eventos, toma de datos localizados o como control local de actuadores (idóneo para aplicaciones domóticas).

1. NODOS DE SENSORES

Las redes de sensores inalámbricas se componen de diversos elementos formando el conjunto total de la red, pero los principales elementos que crean y sobre los que se sustentan estos novedosos sistemas son los nodos sensores. Todo gira en torno a estos nuevos dispositivos, que constituyen la pieza central de las redes de sensores.

Un mote, también conocido como nodo sensor, es un elemento que es un dispositivo capaz de observar y tomar medidas de un fenómeno.

El mote combina capacidades de recolección, procesado y transmisión de datos en un mismo dispositivo, logrando todo esto con un reducido coste económico, tamaño y consumo de potencia.

Los sensores que lleva incorporado el nodo pueden ser de diferentes tipos: presión, humedad, temperatura, movimiento, etc. dando lugar a las distintas aplicaciones

De esta forma, podemos establecer una serie de características generales que se dan para los nodos sensores:

1. Integran sensores para realizar mediciones.
2. Están limitados en diferentes aspectos:
 1. Energía. Ya que suelen estar alimentados por medio de baterías y el bajo consumo es una de sus prioridades.
 2. Capacidad de cómputo y memoria. Aún no disponen de grandes capacidades de procesador y de almacenamiento, aunque este campo está desarrollándose y ampliándose cada día.
 3. Memoria. La capacidad de almacenamiento también es limitada.
 4. Hacen un uso intensivo de la CPU para el procesamiento, y de la Radio para enviar y recibir mensajes.
 5. Los sensores son de bajo coste
 6. Alta probabilidad de fallo, teniendo en cuenta las condiciones a las que se exponen los sensores. Deben tener costes de producción muy bajos y ser desechables.
 7. Son autónomos y operan de forma independiente.
 8. Se adaptan al entorno.

Un nodo sensor está formado por cuatro componentes básicos:

1. Unidad sensora.

Sensores y conversores analógico-digitales que convierten las señales para el microprocesador.

2. Procesador.

Normalmente asociado a una pequeña unidad de almacenamiento. Gestiona los procesos que permiten al nodo sensor colaborar con otros para realizar las tareas asignadas.

3. Transceptor.

Conecta el nodo a la red, realizando las operaciones de transmisión y recepción de mensajes.

4. Alimentación.

Uno de los componentes más importantes, se obtiene a partir de baterías aunque puede estar ayudado de un generador, como placas solares que obtienen energía del entorno. Todo esto tiene que caber en un módulo del tamaño de una caja de fósforos y, a veces, en un tamaño de un centímetro cúbico para poder suspenderlo en el aire.

1. Ejemplos de motes

En los últimos años las WSN han evolucionado mucho, principalmente por la creación de nuevos motes entre los cuales están los Micas y Telos.

