

CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO

En éste capítulo se muestra una breve descripción de las técnicas y sistemas utilizados para implementar la domótica en un edificio.

2.1 DOMÓTICA Y SUS APLICACIONES

En éste tema se muestra lo que engloba la domótica y sus aplicaciones, en la actualidad es de gran importancia el análisis de la integración de los diferentes sistemas que permiten crear el hogar inteligente.

2.1.1 ¿Que es la domótica?

El término Domótica proviene de la unión de las palabras domus (que significa casa en latín) y *tica* (de *automática*, palabra en griego, 'que funciona por sí sola'). Se entiende por domótica al conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda, aportando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación, y que pueden estar integrados por medio de redes interiores y exteriores de comunicación, cableadas o inalámbricas, y cuyo control goza de cierta ubicuidad, desde dentro y fuera del hogar.

Domótica, concepto también asociado al hogar inteligente, es entendido como “vivienda que integra todos los automatismos en materia de seguridad, gestión de la energía, comunicaciones y otros servicios” (Morales *et al.*, 2007).

El concepto domótica se refiere a la automatización y control (encendido, apagado, apertura, cierre y regulación) de aparatos y sistemas de instalaciones eléctricas y electrónicos (iluminación, climatización, persianas, puertas, ventanas motorizados, riego de áreas verdes, etc.) de forma centralizada y/o remota. El objetivo del uso de la domótica es el aumento del el confort, el ahorro energético y la mejora de la seguridad personal y patrimonial en la vivienda.



Figura 1. Aspectos que integran la Domótica.

2.1.2 Tipos de viviendas y edificios inteligentes

Los espacios habitables con sistemas inteligentes han tenido un importante crecimiento en los últimos años y con el paso del tiempo se han diversificado unas definiciones que resultan confusas para asimilar pero, que con el desarrollo de las nuevas tecnologías se ha llegado a un cierto acuerdo. Esta terminología abarca un gran número de conceptos que se utilizan actualmente para referirse a los edificios y viviendas inteligentes, tanto en español como en lenguas extranjeras, tales como la casa inteligente (“*Smart House*”), sistemas domésticos (“*Home Systems*”), automatización de viviendas (“*Home Automation*”), domótica (“*Domotique*”), edificios inteligentes (“*Intelligent Buildings*”), inmótica, urbótica, gestión técnica de la vivienda y de los edificios, bioconstrucción, viviendas ecológicas, viviendas sostenibles, etc. Todos estas definiciones se refieren muchas veces a un mismo concepto independientemente de la forma en que se utiliza. A continuación se describe una clasificación para diferentes tipos de edificios encontrados en el campo de la domótica según la expone los autores Cristóbal Romero y Francisco Vásquez en su libro “Domótica e Inmótica: viviendas y edificios inteligentes”, páginas 4 a 13.

Recinto automatizado

Es un término utilizado para referirse a cualquier edificio o vivienda que posea algún tipo de automatismo con sistemas no integrados entre sí, de tal manera que presente una respuesta adecuada ante una solicitud prevista y que se encuentre dentro de un rango específico y ordenado para que actúe consecuentemente. Los centros comerciales y edificios bancarios o financieros son ejemplos típicos de este tipo de edificaciones a las cuales cada vez se han ido agregado nuevos servicios relacionados con el confort, la seguridad y la accesibilidad. El edificio automatizado se ha estado relacionando con un concepto nuevo que es el de la “Ecotrónica”, consistente en la integración de la tecnología con el medio ambiente, el uso y los servicios que puede brindar la automatización electrónica y mecánica para mejorar la calidad de vida de las personas y la preservación del medio.

Recinto domótico

Se dice que una vivienda es domótica cuando incluye una infraestructura propia de cableado y equipos necesarios para brindar servicios avanzados, optimizando a la vez las funciones dentro del hogar, planteándose el objetivo de permitir una mayor calidad de vida a través de la tecnología, ofreciendo una reducción del trabajo doméstico, un aumento del bienestar y de la seguridad de sus habitantes y un mayor control en el uso de la energía. Existe una diferencia entre los conceptos de automatización y vivienda inteligente o domótica, ya que se necesita integrar los sistemas de control, las telecomunicaciones y la gestión integral de un recinto automatizado dentro de un mismo grupo para que pueda ser llamado recinto domótico.

Edificio Inmótico

Es un término que se refiere a la gestión técnica orientada a los grandes edificios como hoteles, museos, oficinas, bancos, almacenes, etc. Se diferencia con la domótica porque abarca edificaciones más grandes, con distintos fines específicos y se enfoca a la calidad de vida y del trabajo. Aunque emplea las mismas técnicas de automatización de la domótica, los sistemas a integrar se particularizan a las funciones que se desea incorporar. Por ejemplo, en la galería de un museo se pretende tener un control en la iluminación sobre las pinturas y obras de arte o la automatización de la humedad en un museo arqueológico, con ambientes distintos en cada sala y vitrina.

Centro Urbótico

Es un término no muy común y que puede parecer un concepto virtual o futurista de, pero se refiere a la aplicación de la domótica y de los edificios inteligentes a las ciudades, las cuales se podrían denominar ciudades inteligentes. Con la migración de la domótica a la inmótica y de ésta a la urbótica se posibilita hablar en un futuro de la Globótica.

Edificio inteligente

En la actualidad es ampliamente utilizado el concepto de edificios inteligentes, el cual se había comenzado para dar idea a los sistemas con similitud al comportamiento humano, capaces de procesar datos. Así, se debe entender este tipo de inteligencia como la domotización de un edificio que es capaz de simplificar tareas, optimizar su funcionamiento e interactuar con el usuario y el medio ambiente. Los edificios inteligentes presentan unas características que hacen posible su denominación y se presentan mediante factores y criterios importantes como su inteligencia artificial, el ambiente inteligente y la conservación del medio ambiente. La inteligencia artificial se refiere a la simulación de comportamientos por parte del sistema domótico o inmótico mediante técnicas como redes neuronales, sistemas expertos, algoritmos evolutivos, etc. las cuales permiten una respuesta automática y óptima en diferentes situaciones sin la orden directa del usuario.

El ambiente inteligente se entiende como un entorno en donde los usuarios interactúan con el sistema mediante diversos dispositivos integrados y enlazados entre sí para la realización de labores específicas. Las técnicas que se pueden emplear para este tipo de entorno pueden localizarse dentro de conceptos como la computación móvil, el reconocimiento y adaptación de usuarios y de información con interfaces multimodales y la computación ubicua que emplea una tecnología de cálculo y comunicación integrada con el usuario.



