

Tecnologías y actividades
de estandarización para la
interconexión de *Home Networks*

Anexo A:

Descripción de tecnologías para telecontrol

Alcatel para Fundación AUNA

Tecnologías y actividades de estandarización para la interconexión de *Home Networks*

1	CEBUS (<i>Consumer Electronic Bus</i>)	3
2	X-10	5
3	<i>LonWorks / Lontalk</i>	8
4	EHS (<i>European Home System</i>)	10
5	EIBUS (<i>European Installation Bus</i>)	14
	5.1. Tecnología	14
	5.2. Topología	15
	5.3. Direccionamiento	16
	5.4. Formato de las transmisiones	17
	5.5. Componentes “inteligentes”	19
6	Profibus	22
	6.1. Versiones compatibles	22
	6.2. Estructura de la red	23
	6.3. RS 485 (Transmisión para DP/FMS)	24
	6.4. IEC 1158-2 (Transmisión Profibus PA)	25
	6.5. Fibra óptica	25
7	Zigbee	26
	7.1. Características técnicas	26
	7.2. Aspectos regulatorios	27
	7.3. Posicionamiento de suministradores de equipo y expectativas económicas de los dispositivos	27
8	Batibus	29
9	Konnex	30
	9.1. Características técnicas de KNX	30
	9.2. Compatibilidad con BatiBus, EIB y EHS	31

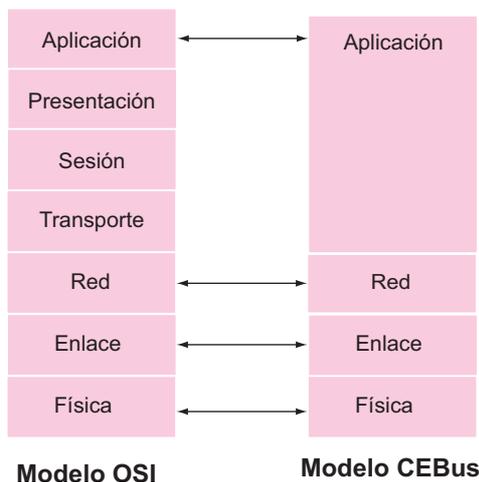
1. INTRODUCCIÓN

1. CEBUS (CONSUMER ELECTRONIC BUS)

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. Éste cubre tanto las características eléctricas como los procedimientos de los módulos del sistema de comunicación.

La arquitectura del CEBus sigue el modelo de referencia OSI (*Open Systems Interconnection*), ocupándose cada uno de los niveles de determinadas funciones de la red de comunicación (ver Figura A1). 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.

Figura A1. Arquitectura del modelo Cebus, tomando como referencia el modelo OSI



(Este mismo modelo puede aplicarse a la mayoría de los sistemas domóticos distribuidos).

En CEBus se diferencian tres áreas:

- El medio físico y la topología.

- El protocolo de comunicaciones (cómo acceder al medio y construir los mensajes).
- El lenguaje de programación (conjunto de acciones que se pueden efectuar en el sistema).

El protocolo y el lenguaje son comunes a todos los elementos CEBus, pero existen 6 medios físicos distintos:

- Red eléctrica (PL).
- Par trenzado (TP).
- Infrarrojo (IR).
- Radio frecuencia (RF).
- Coaxial (CX).
- Fibra óptica (FO).

La elección del medio se realiza en función de parámetros como el ahorro energético, comodidad, facilidad de instalación de los productos CEBus, seguridad, coste y sencillez del sistema.

En una instalación pueden coexistir diversos medios. Cada uno de ellos constituiría una subred local (*Local Medium Network*). Las subredes locales se conectan mediante encaminadores (*routers*).

CEBus engloba varios canales de comunicación: uno de control y varios de datos. En el canal de control se intercambian mensajes y órdenes para el control de los dispositivos de la instalación domótica. Los canales de datos se emplean para la transmisión de voz, música, TV, vídeo etc., y se asignan por solicitud mediante el canal de control. Por lo general, la distribución de las distintas señales se realiza de la siguiente manera:

- Señales de video: mediante dos cables coaxiales, uno para las señales internas y otro para las externas.
- Señales de voz/datos: cuatro pares trenzados: TP0-TP3 (TP0 se reserva para la alimentación de 18Vdc).
- Resto de señales: a través de la red de BT, conectando equipos a enchufes estándar. Se utiliza una técnica

de modulación con espectro ensanchado de Intellon Corp.

La velocidad de transmisión de datos que se consigue es de 10Kbps, y puede ser utilizado tanto en viviendas ya construidas como de nueva construcción. Se trata de un estándar muy ambicioso, y en él cooperan tanto Europa como Japón, pero no existen muchos productos comercializados, lo que se debe principalmente a su elevado coste ■

2. X-10

Es un sistema basado en corrientes portadoras, con más de ocho millones de instalaciones existentes en la actualidad. Todas las señales se transmiten a través de la red de BT o por radiofrecuencia. Existe una versión europea del X10, el NETBUZ X10 con el mismo principio de funcionamiento, aunque en Europa ha tenido muy poca implantación.

El principio de codificación X10 permite una activación y respuesta definidas de hasta 256 receptores, puestos de control de aparatos o grupos de consumidores. Con ello resulta posible el montaje de redes amplias.

El sistema utiliza, para el telemando, señales de alta frecuencia. Los emisores envían ordenes de mando en forma de impulsos. Cada paquete de impulsos tiene una duración de 1 milisegundo. El contenido del paquete determina el ritmo y orden de sucesión de los impulsos. Los datagramas (Figura A2) se transmiten con una frecuencia portadora de 120 kHz. Todo el procedimiento se denomina modulación de código de impulsos (PCM).

Con el fin de suprimir las influencias perturbadoras de la red, las entradas sólo están abiertas una fracción de tiempo de la totalidad del tiempo de funcionamiento, para poder recibir las señales de emisión. Este espacio de tiempo se produce inmediatamente después del paso por cero de la tensión de la red, momento en el que la probabilidad de perturbación o fallo es menor.

Este sistema trabaja a través de redes de corriente alterna y de corriente trifásica. Para poder llegar, en las redes de corriente trifásica, a todos los aparatos distribuidos por las diferentes fases, se emiten los paquetes de impulsos tres veces, cada impulso desplazado frente al impulso anterior por la amplitud del desplazamiento de fases. Es decir, cada fase transporta independientemente su propia señal al correspondiente paso por cero.

Las órdenes para conmutar, conectar o controlar, las reciben los receptores en dos datagramas emitidos por un emisor. El datagrama 1 activa la dirección deseada del aparato (1-16) de código domiciliario (A-P). El datagrama 2 activa una de las funciones posibles p.ej. “conectado”, “desconectado”, “todos los dimmer conectados”, “todo desconectado”, etc.

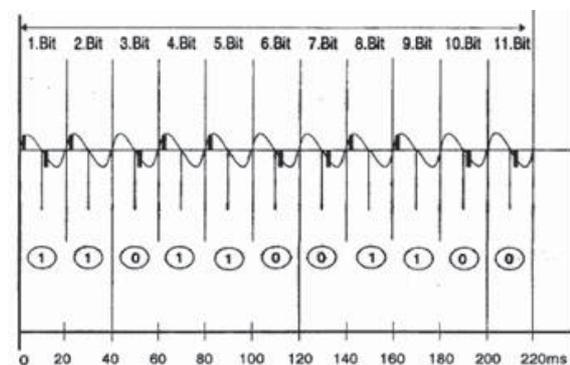
Un datagrama está compuesto por 11 unidades de información o bits. La duración de emisión de cada uno de

estos datagramas es de 220 milisegundos. Cada uno se compone de cuatro partes de información:

- Código inicial: 2 bits.
- Código domiciliario: 4 bits.
- Código de aparatos/funciones: 4 bits.
- Identificación de aparatos/funciones: 1 bit.

Los receptores sólo responden a un datagrama completo, valorando únicamente los que se encuentran en tensión de emisión superior a 50 m V. Si el último bit transmitido es un “0”, se emite un datagrama de dirección, si es un “1”, se ha recibido un datagrama de función. Todos los datagramas, para mayor seguridad, se emiten dos veces. La duración de emisión se duplica así, a 440 milisegundos. Por tanto, los datagramas de direcciones y función precisan 880 milisegundos. Entre el arranque del datagrama y la realización de la función, transcurre, por lo tanto, aproximadamente 1 segundo.

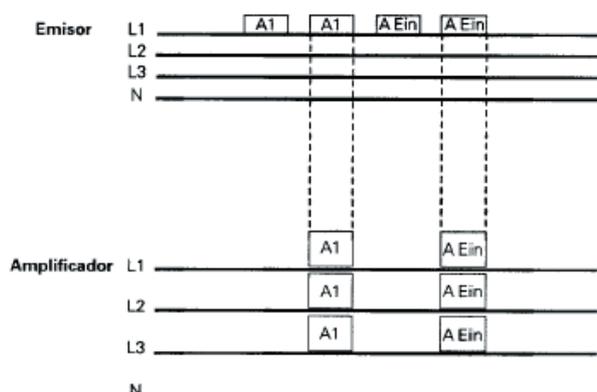
Figura A2. Estructura de un datagrama X10



Para el ajuste del código domiciliario deseado, los puestos de control están provistos de un conmutador rotativo, accionable desde el exterior, con 16 letras desde la A hasta la P, o bien cuenta con un teclado apropiado. La dirección de aparato deseada y la función que se pretende realizar, son activadas pulsando las correspondientes teclas de mando. Los receptores cuentan con dos conmutadores rotativos, uno para el código domiciliario A-P, y el segundo para la codificación numérica de 1 hasta 16. Si en varios puestos de control se ajusta la misma dirección, dichos aparatos se conectan como un grupo.

En los circuitos X-10, los amplificadores trabajan de la siguiente forma: el amplificador vigila el circuito de señales en todas las fases en busca de señales. Tras el envío de un datagrama de dirección, lo repite, amplificado a las tres fases, exactamente en el momento de la repetición de la señal original. Esto sucede igualmente con los datagramas de funciones, en los cuales se amplifican exclusivamente las órdenes de conexión, desconexión o conmutación. En la Figura A3 se aprecia el funcionamiento de la amplificación:

Figura A3. Proceso de amplificación en un circuito X-10



Como se puede ver, el datagrama es escuchado por el amplificador y se emite, ya amplificado, en el mismo momento de la repetición de dicho datagrama, a las tres fases inmediatamente después del paso por cero por cada fase. Gracias a la conexión del amplificador y al funcionamiento del mismo, puede prescindirse del acoplador de fases.

En cada circuito de señales sólo puede instalarse un amplificador. En las instalaciones donde hay que emitir desde un punto central a muchos puntos descentralizados, se puede aprovechar la alimentación de la red desde la línea principal a cada una de las subdistribuciones como conductor de señales para el sistema. Para ello, la alimentación principal desde fuera, es filtrada con los bloqueos de frecuencia portadora suficientemente dimensionados (hasta 250 A). Si existe un transformador propio, puede prescindirse de los filtros, ya que el transformador actúa como obstáculo insalvable para señales de alta frecuencia.

Cada subdistribución se dividirá en zonas con o sin componentes X-10. Los circuitos "NO X-10" se separarán, mediante bloqueos de la frecuencia portadora, de los circuitos X-10. Para ello hay que conectar los blo-

queos de la frecuencia portadora de la manera siguiente: fase y neutro a los circuitos "NO X-10", fase al circuito de señales X-10. En las proximidades del emisor central puede conectarse el amplificador, en lugar del acoplador de fases, para conseguir una mejora de la tensión de señales. Este amplificador actúa sobre las señales de emisión que, a través del suministro de energía, llegan a la línea principal y desde ella a cada distribución principal dentro de las subdistribuciones y, nuevamente desde aquí, hasta cada uno de los circuitos. Hay que cuidar que todas las cajas y enchufes estén situadas fuera del circuito de señales, para no recibir, a través de ellas, posibles perturbaciones.