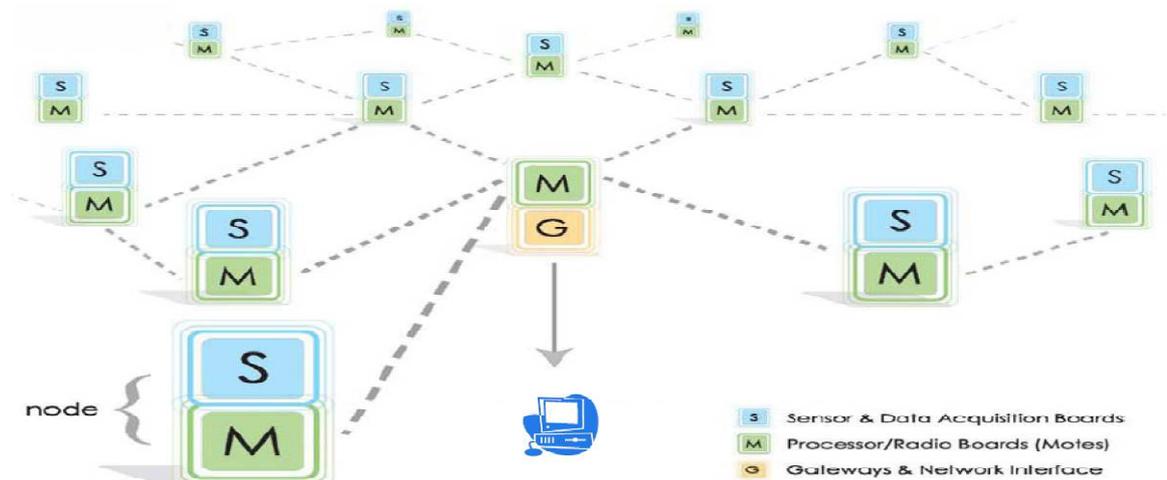


Figura 14. Estructura de red y motes

Dentro de una arquitectura WSN, los nodos sensores se diferencian en dos partes: MPR, placa del procesador y radio y MTS, placa de sensores o también puede que lleve adquisición de datos. En el caso de los Micas son placas que pueden ir por separado y unir las mediante pines de conexión, mientras que en el caso de los Telos, está todo integrado en el mismo mote, teniendo una serie de sensores concretos, dependiendo del tipo de Telos.

1. Micas

Dentro de la familia de las micas, podemos encontrar varios tipos: los Micaz, Mica2 y Mica2Dot.

Los Micaz son una de las últimas generaciones de motes que trabaja en la banda de frecuencias de 2400 MHz a 2483.5 MHz. El MPR2400 (Micaz) usa el Chipcon CC2420, bajo la norma protocolo IEEE 802.15.4, un transmisor integrado ZigBee y un micro controlador Atmega128L y dos baterías AA.

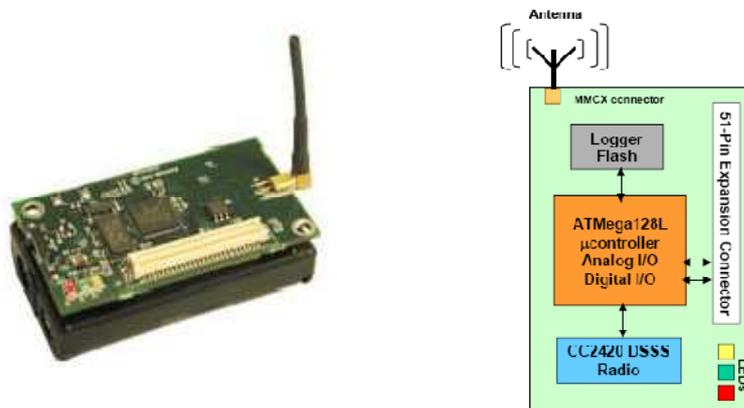


Figura 15. Diagrama de bloques Micaz

Los motes Mica2 son los módulos de tercera generación de motes que se usan para redes de sensores inalámbricas de baja potencia. Mejoran bastante las características del Mica original:

1. Diseñado específicamente para redes de sensores integradas.
2. Distintas frecuencias de transmisión con amplio rango.
3. Más de un año de batería mediante los modos sleep.
4. Soportan reprogramación inalámbrica a distancia.
5. Amplia variedad de placas de sensores compatibles: luz, temperatura, presión, aceleración, acústica, detectores magnéticos, etc.

Las distintas aplicaciones en las que se utilizan estos motes son, principalmente, las WSN, la seguridad y vigilancia, la monitorización ambiental o las redes inalámbricas de gran escala.

Los Mica2Dot son un tipo de motes diseñados especialmente para aplicaciones donde el tamaño físico es fundamental. Su correspondiente diagrama de bloques lo podemos ver en la figura 14, apreciando que los pines se han colocado de forma periférica:

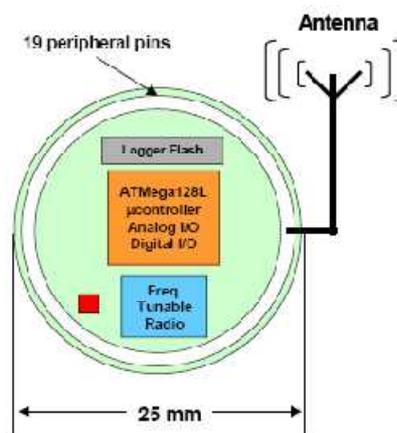


Figura 16. Diagrama de bloques Mica2dot

Las series de placas de sensores MTS o de adquisición de datos MDA han sido diseñadas para la familia de los Micas. Hay una gran variedad de sensores que permiten un amplio margen de modalidades diferentes. La tabla 3 muestra los sensores disponibles actualmente para cada tipo de mote.