Figura 2. Representación de los sistemas y servicios que integran un Edificio Inteligente.

2.1.3 Los dispositivos utilizados en domótica

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 o edificio. Los distintos dispositivos de los sistemas de domótica se pueden clasificar en los siguientes grupos:

Controlador

Los controladores son los dispositivos que administran el sistema según la programación y la información que reciben. Puede haber un solo controlador, o varios distribuidos por el sistema. Los dispositivos que se pueden utilizar para aplicaciones domóticas pueden ser:

- PLC (Controlador Lógico Programable)
- Microprocesadores
- Ordenador PC
- Sistemas de instrumentación virtual
- Controladores dedicados a tareas específicas en domótica también llamados drivers (de temperatura, iluminación, etc.)

Actuadores

Los actuadores son dispositivos capaces de recibir una orden procedente de un sistema de control y realizar una acción que modifique el estado de un determinado equipo o instalación: encendido o apagado, subida o bajada, apertura o cierre.

Por ejemplo, al caer la noche puede automatizarse el cierre de las persianas. El sistema de control emitirá entonces una señal al relé de maniobra instalado en el motor de la persiana para que ésta descienda.

Existen varios modelos de actuadores con aplicación en el hogar. Entre los más comunes encontramos los contactores o relés de maniobra, que en esencia permiten el paso de corriente eléctrica hacia el dispositivo al que están conectados (lámpara, motor de puerta de garaje, persiana, aire acondicionado, etc.) según marque el estado de una señal de control. También son frecuentes las electroválvulas de corte de suministro para luz, agua o gas, las válvulas para la regulación de la calefacción por agua caliente, así como las sirenas y demás elementos acústicos para el aviso de las alarmas en curso (Domínguez,2007).

Sensores

Los sensores o detectores son dispositivos capaces de recoger la información de los distintos parámetros que controlan (el nivel de presión de una tubería, la temperatura ambiente, el suministro de gas natural.) y de transmitir esta información para su procesamiento. Existen sensores de muy diferentes características, la instalación de sensores sólo tiene sentido cuando éstos se integran en un sistema domótico de control capaz de captar, analizar y presentar la información recogida y actuar en consecuencia.

Por lo general, los sensores no se conectan a la red eléctrica, sino que incorporan baterías de larga duración. De esta manera se consigue una gran flexibilidad en su instalación, que puede darse con independencia de la presencia de una toma de corriente. En ocasiones, los sensores pueden comunicarse directamente con los actuadores, sin pasar por el sistema de control centralizado; en otros casos se integra en un único equipo toda la inteligencia necesaria para medir una variable física, procesarla y actuar. No obstante, la mayoría de soluciones de mercado diferencian sensores de actuadores para proporcionar una flexibilidad mayor y un precio más ajustado.

La variedad de sensores útiles en las viviendas es enorme. Los termostatos de ambiente se emplean para medir la temperatura de la estancia y permitir su modificación a gusto del usuario con la ayuda de los sistemas de calefacción y aire acondicionado. El detector de gas, como ya hemos indicado, se usa para detectar posibles fugas a fin de evitar

intoxicaciones y explosiones. Los sensores de humo y calor se utilizan para detectar incendio. Las sondas de humedad facilitan la detección de escapes de agua con el propósito de evitar inundaciones que dañen la infraestructura del edificio, los sensores de presencia se emplean para la detección de intrusiones no deseadas en la vivienda o bien para automatizar funciones como la iluminación de las distintas estancias. Los detectores de radiofrecuencia pueden emplearse para detectar avisos de alerta médica emitidos por un pulsador de emergencia, de funcionamiento similar a los mandos para apertura de puertas de garaje convencionales (Domínguez, 2007).

Bus de datos

Se le llama bus al medio de transmisión que transporta la información entre los distintos dispositivos por un cableado propio, por la red de otros sistemas (red eléctrica, red telefónica, red de datos) o de forma inalámbrica. La función del bus es la de permitir la conexión lógica entre distintos subsistemas de un sistema digital, enviando datos entre dispositivos de distintos órdenes: desde dentro de los mismos circuitos integrados, hasta equipos digitales completos que forman parte de supercomputadoras. La mayoría de los buses están basados en conductores metálicos por los cuales se transmiten señales eléctricas que son enviadas y recibidas con la ayuda de circuitos integrados que poseen una interfaz del bus dado y se encargan de manejar las señales y entregarlas como datos útiles. Las señales digitales que se transmiten son de datos, de direcciones o señales de control.

Los buses definen su capacidad de acuerdo a la frecuencia máxima de envío y al ancho de los datos. Por lo general estos valores son inversamente proporcionales: si se tiene una alta frecuencia, el ancho de datos debe ser pequeño. Esto se debe a que la interferencia entre las señales (crosstalk) y la dificultad de sincronizarlas, crecen con la frecuencia, de manera que un bus con pocas señales es menos susceptible a esos problemas y puede funcionar a alta velocidad.

El medio de transmisión de la información, interconexión y control, entre los distintos dispositivos de los sistemas de domótica puede ser de varios tipos. 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.

Cuando el medio de transmisión esta utilizado para transmitir información entre dispositivos con la función de “controlador” también se denomina “Bus”. El bus también se utiliza muchas veces para alimentar a los dispositivos conectados a el (por ejemplo European Instalation Bus – EIB)

Interface

Los interfaces se 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.

A través de la interfaz de usuario convertimos un sistema domótico en una herramienta de convivencia. En este sentido, para que una interfaz de usuario pueda ser considerada como buena, su diseño debe cumplir cuatro criterios (Illich I. 1974):

- Debe ser natural.
- Debe ser fácil de aprender.
- Debe ser fácil de usar.
- Debe ser consistente.

Una interfaz natural es aquélla que se maneja intuitivamente, de forma similar a aquélla a la que el usuario está habituado, y que por ello no provoca en él sentimiento de rechazo. Adicionalmente, una buena interfaz de usuario debe ser fácil de aprender: ha de proporcionar ayuda suficiente para usuarios inexpertos (sin que esta facilidad en el aprendizaje se convierta en un obstáculo para aquellos usuarios más habituados a su manejo). Finalmente, una buena interfaz debe ser consistente. Una interfaz es consistente cuando mantiene un estilo, asistencia y pautas de interacción uniformes, con independencia de la tarea a realizar (Illich I. 1974).