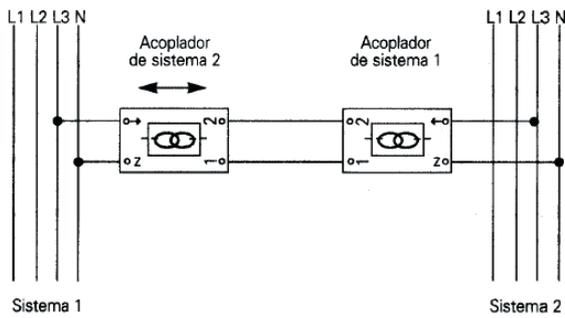
En aquellas instalaciones en las que las soluciones antes citadas comportarían tareas demasiado costosas para el filtrado, o en instalaciones industriales en las que varios sectores de transformadores hayan de combinarse en un sólo circuito de señales, se recomienda el empleo de la técnica de acoplamiento. También aquí, en cada subdistribución o en cada estación de transformador se separa un circuito de señales. En este caso, los bloqueos de las frecuencias portadoras se disponen ante los circuitos de señales como se explica a continuación: fase y neutro en dirección a la entrada de energía y fase en dirección al circuito de señales. De esta manera se forman dos circuitos descentralizados, cerrados, de señales. Estos circuitos pueden acoplarse entre sí en dos variantes:

Acoplamiento Doble

Cuando el planteamiento del problema lo exija, y en caso de que todos los circuitos de señales deban intercomunicarse unos con otros, estos sistemas se acoplarán entre sí con acopladores de sistemas y un conductor de señales; es decir, que se acoplan para que trabajen en ambos sentidos. En la técnica del acoplamiento hay que tener muy en cuenta algunas peculiaridades. Como conductor de mando puede emplearse cualquier conductor de dos hilos no apantallado. Al disponer de señales menores de 24 V para la transmisión, pueden utilizarse también como canales de mando conductores de pequeñas tensiones ya existentes, como por ejemplo, cables telefónicos interiores no utilizados. Estos cables deberán tener como mínimo, una distancia de 5cm hasta otros cables de energía o de señales para evitar acoplamientos capacitivos. Este acoplamiento en dos sentidos une varios circuitos de señales, a través de un conductor, para formar una gran red. En una red de este tipo sólo podrá instalarse un único amplificador. Por ello, este amplificador debe disponerse en situación centralizada, para que todas las señales de emisión puedan llegar a él, y para que a su vez, todas las

señales amplificadas puedan acceder desde el amplificador hasta todos los receptores.

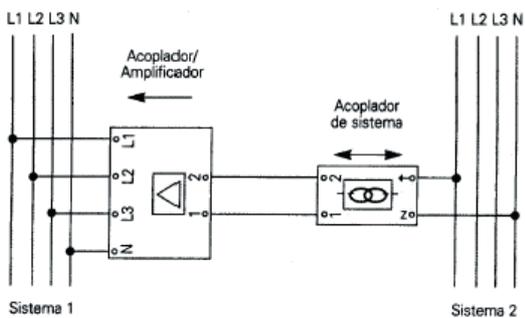
Figura A4. Acoplamiento doble entre dos circuitos de señales



Acoplamiento simple (en un sólo sentido)

Cuando las características de la red no sean suficientes para que una instalación de grandes dimensiones pueda trabajar con un solo amplificador, o cuando tan sólo se haya de transmitir desde un punto central, se ofrece como solución esta variante ■

Figura A5. Acoplamiento simple entre dos circuitos de señales



3. LONWORKS / LONTALK

Elchelon surgió como una iniciativa de Mike Markkula (exdirectivo de *Fairchild Semiconductor*, *Intel* y *Apple*), que en 1990 desarrolló *LonWorks*. Inicialmente se pretendía ocupar el espacio dejado por X-10, 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.

El protocolo de comunicación empleado, *LongTalk*, es un protocolo de comunicaciones basado en el modelo de referencia OSI de ISO. Este protocolo (*LongTalk*) es abierto (previo pago de tasas). Los componentes básicos de una red *LonWorks* son dos:

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

Existe también un sistema de desarrollo, *LonBuilder*, que consiste en un *software* y dos emuladores de neuronas que pueden comunicarse entre sí.

Las neuronas (*'neuron chips'*), fabricadas por *Toshiba* y *Motorola*, constituyen el nodo básico de las redes de control. Mediante los *transceivers* se consigue que el protocolo de comunicación sea totalmente el medio de transmisión utilizado (IR, PL, TP, etc.), y con la herramienta *LonBuilder* se pueden desarrollar aplicaciones orientadas a redes. Los medios de transmisión disponibles son cinco:

- Par trenzado (categoría IV) de cinco hilos: dos de datos, dos de alimentación y uno de tierra.
- Fibra óptica.
- Línea de baja tensión.
- Radiofrecuencia.
- Cable coaxial.

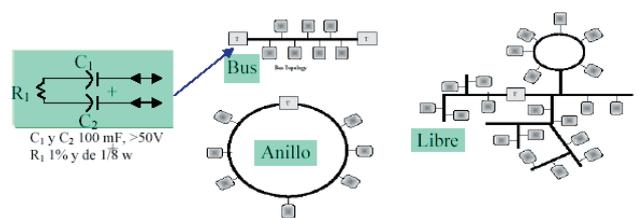
El protocolo de ese sistema implementa todos los niveles del modelo de referencia OSI, como se ilustra en la Tabla A1.

Tabla A1. Protocolos implementados en *LonWorks* y equivalente OSI

Nivel	Características principales
1. Físico	Puede utilizar: PL, TP, IR, RF, CX y/ó FO
2. Enlace	CSMA/CA (con prioridad opcional) y CSMA/CD. La codificación es Manchester Diferencial
3. Red	Emisión de ACK y UNACK. Transmisión "mono", "multi-" y difusión. Servicios de direccionamiento, etc.
4. Transporte	Servicios de mensajes hacia el exterior, desde el exterior, detección de duplicidades, posibilidad de autenticación, etc. Servicio de transportes tanto "mono" como difusión; repetición si UNACK, etc.
5. Sesión	Pregunta - respuesta
6 y 7. Presentación / Aplicación	Propagación de variables de redes, mensajes genéricos de paso, mensajes de gestión de la red, mensajes de diagnósticos de la red, transmisión de tramas externas, etc.

En cuanto a la topología del cableado de la red, existe versatilidad para emplear cualquiera de las existentes (Figura A6).

Figura A6. Topologías utilizables en *LonWorks*



La topología en bus requiere de dos elementos de terminación en ambos extremos para su buen funcionamiento y 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.

En la Tabla A2 se resumen las características de transmisión sobre par trenzado en función de la topología.

Tabla A2. Características de la transmisión sobre par trenzado con *LonWorks*

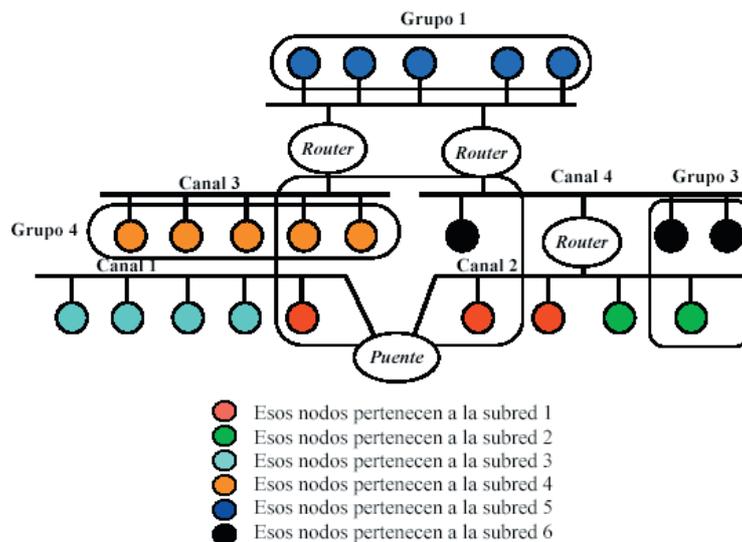
Longitud del bus	Velocidad de transmisión	Número de nodos
Bus con terminación doble		
130 m.	1.25 Mbps	
2700 m.	78 kbps	
Topología libre		
500 m.	78 kbps	128

El **direccionamiento** se divide en tres subniveles establecidos jerárquicamente:

- Nivel de dominio: Forma una red virtual. Consiste en un conjunto de nodos localizados en uno ó más canales. La dirección de un dominio no puede ocupar más de 6 bytes.
- Nivel de subred: Abarca hasta 127 nodos dentro de un dominio. Puede haber un máximo de 255 subredes dentro de un dominio.
- Nivel de nodo: se pueden agrupar hasta 63 nodos. No puede haber más de 256 grupos en un dominio. Un nodo puede pertenecer como máximo a 2 dominios.

Cada nodo tiene una dirección de subred y una dirección de nodo para cada dominio al que pertenezca. Asimismo, un nodo puede pertenecer a 15 grupos como máximo en cualquier dominio en el que esté.

Figura A7. Dominio *Lon Talk*



Nota:

Un canal es la unión física de distintos nodos. Un grupo es la unión lógica de distintos nodos.

Una única red puede abarcar distintos canales mediante puentes. Un canal puede transportar paquetes de distintas subredes.

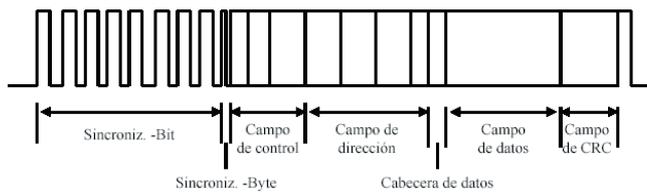
Un canal puede estar formado por nodos que pertenezcan a distintas subredes.

Un grupo puede estar formado por miembros de distintas subredes y canales. Es decir, un grupo no depende de la topología ni del medio físico que se emplee.

El **formato de tramas** (ver Figura A8) está formado por un campo de control, la dirección de nodo, la dirección de dominio, los datos de usuario y un campo de CRC (código de redundancia cíclica).

El tamaño máximo del campo de datos es de 228 bytes.

Figura A8. Formato de la trama *LonWorks*.



El proceso de instalación de una red *LonWorks* se realizaría en tres fases:

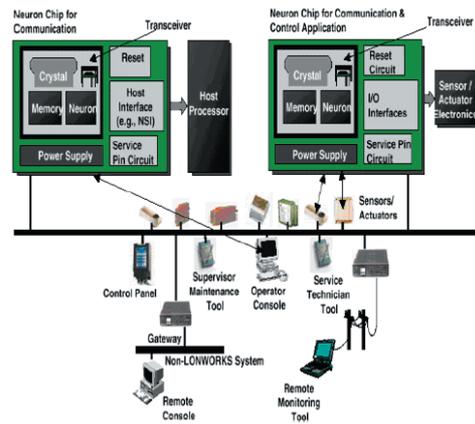
Direccionamiento. Cada nodo tiene un identificador (ID number) de 48 bits que viene de fábrica. Se conecta un ordenador personal con el software de control de la red a través del puerto serie, y con él se obtiene este identificador mediante la pulsación del botón de servicio del nodo. Una vez configurado este número, el programa le proporciona una nueva dirección de red (dominio + subred + nodo), que queda almacenada en su memoria RAM.

Establecimiento lógico de relación entre nodos. Con este proceso se asigna a cada nodo la dirección o direcciones a las que va a mandar sus mensajes.

Configuración de cada uno de los nodos, con lo que se completa la instalación lógica de éstos. Cada nodo suele tener un conjunto de parámetros que han de ser configurados por el instalador, como por ejemplo, velocidad de la transmisión, márgenes de alarma, etc.

En la Figura A9 se muestra un esquema de conexionado típico de una instalación *LonWorks* ■

Figura A9. Diagrama de una instalación *LonWorks*



4. EHS (EUROPEAN HOME SYSTEM)

A finales de los 80 la comisión europea propició el desarrollo de un par de proyectos SPRIT (el *Home System 2341y 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:

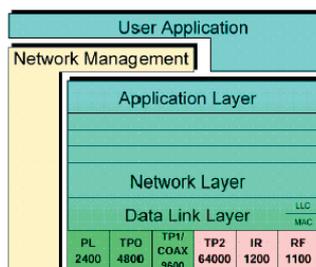
- Posibilidad de interoperación entre los distintos equipos de diferentes fabricantes.
- Fácil instalación y reconfiguración por parte del usuario.
- Posibilidad de integración de todos los dispositivos y medios disponibles en una vivienda convencional.

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 (Figura A10).

Los medios físicos que se pueden emplear son: red eléctrica (PL), par trenzado de clases 1 y 2 (TP1 y TP2), cable coaxial, radio frecuencia e infrarrojos (ver Tabla A3). 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).

Figura A10. Capas del modelo OSI implementadas en EHS



Algunos medios también pueden distribuir la alimentación de los dispositivos.

Tabla A3. Características de los diferentes medios de transmisión en EHS

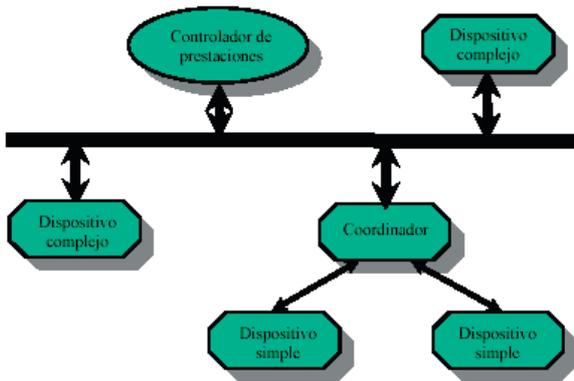
Tipo de medio	TP1	TP2	CX	PL	RF	IR
Uso	Propósito general	Telefonía, RDSI.				
	Control	Datos y/o control				
Velocidad	9,6 kbps	64 kbps	9,6 kbps	2,4 kbps	1,2 kbps	1,2 kbps
Protocolo	CSMA/CA	CSMA/CD	CSMA/CA	CSMA/ack	CT2	-
Alimentación	35 V.	35 V.	15 V.	230 Vac	-	-
Canales de información	-	14	Muchos	-	40	-
Velocidad	-	64 kb ps	Analógica	-	32 kbps	-
Codificación	-	TDM	FDM	-	FDM	-
Topología	Libre	Bus	Bus	Libre	Libre	Libre
Nº unidades	128	40	128	256	256	256
Rango	500 m.	300 m.	150/50 m.	Casa	50-200 m.	Habitación

El esquema de comunicación de los distintos elementos en EHS es el mostrado en la Figura A11. En EHS se pueden implementar tantas aplicaciones como dispositivos y funcionalidades se encuentren en un hogar. Cada dispositivo está asociado a una determinada área de aplicación, dentro de la cual el elemento es un objeto.

Para definir cada objeto se utilizan dos *bytes*, uno para el área (application area), y otro para el dispositivo (*device descriptor*).

Existen diversas áreas de aplicación: telecomunicaciones, audio/video, electrodomésticos, calefacción, iluminación, etc.

Figura A11. Esquema de comunicación entre elementos EHS

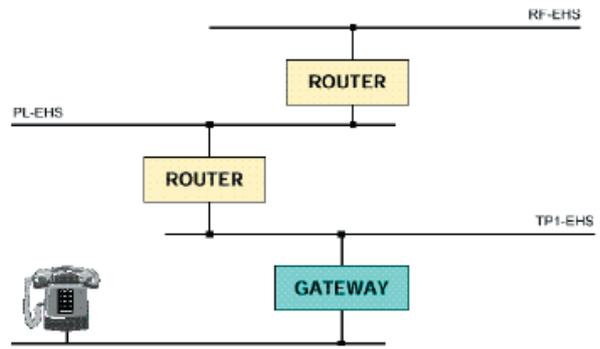


Los dispositivos EHS pueden ser de seis tipos (Figura A11):

- **Dispositivos simples** (SD: *simple devices*). Tienen funcionalidad autónoma propia, pero no son capaces de gestionar autónomamente la integración en un sistema (p.e. actuadores on/off, etc.).
- **Dispositivos complejos** (CoD: *complex devices*). Son como los anteriores pero sí tienen capacidad para integrarse autónomamente al sistema.
- **Encaminadores** (*routers*). Permiten la interconexión de distintos medios en EHS.
- **Pasarelas** (*Gateways*). Integran distintos sistemas.
- **Coordinador de dispositivos** (DC: *device coordinator*). Sirven de pasarela entre los dispositivos simples y los controladores de prestaciones (FC). No tienen funcionalidad autónoma propia, pero son capaces de gestionar de modo autónomo la integración en un sistema de dispositivos simples.
- **Controlador de prestaciones** (FC: *feature controller*). Utilizan las prestaciones de los dispositivos simples (a través de los coordinadores) y complejos. Proporcionan inteligencia a la aplicación en el sentido de control, monitorización, toma de decisiones, etc.

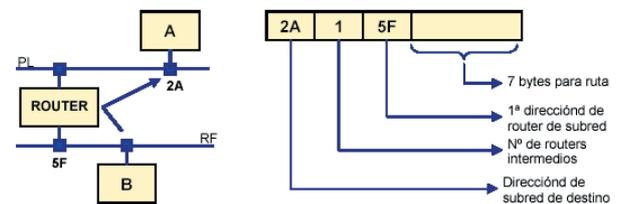
Una red EHS puede estar formada por distintas subredes EHS, e incluso por redes distintas a EHS, en cuyo caso se emplean pasarelas (Figura A12).

Figura A12. Integración de distintas subredes en una red EHS



En EHS cada dispositivo recibe el nombre de unidad. Cada unidad conectada a una subred tiene su propia dirección de subred. Una dirección de unidad se compone de la dirección de subred de la unidad destinataria, el número de rutas y las direcciones de los distintos encaminadores para alcanzar la subred de destino. La dirección del dispositivo A vista desde B está formada por la dirección destinataria y la dirección de la ruta para alcanzar esta unidad (Figura A13):

Figura A13. Direccionamiento de subredes



La dirección de subred se puede definir en el nivel de aplicación bien mediante miniinterruptores existentes en cada dispositivo, o bien mediante un procedimiento de registro.

El **procedimiento de registro** es una función de EHS que permite la asignación dinámica de direcciones. Por ejemplo, si dos unidades de dos subredes de pares trenzados tienen la misma dirección, al mover una de las unidades a la otra subred, habría un problema, que se soluciona con el procedimiento de registro (*registration procedure*). Este procedimiento tiene lugar en el momento de la instalación (registro de categoría I) o cada vez que el sistema se pone en funcionamiento (registro de categoría II).

Mediante este procedimiento, cada unidad nueva conectada a la red 'negocia' su dirección a través de una unidad

denominada Controlador de Medios (MdC), que es la responsable de la asignación de direcciones en cada subred. La unidad MdC es opcional, ya que sus tareas pueden ser realizadas por un controlador de prestaciones (FC).

Cuando no hay un MdC en la subred, el registro se hace mediante un mecanismo de asignación distribuida de direcciones (DAA). Las acciones llevadas a cabo en este registro son:

La unidad elige una dirección de modo aleatorio y manda un mensaje a esa dirección.

Si no recibe respuesta, la unidad mantiene esa dirección.

Si hay respuesta, la unidad elige una nueva dirección y repite el proceso hasta que obtenga una dirección propia.

Para la cooperación de las diferentes unidades dentro de una aplicación deben crearse una serie de vínculos entre ellas. Esto es lo que se conoce como procedimiento de enrolado. Este procedimiento requiere que las unidades intercambien sus direcciones, y es esencial para el funcionamiento autónomo del sistema, ya que permite a las unidades detectar la presencia de las demás. El enrolado comienza al encender una unidad, una vez completado el registro, y se realiza llevando a cabo las siguientes acciones:

- Un FC difunde su petición de descriptores de dispositivo (DD) a todos los DoC. Este mensaje utiliza una dirección de grupo predeterminada para alcanzar a todos los CoD's.
- Los CoD reciben el mensaje junto con información adicional que les permite conocer la dirección de su FC. Los CoD's envían entonces su DD al FC, usando su propia dirección.
- El FC recibe los DD de los distintos CoD's junto con sus direcciones. Si el FC estuviera interesado en un CoD concreto, enviaría su mensaje de enrolado positivo al CoD en cuestión.
- El FC y el CoD quedan ya enrolados y cada uno almacena la dirección individual del otro dispositivo.

La **estructura de la trama** EHS se compone de los siguientes campos:

- Preámbulo (en PL) para sincronización del envío de datos entre los dispositivos emisor y receptor.
- Cabecera, que marca el inicio de los datos y permite reconocer una trama EHS.
- La dirección de vivienda permite discriminar si una trama viene de otra casa.
- Código de prioridad para definir el nivel de prioridad del mensaje.
- Direcciones de los dispositivos de origen y destino.
- Datos, con los datos de útiles del mensaje (información de la acción de control a realizar o datos a transferir).
- Campo de corrección de errores, en el que se añaden seis *bits* por *byte* para garantizar la fiabilidad de la comunicación. De esta forma, cada *byte* real se convierte en 14 *bits* ■

5. EIBUS (EUROPEAN INSTALLATION BUS)

El EIB 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*), creado en 1990 por más de setenta compañías (*ABB, Siemens, ...*).

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*. Las funciones de la asociación son básicamente el soporte para la preparación de normas unificadas y la definición de los tests y requisitos de homologación que garanticen la calidad de los productos.

Existen tres posibles medios físicos para la interconexión de dispositivos: cable de par trenzado, red eléctrica de baja tensión y está previsto el desarrollo de dispositivos por radio-frecuencia. La diferencia entre los dispositivos de los tres tipos radica en la electrónica de acceso al medio, siendo el resto común a todos ellos.

La instalación sobre red eléctrica de baja tensión, que funciona por corrientes portadoras, se reserva a viviendas o edificios ya construidos, donde la instalación de nuevo cableado sería muy costosa. No obstante, este tipo de medio es muy poco empleado por mayor coste y menor fiabilidad.

5.1. TECNOLOGÍA

El EIB (*European Installation Bus*) es un sistema descentralizado (no requiere de un controlador central de la instalación), en el que todos los dispositivos que se conectan al bus de comunicación de dato tienen su propio microprocesador y electrónica de acceso al medio. En una red EIB podemos encontrar básicamente cuatro tipos de componentes: módulos de alimentación de la red, acopladores de línea para interconectar diferentes segmentos de red, y elementos sensores y actuadores.

Los sensores son los responsables de detectar cambios de actividad en el sistema (operación de un interruptor, movimientos, cambio de luminosidad, temperatura, humedad, etc.), y ante éstos, transmitir mensajes (denominados telegramas) a los actuadores, que se encargan de ejecutar los comandos adecuados. Los sensores funcionarán por

tanto como entradas al sistema, y los actuadores como salidas para la activación y regulación de cargas.

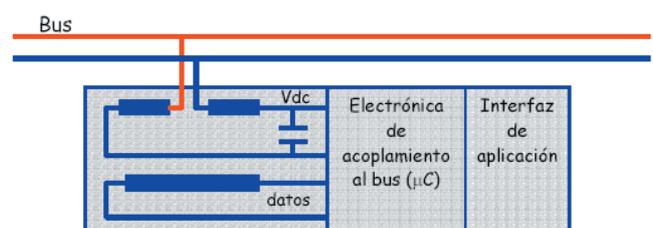
Las instalaciones de tipo EIB pueden abarcar más de 10.000 de estos dispositivos, por lo que son aplicables a edificaciones desde unas decenas de metros cuadrados (viviendas) a grandes edificios (hospitales, hoteles, etc.).

■ Superposición de datos / alimentación

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, por una parte, aislar la fuente de alimentación de los datos, para que ésta no suponga una carga sobre ellos, y por otra, desacoplar los datos de la componente de alimentación continua en cada dispositivo.

Los dispositivos conectados al bus (Figura A14) disponen de un transformador para separar la componente continua de alimentación, de la componente alterna que representa los datos. En el primario, la componente inductiva (XL) resulta muy baja para la componente continua (Vdc), y la componente capacitiva (XC) es muy alta, por lo que aislamos la tensión de alimentación continua. Para la tensión alterna (Vac), en cambio, la XL presenta un valor importante, y la XC es muy baja, por lo que los datos resultan filtrados, eliminándolos de la tensión de alimentación del módulo.

Figura A14. Descoplo de alimentación / datos

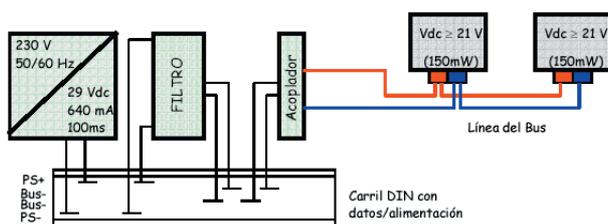


Cuando un dispositivo envía datos, la electrónica de acoplamiento los emplea para excitar el secundario del transformador, de modo que se inducen al primario y se superponen a la tensión continua de alimentación Vdc.

Para la recepción, los datos representan la corriente alterna en el primario, que se inducen al secundario y son así separados de la tensión continua. Cada línea tiene su

propia fuente de alimentación que suministra la tensión a todos los dispositivos conectados (Figura A15). La fuente dispone de control integrado de corriente y tensión y salva microcortes de hasta 100 μ s. La tensión nominal de alimentación es de 29V, y cada dispositivo requiere un mínimo de 21V para mantenerse en zona de operación segura (SOA), y supone una carga típica de 150mW en el bus (en caso de carga adicional, hasta 200mW). De este modo se aseguran unos márgenes de tensión y consumo que garanticen un funcionamiento adecuado incluso utilizando el máximo número de dispositivos posible en la instalación.

Figura A15. Conexión de alimentación y dispositivos al bus



La conexión de la fuente de alimentación al bus se realiza a través de una bobina de filtro, de modo que la etapa de filtrado de alimentación suponga una carga despreciable sobre la componente de datos y no los interfiera (la bobina tiene una XL casi nula en continua, y una XL elevada para la componente de alterna que representa los datos).

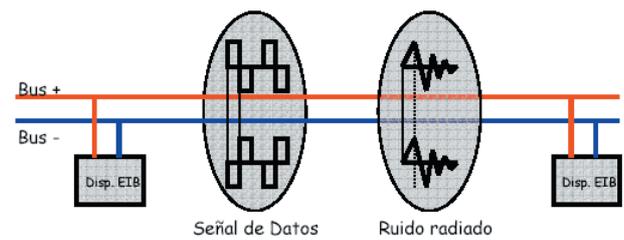
■ Características de la transmisión

El medio físico empleado en la red es un cable de par trenzado (simétrico, de sección 0.8 mm² e impedancia característica $Z_0=72\Omega$).

Los datos se transmiten en modo simétrico sobre este par de conductores (no se ponen a tierra). El empleo de transmisión diferencial, junto con la simetría de los conductores, garantiza que el ruido afectará por igual a los conductores, de modo que la diferencia de tensiones permanece invariante (Figura A16). Esta es una técnica empleada en la mayoría de las redes de comunicación de datos.

La inmunidad al ruido mejora por la baja resistencia del enlace de los dispositivos mediante acoplamiento aislado (transformador).

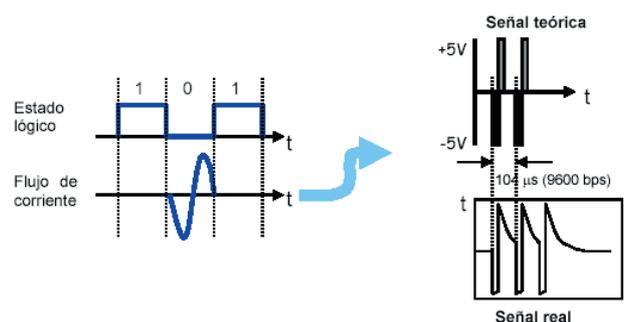
Figura A16. Detalle de transmisión simétrica y cancelación del ruido en la transmisión



La transmisión de datos se realiza en modo asíncrono, a una velocidad de 9600bps. Los datos se codifican en modo simétrico, como se ha descrito, correspondiendo a un 1 lógico la ausencia de paso de corriente, y a un 0 lógico el paso de corriente en modo simétrico. Así, los 0's representan un impulso negativo-positivo de -5V a +5V (Figura A17).

Para conseguir la simetría en la transmisión, cada dispositivo produce tan solo la onda negativa por absorción de corriente del bus, y es la bobina de acoplamiento de la fuente de alimentación conectada a esa línea la que genera una fuerza contraelectromotriz responsable de la generación de la semionda positiva. Por ello la onda real obtenida no es perfectamente simétrica (Figura A17), aunque sí muy aproximada. Por esta razón, existen limitaciones en cuanto a la distancia máxima entre un componente y la fuente de alimentación del bus, que interviene de modo pasivo en la codificación de los datos.

Figura A17. Generación de corriente portadora sobre tensión de alimentación



5.2. TOPOLOGÍA

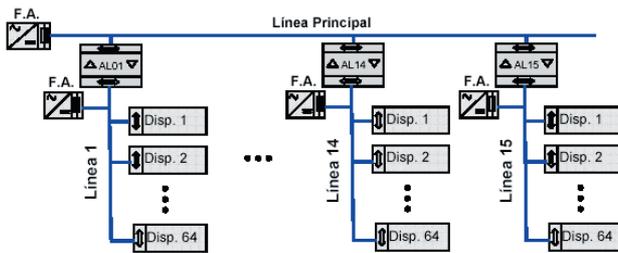
Para el conexionado de dispositivos del bus en cada línea se permite cualquier topología: árbol, estrella, bus o anillo, lo que facilita la instalación en viviendas y edificios.

Únicamente no se permite cerrar anillos entre líneas situadas topológicamente en diferentes subredes.

La topología de conexión de dispositivos contempla tres niveles de conexionado: La línea es la unidad mínima de instalación. En ella se pueden conectar hasta 64 dispositivos (dependiendo de la capacidad de la fuente de alimentación y de la carga máxima producida por los dispositivos existentes).

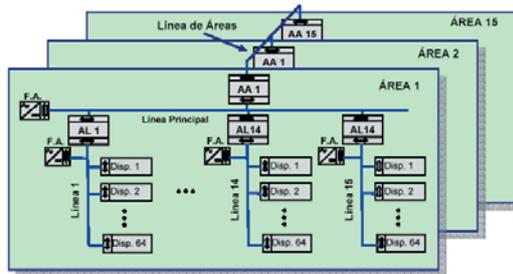
Si se desean conectar más componentes al bus, se habrá de instalar una nueva línea, que se acoplará, junto con la primera, a una línea principal mediante acopladores de línea. Se pueden acoplar hasta 15 líneas en la línea principal, constituyendo un área. De este modo, en un área se pueden conectar hasta 960 dispositivos. Cada línea, tanto la principal como las secundarias, deben tener su propia fuente de alimentación. Además, la línea principal puede tener conectados directamente hasta 64 dispositivos (incluyendo los acopladores de línea).

Figura A18. Configuración de un Área



Cabe la posibilidad de unir hasta un total de 15 áreas distintas mediante los denominados Acopladores de Área para constituir el sistema completo (Figura A19), que permitiría integrar hasta un máximo de 14.400 dispositivos.

Figura A19. Interconexión de áreas (sistema completo EIB)



5.3. DIRECCIONAMIENTO

Los diferentes elementos existentes en una instalación EIB quedan perfectamente identificados gracias al sistema de direccionamiento. Existen dos tipos de direcciones: direcciones físicas y direcciones de grupo.

■ Direcciones físicas

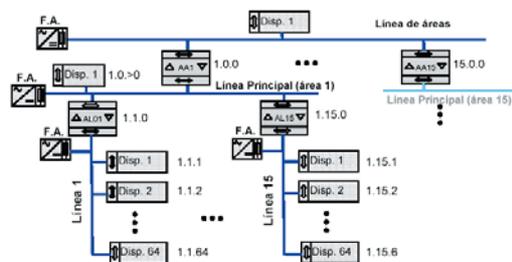
Las **direcciones físicas** identifican unívocamente cada dispositivo y corresponden con su localización en la topología global del sistema (área – línea secundaria – dispositivo).

La dirección física consta de tres campos, que se representan separados por puntos:

- Área (4 bits). Identifica una de las 15 áreas. A=0 corresponde a la dirección de la línea de áreas del sistema.
- Línea (4 bits). Identifica cada una de las 15 líneas en cada área. L=0 se reserva para identificar a la línea principal dentro del área.
- Dispositivo (8 bits). Identifica cada uno de los posibles dispositivos dentro de una línea. D=0 se reserva para el acoplador de línea.

En la Figura A20 se muestra un ejemplo de direcciones físicas asignadas a los dispositivos de un sistema EIB: En la línea de áreas se conectan hasta 15 acopladores de área (AA), cuyas direcciones irán desde 1.0.0 hasta 15.0.0. Esta línea puede tener conectados dispositivos normales (direcciones 0.0.>0). Cada área tiene una línea principal, con su fuente de alimentación, a la que se conectan los acopladores de línea (AL), con direcciones 1.1.0 a 15.0.0, y a cada línea secundaria conectada a un acoplador de línea pueden conectarse hasta 64 dispositivos.

Figura A20. Ejemplo de direccionamiento físico



Para la interconexión de diferentes líneas y diferentes áreas se emplea la **unidad de acoplamiento**. Este elemento es el mismo para los diferentes tipos de conexión, y dependiendo de la dirección física que se le asigne actuará como acoplador de línea, acoplador de área, o incluso repetidor dentro de una misma línea.

En el caso del acoplador de línea o de área, la unidad de acoplamiento actúa como encaminador (router), y mantiene una tabla interna de direcciones de las subredes que conecta para aislar el tráfico entre ellas.

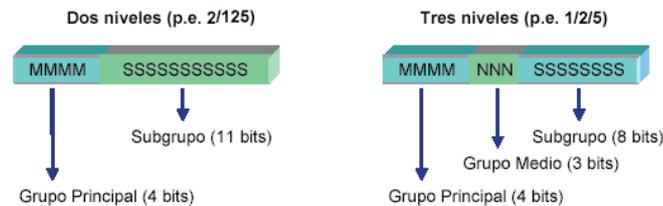
■ Direcciones de grupo

Las direcciones de grupo se emplean para definir funciones específicas del sistema, y son las que determinan las asociaciones de dispositivos en funcionamiento (y la comunicación entre sus objetos de aplicación).

Las direcciones de grupo asignan la correspondencia entre elementos de entrada al sistema (sensores) y elementos de salida (actuadores).

Se pueden utilizar dos tipos de direccionamiento de grupo: de dos y tres niveles (Figura A21), dependiendo de las necesidades en la jerarquización de las funciones del sistema.

Figura A21. Niveles en las direcciones de grupo



Habitualmente el campo de grupo principal se utiliza para englobar grupos de funciones (alarmas, iluminación, control de persianas, etc.). Se pueden emplear valores de 1 a 13, los valores 14 y 15 no deben emplearse, ya que no son filtrados por los acopladores y podrían afectar a la dinámica de funcionamiento de todo el sistema. En todos los campos la dirección 0 está reservada para funciones del sistema.

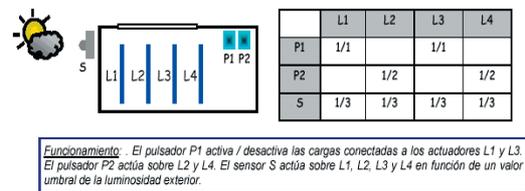
En la configuración de una instalación EIB, la asignación de direcciones de grupo es básica para asegurar su correcto funcionamiento. Las direcciones de grupo, que asocian sensores con actuadores, se pueden asignar a cualquier

dispositivo en cualquier línea (son independientes de las direcciones físicas), con las siguientes condiciones:

- Los sensores sólo pueden enviar una dirección de grupo (sólo se les puede asociar una dirección de grupo).
- Varios actuadores pueden tener la misma dirección de grupo, es decir, responden a un mismo mensaje o telegrama.
- Los actuadores pueden responder a más de una dirección de grupo (pueden estar direccionados o asociados a varios sensores simultáneamente).

La Figura A22 ilustra un ejemplo sencillo de asociación de elementos en una instalación EIB.

Figura A22. Asignación de direcciones de grupo



5.4. FORMATO DE LAS TRANSMISIONES

■ Método de acceso al medio

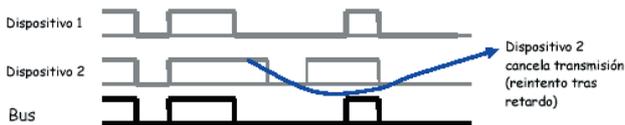
El método de acceso al medio empleado en EIB es de tipo CSMA/CA1. La codificación se realiza de modo que el estado lógico '0' es dominante (flujo de corriente) sobre el '1', que se denomina recesivo (no pasa corriente). El mecanismo de resolución de colisiones es el siguiente:

- El dispositivo comprueba el bus, y si está libre comienza la transmisión.
- Durante el envío cada dispositivo escucha los datos presentes en el bus, comparándolos en todo momento con los que ha transmitido.
- Si no se producen colisiones, el envío se completa sin contratiempos.
- Si, por el contrario, se produce una colisión con los datos enviados por otro equipo, el arbitraje se resuel-

ve por prioridad de los bits dominantes sobre los recesivos (Figura A23).

Por lo tanto, tendrán mayor prioridad aquellas tramas que presente un mayor número de ceros en su inicio.

Figura A23. Resolución de colisiones CSMA/CA en EIB



■ Formato de los mensajes

El envío de un mensaje o telegrama en un sistema EIB se realiza cuando se produce un evento, p.e. la activación de un pulsador o la detección de presencia. El dispositivo emisor (sensor) comprueba la disponibilidad del bus durante un tiempo t_1 (Figura A24) y envía el telegrama. Si no hay colisiones, a la finalización de la transmisión espera un intervalo de tiempo t_2 la recepción del reconocimiento (Ack). Si la recepción es incorrecta, no se recibe reconocimiento (o bien se recibe no reconocimiento), y la transmisión se reintenta hasta tres veces.

Todos los dispositivos disecionados envían el reconocimiento simultáneamente.

Figura A24. Secuencia de envío de telegrama ante la activación de un evento



Los telegramas se transmiten en modo asíncrono, a una velocidad de 9600 baudios, donde cada carácter o byte consta de 1 *bit* de inicio, 8 *bits* de datos, 1 *bit* de paridad par, 1 *bit* de parada y una pausa de 2 *bits* hasta la siguiente transmisión (Figura A25). De este modo las transmisión de un *byte* supone un tiempo de 1,35 ms, y la de un telegrama completo entre 20 y 40 ms (la mayoría de las órdenes son de marcha-paro y suponen un tiempo de envío de 20 ms).

Figura A25. Formato de transmisión de un byte

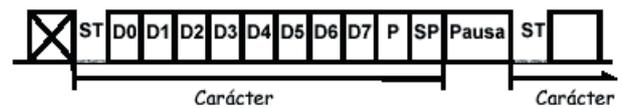


Figura A26. Formato de los telegramas. Campo de control



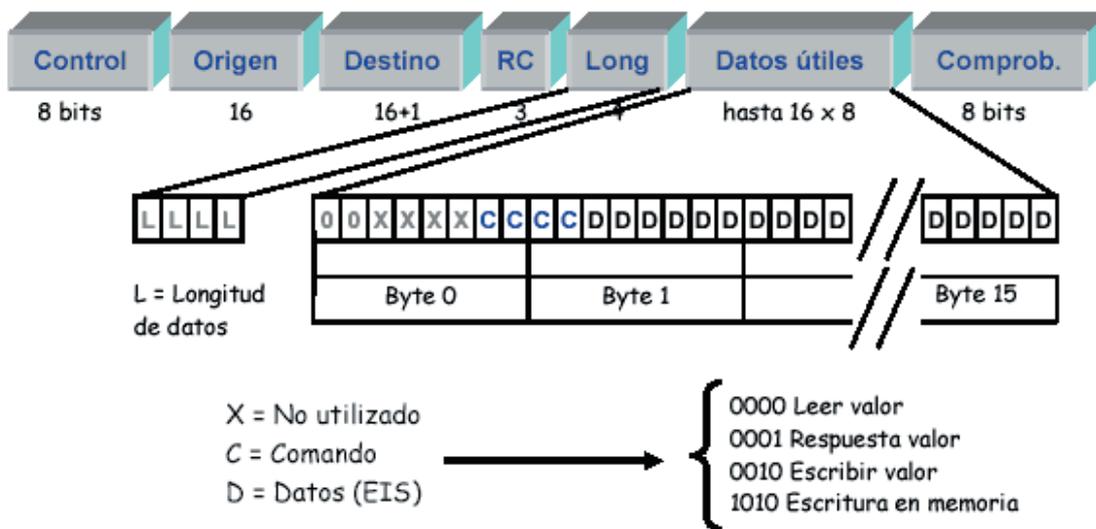
El telegrama que se transmite por el bus, y que contiene la información específica sobre el evento que se ha producido, tiene siete campos, seis de control para conseguir una transmisión fiable y un campo de datos útiles con el comando a ejecutar). En la Figura A26 se muestra el formato de la trama y el tamaño de cada uno de estos campos:

Control. Este campo de 8 *bits* incluye la prioridad que dicho telegrama tiene al ser enviado según el tipo de función (alarma, servicios del sistema o servicios habituales). El *bit* de repetición se pone a cero en caso de repetirse algún envío a causa del no reconocimiento de alguno de los destinatarios. De este modo se evita que los mecanismos que ya han ejecutado la orden la vuelvan a repetir.

Dirección de origen. El dispositivo que retransmite la trama envía su dirección física (4 *bits* con el área, 4 *bits* de identificador de línea y 8 *bits* de identificador de dispositivo), de modo que se conozca el emisor del telegrama en las tareas de mantenimiento.

Dirección de destino. La dirección de destino puede ser de dos tipos, en función del valor que tome el *bit* de mayor peso de este campo (*bit* 17). Si tiene valor '0', se trata de una dirección física, y el telegrama se dirige únicamente a un dispositivo. Si tiene valor '1', se trata de una dirección de grupo, y el telegrama se dirige a todos los mecanismos que deben escucharlo (los que tengan esa dirección de grupo).

Figura A27. Formato del campo de datos. EIS (*EIB Intrworking Standard*)



Longitud e información útil (Figura A27). Contiene los datos necesarios para la ejecución de órdenes y transmisión de valores. En los cuatro *bits* de longitud se indica cuántos bytes contiene el campo de datos (0 = 1 *byte*, 15 = 16 *bytes*). El campo de datos útiles contiene el tipo de comando (sólo hay cuatro) y los datos, de acuerdo con el EIB *Interworking Standard* (EIS). El EIS contiene los datos útiles para cada función asignada a los objetos de comunicación. Según este estándar existen siete tipos diferentes, cada uno asignado a un tipo de acción de control (conmutación, regulación de luz, envío de valor absoluto, envío de valor en punto flotante, etc). De este modo se garantiza la compatibilidad entre dispositivos del mismo tipo de diferentes fabricantes. Los objetos de comunicación son instancias de clases definidas en el estándar, y son los programas almacenados en la memoria de los dispositivos para realizar una determinada acción.

Campo de comprobación. Consiste en un *byte* que se obtiene del cálculo de la paridad longitudinal par (LRC2) de todos los *bytes* anteriores incluidos en el telegrama. Cuando un dispositivo recibe el telegrama, comprueba si éste es correcto a partir del *byte* de comprobación.

Si dicha recepción es correcta, se envía un reconocimiento (Figura A24). De lo contrario se envía un no reconocimiento (NAK) para que el emisor repita el envío. Si el dispositivo está ocupado envía un código Busy para que el emisor reintente la transmisión tras un pequeño retardo.

Tabla A4. Tipos de respuestas de reconocimiento

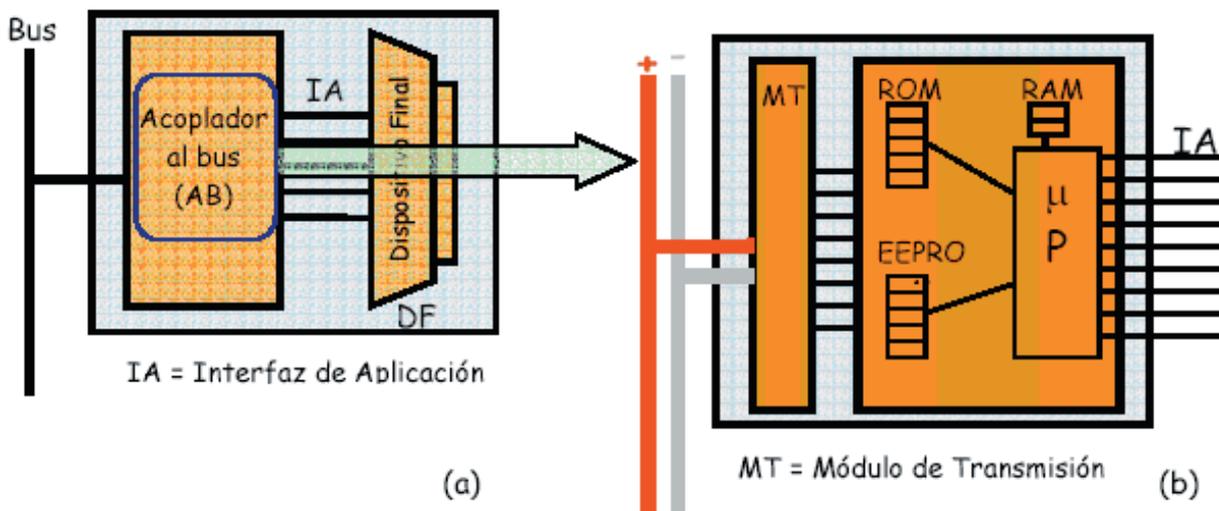
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
N	N	0	0	B	B	0	0	
1	1	0	0	0	0	0	0	BUSY (ocupado)
0	0	0	0	1	1	0	0	NAK (recepción incorrecta)
1	1	0	0	1	1	0	0	ACK (recepción correcta)

5.5. COMPONENTES 'INTELIGENTES'

Al margen de los elementos auxiliares para posibilitar el funcionamiento de un sistema EIB, como son la fuente de alimentación, filtros y cables, los elementos más importantes en la instalación son los dispositivos dotados de una cierta 'inteligencia'. Al tratarse de un sistema distribuido, las funciones a realizar se encuentran programadas en forma de objetos de aplicación en los sensores y actuadores que intercambian información, posibilitando así la realización de las acciones de control. Estos dispositivos constan de tres partes básicas (Figura A28):

- Acoplador al bus (AB), donde se encuentra el programa de aplicación.
- Interfaz de aplicación (IA).
- Dispositivo final (DF).

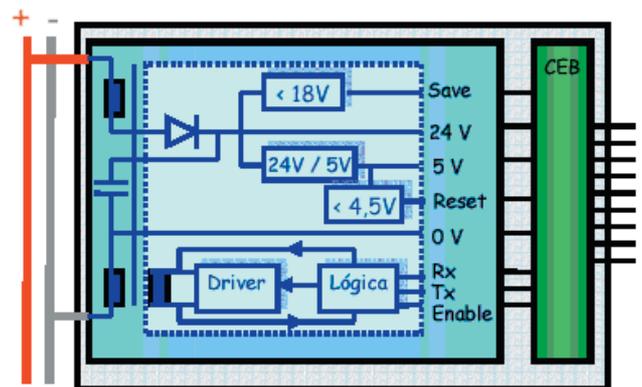
Figura A28. (a) Componentes de un dispositivo EIB. (b) Detalle de acoplador al bus



El **acoplador al bus** (AB o BCU) es un aparato universal, que contiene la electrónica necesaria para gestionar el enlace: envío y recepción de telegramas, ejecución de los objetos de aplicación, filtrado de direcciones físicas y de grupo para reconocer los telegramas destinados al dispositivo, comprobación de errores, envío de reconocimientos, etc. El acoplador examina cíclicamente la interfaz de aplicación para detectar cambios de señal. Esta unidad de acoplamiento consta de dos partes:

- **Un módulo de transmisión (MT), que realiza las siguientes funciones (Figura A29):**
 - Desacoplo de alimentación y datos (acoplamiento por transformador y filtro capacitivo).
 - Protección contra inversión de polaridad.
 - Generación de la tensión de alimentación estabilizada a 24Vdc.
 - Inicialización del volcado de seguridad de la memoria RAM si la tensión del bus cae por debajo de 18 V.
 - Generación del reset del microprocesador si la tensión del bus cae por debajo de 5 V.
 - Amplificación y funciones lógicas para la recepción transmisión desde el bus.
 - Vigilancia de la temperatura de la unidad.

Figura A29. Módulo de transmisión (MT) del acoplador al bus



- **El controlador del enlace al bus (CEB) que incluye (Figura A28b):**
 - Memoria ROM permanente, que contiene el software del sistema (el 'sistema operativo' de la BCU).
 - Memoria RAM volátil, que contiene datos durante la operación normal del dispositivo.
 - Memoria no volátil borrable eléctricamente (EEPROM), donde se almacenan el programa de aplicación, la dirección física y la tabla de direcciones de grupo.

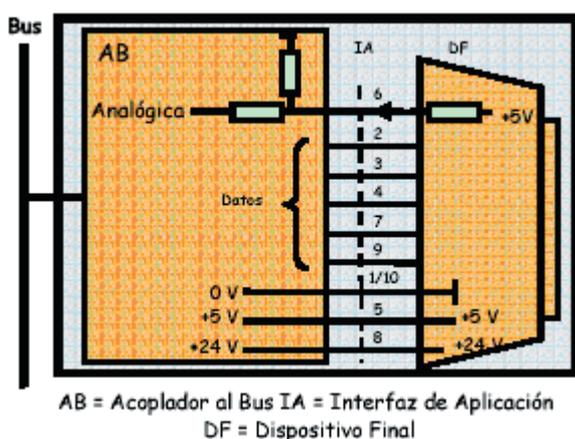
Los programas de aplicación se encuentran en una base de datos que proporciona cada fabricante y pueden ser

descargados a las BCU a través del bus utilizando el *software* adecuado.

La **interfaz de aplicación** es un conector estándar de diez pines, de los cuales cinco se usan para datos (4 digitales o analógicos y uno digital, de entrada o salida), tres se utilizan para las tensiones de alimentación, y uno es una entrada analógica al acoplador al bus que se emplea para la identificación del tipo de dispositivo final en función de una resistencia situada en el mismo (Figura A30). En el caso de que el tipo de dispositivo final no corresponda con el programa de aplicación, el acoplador al bus lo detiene automáticamente.

Los tipos de dispositivos definidos se identifican en pasos de 0,25 V, y cubren todas las necesidades en cuanto a lectura de sensores, control de actuadores e interfaz con otros tipos de dispositivos, como el ordenador personal, módem telefónico, etc ■

Figura A30. Identificación de dispositivos finales y tipos



Tipo	V	Función
0	0,00	No hay dispositivo final conectado
2	0,50	4 entradas binarias/analóg, 1 salida bin
4	1,00	2 entradas bin/analóg, 2 + 1 salidas bin
6	1,50	3 entradas bin/analóg, 1+1 salidas bin
12	3,00	Síncrono serie
14	3,50	Síncrono serie de longitud fija
16	4,00	Asíncrono serie
19	4,75	4+1 salidas binarias
20	5,00	Descarga (carga reducida)

En el año 1987, las firmas alemanas *Bosch, Klöckner Möeller* y *Siemens* iniciaron un proyecto de desarrollo de una arquitectura de comunicaciones industriales que permitiera la interconexión de equipos de distintos fabricantes. Esta fue la base de un grupo de trabajo al que se integraron otras grandes empresas tales como *ABB, AEG, Landis&Gir*, etc., algunas universidades y organizaciones técnicas estatales, entre ellas la propia *VDE* y el *Ministerio Federal de Investigación Alemán*. Se formaron varios grupos de trabajo en distintas áreas, cuya tarea esencial fue la de desarrollar un sistema abierto de comunicaciones apto para integrar desde los sencillos transductores y elementos de campo, pasando por los autómatas y controles numéricos hasta llegar al nivel de los miniordenadores para diseño y gestión de la producción. El primer objetivo fue sólo el diseño de un bus de campo con una estructura abierta y un protocolo compatible que permitiera enlazar con una red adoptada como base en los niveles superiores (MAP), con lo que resultó el proyecto de normas y protocolos que se estudiarán con más profundidad en apartados posteriores. A partir del año 1990 se abrió la posibilidad para cualquier usuario o empresa de integrarse en un consorcio denominado PROFIBUS *Nutzerorganisation*, que a través de diversos comités sigue desarrollando y dando soporte al nivel de aplicación y certificación de productos.

PROFIBUS es actualmente el líder de los sistemas basados en buses de campo en Europa y goza de una aceptación mundial. Sus áreas de aplicación incluyen manufacturación, automatización y generación de procesos.

PROFIBUS es un bus de campo normalizado internacional que fue estandarizado bajo la norma EN 50 170. Esto asegura una protección óptima tanto a los clientes como a los vendedores y asegura la independencia de estos últimos. Hoy en día, todos los fabricantes líderes de tecnología de automatización ofrecen interfaces PROFIBUS para sus dispositivos. La variedad de productos existentes incluye más de 1500 elementos y servicios, de los cuales 400 están certificados, asegurando un funcionamiento sencillo y correcto incluso en redes de diferentes fabricantes. PROFIBUS ha sido usado satisfactoriamente en alrededor de 200.000 aplicaciones en todo el mundo y se han instalado más de 2.000.000 dispositivos.

6.1. VERSIONES COMPATIBLES

PROFIBUS es un bus de campo standard que acoge un amplio rango de aplicaciones en fabricación, procesado y automatización. La independencia y franqueza de los vendedores está garantizada por la norma EN 50 170. Con PROFIBUS los componentes de distintos fabricantes pueden comunicarse sin necesidad de ajustes especiales de interfaces.

PROFIBUS puede ser usado para transmisión crítica en el tiempo de datos a alta velocidad y para tareas de comunicación extensas y complejas. Esta versatilidad viene dada por las tres versiones compatibles que componen la familia PROFIBUS (Figura A31):

■ PROFIBUS PA:

- Diseñado para automatización de procesos.
- Permite la conexión de sensores y actuadores a una línea de bus común incluso en áreas especialmente protegidas.
- Permite la comunicación de datos y energía en el bus mediante el uso de 2 tecnologías (norma IEC 1158-2).

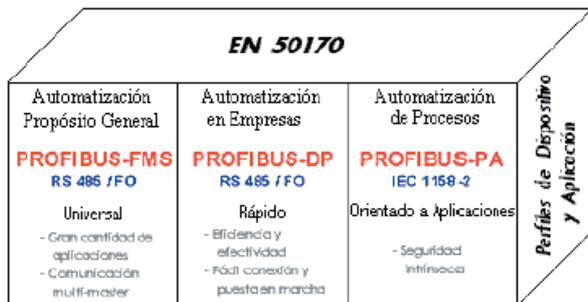
■ PROFIBUS DP:

- Optimizado para alta velocidad.
- Conexiones sencillas y baratas.
- Diseñada especialmente para la comunicación entre los sistemas de control de automatismos y las entradas/salidas distribuidas.

■ PROFIBUS FMS:

- Solución general para tareas de comunicación a nivel de célula.
- Gran rango de aplicaciones y flexibilidad.
- Posibilidad de uso en tareas de comunicación complejas y extensas.

Figura A31. La familia PROFIBUS



Puede decirse sin lugar a dudas que PROFIBUS ha conseguido definir toda una red de Comunicación industrial, desde el nivel físico hasta el de aplicación, integrando al máximo las técnicas de comunicación previamente definidas y consolidadas y habiendo superado la en un primer momento poca disponibilidad de información en inglés, lo que dificultaba su divulgación a nivel de fabricantes no germanos. En la actualidad la estructura es tal que los grupos de los 20 países más industrializados ofrecen un soporte en su idioma para el resto del mundo. Todos los grupos de usuarios se unen bajo la Organización PROFIBUS International (PI), que con más de 750 miembros es la organización de buses de campo más grande del mundo.

6.2. ESTRUCTURA DE LA RED

■ Medio físico

La tecnología de transmisión más usada es la RS 485, conocida habitualmente como H2. Su área de aplicación comprende aquellas aplicaciones donde prima su simplicidad, la velocidad de transmisión y lo barato de la instalación. Se usa un par diferencial con cable trenzado, previsto para comunicación semi-duplex, aunque también puede implementarse con fibra óptica y enlaces con estaciones remotas vía módem o vía radio. La velocidad de transmisión varía entre 9.6Kbits/s y 12Mbits/s, dependiendo del medio físico, como se indica en la siguiente tabla.

Al conectar varias estaciones, hay que comprobar que el cable de las líneas de datos no sea trenzado. El uso de líneas apantalladas es absolutamente esencial para el logro de una alta inmunidad del sistema en ambientes con emisiones altas de electromagnetismo (como en la fabricación de automóviles). El apantallamiento se usa para mejorar la compatibilidad electromagnética (CEM).

Tabla A5. Distancias máximas sin repetidor, según medio físico

MEDIO FÍSICO	VELOCIDAD (Kbit/s)				
	9,6-93,75	167,5	500	1500	2000
RS 485 0,5 ² (24 awg)	1200m	600m	200m	100m	50m
RS 485 0,5 ² (20 AWG)	2400m	1200m	400m	200m	100m
F.Opt.Cuarzo 622,5-125mm	1400m	1400m	1400m	1400m	1400m
F.Opt. Plástico					
0-40°C	5-25m	5-25m	5-25m	5-25m	5-25m
0-50°C	10-20m	10-20m	10-20m	10-20m	10-20m

■ Elementos del bus

El elemento esencial del bus es el nodo. PROFIBUS prevé la existencia de dos tipos de nodos:

- **Activos:** son nodos que pueden actuar como maestro del bus, tomando enteramente el control del bus.
- **Pasivos:** son nodos que únicamente pueden actuar como esclavos y, por tanto, no tienen capacidad para controlar el bus. Estos nodos pueden dialogar con los nodos activos mediante un simple mecanismo de pregunta-respuesta, pero no pueden dialogar directamente entre sí.

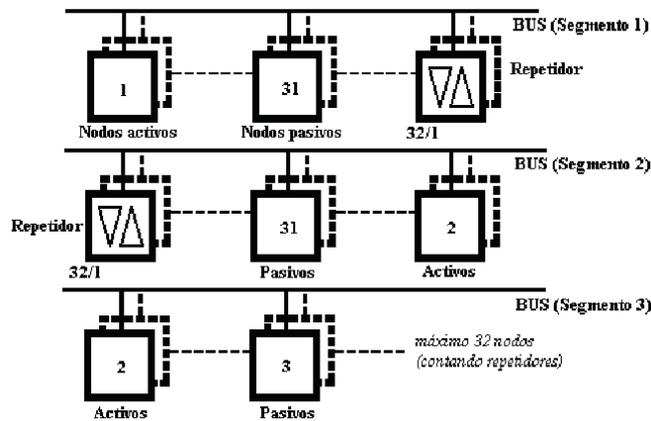
Aparte de estos dos tipos de nodos, existen otros dos bloques esenciales en la arquitectura del bus:

- **Expansiones E/S:** este tipo de bloques constituyen la interfaz con las señales de proceso y pueden estar integrados tanto en un nodo activo como en un nodo pasivo.
- **Repetidores:** los repetidores ejecutan el papel de simples transceptores bidireccionables para regenerar la señal. Su diferencia esencial con los estudiados en el caso del BITBUS es que no se requieren señales de control (RTS+, RTS-) para conmutar el sentido de la línea de datos, ya que el sistema de codificación en PROFIBUS es del tipo NRZ (por niveles) y las velocidades son más bajas.

■ Topología

La topología puede ser simplemente en forma de bus lineal o en forma de árbol, en el que los repetidores constituyen el nudo de partida de una expansión del bus (Figura A32).

Figura A32. Estructura física incluyendo repetidores para expansión del bus



En este caso, la estructura en árbol es puramente una impresión de dibujo, ya que el PROFIBUS admite una estructura lógica de maestro flotante y una estación activa, ejerciendo el papel de maestro, que puede estar físicamente conectada a lo que se pudiera considerar una expansión del bus. Por tanto, incluso en caso de ramificaciones debe considerarse como un bus único.

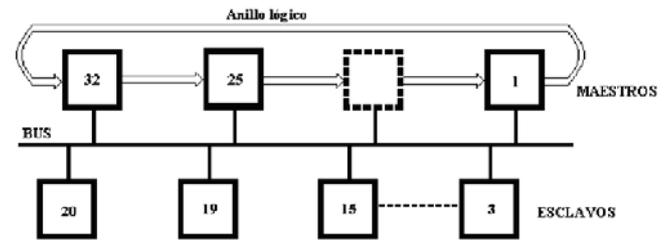
El número máximo de nodos conectables a cada tramo del bus, sin necesidad de repetidores es de 32. A efectos de esta limitación los propios repetidores cuentan como un nodo. El número máximo de nodos del bus es de 127, de los cuales un máximo de 32 pueden ser nodos activos.

No existe ninguna limitación en cuanto a poder configurar una estructura con buses anidados (un esclavo puede ser, a su vez, maestro de otro bus de nivel inferior), aunque deben considerarse como buses independientes, dado que el protocolo no permite direccionar desde arriba las estaciones de niveles inferiores.

■ Estructura lógica

La estructura lógica es de tipo híbrido: las estaciones activas comparten una estructura de maestro flotante, relevándose en el papel de maestro mediante paso de testigo. Las estaciones pasivas sólo pueden ejercer el papel de esclavos, sea cual sea el maestro activo en cada momento. La Figura A33 ilustra esta estructura.

Figura A33. Estructura lógica.



Naturalmente esta estructura admite la posibilidad de que exista un solo nodo activo en el bus, con lo que se convertiría en un bus con una estructura del tipo maestro-esclavo. Cabe señalar que cuando una estación activa posee el testigo, considera a todas las demás como esclavos, incluyendo también al resto de estaciones activas que no poseen el testigo en aquel momento.

■ Tecnología de transmisión

El área de aplicación de un sistema de buses de campo está claramente determinada por la elección de la tecnología de transmisión. Aparte de los requerimientos generales (seguridad de transmisión, distancia de la misma, velocidad) cobran particular importancia los factores electromecánicos. Cuando se mezclan aplicaciones para automatización de procesos, los datos y la energía deben ser transmitidos en un cable común.

Como es imposible satisfacer todos los requerimientos con una tecnología de transmisión sencilla, PROFIBUS aprovecha 3 variaciones:

6.3. RS 485 (TRANSMISIÓN PARA DP/FMS)

Es la transmisión más frecuentemente utilizada por PROFIBUS. Esta tecnología de transmisión es conocida como H2. Su área de aplicación incluye todas las áreas en las que se requieren alta velocidad de transmisión y una instalación sencilla. Tiene la ventaja de que posibles ampliaciones no influyen en las estaciones que se encuentran ya en operación.

Algunas de sus características son:

- Velocidad de transmisión de 9.6 Kbit/seg. a 12 Mbit/seg. Se seleccionará una para todos los dispositivos.

- La estructura de la red es linear, con par trenzado.
- Conexión máxima de 32 estaciones sin repetidor (127 con repetidor).
- Longitud máxima del cable dependiente de la velocidad de transmisión.

Tabla A6. Distancias basadas en la velocidad de transmisión

V.Baudios (kbit/s)	9,6	19,2	93,75	187,5	500	1500	2000
Distancia	1200m	1200m	1200m	1000m	400m	200m	100m

En la conexión, es conveniente tener en cuenta algunas precauciones, de las que son destacables:

- Hay que asegurarse de no torcer las líneas de datos.
- Se recomienda el uso de líneas de datos escudadas para mejorar la compatibilidad electromagnética (EMC).
- Se recomienda mantener las líneas de datos separadas de los cables de alto voltaje.

6.4. IEC 1158-2 (TRANSMISIÓN PROFIBUS PA)

La tecnología de transmisión IEC 1158-2 cumple los requerimientos de las industrias químicas y petroquímicas. Posee una seguridad intrínseca y permite a los dispositivos de campo ser conectados al bus. Es una tecnología principalmente usada por PROFIBUS PA y suele conocerse como H1.

La transmisión se basa en los siguientes principios:

- Cada segmento tiene sólo una fuente de energía.
- No se produce ningún tipo de alimentación cuando una estación está enviando datos.
- Los dispositivos actúan como sumideros pasivos de corriente.
- Se permiten redes con estructura linear, en árbol y estrella.

- Para incrementar la fiabilidad, se pueden diseñar segmentos de bus redundantes.

Las características más importantes de este tipo de transmisión son:

- Transmisión de datos digital, asíncrona, codificación Manchester.
- Velocidad de transmisión 31.25 kbit/seg.
- Seguridad de los datos: prueba de error al principio y al final.
- Cable de dos líneas trenzadas.
- Opción de alimentación a distancia.
- Conexión de 32 estaciones por segmento (máximo de 126 con repetidor).
- Posibilidad de expansión hasta a 4 repetidores.
- La estructura de la red es linear, en árbol o una combinación de ambas.

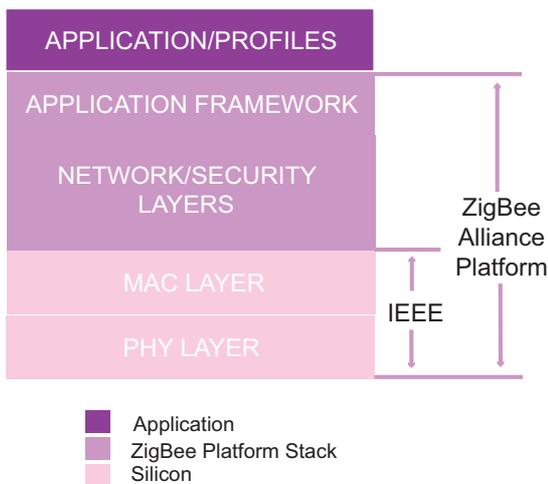
6.5. FIBRA ÓPTICA.

Los conductores por fibra óptica pueden ser usados para aplicaciones PROFIBUS en ambientes con interferencias electromagnéticas muy altas y para incrementar la distancia máxima con velocidades elevadas. Hay disponibles dos tipos de conductores. Los conductores por fibra óptica (plástico) para distancias de 50m. o los conductores por fibra óptica (cuarzo) para distancias de 1Km. son muy baratos. Muchos fabricantes ofrecen conexiones especiales que posibilitan una conversión integrada de señales RS 485 para trabajar con conductores de fibra óptica y viceversa. Esto proporciona un método muy sencillo de intercambio entre transmisión RS 485 y transmisión por fibra óptica en un mismo sistema ■

7. ZIGBEE

Zigbee (www.zigbee.org) es un consorcio de compañías (más de 68 en la actualidad y creciendo) cuyo objetivo es promover soluciones de dispositivos de control domótico e inmótico garantizando la interoperabilidad de productos basados en el estándar PAN IEEE 802.15.4. El consorcio se compone de 6 miembros o compañías promotoras (*Honeywell, Invensys, Mitsubishi, Motorola, Samsung y Philips*) y el resto de miembros ordinarios, que incluyen a fabricantes de semiconductores, proveedores WISP, OEMs y otros. Las aplicaciones vislumbradas contemplan control de viviendas, conexión inalámbrica de periféricos de ordenador, control remoto de dispositivos electrónicos de entretenimiento (tales como TV, VCR, DVD/CR, etc.), control industrial, aplicaciones de control médico y gestión automática de bloques de vivienda en parcelas tales como seguridad perimetral, control de acceso, control de calefacción y aire acondicionado, etc.

Figura A34. Estructura formal del estándar de soporte Zigbee



Tal como indica la Figura A34, Zigbee considera la capa física y el MAC definido por la norma IEEE 802.15.4 y se encarga de definir las funcionalidades asociadas a la capa de red (incluyendo los atributos de seguridad) así como el software asociado a los perfiles de aplicaciones.

7.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

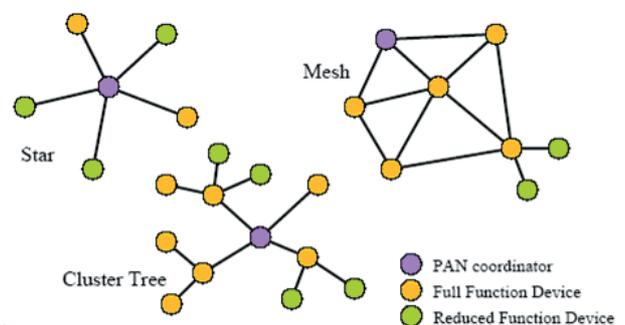
El IEEE 802.15.4, definido completamente desde Mayo de 2003, define una capa física DSSS (*Direct Sequen-*

ce Spread Spectrum) que le permite funcionar en bandas no licenciadas ya pobladas coexistiendo con otras tecnologías. Además el DSSS no exige una necesidad de sincronización tan grande como otras variantes CDMA (como es el caso del FHSS) lo que permite en la práctica el poder pensar en tener redes escalables hasta cantidades muy elevadas de miembros (contempla redes de más de 64000 elementos de hecho) sin problemas. Los objetivos perseguidos con esta norma es por una parte su simplicidad, flexibilidad y bajo coste, y por otra el lograr implementaciones con unas cifras de autonomía del orden de años para dispositivos equipados con una pila alcalina ordinaria. Dentro de Europa, funciona en las bandas ISM de 2.4 GHz (dando un *bit rate* en esa banda de 250 Kb/s mediante 12 canales) y en la banda de 868 MHz (con 20 kb/s en 1 canal). Para América, sus bandas de funcionamiento son la ISM de 2.4 GHz con las consideraciones apuntadas más la banda de 915 MHz, en la que proporciona 40 kb/s con 10 canales.

Emplea la modulación OQPSK con impulso conformado, con una sensibilidad especificada de -90 dBm.

Respecto al MAC emplea un esquema de resolución de Contención CSMA/CA (semejante al *WiFi*), soportando varias topologías (estrella, malla, y arborescente, tal como se indica en la figura). El mecanismo mandatorio define un esquema Aloha CSMA/CA ordinario con reconocimiento positivo, y se puede opcionalmente disponer de una estructura con beacon ó piloto para aplicaciones que requieran baja latencia, con lo que se consiguen tiempos de acceso al canal (sin contención) de menos de 15 mseg.

Figura A35. Topología de la red Zigbee



Se especifican 3 tipos o clases de entidades funcionales: Coordinador de Red, dispositivos de funcionamiento

completo (FFD) y dispositivos de funcionamiento reducido (RFD), en orden decreciente de funcionalidad, complejidad y coste. El Coordinador de Red y los FFD implementan toda la funcionalidad definida en *Zigbee* (lo que requiere aprox. 28 Kbytes de memoria), mientras que los RFD solo implementan un subconjunto para propiciar el ahorro de costes y energía (requiriendo aprox. 12Kbytes).

El coordinador de red recibe información constantemente, transmite los beacons o pilotos en su caso, establece la red, gestiona los nodos bajo su control almacenando la información asociada a cada nodo, y se encarga de enrutar mensajes entre nodos pareados. El coordinador requiere memoria extra (en comparación con los FFD) ya que tiene que guardar la base de datos de los dispositivos de cada nodo, la tabla de transacciones y la tabla de elementos pareados entre si.

Los otros nodos de la red se alimentan generalmente con pilas, buscan por redes disponibles (a las cuales poderse asociar), y una vez en una red transfieren los datos de su aplicación cuando es necesario. También determinan si existen datos pendientes por enviar y pueden pedir datos del coordinador de red. Pueden estar “dormidos” por periodos muy largos de tiempo.

El MAC define tan solo 26 primitivas (en comparación, por ejemplo, con las 131 primitivas MAC del *Bluetooth*), y se intenta que los elementos implementables se basen en estructuras de microcomputador de 8 *bits* muy sencillas (como por ejemplo el 80c51).

Otra de las características relevantes es que presentan un ciclo de trabajo muy bajo (inferior al 0.1%), con lo que solo “despiertan” en el momento de enviar o recibir información, permaneciendo “dormidos” la inmensa mayor parte del tiempo.

La combinación de toda la funcionalidad antes descrita de la capa física y el MAC permite pensar en dispositivos capaces de funcionar hasta 30 metros (sin amplificadores de potencia) y con autonomía de años, con costes BOM en torno a los 3€.

Como atributos de seguridad, *Zigbee* incorpora encriptación AES de 128 *bits*, así como temporizadores de refresco de paquetes (para contrarestar *reply attacks*).

7.2. ASPECTOS REGULATORIOS

Respecto a la banda ISM de 2.4 GHz, el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencia (CNAF) determina lo siguiente:

- Banda de frecuencias 2400 a 2483,5 MHz. Nota UN-85
- Esta banda podrá ser utilizada en redes de área local para la interconexión sin hilos entre ordenadores y/o terminales y dispositivos periféricos para aplicaciones en interior de edificios. Esta utilización se considera de uso común.
- La potencia total será inferior a 100 mW (pire). Otras condiciones han de ser conforme a la Recomendación CEPT/ERC 70-03 Anexo 3.
- También podrá utilizarse para aplicaciones generales de baja potencia en recintos cerrados y exteriores de corto alcance. Esta utilización se considera de uso común.
- La potencia radiada máxima será inferior a 100 mW.

7.3. POSICIONAMIENTO DE SUMINISTRADORES DE EQUIPO Y EXPECTATIVAS ECONÓMICAS DE LOS DISPOSITIVOS

Se espera que la primera generación de productos *Zigbee* (V1.0 con características reales de interoperabilidad) se encuentre disponible en el mercado a final de 2004. Esta primera generación probablemente alcanzará volúmenes relevantes de fabricación en el primer trimestre de 2005. El primer perfil de aplicación será el control de iluminación.

Una revisión pormenorizada de la disponibilidad de productos al día de hoy sería:

- A nivel silicio: Se dispone ya de muestras de radio proveniente de varios fabricantes, con kits de desarrollo asociados.
- Paquete (stack) de *software* para la red y los perfiles de aplicación: En desarrollo.

- OEM: Están evaluando radios IEEE 802.15.4 utilizando prototipos y con aplicaciones software propietarias.

Las estimaciones de tamaño de mercado *Zigbee* están en torno a los 250 Unidades en 2005 subiendo hasta los 850 Unidades en 2007.

Dado el número de participantes en el consorcio *Zigbee*, se considera garantizada la multiplicidad de suministradores de este tipo de productos. Otra característica importante que el consorcio ha analizado es la de poder extender esta tecnología a los dispositivos ya existentes. En este sentido, algunos fabricantes ya han comenzado a incluir “conectores extensibles” a sus productos actuales, al objeto de asegurar una migración futura de estos productos hacia *Zigbee*.

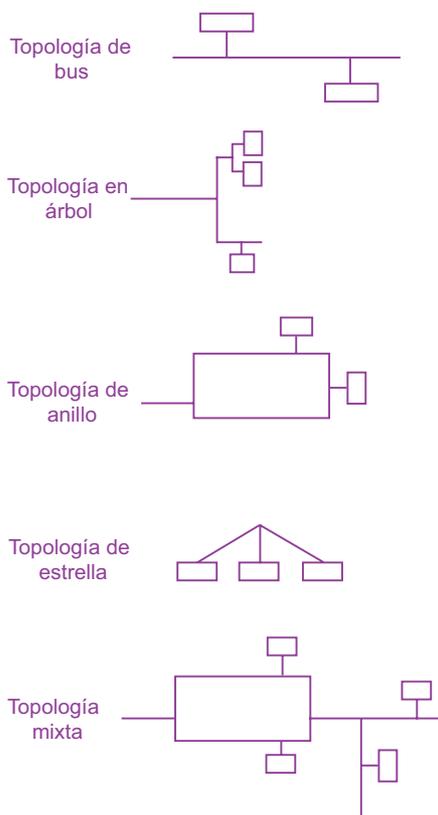
La estimación de BOM (*Bill Of Materials*) de 3€ permite pensar en precios para los elementos *Zigbee* en torno a los 25€ inicialmente para evolucionar rápidamente hacia los 10€ (para cantidades de 10Kunidades) ■

8. BATIBUS

Dentro de los buses industriales en Europa se ha utilizado dentro del marco doméstico el bus BatiBus. Fue desarrollado por la empresa francesa *Merlin*. Se basa en la tecnología de par trenzado, con una velocidad binaria única de 4800 bps, la cual es más que suficiente para la mayoría de las aplicaciones de control distribuido. El sistema se basa en apertura y cierre de circuito en lo equivalente a modulación OOK.

La instalación de este cable se puede hacer en diversas topologías: bus, estrella, anillo, árbol o cualquier combinación de estas. Lo único que hay que respetar es no asignar direcciones idénticas a dos dispositivos de la misma instalación (ver Figura A36).

Figura A36. Topologías de red BatiBus



El tamaño de las redes, considerado como la distancia entre la unidad central y los puntos de control depende de la resistividad de los conductores empleados, sin embargo, la longitud de la red dependerá fundamentalmente de la capacidad de resistir la interferencia inducida por la líneas de potencia sobre las líneas del bus (capacidad de acoplo máxima de 250 nanofaradios).

Protocolo

Este protocolo está totalmente abierto, esto es, al contrario de los que sucede con el protocolo *LonTalk* de la tecnología *LonWorks*, el protocolo del BatiBus lo puede implementar cualquier empresa interesada en introducirlo en su cartera de productos.

A nivel de acceso, este protocolo usa la técnica CSMA-CA, (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*) similar a *Ethernet* pero con resolución positiva de las colisiones. Esto es, si dos dispositivos intentan acceder al mismo tiempo al bus ambos detectan que se está produciendo una colisión, pero sólo el que tiene más prioridad continua transmitiendo el otro deja de poner señal en el bus. Esta técnica es muy similar a la usada en el bus europeo EIB y también el en bus del sector del automóvil llamado CAN (*Controller Area Network*).

La filosofía es que todos los dispositivos BatiBUS escuchen lo que han enviado cualquier otro, todos procesan la información recibida, pero sólo aquellos que hayan sido programados para ello, filtrarán la trama y la subirán a la aplicación empotrada en cada dispositivo.

Al igual que los dispositivos X-10, todos los dispositivos BatiBUS disponen de unos micro-interruptores circulares o miniteclados que permiten asignar una dirección física y lógica que indentifican unívocamente a cada dispositivo conectado al bus.

Estandarización

BatiBUS ha conseguido la certificación como estándar europeo CENELEC. Existen una serie de procedimientos y especificaciones que sirven para homologar cualquier producto que use esta tecnología como compatible con el resto de productos que cumplen este estándar. A su vez, la propia asociación BCI ha creado un conjunto de herramientas para facilitar el desarrollo de productos que cumplan esta especificación.

Convergencia

Debemos destacar que el BatiBUS está convergiendo, junto con el EIB y el EHS, en un único estándar europeo, *Konnex*, para la automatización de oficinas y viviendas ■

9. KONNEX

Konnex (KNX) es una iniciativa de nueve compañías para trabajar en el desarrollo de un nuevo estándar resultante de la convergencia de otros tres: BatiBus, EIB y EHS.

Los objetivos de esta 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 estos buses domóticos en áreas como la climatización o HVAC.
- 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* a muchos de dispositivos típicos de una vivienda.
- Contactar con empresas proveedoras de servicios como las telecos y las eléctricas con el objeto de potenciar las instalaciones de telegestión técnica de las viviendas o domótica.

En resumen, se trata de, partiendo de los sistemas EIB, EHS y BatiBus, crear un único estándar europeo que sea capaz de competir en calidad, prestaciones y precios con otros sistemas norteamericanos como *LonWorks* o *CE-Bus*.

9.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE KNX

Actualmente, los sistemas de gestión de recursos en edificios se basan en soluciones específicas, con lo que es difícil o incluso imposible integrar estas soluciones en un único sistema de gestión para aprovechar la funcionalidad integrada.

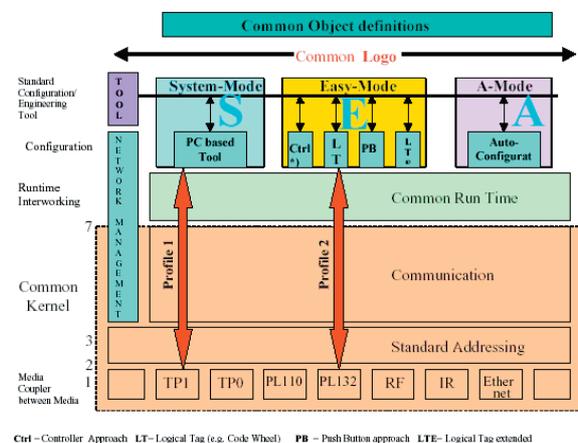
Además por necesidades de mercado se precisa de un sistema de comunicación electrónica que pueda soportar y proporcionar servicios de monitorización e información en casas y edificios.

El estándar KNX garantiza alta flexibilidad en el caso de cambios en las aplicaciones del sistema, permite una utilización óptima de la energía, mejora la seguridad de los edificios y el nivel de confort y permite reducir los costes de operación.

KNX se basa en la tecnología EIB, y expande su funcionalidad añadiendo un nuevo medio físico al estándar EIB y los modos de configuración de BatiBus y EHS.

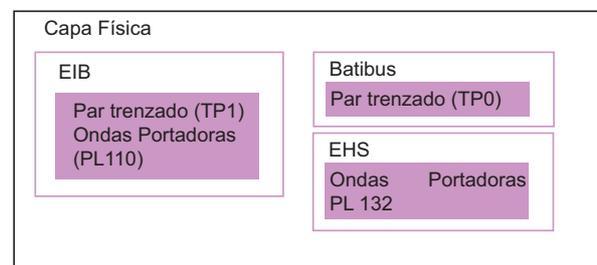
Gráficamente la arquitectura del sistema sería como muestra la Figura A37.

Figura A37. El modelo KNX



El nivel físico KNX (Media en la Figura A37) podrá funcionar sobre los niveles especificados en las normas EIB, BatiBus y EHS como muestra la Figura A38:

Figura A38. Normas soportadas por KNX



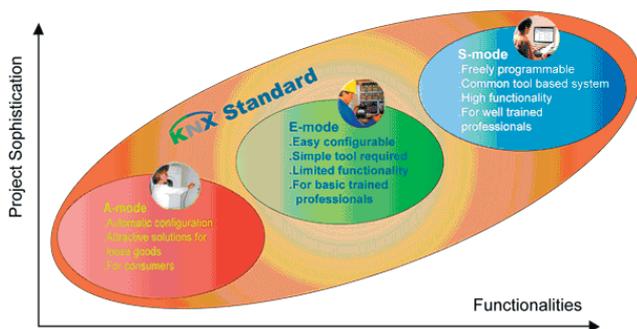
En cuanto al plano de funcionamiento, la versión 1.0 de KNX contempla tres modos:

- **S.mode (System mode):** la configuración de Sistema usa la misma filosofía que el EIB actual, esto es, los diversos dispositivos o nodos de la nueva instalación son instalados y configurados por profesionales con ayuda de la aplicación software especialmente diseñada para este propósito.
- **E.mode (Easy mode):** en la configuración sencilla los dispositivos son programados en fábrica para realizar una función concreta. Aún así deben ser configurados algunos detalles en la instalación, ya sea con el uso de un controlador central (como una pasarela residencial o similar) o mediante unos microinterruptores alojados en el mismo dispositivo (similar a muchos dispositivos X-10 que hay en el mercado).
- **A.mode (Automatic mode):** en la configuración automática, con una filosofía *Plug&Play* ni el instalador ni el usuario final tienen que configurar el dispositivo. Este modo está especialmente indicado para ser usado en electrodomésticos, equipos de entretenimiento (consolas, *set-top boxes*, HiFi, ...) y proveedores de servicios.

dares. Se usará un convertidor de frames para asegurar esta compatibilidad.

Por el contrario no existe compatibilidad con las instalaciones BatiBus existentes. La pila de protocolos es diferente entre ambos estándares, sin embargo como la capa física de BatiBus (par trenzado TP0) y la configuración modo-E se usan en KNX, el producto *hardware* y la interfaz de usuario no cambian ■

Figura A39. Funcionalidad en KNX



9.2. COMPATIBILIDAD CON BATIBUS, EIB Y EHS

La plataforma KNX es completamente compatible con las instalaciones EIB existentes, y se extiende su funcionalidad añadiendo nuevos medios físicos para una configuración y una funcionalidad más simple, tomadas de BatiBus. Al estar KNX basado en el núcleo de protocolos de EIB los fabricantes de EIB podrán unir sus productos a la nueva plataforma de una forma sencilla.

Por otro lado el modo-A de KNX es compatible con el estándar EHS, ambas asociaciones tratan de asegurar la compatibilidad entre los dispositivos para ambos estándar.