Crossbow Part Name	Motes Supported	Sensors and Features
MTS101CA	MICA, MICA2	Light, temperature, prototyping area
MTS300CA	MICA, MICA2	Light, temperature, microphone, and buzzer
MTS310CA	MICA, MICA2	Light, temperature, microphone, buzzer, 2-axis accelerometer, and 2-axis magnetometer
MTS400CA	MICA2	Ambient light, relative humidity, temperature, 2-axis accelerometer, and barometric pressure
MTS420CA	MICA2	Same as MTS400CA plus a GPS module
MTS510CA	MICA2DOT	Light, microphone, and 2-axis accelerometer
MDA300CA	MICA2	Light, relative humidity, general purpose interface for external sensors
MDA500CA	MICA2DOT	Prototyping area

Tabla 3. Tipos de sensores para Micas

6. Telos

Los TelosB son los motes que más importancia tienen reúne todo lo esencial en una plataforma simple, incluyendo la capacidad de programación por USB, una antena integrada con sistema radio IEEE 802.15.4, un procesador de bajo consumo con una memoria extendida y un conjunto de sensores. Las características generales de los TelosB son:

1. Transmisión RF de acuerdo con la norma IEEE 802.15.4/ZigBee.
2. Banda de frecuencias desde 2.4 a 2.4835 GHz.
3. Velocidad de transferencia de datos de 250kbps.
4. Antena integrada.

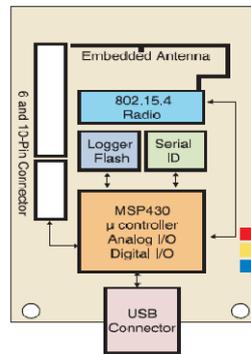


Figura 17. Diagrama de bloques TelosB

1. Micro-controlador MSP430 a 8MHz con 10kB de RAM.
2. Bajo consumo.
3. Flash externa de 1Mb para almacenamiento de datos.
4. Programación y toma de datos vía USB.
5. Conjunto de sensores de luz, temperatura y humedad.

Los TelosB se alimentan de dos baterías AA, aunque si es conectado mediante el puerto USB para programación o comunicación, la alimentación la proporciona el ordenador. También se proporciona la capacidad de añadir dispositivos adicionales. Los dos conectores de expansión de los que dispone pueden ser configurados para controlar sensores analógicos, periféricos digitales y displays LCD.

INTEGRACIÓN DE WSN Y DOMOTICA

3.1 GENERALIDADES

La integración de redes de sensores en el ámbito de la domótica consiste, básicamente, en la programación de nodos sensores que formarán redes inalámbricas dedicadas a funciones y aplicaciones domóticas, como pueden ser el control de iluminación, persianas, sistemas de calefacción, etc.

Ciertos nodos serán los sensores, que interactúan con el medio, recibiendo estímulos, tomando datos o midiendo distintos parámetros, dependiendo de para qué hayan sido programados.

Por otra parte, otros nodos serán configurados como actuadores. Los actuadores recibirán la información de los sensores cuando se produzca un cambio, un evento o cualquier cosa que se quiera indicar y estos, en función de la información recibida, actuarán de una forma u otra, tomando decisiones, activando aparatos, reenviando la información a otros nodos o incluso a una unidad central de control.

3.2 WSAN

Las WSAN consisten en un grupo de actuadores y sensores conectados inalámbricamente para realizar medidas de sensores de forma distribuida y tareas de actuadores.

En una red de este tipo, los sensores van reuniendo información sobre el medio físico mientras que los actuadores toman decisiones y ejecutan las acciones apropiadas sobre el entorno, permitiendo a un usuario detectar y actuar a distancia.