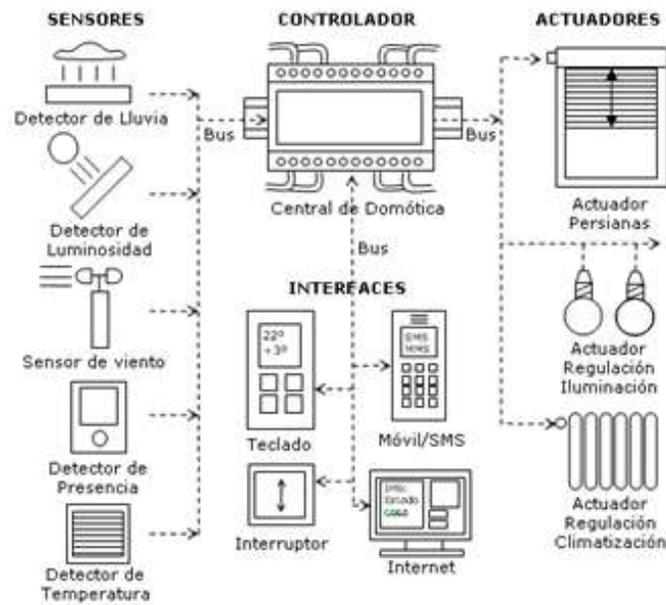


Figura 3. Ejemplo de dispositivos utilizados en Domótica.

2.1.4 Características de las redes domésticas

A la hora de definir una red de comunicaciones suele ser preciso identificar en primer término el tipo de información que se administrará, y en función de ésta determinar sus características técnicas. Según su contenido podemos distinguir dos tipos de informaciones para gestionar: la referida a la señal o servicio que cada dispositivo en particular proporciona (vídeo, audio, texto...) y la referida al control de los dispositivos (encendido, apagado, control de intensidad...). En función de esta información se definen la topología, el soporte físico y los protocolos de acceso y comunicación de la red. (Domínguez M. & Sáez F., 2006).

Existen tres estructuras topológicas básicas para el diseño físico de redes, como refleja la figura 4, si bien en la práctica se dan combinaciones entre las distintas estructuras. En cuanto a la inteligencia de la red, hablamos de sistemas centralizados para referirnos a aquéllos que cuentan con un elemento central que recibe, procesa y emite órdenes para todos los dispositivos de la red. En un sistema distribuido, por el contrario, la inteligencia está desplazada hacia los distintos equipos que conforman la red, sin que exista un dispositivo central que intermedie necesariamente entre ellos.

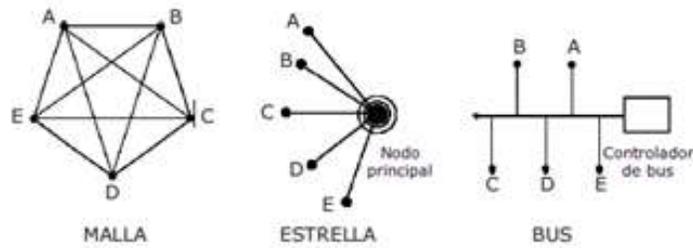


Figura 4. Topologías básicas.

Llamamos soporte al medio físico que se empleará, para la alimentación de los equipos y para la información (señal y control) que éstos intercambien. Al referirnos a un bus hacemos referencia a un conjunto de cables que recorren las distintas estancias del hogar, interconectando los diversos dispositivos. Dadas las características sumamente diferenciadas de la información procesada por los equipos domésticos, se acude a combinaciones de diferentes soportes físicos: cables coaxiales, transmisión por radiofrecuencia, pares trenzados, etc. Finalmente, en cuanto a los protocolos de acceso y comunicación, se trata de establecer procedimientos estandarizados para acceder al bus, establecer comunicaciones a través de él y poder dialogar con las redes de telecomunicaciones externas (Domínguez M. & Sáez F., 2006).

2.1.5 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 el controlador del sistema domótico. Las principales arquitecturas son:

Arquitectura Centralizada – Tiene una topología de interconexión tipo estrella. Así, el sistema domótico posee un elemento de control central que es el encargado de manejar todas las señales de control de los diversos dispositivos y a su vez todos los dispositivos están conectados hacia él, por tanto si este elemento central falla o simplemente deja de funcionar, todo el sistema de control colapsa en su totalidad. La principal ventaja de esta arquitectura es la facilidad de conexión y en muchos casos la facilidad de configuración. Su principal desventaja depende del buen funcionamiento del controlador ya que si falla el controlador el sistema queda fuera de servicio.

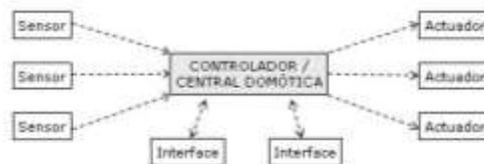


Figura 5. Esquema de Arquitectura de Sistema Domótica Centralizada

Arquitectura Descentralizada – Es la arquitectura en la que todos los sistemas son totalmente independientes en su funcionamiento pero deben estar comunicados entre sí por medio de un bus compartido. Son basados en una o varias unidades de control de gestión y uno o varios módulos receptores o actuadores. Este tipo de arquitectura resulta de una combinación entre los sistemas con arquitectura centralizada y distribuida, aprovechando las ventajas que brindan, entre ellas se puede mencionar la flexibilidad ya que permite que el sistema se pueda configurar con múltiples opciones de acceso a usuario final

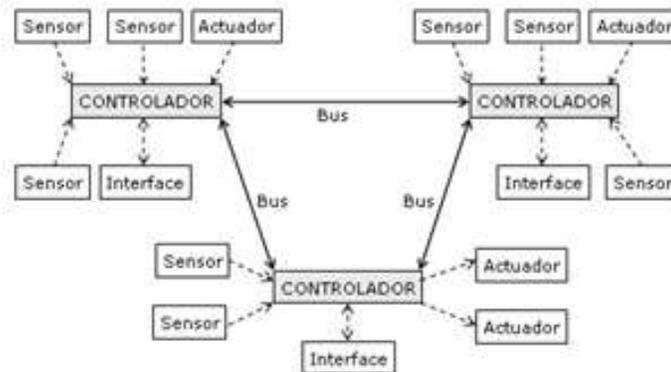


Figura 6. Esquema de Arquitectura de Sistema Domótica Descentralizada

Arquitectura Distribuida - Para esta arquitectura, el sistema de control se sitúa próximo al elemento a controlar dando al sistema domótico gran flexibilidad porque si uno de los dispositivos no puede ser controlado no significa que otros no. Los factores más importantes para la utilización de este tipo de arquitectura son los medios de transmisión, la velocidad en las comunicaciones, el tipo de protocolo por lo tanto estas son algunas características a tener en cuenta si se quiere implementar una arquitectura de este tipo.

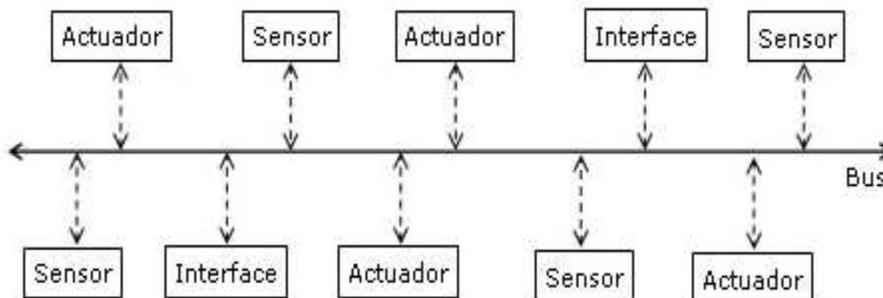


Figura 7. Esquema de Arquitectura de Sistema Domótica Distribuida

Arquitectura Híbrida o 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.

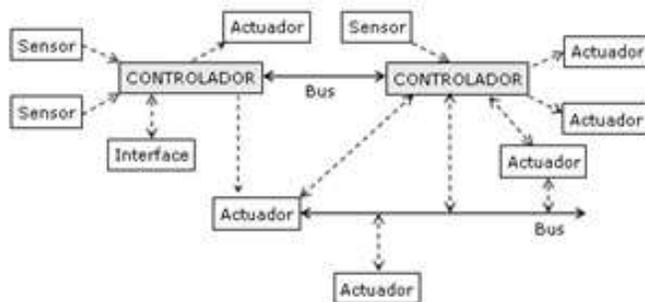


Figura 8. Esquema de Arquitectura de Sistema Domótica Híbrida/Mixta

2.1.6 Las aplicaciones

La aplicación de la tecnología avanzada ha permitido generar un diseño arquitectónico propio, para integrarlo y desarrollarlo en edificios y casas, para que las personas que habitan y trabajan en ellas tengan una mejor calidad de vida. Existen abundantes aplicaciones y servicios domóticos, desde la programación automática de luces y aire acondicionado a la tele vigilancia profesional, pasando por avanzados sistemas de diagnóstico médico remoto o más sencillos sistemas de difusión de audio en el hogar. Aprovechando la existencia de hogares conectados en los que se ubican múltiples equipos inteligentes, la Domótica permite no sólo que éstos interactúen entre sí, sino también que lo hagan con otros dispositivos que pueden encontrarse en el exterior de la vivienda, puede ser un automóvil o el servidor de un proveedor de servicios externo. De este modo se extiende el establecimiento de nuevos servicios y la mejora de los ya existentes, como son los relativos a seguridad, telecomunicaciones, entretenimiento y confort.

Un sistema domótico integra aplicaciones y servicios aislados, lo que permite la creación de nuevos y sofisticados servicios a partir de otros más básicos, en donde el conjunto es más inteligente que la suma de las partes. Pese a su complejidad creciente, no debemos perder de vista la finalidad básica de estos sistemas, que tienen por objetivo satisfacer necesidades humanas, siguiendo el lema de que “la tecnología debe estar al servicio de las personas”, y nunca a la inversa.

Nivel de confort

Nos referimos aquí a aquellas aplicaciones y servicios que permiten mejorar la calidad de vida de los usuarios al aportar soluciones que facilitan la realización de tareas domésticas rutinarias, que suponen una comodidad añadida y que simultáneamente optimizan el consumo energético. Algunos ejemplos de estas aplicaciones se muestran a continuación.

Iluminación:

- Apagado general de todas las luces de la vivienda.
- Automatización del apagado/ encendido en cada punto de luz.
- Regulación de la iluminación según el nivel de luminosidad ambiente.

Automatización de todos los distintos sistemas, instalaciones, equipos de control eficiente y de fácil manejo.

- Integración del portero al teléfono, o del video portero al televisor.
- Control vía Internet.
- Gestión Multimedia y del ocio electrónico.
- Generación de macros y programas de forma sencilla para que el usuario controle el entorno de su casa o edificio de acuerdo a sus necesidades.
- Acceso a todos los dispositivos de la casa por medio de dispositivos móviles para su control.

Protección patrimonial

Esto se refiere a toda la tecnología utilizada para proporcionarnos bienestar y seguridad en nuestro entorno.

- Simulación de presencia- Esto permite programar diferentes actividades en el hogar o edificio, para que simule la presencia de usuarios dentro de la casa u oficina.
- Detección de conatos de incendio, fugas de gas, escapes de agua.
- Alerta médica- Estos sistema se contactan con un servicio de emergencias, cuando el usuario lo necesita.
- Cerramiento de persianas y puerta de manera puntual y seguro.
- Acceso a Cámaras IP para monitorear la casa o el edificio desde otro lugar.

Comunicaciones

- Ubicuidad en el control tanto externo como interno- se refiere a tener todo el entorno del edificio comunicado entre si.
- Transmisión de alarmas
- Intercomunicaciones.

2.1.7 Control de dispositivos

El siguiente apartado describe las diferentes técnicas para controlar dispositivos en Domótica, adecuándose a las necesidades del usuario.

2.1.8 El control de la iluminación

El control de la iluminación en la vivienda como encender, apagar y regular la iluminación, se realiza tradicionalmente a través de interruptores y reguladores de iluminación de pared. Con el control de la iluminación integrado en un sistema de domótica se puede conseguir un importante ahorro energético y gran aumento del confort.

Método de Control de la Iluminación con Domótica

El cambio del estado de una lámpara es normalmente muy rápida, por lo cual es apto para un control frecuente con el sistema de domótica. Los principales métodos para cambiar el estado de la iluminación mediante la domótica son:

- **Control por Presencia** – El control de presencia (mediante detectores de presencia) puede encender o apagar la iluminación. Por ejemplo, cuando el sistema de domótica detecta la presencia de una persona en una habitación, enciende la iluminación, y cuando no la detecta, la apaga.
- **Medir la Luz** – Medir la luz en un edificio (incluyendo la luz natural aportado por el exterior y la luz que llega de otras fuentes) puede regular la iluminación para garantizar una cantidad de luz establecido con el sistema de domótica. Por ejemplo cuando esta siendo usado un despacho se puede garantizar un nivel mínimo de luz a distintas horas del día.
- **La Actividad/Escenas** – Según la actividad de los usuarios la iluminación se puede adaptar de forma automática (activándose una Escena). La iluminación que forma parte de una escena puede por ejemplo estar programada en la siguientes maneras:
 - Con la escena “Cena” la luz encima de la mesa del comedor se enciende a 100% y la iluminación del ambiente a 50%.
 - Con la escena “Cine en Casa” se apaga toda la iluminación del salón excepto una lámpara de pie que se mantiene 20%.
 - Con la escena “Cocinar” se enciende toda la luz de la cocina a 100% excepto la luz encima de la mesa de comer.

- **Programación Horaria** – Con la programación horaria se puede programar el control del apagado, encendido y regulación de la iluminación con la domótica según la hora del día, y el día de la semana. Por ejemplo la luz del pasillo puede estar apagado durante el día, pero encenderse automáticamente a 25% por la noche (variándose el horario según la época del año) y la luz del baño se programa para que solo se enciende al 50% al encenderse por la noche. Otra función puede ser que la luz del dormitorio se enciende de forma graduada por la mañana, los días laborables, para despertar lentamente al usuario.
- **Simulación de Presencia** – La simulación de presencia tiene como objetivo hacer parecer que la casa esta habitada aunque esta vacía. La iluminación puede ser utilizada (con o sin otros elementos integrados en el control del sistema de domótica) para la simulación de presencia en la vivienda, encendiendo y apagando la iluminación ciertas horas del día, de forma programada, aleatoria, o de unas rutinas aprendidas por el sistema de domótica.
- **Otros Eventos** – Otros eventos en la casa, detectadas por el sistema de domótica, pueden activar la iluminación. Por ejemplo, sí el alarma de seguridad detecta intrusión en el jardín por la noche, automáticamente se puede encender toda la iluminación del exterior y la iluminación de los pasillos de la casa.
- **Control Manual** – El control manual de la iluminación se puede realizar a través de una gran variedad de interfaces, como pulsadores de pared, mandos a distancia, Web e incluso por voz). Es preciso indicar que, aunque se integra el control de la iluminación en un sistema de domótica, normalmente se debe garantizar la posibilidad de controlar la iluminación mediante interruptores tradicionales.

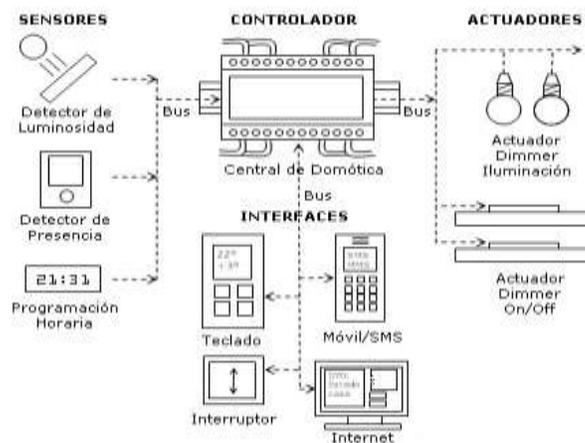


Figura 10. Esquema de un control de iluminación.

2.1.9 Climatización

Conectar y Desconectar todo el Sistema de Climatización

La forma más básica de controlar la climatización (calderas para calefacción, aire acondicionado, etc.) de una vivienda con la domótica es la conexión o desconexión del sistema. Se puede conectar y desconectar la climatización con el sistema de domótica según una programación horaria, según la presencia de personas en el hogar o de forma manual. Esta forma es sin embargo muy básica y no alcanza un nivel óptimo de confort o ahorro energético. También es importante tener en cuenta que este tipo de control domótico no es posible sobre aparatos que al conectarlas se ponen en modo de Stand-by (por ejemplo muchos equipos de aire acondicionados) en vez de ponerse en marcha directamente. A continuación se describe algunas formas más avanzadas del control de la climatización con los sistemas de domótica.

Niveles de Temperatura

Aunque la temperatura de ambiente preferida depende de cada individuo, la actividad que realiza y la época del año, el control de la climatización (calefacción y refrigeración) con la domótica en una vivienda se suele establecer diferentes tipos de niveles de temperatura de referencia, los más comunes son:

Temperatura de Confort – El nivel de temperatura de confort es el estado de la climatización para cuando los usuarios se encuentran en la vivienda y usan una estancia, que sin embargo puede variar según:

La hora del día (por ejemplo una temperatura de consigna de 21°C durante el día y 18°C por la noche),

La época del año (durante el invierno se puede establecer una temperatura de confort un poco más baja y en verano un poco más alta, para ahorrar energía.

El carácter de la estancia, si las estancias son comunes (cocina, salón, pasillo, etc.) o individuales (dormitorio, despacho, etc.)

Temperatura de Economía – El nivel de la temperatura de economía es un estado de funcionamiento que se da cuando los usuarios no utilizan una estancia (por ejemplo un dormitorio durante el día o están ausente de la casa durante el día). La temperatura que se establece depende del tipo de la calefacción (el tiempo tarde de volver a la Temperatura de Confort y el ahorro energético que se consigue).

Derogación de Niveles de Temperatura

El sistema de domótica administra el funcionamiento de la climatización siguiendo el programa introducido en el sistema de domótica. Este seguimiento supone un determinado número de cambios entre los niveles de temperatura. Sin embargo, el usuario debería poder modificar en cualquier momento el nivel de temperatura existente, por ejemplo si se quiere acostarse durante el día cuando la temperatura programada es temperatura de economía. Este cambio puntual, sin embargo, no afecta la programación del sistema. El sistema de domótica seguirá el control de temperatura una vez se restablezca el nivel programado.

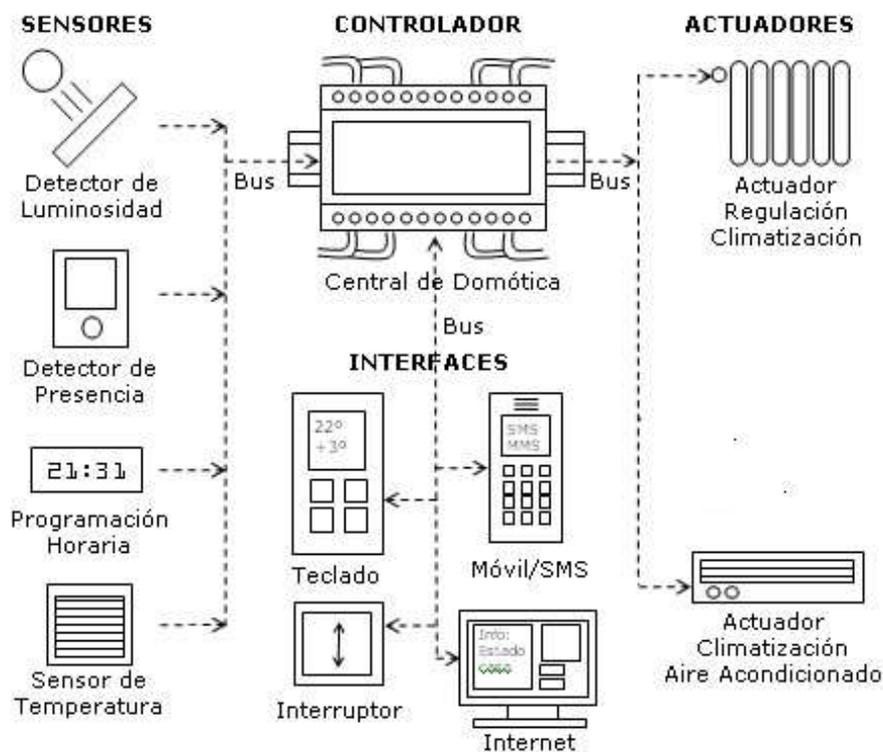


Figura 11. Esquema de un control de climatización.

2.2 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES

En este apartado se mostrara la evolución del control a nivel industrial por medio de los controladores lógicos programables y su aplicación en el campo de la domótica.

2.2.1 ¿Que es un PLC?

Hasta no hace mucho tiempo el control de procesos industriales se venía haciendo de forma cableada por medio de contactores y relevadores. Al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones, se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas. Además cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico.

El Controlador Lógico Programable (PLC) nació como solución al control de circuitos complejos de automatización. Por lo tanto se puede decir que un PLC no es más que un aparato electrónico que sustituye los circuitos auxiliares o de mando de los sistemas automáticos. A él se conectan los captadores (finales de carrera, pulsadores, etc.) por una parte, y los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, pequeños receptores, etc.) por otra. Los PLC se introdujeron por primera vez en la industria en 1960 aproximadamente. La razón principal de tal hecho fue la necesidad de eliminar el gran costo que se producía al remplazar el complejo sistema de control basado en relés y contactores.

El problema de los relés era que cuando los requerimientos de producción cambiaban también lo hacía el sistema de control. Esto comenzó a resultar bastante caro cuando los cambios fueron frecuentes. Dado que los relés son dispositivos mecánicos y poseen una vida limitada se requería un estricto mantenimiento planificado. Por otra parte, a veces se debían realizar conexiones entre cientos o miles de relés, lo que implicaba un enorme esfuerzo de diseño y mantenimiento. Los "nuevos controladores" debían ser fácilmente programables por ingenieros de planta o personal de mantenimiento.

En los 80 se produjo un intento de estandarización de las comunicaciones con el protocolo MAP (Manufacturing Automation Protocol) de General Motor's. También fue un tiempo en el que se redujeron las dimensiones del PLC y se pasó a programar con programación simbólica a través de ordenadores personales en vez de los clásicos terminales de programación. Hoy día el PLC más pequeño del tamaño de un simple relé.

Los 90 han mostrado una gradual reducción en el número de nuevos protocolos, y en la modernización de las capas físicas de los protocolos más populares que sobrevivieron a los 80. El último estándar (IEC 1131-3) intenta unificar el sistema de programación de todos los PLC en un único estándar internacional.

2.2.2 Campos de aplicación

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc. Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.
- Maniobra de máquinas.
- Maniobra de instalaciones.
- Señalización y control.
- Chequeo de Programas
- Señalización del estado de procesos

- Automatizar procesos en el hogar, como la puerta de una cochera o las luces de la casa).

2.2.3 Modo de funcionamiento

Los Controladores Lógicos Programables son maquinas secuenciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria, generando unas órdenes o señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la planta (aplicación): al detectarse cambios en las señales, el autómata reacciona según el programa hasta obtener las órdenes de salida necesarias. Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control actualizado del proceso.

La secuencia básica de operación del autómata se puede dividir en tres fases principales:

- Lectura de señales desde la interfaz de entradas.
- Procesado del programa para obtención de las señales de control.
- Escritura de señales en la interfaz de salidas.

A fin de optimizar el tiempo, la lectura y escritura de las señales se realiza a la vez para todas las entradas y salidas; Entonces, las entradas leídas de los módulos de entrada se guardan en una memoria temporal (Imagen entradas). A ésta acude la CPU en la ejecución del programa, y según se va obteniendo las salidas, se guardan en otra memoria temporal (imagen de salida). Una vez ejecutado el programa completo, estas imágenes de salida se transfieren todas a la vez al módulo de salida.

2.3 CONTROL DE UN SISTEMA DOMÓTICO CON UN PLC VIRTUAL

En este capítulo se dará una breve explicación acerca del desarrollo y aplicación de un PLC virtual controlado por el lenguaje de programación Python.

2.3.1 ¿Que es un PLC virtual con Python?

Como producto de un proyecto anterior, desarrollamos el PLC Virtual con Python, mismo que se expuso en el 8vo. Congreso Nacional de Mecatrónica, en Veracruz, Ver. Noviembre 26 y 27 de 2009. El propósito principal era, el dar a los alumnos una opción económica para realizar proyectos de prototipos de control para sus trabajos de tesis o proyectos personales que deseen desarrollar y que no cuenten con recursos económicos fuertes. Se creó una opción de control con un PLC virtual, mediante una PC de escritorio o una computadora portátil, conectarle puertos externos ya existentes o hacerlos de entradas y salidas, controladas por el lenguaje de programación Python.(Castillo R.; Romero A. J. 2009)

El equipo de experimentación lo conformó una laptop, conectando a un puerto estándar USB al EasyPort DP16 de FESTO, que es en sí una tarjeta de adquisición de datos, pero se puede usar cualquier tipo de tarjeta, en nuestro caso utilizamos este equipo por que

contamos con dos de ellos en la universidad. El equipo emite señales de 0 a 24 voltios de corriente directa con lo que podemos controlar directamente actuadores como relevadores y recibir señal de sensores. La plataforma que utilizamos para interactuar con el Hardware fue el lenguaje de programación Python.



Figura 12. Equipo experimental del PLC Virtual.

2.4 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN PYTHON COMO SOLUCIÓN DE CONTROL.

En éste apartado se da una descripción de lo que es el lenguaje de programación Python, así como sus principales características y como, por dichas características es una opción muy atractiva para desarrollar aplicaciones.

2.4.1 ¿Que es el lenguaje de programación Python?

Python es un lenguaje de programación interpretado creado por Guido van Rossum en el año 1991. Se compara habitualmente con TCL, Perl, Scheme, Java y Ruby. En la actualidad Python se desarrolla como un proyecto de código abierto, administrado por la Python Software Foundation. Python se utiliza como lenguaje de programación interpretado, lo que ahorra un tiempo considerable en el desarrollo del programa, pues no es necesario compilar ni enlazar. El intérprete se puede utilizar de modo interactivo, lo que facilita experimentar con características del lenguaje, escribir programas desechables o probar funciones durante el desarrollo del programa. Entre sus ventajas esta los tipos de datos dinámicos, la sencillez del código, de licencia de código abierto. Esto resulta en el estudiante un beneficio en lugar de un obstáculo. La ventaja del uso del lenguaje de programación Python radica en ser un lenguaje de alto nivel cuya curva de aprendizaje es

prácticamente nula en comparación de los lenguajes de programación que normalmente se utilizan para este tipo de tareas como C, C++, o Java.

2.4.2 Características de Python

Las principales características del lenguaje de programación se describen a continuación.

- Interpretado, un programa escrito en un lenguaje compilado como C o C++ es traducido de un lenguaje fuente (como los mencionados) en uno hablado por la computadora (código binario) empleando un compilador con varias opciones. Cuando ejecutas el programa, el software enlazador/cargador solo guarda el código binario en la memoria de la computadora e inicia la ejecución desde la primera instrucción en el programa. Cuando usas un lenguaje interpretado como Python, no existen compilaciones.
- Orientado a Objetos, Python permite programación orientada a procedimientos así como orientada a objetos. En lenguajes orientados a procedimientos, el programa esta construido sobre procedimientos o funciones los cuales no son nada mas que piezas de programa reutilizables. En lenguajes orientados a objetos, el programa es construido sobre objetos los cuales combinan datos y funcionalidad. Python ofrece una manera muy poderosa y simple de emplear programación orientada a objetos, especialmente, cuando se compara con lenguajes como C++ o Java.

2.5 REDES DE COMUNICACIÓN PARA LOS DIFERENTES SISTEMAS DOMÓTICOS

En ésta sección se describirá la forma de gestionar una red de comunicación así como los diferentes protocolos que se aplican a las redes en domótica.

2.5.1 Sistemas domóticos

Sistemas Domóticos Ad Hoc

Estos sistemas se basan en la tecnología de comunicación de redes Ad Hoc que son redes inalámbricas descentralizadas. En las redes Ad Hoc(locución latina que significa literalmente «para esto») cada nodo está preparado para reenviar datos a los demás sin utilizar un enrutador. También difiere de las redes inalámbricas convencionales en las que un nodo especial, llamado punto de acceso, gestiona las comunicaciones con el resto de nodos. Las redes Ad Hoc antiguas fueron las PRNETs de los años 70, promovidas por la agencia DARPA del Departamento de Defensa de los Estados Unidos después del proyecto ALOHAnet.(C K Toh,2002).

Estos sistemas están pensados para aplicaciones determinadas y su configuración es muy limitada, como por ejemplo el control de intensidad de una luminaria, el control de riego por temporizador, el encendido de luminarias activadas por sensor de movimiento y así un número de posibles ejemplos para casos concretos. Pero, en definitiva serán pocos elementos, unos cercanos a otros que posiblemente podamos encontrar en estructuras centralizadas con conexión en estrella basadas en bus. La funcionalidad de los sistemas está limitada a la programación establecida por fábrica, dejando poco margen de configuración por parte del usuario, tan solo tendrá libertad para definir unos pocos parámetros, por ejemplo, en un temporizador de regadío, el horario de encendido y de apagado.

Debido a que están pensados para aplicaciones determinadas encontraremos en el mercado los elementos Ad Hoc especializados en algún tipo de aplicación: seguridad, control de clima, alarmas, confort, ahorro energético, etc. Una característica importante es que los elementos no pueden comunicarse entre sí, sin embargo, es viable insertar elementos ad hoc, mediante adaptadores, en un sistema domótico que utilice una de las tres restantes técnicas, pudiendo ser controlado.

Sistemas domóticos sobre Red Eléctrica de Baja Tensión

En éste tipo de instalaciones domóticas, en Redes Eléctricas de Baja Tensión, también conocidas como Power Line (PL), el medio de transmisión es el cableado de la red eléctrica de baja tensión (220 VAC). La transmisión es digital para lo cuál se requiere que la onda sinusoidal sea lo más limpia posible, como máximo tenga una distorsión del 10% sobre la tensión eficaz de 220 VAC y en frecuencia +/- 0.5 Hz. sobre los 50 Hz.

Al emitir una señal de radiofrecuencia el sistema ha estar homologado para cumplir las normas que eviten que dicha señal interfiera en la señal del suministro eléctrico. Además, al ser aditiva dicha interferencia, proveniente de los diversos sistemas domóticos en paralelo, hay que atender a este detalle a la hora de la planificación del proyecto domótico. Aunque normalmente con los sistemas homologados y un buen diseño, en general, los sistemas PL introducen poca interferencia de radiofrecuencia. Otro detalle a tener en cuenta en los sistemas domóticos PL es la impedancia. Ésta genera una disminución de la tensión como consecuencia del decremento de la impedancia, causada por el aumento de la capacidad electrostática (C). Estos pequeños cambios resistivos son detectados por los sistemas domóticos y deben adaptarse dinámicamente a ellos.

Con estos puntos a tener en cuenta la aplicación domótica PL no se debe utilizar, por normativa, en los casos siguientes: a la hora de monitorizar equipos médicos, conectar varios edificios, en redes eléctricas donde estén conectadas maquinarias que sobrepasen los límites de interferencia radioeléctrica (generalmente motores de potencia), cuando exista transformadores en la red eléctrica.

Técnica sobre Radio Frecuencia

Los elementos empleados para esta técnica utilizan como medio de transmisión el radioeléctrico. Cada sensor y actuador lleva integrado un dispositivo transmisor y receptor. Un solo receptor (o varios, si existen obstáculos insalvables o la vivienda es amplia) es el que recibe las señales de los sensores para procesarla y emitirla a los actuadores. La comodidad de esta técnica es que no hace falta ninguna obra de acometida para la instalación. Incluso pueden adherirse a cristales (como mamparas) haciendo al sistema muy versátil.

La frecuencia utilizada para la transmisión aún no está estandarizada, por ejemplo, Jung, utiliza 433 MHz con una potencia más baja que la empleada en la telefonía móvil. Dicha frecuencia permite una transmisión de 1000 bits/s. La modulación utilizada es ASK (Amplitude Shift Keying). Un "1" ó "0" se asocia a un nivel distinto de señal que se modula con la portadora de 433 MHz. El alcance dependerá de los obstáculos que se encuentren, normalmente cuando el espacio es diáfano la distancia es de 300 m. decreciendo a 50 m. cuando existen obstáculos.

2.5.2 Protocolos de comunicación.

Los protocolos de comunicación son los procedimientos utilizados por los sistemas de domótica para la comunicación entre todos los dispositivos con la capacidad del 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). A continuación solo se mencionan algunos estándares y tecnologías aplicadas en domótica.

Tecnologías y estándares

- **X-10**: EE.UU finales de los 70.
- **EHS** (European Home System): 1992 Unión Europea.
- **EIB** (European Installation Bus)
- **BatiBUS**
- **KONNEX**: EHS + EIB + BatiBUS
- **BIODOM**: desarrollado por españoles.

Protocolo X-10

X-10 es uno de los protocolos más antiguos que se están usando en aplicaciones domóticas. Fue diseñado en Escocia entre los años 1976 y 1978 con el objetivo de transmitir datos por las líneas de baja tensión a muy baja velocidad (60 bps en EEUU y 50 bps en Europa) y costes muy bajos. Al usar las líneas de eléctricas de la vivienda, no es necesario tender nuevos cables para conectar dispositivos.

X10 es el "lenguaje" de comunicación que utilizan los productos compatibles X10 para hablarse entre ellos y que le permiten controlar las luces y los electrodomésticos de su hogar, aprovechando para ello la instalación eléctrica existente de 220V de su casa, y evitando tener que instalar cables. Este es el principal motivo por el que X10 se considera un sistema de Domótica sin instalación.

A nivel físico hace uso de las líneas de baja tensión (ondas portadoras). La transmisión completa de un orden X-10 necesita once ciclos de corriente. Esta trama se divide en tres campos de información:

- Dos ciclos representan el Código de Inicio.
- Cuatro ciclos representan el Código de Casa (letras A-P),
- Cinco ciclos representan o bien el Código Numérico (1-16) o bien el Código de Función (Encender, Apagar, Aumento de Intensidad, etc.).

Konnex

Es la iniciativa de tres asociaciones europeas con el objetivo de crear un único estándar europeo para la automatización de las viviendas y oficinas. Las compañías son las siguientes:

- **EHS** (European Home System): Está basada en una topología de niveles OSI (Open Standard Interconnection), y se especifican los niveles: físico, de enlace de datos, de red y de aplicación.
- **EIB** (European Installation Bus): es un sistema de domótica basado en un Bus de datos. Utiliza su propio cableado.
- **BatiBUS**: Se basa en la tecnología de par trenzado pudiendo transmitir hasta 4800 bps (comprobar). El sistema es centralizado, pudiendo controlar cada central hasta 500 puntos de control.

La tecnología Konnex contempla varios sistemas de transmisión por cable, radio, ondas portadoras, fibra óptica, entre otras.

Los objetivos de ésta iniciativa, con el nombre de "**Convergencia**", son:

- Crear un único estándar para la domótica e inmótica que cubra todas las necesidades y requisitos de las instalaciones profesionales y residenciales de ámbito europeo.
- Aumentar la presencia de éstos buses domóticos en áreas como la climatización o HVAC (*heating, ventilation, and air conditioning*).
- Mejorar las prestaciones de los diversos medios físicos de comunicación sobretodo en la tecnología de radiofrecuencia.
- Introducir nuevos modos de funcionamiento que permitan aplicar una filosofía Plug&Play (en español "enchufar y usar") a muchos de dispositivos típicos de una vivienda.

LONWORKS

LonWorks es una tecnología de control domótico propietaria de la compañía americana Echelon Corp.

Al igual que Konnex, LonWorks puede utilizar una gran variedad de medios de transmisión: aire, par trenzado, coaxial, fibra, o red eléctrica. Requiere la instalación de "nodos" a lo largo de la red que gestionan los distintos sensores y actuadores. La instalación y configuración de estos nodos debe ser realizada por profesionales utilizando las herramientas informáticas apropiadas.

LonWorks es una tecnología muy robusta y fiable por lo que está especialmente indicada para la automatización industrial, ámbito del que procede. Está más implantada en Estados Unidos que en Europa.

Conceptos Básicos sobre Lonworks

Cualquier dispositivo Lonworks, o nodo, está basado en un microcontrolador llamado Neuron Chip que actualmente fabrican Toshiba y Cypress. El diseño inicial del Neuron y el protocolo LonTalk fueron desarrollados por Echelon en el año 1990. Actualmente toda la información para implementar LonWorks en otro chip está publicada en medios oficiales pero al estar la familia Neuron chips adaptada y dimensionada exclusivamente para éste objetivo los fabricantes que eligen otras opciones son muy escasos (chips sobredimensionados encarecerán los equipos).

Del Neuron Chip podemos destacar:

- Tiene un identificador único, el Neuron ID, que permite direccionar cualquier nodo de forma unívoca dentro de una red de control Lonworks. Este identificador, con 48 bits de ancho, se graba en la memoria EEPROM durante la fabricación del circuito.
- Tiene un modelo de comunicaciones que es independiente del medio físico sobre el que funciona, esto es, los datos pueden transmitirse sobre cables de par trenzado, ondas portadoras, fibra óptica, radiofrecuencia y cable coaxial, entre otros.
- El firmware (es un bloque de instrucciones de maquina para propósitos específicos) que implementa el protocolo LonTalk, proporciona servicios de transporte y routing extremo-a-extremo. Está incluido un sistema operativo que ejecuta y planifica la aplicación distribuida y que maneja las estructuras de datos que se intercambian los nodos.