Sin embargo, debido a la presencia de actuadores las WSAN tienen algunas diferencias con respecto a las WSN:

1. Mientras que los nodos sensores son dispositivos pequeños, baratos con sensores, capacidad de procesamiento y comunicación inalámbrica limitados, y el hecho de actuar sobre un fenómeno es más complicado y consume más energía que medir un fenómeno, los actuadores deberán ser nodos de recursos más caros, con mejor capacidad de proceso, una potencia de transmisión mayor y unas baterías con mayor tiempo de vida.
2. En las WSN, dependiendo del tipo de aplicación puede que se necesite un tiempo de respuesta rápido ante un evento. Además, para ejecutar las acciones correctas, los datos medidos deben ser válidos en el momento de la ejecución. Por lo tanto, la comunicación en tiempo real es una cuestión muy importante en las WSN.
3. El número de nodos sensores dedicado al estudio de un fenómeno puede llegar al orden de cientos de miles. Sin embargo, no es necesaria tal cantidad para nodos actuadores.
4. Para conseguir un trabajo de detección y actuación efectivo, es necesario un mecanismo local de coordinación entre sensores y actuadores.

El mundo de la domótica y automatización de edificios tiene unas características concretas que le diferencian de otro tipo de mercados. No será lo mismo unos sensores que detecten movimientos sísmicos y tengan que advertir posibles terremotos en tiempo real, que unos sensores de una oficina que controlen la temperatura para activar el sistema de aire acondicionado.

Por tanto, estas características de las redes WSN se ajustan a las redes que controlarán las viviendas inteligentes, siempre teniendo en cuenta el tipo de aplicaciones con el que se está tratando. Normalmente, factores como la velocidad

de transferencia o el envío en tiempo real no serán problema para el control de iluminación o persianas, pero sí con aplicaciones de seguridad y vigilancia que estarán basadas en esos factores y de los cuales dependerá que el sistema sea fiable y efectivo.

3.3 SOLUCIONES EXISTENTES

3.3.1 Control4

Control4, un líder creciente en los sistemas asequibles y de fácil uso para el control domótico y el entretenimiento, reconoció que el mejor y más asequible de los estándares inalámbricos, combinado con la tecnología IP, permitiría la automatización de viviendas.

Control4 crea los primeros productos de control en viviendas basados en el estándar Zigbee, que proporciona la red inalámbrica para la comunicación entre los dispositivos de la casa.

3.3.2 TAC Ingeniería S.A.S

TAC es una compañía líder en automatización de edificios, sistemas de seguridad y soluciones de energía. La misión de TAC es proporcionar un valor añadido mediante servicios de entorno de viviendas como la climatización interior, la seguridad y el uso de la energía, desarrollados con tecnologías avanzadas para poder llegar a todos los usuarios.

Las soluciones inalámbricas TAC están basadas en una familia de controladores que se instalan en todo el mundo y que proporcionan una administración del sistema con herramientas gráficas en tiempo real para controlar la red inalámbrica.

CONCLUSIONES

En esta monografía hemos realizado un estudio de dos sectores tecnológicos que aún están en sus comienzos, enfocándonos en una de las salidas con más perspectivas de futuro para la domótica, como son las redes inalámbricas de sensores.

Después de analizar el estado actual de la automatización de viviendas y edificios, hemos comprobado que desde hace algunos años se han puesto esperanzas en proyectos que no han dado los resultados previstos. La integración de la domótica en la sociedad es una asignatura aún pendiente, puesto que están apareciendo inconvenientes que están retrasando esta implantación.

Al igual que pasó con la telefonía móvil, que experimentó una revolución y un auge casi inesperados, a la domótica le está faltando ese factor explosivo que permita integrarla en la vida cotidiana de cualquier persona, en cualquier casa y edificio. Ese factor serán las redes inalámbricas de sensores y actuadores.

El MIT considera que estas redes serán una de las tecnologías que cambiarán el mundo en los próximos años y, por supuesto, llevarán sus prestaciones al mundo de la vivienda, así como a todas las aplicaciones que hemos comentado en esta monografía.

Como conclusiones importantes podemos destacar todas las actividades de desarrollo que aún se necesitan hacer para conseguir que estas tecnologías emergentes se vayan asentando.

Por una parte, la integración de tecnologías inalámbricas en los estándares domóticos, estableciendo nuevos frentes de actuación. Por otro lado, avanzar

tecnológicamente e ir encontrando nuevas soluciones para las redes de sensores inalámbricas, desarrollando aplicaciones con más prestaciones, nuevos sensores exclusivos para domótica, ampliación de topologías para redes móviles, etc.

Muchas aplicaciones para redes de sensores se están realizando en diversos campos, y el de la domótica es uno que está pendiente por desarrollar.

Se deben llevar a cabo estudios en la programación de sensores de acuerdo a un estándar domótico, la creación de nuevas aplicaciones para viviendas o la programación de aplicaciones con interfaces gráficas que permitan la configuración de sensores de una red WSN son distintos frentes en los que habrá que ir trabajando para conseguir que estas nuevas tecnologías sean una realidad.

BIBLIOGRAFIA

Álzate Builes, Francisco Javier. Domótica e Inmótica: módulos instruccionales para la formación profesional. Medellín, 2003. p.1. Tesis (Especialista En Automática). UPB. Escuela de ingenierías.

Waks, K.P.: "Utilidad de administración mediante la domótica". IEEE Transacciones en consumo de Electrónica, vol. 87, página 2, pp. 168-174, 1991.

Matías, I. R.; M. López-Amo: "Las telecomunicaciones en el siglo XXI. Introducción". Proyectar en Navarra, vol. 47, pp. 138-142, Julio 1999.

Acuña, R.: "Domótica, La Casa Inteligente". 2008. Disponible en <http://www2.udec.cl/~racuna/domotica/>

Fernández, C.; Matías, J.R.; Mardones, A.J.; Arregi, F.J.; Jimenez, M.; Vera, J.A.; Roca, J.: "EIB control remoto a través de un canal seguro a través de Internet: Domoware ". Actas de la Conferencia científica de Instalación Bus Europea (EIB 2001), 2001.

Muñiz, C.; López-Amo, M.; López Higuera, J.M.: "Fibra óptica en edificios inteligentes. Integración de servicios". Mundo Electrónico, pp. 47-53, Enero 1996.

Callaway, E.; Gorday, P.; Hester, L.; Gutierrez, J.A.; Naeve, M.; Heile, B.; Bahl, V.: "Red en el hogar con IEEE 802.15.4: un nivel de desarrollo de baja tasa de redes

inalámbricas de área personal ". Revista de comunicación, IEEE, vol. 40, página 8, pp. 70 – 77, 2002.

Fernández J.L. (2004): *Visión global del Hogar Digital*, Máster en Domótica, UPM. Págs. 4-11.

Huidobro J.M., Millán R. (2004): *Domótica. Edificios inteligentes*, Creaciones Copyright, Madrid. Páginas 221-225.

Lorente S. (1991): *La casa inteligente: hacia un hogar interactivo y automático*, Fundesco, Colección Sectores, Madrid. Capítulo 1, págs. 30-34.

Junestrand S., Pasarte X., Vázquez D. (2005): *Domótica y Hogar Digital*, Thomson Paraninfo, Madrid, págs. 149-209.

Huidobro J.M., Millán R. (2004) *Domótica. Edificios Inteligentes*, Creaciones Copyright, Madrid. págs. 58-59

M. Jiménez, "Caso de estudio: Redes de sensores/actuadores WSN para automatización de viviendas y edificios", Universidad Politécnica de Cartagena, Dpto. Tecnología Electrónica, 2006.

J. M. Quinteiro, J. Lamas, J. D. Sandoval. "Sistemas de control para viviendas y edificios: Domótica", Paraninfo. 1999.

Romero, Miguel. Domótica: Edificios Inteligentes. Proyecto para vivienda unifamiliar. *Domótica*. [En línea]. Madrid, 1998 (actualizado 2003). <http://www.nova.es/~mromero/domotica/domotica.htm>

Chaparro, J. Domótica: la mutación de la vivienda. *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1 de agosto de 2003, vol. VII, núm. 146(136). [http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-146\(136\).htm](http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-146(136).htm)

Junestrand, Stefan. La casa del futuro. *Casadomo: Actualidad Domótica* [En línea]. España: Casadomo, http://www.casadomo.com/rev_articles.asp.

<http://es.wikipedia.org/wiki/ZigBee>

ANEXOS

Que es DSSS?

El **espectro ensanchado por secuencia directa** (*direct sequence spread spectrum* o *DSSS*), también conocido en comunicaciones móviles como **DS-CDMA (acceso múltiple por división de código en secuencia directa)**, es uno de los métodos de modulación en espectro ensanchado para transmisión de señales digitales sobre ondas radiofónicas que más se utilizan. Tanto DSSS como FHSS están definidos por la IEEE en el estándar 802.11 para redes de área local inalámbricas WLAN. Este esquema de transmisión se emplea, con alguna variación, en sistemas CDMA asíncronos (como por ejemplo UMTS).

El espectro ensanchado por secuencia directa es una técnica de modulación que utiliza un código de pseudoruido para modular directamente una portadora, de tal forma que aumente el ancho de banda de la transmisión y reduzca la densidad de potencia espectral (es decir, el nivel de potencia en cualquier frecuencia dada). La señal resultante tiene un espectro muy parecido al del ruido, de tal forma que a todos los radiorreceptores les parecerá ruido menos al que va dirigida la señal.

En esta técnica se genera un patrón de bits redundante para cada uno de los bits que componen la señal. Cuanto mayor sea este patrón de bits, mayor será la resistencia de la señal a las interferencias. El estándar IEEE 802.11 recomienda un tamaño de 11 bits, pero el óptimo es de 100. En recepción es necesario realizar el proceso inverso para obtener la información original.

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 cinco subgrupos, del 1 al 5.

Los estándares que desarrolla definen redes tipo PAN o HAN, centradas en las cortas distancias. Al igual que Bluetooth o ZigBee, el grupo de estándares 802.15 permite que dispositivos portátiles como PC, PDAs, teléfonos, pagers, sensores y actuadores utilizados en domótica, entre otros, puedan comunicarse e interoperar. Debido a que Bluetooth no puede coexistir con una red inalámbrica 802.11.x, se definió este estándar para permitir la interoperabilidad de las redes inalámbricas LAN con las redes tipo PAN o HAN.

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). En 2007, 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.

Computación ubicua

Se entiende por computación ubicua (*ubicomp*) la integración de la informática en el entorno de la persona, de forma que los ordenadores no se perciban como objetos diferenciados. Esta disciplina se conoce en inglés por otros términos como *pervasive computing*, *calm technology*, *things that think* y *everyware*. Desde hace unos años también se denomina **inteligencia ambiental**. Sus promotores propugnan la integración de dispositivos alrededor de escenarios donde se encuentre localizado el ser humano, en el que éste puede interactuar de manera natural con sus dispositivos y realizar cualquier tarea diaria de manera completamente transparente con respecto a sus computadores. Durante sus actividades ordinarias, alguien que esté “usando” computación ubicua (decimos entrecomillas “usando” porque el usuario nunca lo hará directamente) lo hace a través de diversos dispositivos y sistemas computacionales simultáneamente, y generalmente lo hará sin percibirlo. Este modelo es visto como un paso más del paradigma de uso de ordenadores de escritorio. Como punto común a todos los modelos de computación ubicua podríamos destacar el hecho de que comparten la visión de ser pequeños y disimulables, robustos y con capacidad para procesamiento de red, distribuidos en todas las escalas que comprende el día a día actual, y generalmente son integrables en nuestro entorno sin ser especialmente llamativos. Por ejemplo, un dispositivo de computación ubicua doméstico podría interconectar los sistemas de iluminación y calefacción con un control ambiente, de manera que en función de la

evolución del momento del día y sus características, este sistema reaccionase y pudiese variar la temperatura y condiciones de luz en una vivienda o edificio, de manera continua e imperceptible. Otra aplicación frecuente son frigoríficos que son conscientes de su contenido cuando ha sido convenientemente etiquetado, capaces de planificar menús saludables para toda la semana en función de las necesidades de cada miembro de la familia, y advertir a los usuarios de la comida rancia o en mal estado

CENELEC (en francés Comité Européen de Normalisation Electrotechnique) es el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica.