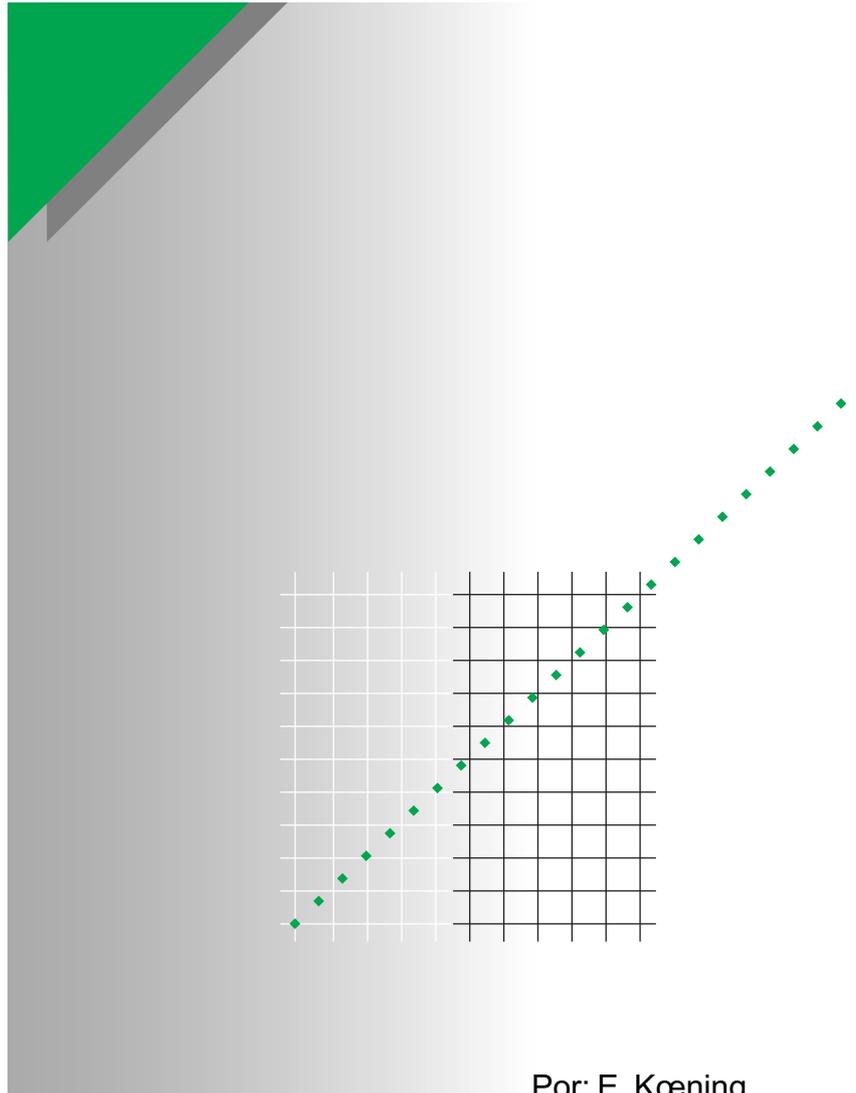


Cuaderno Técnico nº 147

Iniciación a las redes de comunicaciones numéricas



Por: E. Kœning

Merlín Gerin

Modicon

Square D

Telemecanique

La **Biblioteca Técnica** constituye una colección de títulos que recogen las novedades electrotécnicas y electrónicas. Están destinados a Ingenieros y Técnicos que precisen una información específica o más amplia, que complemente la de los catálogos, guías de producto o noticias técnicas.

Estos documentos ayudan a conocer mejor los fenómenos que se presentan en las instalaciones, los sistemas y equipos eléctricos. Cada uno trata en profundidad un tema concreto del campo de las redes eléctricas, protecciones, control y mando y de los automatismos industriales.

Puede accederse a estas publicaciones en Internet:
<http://www.schneiderelectric.es>

Igualmente pueden solicitarse ejemplares en cualquier delegación comercial de **Schneider Electric España S.A.**, o bien dirigirse a:

Centro de Formación Schneider
C/ Miquel i Badia, 8 bajos
08024 Barcelona

Telf. (93) 285 35 80
Fax: (93) 219 64 40
e-mail: formacion@schneiderelectric.es

La colección de **Cuadernos Técnicos** forma parte de la «Biblioteca Técnica» del **Grupo Schneider**.

Advertencia

Los autores declinan toda responsabilidad derivada de la incorrecta utilización de las informaciones y esquemas reproducidos en la presente obra y no serán responsables de eventuales errores u omisiones, ni de las consecuencias de la aplicación de las informaciones o esquemas contenidos en la presente edición.

La reproducción total o parcial de este Cuaderno Técnico está autorizada haciendo la mención obligatoria: «Reproducción del Cuaderno Técnico nº 147 de Schneider Electric».



cuaderno técnico nº 147

Iniciación a las redes de comunicaciones numéricas

Por: E. Kœning

Trad.: J. A. Pérez y J. M. Giró

Edición francesa: septiembre 1 993

Versión española: marzo 2 000

Eric KœNING

Es Ingeniero diplomado por la Ecole Nationale Supérieure d'Electricité et de Mécanique y titular del DEA de Ingenieros de sistemas industriales del Institut National Polytechnique de Lorraine.

Con sus primeros trabajos se especializa en el campo de las redes locales industriales.

Entra en Merlin Gerin en 1990 y se encarga del patrimonio tecnológico y la normalización de BatiBUS en el Departamento de Sistemas de Control de Edificios.

Merlin Gerin

Modicon

Square D

Telemecanique

Schneider
 **Electric**

Terminología

Asíncrona: se dice de una transmisión en la que el receptor se resincroniza, es decir, regula su reloj sobre el emisor a cada inicio de carácter.

Bit (BInary digiT): unidad elemental de información que sólo puede adoptar dos valores: 0 ó 1.

Bus paralelo: sistema de transmisión de información que permite transmitir varias señales digitales a la vez, sobre hilos diferentes (por ejemplo, 16 ó 32 bits a la vez en el caso de los BUS de ordenadores). Estos BUS disponen en general de hilos suplementarios que permiten el control de la transmisión.

Bus serie: sistema de transmisión de información en el que estas informaciones, incluidas las de control, se transmiten sucesivamente una tras otra.

Canal: camino por el que circulan informaciones; vía que permite transferir datos.

Checksum: (suma de control): es un código detector de errores; consiste en una información redundante, transmitida generalmente al final de la trama, y que permite detectar errores simples.

Codificación: conjunto de reglas que establecen una correspondencia entre dos conjuntos de elementos.

CRC: (Cyclic Redundancy Code): código de repetición cíclica. Es un código detector de errores; consiste en una información redundante, calculada según un algoritmo particular, transmitido generalmente al final de la trama, y que permite detectar errores sobre varios bits a la vez. Existen varios tipos de CRC: CRC16, CRC CCITT, etc.

Destinatario: equipo a quien va destinado un mensaje.

Determinista: se dice de una red en la que la transmisión de mensajes está asegurada en un tiempo dado. Las uniones centralizadas o semicentralizadas son siempre deterministas.

Dirección: información que permite dirigirse a un destinatario dado.

Emisor: equipo que es el que inicia la emisión de un mensaje.

GTB: Gestión Técnica de Edificios.

GTC: Gestión Técnica Centralizada.

GTE: Gestión Técnica de la electricidad.

GTP: Gestión Técnica de Procesos.

Medio: soporte físico de un canal de transmisión de información (por ejemplo, un par trenzado); normalmente conocido como «BUS».

Octeto: conjunto de información constituido por 8 bits.

Protocolo: conjunto de reglas necesarias para hacer cooperar entidades generalmente distantes, en particular para establecer y mantener intercambios de información entre dichas entidades. Corrientemente se habla de «protocolo a nivel aplicación» o «protocolo de acceso al medio».

Red: sistema de transmisión de datos numéricos.

Síncrona: se dice de aquella transmisión en la que el emisor y el receptor están exactamente sincronizados, es decir, que tienen un reloj idéntico al menos durante todo el tiempo de duración de un mensaje.

Trama: conjunto de bits o de octetos consecutivos, que constituyen un elemento de información transmitido como un todo por los niveles 2 «enlace». El equivalente de una trama en una conversación es la frase; la frase puede ser muy corta («OK») o ser un elemento de discusión más largo.

Nota de los traductores: En este Cuaderno Técnico se ha preferido traducir la palabra «numérique» por «numérico» y no por «digital».

Iniciación a las redes de comunicaciones numéricas

Índice

1 Historia de la transmisión de la información		p. 6
2 Noción de red		p. 7
3 Diferentes tipos de redes	Tipos de redes según su extensión	p. 8
	Tipos de red según sus campos de aplicación	p. 8
4 Especificación de redes locales	El modelo OSI	p. 11
	Tres niveles esenciales: 1, 2 y 7	p. 12
5 Merlin Gerin y las redes	JBUS	p. 15
	NERVIA	p. 15
	BatiBUS	p. 15
	FIP	p. 15
6 Conclusión		p. 16
Anexo 1: Normalización de redes numéricas	Las instancias de normalización	p. 16
	Normas	p. 16
	Proyectos de norma	p. 16
Anexo 2: Características eléctricas de los BUS	JBUS	p. 17
	BatiBUS	p. 17
	FIP	p. 17
	Los BUS y la CEM	p. 18
Bibliografía		p. 18

La inteligencia, si no comunica, es estéril.

Merlin Gerin es especialista en el dominio de la energía eléctrica.

Este dominio pasa cada vez más por la agrupación de aparatos inteligentes y automatismos locales que deben comunicarse entre ellos tanto a nivel control-comando como de supervisión.

Esta comunicación se hace por medio de redes formadas por conexiones numéricas, normalmente denominadas **BUS**.

El objeto de este Cuaderno Técnico es proporcionar un mejor conocimiento de los BUS, su funcionamiento y posibilidades, así como el vocabulario a ellos asociado.

De este modo se podrá tener un conocimiento más profundo del BUS y de su puesta en marcha, en particular del BatiBUS, y de los sistemas que su instalación permite formar.

1 Historia de la transmisión de la información

El primer corredor de Maratón entró en la leyenda: este soldado griego recorrió 42,195 km para transmitir su mensaje: «hemos ganado», antes de morir agotado.

La transferencia de información ha mejorado a lo largo de los siglos: desde la malla de torres para el telégrafo óptico su progreso ha sido constante. No obstante, estos avances han sido relativamente lentos hasta la revolución resultante del empleo de la electricidad: con las llamadas señales de «baja intensidad».

La primera aplicación de la electricidad, en el sector de la información, fue la invención del telégrafo, registrado en 1 840. Samuel Morse le asoció su nombre, definiendo el primer código para la transmisión de información.

En nuestros días, tanto en el sector de gran público como en el industrial

y terciario, existen numerosas y variadas transmisiones.

- en el primer sector, todo el mundo conoce y utiliza los enlaces telefónicos, de radio, de TV, etc...

- en los demás sectores, los enlaces hilo a hilo del tipo «todo o nada» dan paso cada vez más a la transferencia de informaciones numéricas conducidas sobre «BUS».

Esta evolución es el resultado del extraordinario desarrollo del tratamiento de la información, que tuvo su origen en la informática, después en la automática industrial, y ahora en la gestión técnica de edificios y de la distribución eléctrica (GTB y GTE).

Además, el empleo de microprocesadores en las lavadoras, captadores, actuadores, etc. ha hecho que se les califique de aparatos «inteligentes». Ahora bien, para poder utilizar satisfactoriamente

esta inteligencia, debe de pasar su información y lo hace cada vez más gracias a los enlaces numéricos (gracias precisamente a los «BUS») que son el objeto de este CT.

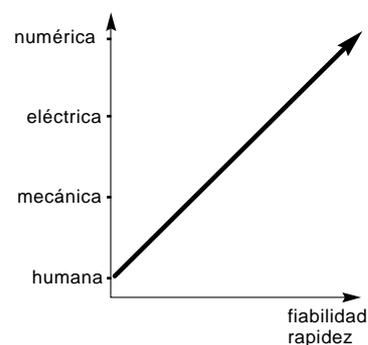


Fig. 1: Evolución de la transmisión de las informaciones.

2 Noción de red

Las redes, en el sentido amplio, forman parte de nuestra vida cotidiana; unas realizan el transporte de la energía: redes eléctricas; otras son, por ejemplo, las redes de distribución de agua o del gas natural... Las redes de gas o de agua están formadas por tuberías o canales de diversas secciones. Las «tuberías» de la red eléctrica están también llenas; llenas de electrones, invisibles a simple vista y que se desplazan por su interior.

Actualmente, una gran parte del intercambio de informaciones se hace por medio de redes eléctricas.

La red eléctrica o electrónica más sencilla une un punto con otro: es el enlace punto a punto. Cuando se necesita unir varios puntos se debe realizar una red más compleja. En particular, una parte de la red puede ser común a varios puntos. La red de transporte de Muy Alta Tensión es un ejemplo de una red compleja.

Los canales eléctricos del mundo de la transmisión de información son de varios tipos:

- cable para transmitir información binaria (presencia/ausencia de tensión),
- corriente portadora por la que se envía una señal eléctrica (superpuesta a los 50 Hz),
- línea especial: par trenzado, cable coaxial, ...

La transmisión de información por canales eléctricos se utiliza cada vez más.

Hay otras redes que también realizan el transporte de información. Sus canales adoptan formas físicas muy variadas:

- ciertas ondas electromagnéticas, llamadas ondas radio, se emplean para transmitir información. Entonces

un canal corresponde a una banda de frecuencia dada. Pueden emplearse varios canales juntos para difundir informaciones diferentes.

- gracias a la fibra óptica también se han desarrollado canales ópticos; esta técnica, que transporta señales luminosas, permite la transferencia de gran cantidad de información a elevadas velocidades.

La información se transporta de dos formas:

- en forma analógica: emplea la tensión o la corriente en una gama continua de valores: ondas radio, de teléfono (a nivel de terminales); por ejemplo, el uso de 0 a 10 V o de 4 a 20 mA es frecuente en la industria, en mediciones y regulación. La forma analógica de transmisión tiene un gran inconveniente: es sensible al ruido y a los parásitos. Un chisporroteo en una transmisión telefónica no es muy molesto, pero las «máquinas» no tienen la misma capacidad de «filtrado»... y puede dar lugar a falsa información.
- forma numérica (digital): en todo momento se transmite una de las dos informaciones «on» u «off» (o mejor, «1» ó «0»). Esta información, la más simple que transmite, se llama «bit». Un conjunto de bits representa una información más rica.

En concreto, la asociación de bits permite transmitir cifras o letras según una codificación particular (figura 2). El principio del lenguaje codificado no es nuevo; el ejemplo probablemente más conocido es el de Morse que se utilizaba en el telégrafo.

Pero la comunicación necesita de ciertas reglas. Tiene que hablar sin ambigüedades, el mismo lenguaje, tener un vocabulario común y un comportamiento bien definido. El diálogo entre individuos puede adoptar diversas formas. Cuando se encuentran juntos, por ejemplo, ¿qué comportamiento tienen?; ¿hablan todos entre ellos o separadamente en grupos de dos o tres?; ¿se trata de una conferencia o de un curso en el que el profesor pregunta sucesivamente a cada alumno? Todos estos comportamientos se dan en los intercambios de información en las redes.

Evidentemente, ya se trate de máquinas o de equipos electrónicos unidos por una red de transmisión numérica, estos comportamientos deben de tener una forma definida.

Estas nociones serán tratadas en profundidad en el capítulo IV y especialmente en el apartado: «el modelo OSI».

Codificación binaria de 8 bits: representación del número 9:	
Código alfanumérico ASCII de 8 bits representación de la letra A :	0 1 0 0 0 0 0 1
representación de la letra R :	0 1 0 1 0 0 1 0
representación del número 1 :	0 0 1 1 0 0 0 1
representación del número 9 :	0 0 1 1 1 0 0 1

Fig. 2: Ejemplos de codificación.

3 Diferentes tipos de redes

Las redes responden a necesidades que pueden ser muy diferentes.

De la misma manera que los cables eléctricos están adaptados al valor de tensión y de corriente que han de transportar, existe una gran variedad de redes en función de cada una de las necesidades.

Tipos de redes según su extensión

Sus necesidades pueden definirse por su extensión geográfica:

- WAN («Wide Area Network» o red a gran distancia): cubre necesidades internacionales (servicios de reserva aérea) o nacionales (servicios de la Seguridad Social).

- MAN («Metropolitan Area Network» o red ciudadana): cubre necesidades a escala de una ciudad (gestión de edificios municipales).

- LAN («Local Area Network» o red local): cubre necesidades limitadas a uno o varios edificios próximos entre sí, que pueden ser de uso industrial, terciario o doméstico).

Estas necesidades son satisfechas por redes que permiten intercambios a distancias que pueden ser importantes; utilizan la **conexión serie** y se llaman «de enlace simple» (figura 3a).

También existen sistemas con «enlaces complejos», para los que las distancias a cubrir son muy pequeñas: algunos centímetros. Es el caso de diferentes elementos que trabajan en muy estrecha colaboración por medio de un sistema de BUS llamado **conexión paralelo**, (figura 3b).

Estos BUS paralelo se emplean en autómatas programables y ordenadores, asegurando las uniones entre las diversas tarjetas. El BUS VME es un ejemplo muy conocido.

Tipos de red según sus campos de aplicación

Los diferentes campos de aplicación son:

- telecomunicaciones,
- informática,
- control de procesos industriales,
- control de las utilidades para edificios,
- control de la distribución eléctrica.

Para cada uno de estos campos existe una oferta más o menos completa. Normalmente las necesidades están jerarquizadas (en pirámide) según varios niveles; cada una de estas redes tiene características y prestaciones adaptadas.

- En el campo de las telecomunicaciones, el teléfono representa la necesidad básica.

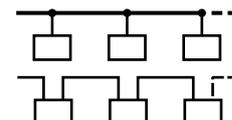
Hoy en día, la mayor parte de las empresas están equipadas de télex y fax, y normalmente tienen un autoconmutador numérico. Esto permite funciones evolucionadas de transferencias, conferencias telefónicas, numeración abreviada, ...

La introducción del RDSI (Red Digital de Servicios Integrados -llamada Numéris en Francia-), presta servicios de transferencia de voz, de datos y de imágenes, del mismo modo que ATM (Asynchronous Transfer Mode), que permite velocidades muy elevadas (de 25 a 155 Mbits/s; recordemos: 1 Mbit = 10⁶ bit).

a - conexión serie (redes unifilares). (Atención, la palabra «serie» se aplica a la transmisión de informaciones y no al modo de conexión).

Consta de:

- medio: un par de hilos (hilos telefónicos, por ejemplo), o cable coaxial;
- transmisión de datos en serie: uno tras otro, en forma de bits;
- conexión de equipos o unidades: se "cuelgan" de la red o línea:
 - por derivación desde un cable principal,
 - en cadena de eslabones sucesivos.



b - conexión paralelo (redes multifilares).

Consta de:

- medio: varios hilos, por ejemplo la conexión VME (norma IEEE 996) en su configuración más sencilla consta de 96 hilos, para datos y direccionamiento.
- transmisión de datos: en grupo simultáneo (de 4, 8, 16, 24, etc...)
- conexión de los equipos o unidades: su conexión se realiza siempre con varios hilos en paralelo.

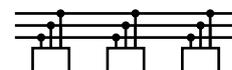
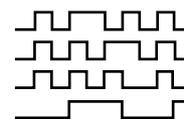
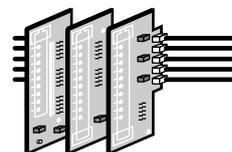
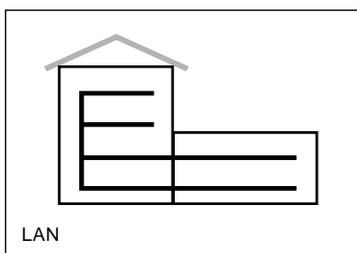
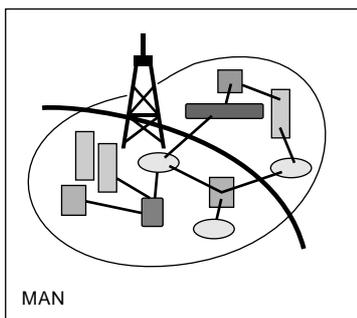
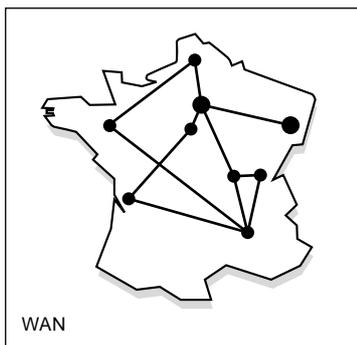


Fig. 3: Tipos de uniones numéricas.

- En el campo informático, la oferta es muy completa y jerarquizada.
- Para unir grandes ordenadores, se precisa de una red de muy alto rendimiento, como la FDDI (Fiber Distributed Data Interface) y además ATM.

redes de unión de sistemas débilmente conectados



redes de unión de sistemas altamente conectados

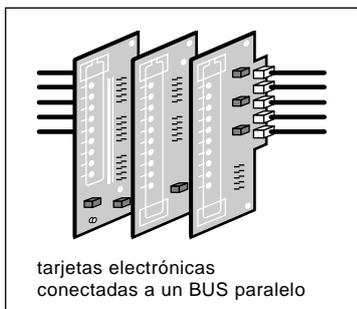


Fig. 4: Diferentes tipos de red.

- Para unir varios mini o microordenadores entre ellos, se utilizan redes tales como Ethernet o Token Ring,
- Para unir terminales e impresoras, se emplea la unión punto a punto; existe una gran variedad de uniones de este tipo, entre ellas destacan:
 - conexión Centronics, destinada a las impresoras,
 - RS232C/V24: para transmisiones síncronas o asíncronas, generalmente punto a punto (líneas telefónicas especializadas, unión de terminales a corta distancia);
 - RS422A/V11: permite la transmisión en entornos perturbados o a distancias importantes; también se emplea para uniones multipunto (máximo 10 receptores);
 - RS485: de características equivalentes a la anterior, pero mejor adaptada a las redes locales industriales: hasta 32 emisores y otros tantos receptores (figura 5).
- En el campo del control de procesos industriales (GTP o Gestión Técnica de Procesos), la oferta es también muy rica y jerarquizada. Cuando los captadores y actuadores «todo o nada» pasan a ser inteligentes, las uniones punto a punto se reemplazan por BUS de terreno.

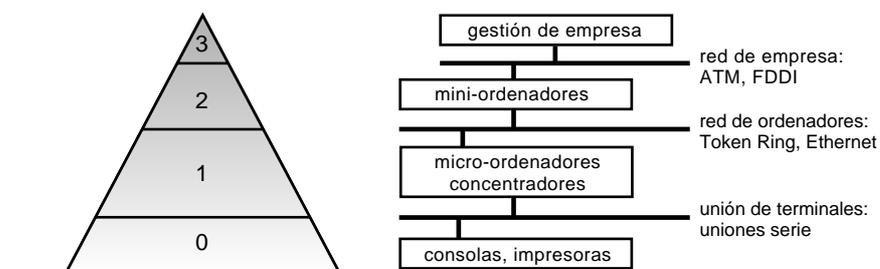


Fig. 5: Niveles de comunicación en los intercambios informáticos.

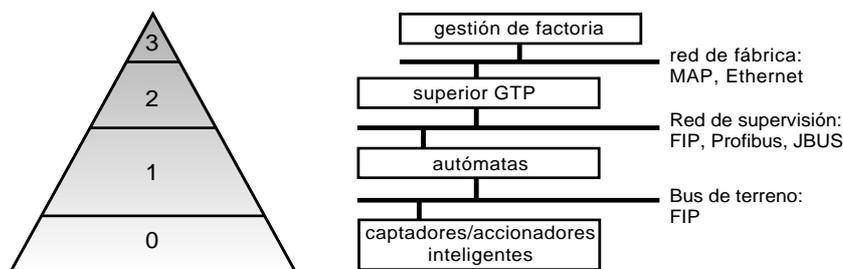


Fig. 6: Niveles de comunicación en la Gestión Técnica de Procesos.

Estos captadores y actuadores dialogan entre ellos y con los autómatas, robots, ... utilizando redes de automatismos, como por ejemplo, JBUS o FIP.

A nivel superior, los ordenadores de gestión y de supervisión de taller dialogan gracias a una red MAP (Manufacturing Automation Protocol) o Ethernet (Figura 6).

■ En el campo del control de servicios para edificios, la oferta está naciendo.

Hasta ahora para los edificios de viviendas había algunos equipos programables sencillos, y algunas realizaciones de GTC (Gestión Técnica Centralizada) muy completas, pero en general desarrolladas enteramente a medida, con componentes de tipo autómatas programable y calculador.

Hoy en día, es una realidad el control de los servicios para edificios: automatismos de confort (calefacción, alumbrado, maquinaria) y de seguridad (incendio, intrusión). Se emplea la inteligencia distribuida, y de ahí una previsible evolución de la Gestión Técnica Centralizada, y la necesidad de un BUS con prestaciones adecuadas.

El BUS de terreno dedicado a la GTB (Gestión Técnica del Edificio) ofrece la posibilidad de cablear o precablear un edificio a un bajo coste, conectar numerosos equipos «inteligentes» y permite crear aplicaciones adaptadas a las necesidades, además, modificables. Estos equipos inteligentes son termostatos, captadores de radiación solar, aparatación electromagnética,

aparatos de control de fluidos (agua, gas, aire,...), motores, detectores de intrusión, cámaras frigoríficas, sistemas de ascensores, calefacción, etc....

No es necesario que este BUS de terreno tenga prestaciones muy elevadas, pero sí es importante que sea fácil de instalar por un instalador electricista, y bajo coste.

Hay una diferenciación entre el BUS de terreno del campo del proceso y del dominio informático: la gran cantidad de información a transportar.

Las uniones con los niveles superiores (mando-control, supervisión) están aseguradas por redes ya empleadas en otros campos, como por ejemplo la Ethernet, JBUS o FIP (figura 7).

■ El campo de la Gestión Técnica de la Electricidad está en plena evolución. Tanto en MT como en BT, hay numerosas tareas que puede realizar la aparatación según el principio de inteligencia repartida. Esta aparatación ha de intercambiar informaciones con los «cuadros centrales». A título de ejemplo, permite:

- el mando y recogida de información sobre estados,
- la compilación de medidas eléctricas (I, U, P) o mecánicas (número de maniobras...),
- la gestión de automatismos sencillos (normal/socorro, desconexión temporal, ...),
- un mantenimiento con mejor diagnóstico:

- preventivo (conocimiento del número de maniobras, de sobretensiones o recalentamientos, de evolución de los aislamientos, ...),
- curativo (ayuda al diagnóstico, a la recuperación, ...).

Esta actividad de la GTE (Gestión Técnica de la Electricidad) es comparable, por sus exigencias respecto a la comunicación, a la de GTB (Gestión Técnica de Edificios). Las redes mejor adaptadas son aquellas cuyo protocolo permite un acceso al BUS cuando es necesario (figura 8).

Observación:

Siempre es interesante llegar a un buen equilibrio entre las cualidades técnicas y la necesidad real. Si éste no es el caso, las prestaciones inútiles, si bien agradan el espíritu del técnico puro, son contrarrestadas por un coste poco aceptable por el mercado (figura 9).

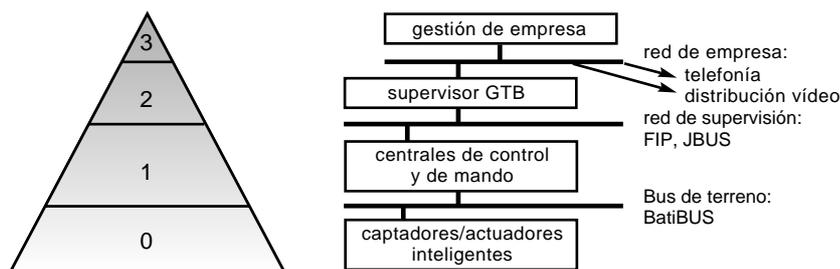


Fig. 7: Niveles de comunicación en Gestión Técnica de Edificios.

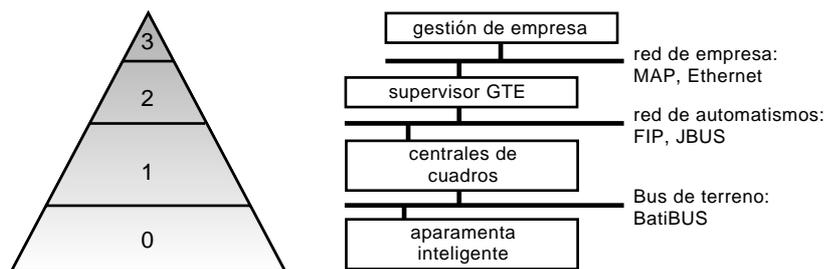


Fig. 8: Niveles de comunicación en Gestión Técnica de Electricidad.

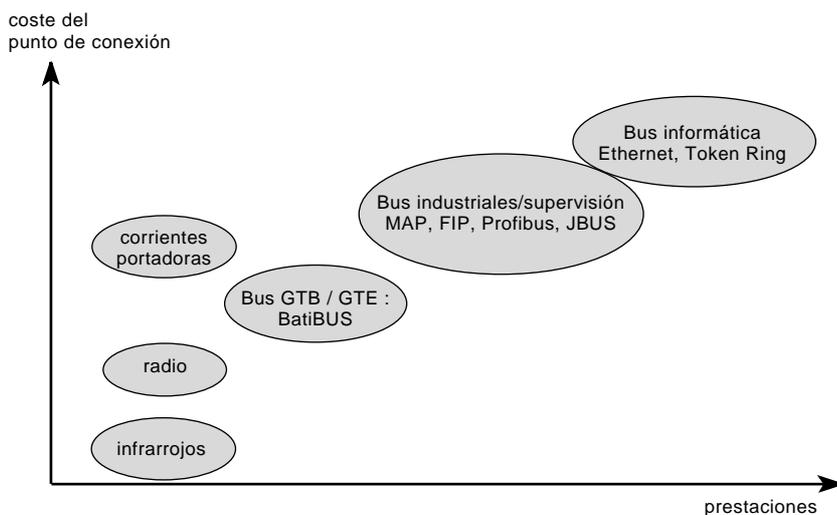


Fig. 9: Relación prestaciones/coste de las diferentes redes.

4 Especificación de redes locales

En el **capítulo 2**, ya se explicó que la comunicación entre varios exige algunas reglas: necesita hablar sin ambigüedades, el mismo lenguaje, tener un vocabulario común y un comportamiento bien definido. Por ejemplo, es el caso de las comunicaciones marítimas, aeronáuticas y militares: «Papa Charlie de Romeo Bravo, ¿su QFE?».

El modelo OSI

Una red y su lenguaje deberán pues estar bien definidos y admitidos oficialmente; de ahí la importancia de la normalización en este campo (**anexo 1**).

Un organismo internacional, el ISO, (International Standard Organization), ha definido el modelo OSI. (Open System Interconnection). Este modelo define cómo se efectúa la transferencia del mensaje entre un emisor y un receptor. Se basa en un desglose en 7 etapas o niveles funcionales superpuestos (**figura 10**). Un nivel representa un subconjunto de funciones a aplicar para permitir que diferentes sistemas puedan comunicarse entre sí. Cada nivel ofrece unos servicios al nivel superior y utiliza los servicios del inferior. A cada nivel se le asocian uno o varios protocolos, descritos por normas básicas (**figura 10**).

Este desglose en niveles permite separar las tareas y describir de una manera sencilla las sucesivas operaciones necesarias para la transferencia de mensajes:

El nivel 1, FÍSICO, transmite una sucesión de bits en el medio.

El nivel 2, ENLACE, controla los accesos al BUS y detecta los errores de transmisión.

El nivel 3, RED, maneja las posibles rutas de la información en la red, a través de eventuales subsistemas.

El nivel 4, TRANSPORTE, controla la correcta transferencia de todas las informaciones.

El nivel 5, SESIÓN, organiza y sincroniza de principio a fin el diálogo entre los usuarios.

El nivel 6, PRESENTACIÓN, determina la presentación de datos y permite, eventualmente, la codificación y decodificación de los mensajes.

El nivel 7, APLICACIÓN, determina el mecanismo de utilización de los servicios de la red, por parte de los usuarios.

El ejemplo de una conversación telefónica entre un francés y un japonés permite presentar los niveles comentados (**figura 11**):

■ aplicación: los dos interlocutores tienen un objetivo común, el intercambio de informaciones;

■ presentación: eligen un idioma común, el inglés;

■ sesión: para evitar hablar al mismo tiempo, conviene hablar por turno;

■ transporte: acuerdan en utilizar el teléfono y marcan los números precisos;

■ red: a cada etapa, los servicios nacionales de telecomunicación determinan el camino físico (cable, enlace vía satélite, ...);

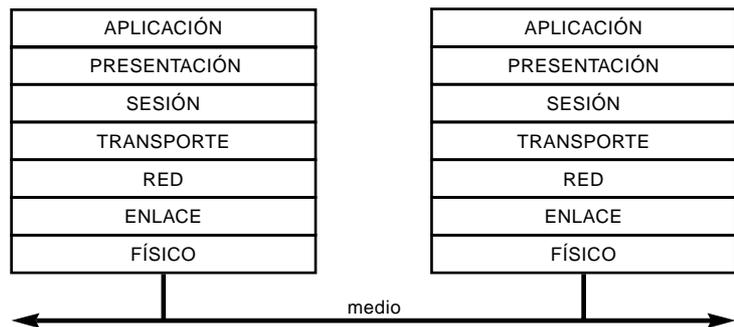


Fig. 10: Modelo Open System Interconnection -OSI-.

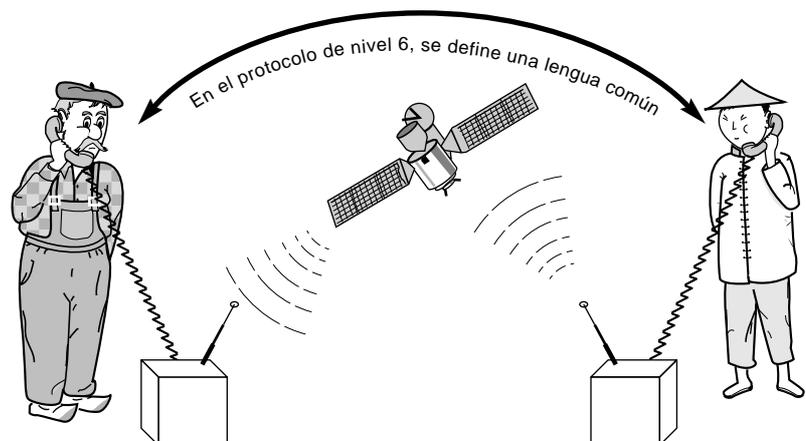


Fig. 11: Ilustración del modelo Open System Interconnection.

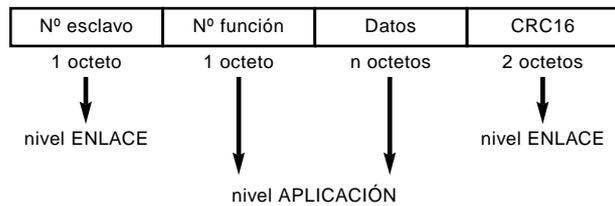


Fig. 12: Ejemplo de trama (trama JBUS).

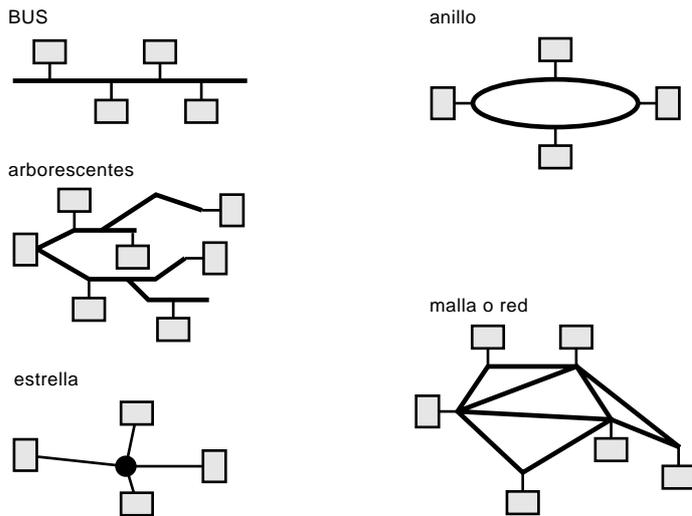


Fig. 13: Diferentes tipologías.

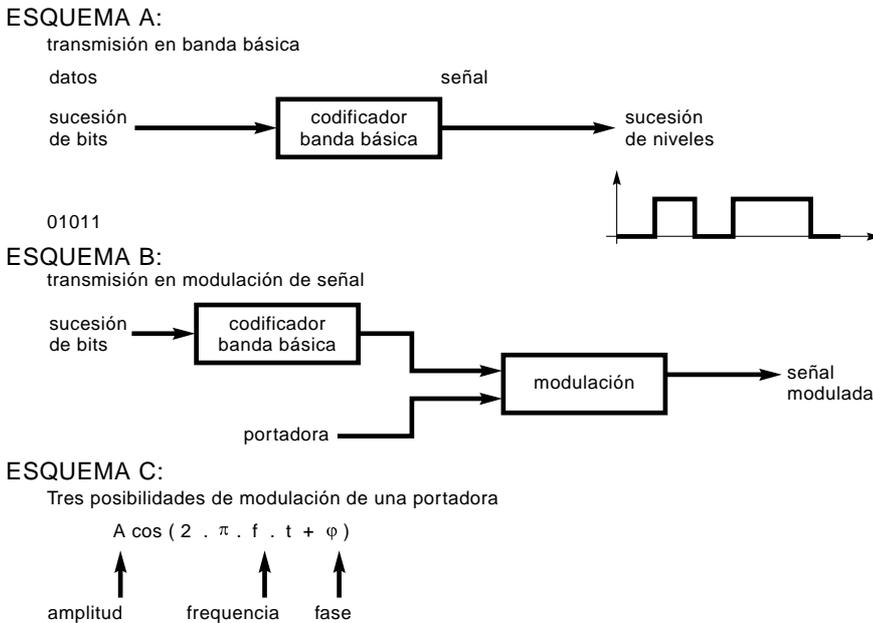


Fig. 14: Ejemplos de modos de transmisión de las informaciones.

■ enlace: las frases son transmitidas por las diferentes partes del camino físico;

■ físico: la señal oral, transformada en señales eléctricas o hertzianas, es conducida por los diferentes soportes.

El servicio prestado por el sistema es la transmisión de la conversación. Para ello, dicho servicio hace participar varios protocolos: el comportamietno al teléfono, la numeración, la transmisión física controlada por los servicios nacionales de telecomunicación...

Observación: el modelo OSI no permite resolver todos los problemas de intercambio, de ahí la necesidad de la elaboración de unas «normas» de acompañamiento específicas a cada tarea u oficio (tema y vocabulario comunes).

Tres niveles esenciales: 1, 2 y 7

Las diferentes redes utilizan en parte o en su totalidad las funciones descritas anteriormente. Los niveles esenciales son: 1, 2 y 7, que son los dos extremos de la cadena, desde el soporte físico y hasta el usuario; también realizan los principales mecanismos internos (figura 12).

Nivel 1 (Físico):

Define las topologías aceptadas, el modo de emisión y el soporte de transmisión.

■ La topología de la red indica las formas que puede adoptar:

□ una topología en BUS caracteriza una red lineal sobre la que se conectan todos los puntos. A resaltar que una estructura arborescente es corrientemente considerada como si fuese de tipo BUS,

□ una topología en estrella consiste en n enlaces punto a punto conectados al mismo punto central,

□ una topología en anillo conecta todos los puntos sucesivamente y se vuelve a cerrar sobre el primero conectado,

□ una topología en malla o red combina las diferentes topologías (figura 13).

■ El modo de emisión precisa la forma de la señal eléctrica sobre el soporte.

La transmisión de las informaciones puede ser hecha en banda base (Base Band) o por portadora:

□ en banda base: la sucesión de bits que representan los datos es codificada por medio de un codificador de banda base (por ejemplo, «0» corresponde al nivel 0 V, «1» corresponde al nivel 15 V). La señal elaborada por el codificador no experimenta ninguna transformación antes de ser emitida sobre el soporte (figura 14 esquema a),

□ por portadora: la señal en banda base se emplea para modular otra señal de forma senoidal llamada portadora (figura 14, esquema b),

Muy frecuentemente utilizado en el ámbito de la radio, este modo de emisión emplea las técnicas de modulación de amplitud (AM), de modulación de frecuencia (FM) o de modulación de fase. Pero entonces se trata de informaciones en forma analógica y no numérica. En el caso de redes locales, estos mecanismos se utilizan muy poco (figura 14, esquema c).

■ El cable es el soporte de transmisión más frecuente. Puede ser un cable coaxial, un par trenzado o un cable específico (4 hilos con blindaje, ...). Para el proyectista, esta característica es importante porque va a influir directamente en el coste de la instalación. Dicho coste varía en función del precio del metro de cable, de la facilidad de instalación, de su

simplicidad de conexión y de las distancias a respetar frente a otros cables (del teléfono, de la red eléctrica 220/400 V, audio-visual).

El par trenzado es, en la mayor parte de los casos, el soporte de transmisión más sencillo.

Nota:

Para los «BUS», que son cada vez más empleados por los electricistas en instalaciones de Gestión Técnica de Edificios (GTB) y de Gestión Técnica de la Electricidad (GTE), se dan informaciones de tipo eléctrico en el anexo 2.

Nivel 2 (Enlace de datos)

Controla el acceso a la red. Define el método de acceso al BUS y detecta los errores de transmisión.

	Ethernet	Profibus	FIP	JBUS/MODBUS	BatiBUS
destino	red informática	red control de proceso	BUS de terreno control proceso	red control de proceso	BUS de terreno control de edificios
tipo de equipo conectado	mini y micro ordenadores	captadores, actuadores de control de procesos autómatas	captadores, actuadores de control de procesos autómatas	equipos de automatismo	captadores, actuadores de control de edificios
medio	coaxial 50 Ω par trenzado	par trenzado blindado	par trenzado blindado	par trenzado	par trenzado
velocidad de	10 Mbit/s	9,6 kbit/s o 500kbit/s	31,25 Kbit/s 1 Mbit/s ó 2,5 Mbits/s	19,2 Kbit/s máx	4,8 Kbit/s
acceso al prioridades medio	CSMA-CD802,3	BUS de testigo	árbitro de BUS transferencia periódica de datos difusión de datos	Maestro/esclavo	CSMA con
topología	BUS	BUS	BUS	estrella o BUS	cualquiera
niveles implantados	del 1 al 7	1, 2 y 7	1, 2 y 7	1, 2 y 7	1, 2 y 7
notas	otros protocolos (OSI, TCP/IP, Decnet...) se implantan sobre niveles superiores	mensajería FMS (Fieldbus Message Specification) derivada de MMS y adaptada a Profibus	mensajería sub-MMS		

Observaciones:

- Ethernet (802,3) no define normalmente más que los niveles 1 y 2. Otros protocolos (OSI, TCP/IP, Decnet...) se implantan generalmente en los niveles superiores.
- Las redes en tiempo real destinadas al control de equipos sólo utilizan los niveles 1, 2 y 7.

Fig. 15: Tabla comparativa de las principales redes.

- El acceso al BUS puede ser:
 - controlado por un equipo único, que concede el tiempo de palabra a los demás (por ejemplo en forma de pregunta). Este tipo de mecanismo, empleado por FIP o JBUS, se considera entonces como Maestro/Esclavo o centralizado,
 - condicionado por un derecho. La condición de acceso se llama «testigo»: su poseedor puede emitir un mensaje y a continuación transmitir el testigo al equipo siguiente. Es un mecanismo de tipo semicentralizado. Se emplea Profibus, y todavía en MAP,
 - aleatorio o descentralizado. El equipo que quiere emitir verifica que la línea está libre. Si dos equipos toman la palabra a la vez, habrá colisión. El nivel ENLACE define la conducta a seguir: prioridad a uno de los dos emisores o retransmisión tras un retardo aleatorio. Estos mecanismos de acceso corresponden a los protocolos CSMA (Carrier Sense Multiple Access). Se emplean especialmente en Ethernet y en BatiBUS.
- El nivel 2 controla también si el mensaje que llega de la red está bien direccionado (ignora los demás). Define los mecanismos de direccionamiento; éste puede ser directo (dirección personal) o para grupo físico o lógico (por cable o por ciudad) o en modo difusión (para todos los buzones),
- el nivel 2 controla, en suma, la correcta transmisión del mensaje: define los mecanismos del intercambio garantizando al emisor de un mensaje que el receptor lo ha recibido bien.

Nivel 7 (Aplicación)

Según las posibles aplicaciones de una red, se proponen diferentes servicios a los usuarios (mensajería, transferencia de ficheros, ...). El nivel 7 determina los mecanismos de empleo de estos servicios.

Recordemos que el usuario puede ser un operador humano o un programa informático, incluso un automatismo muy sencillo.

A título de ejemplo, la norma ISO/IEC-MMS (Manufacturing Message Specifications) define un conjunto de servicios de mensajería:

- «context management services»: se utilizan para iniciar, acabar y parar la comunicación a otro usuario MMS,
- «virtual manufacturing device support services»: se utilizan para obtener el código de un equipo alejado y para identificarlo,
- «domain management services»: se utilizan para manejar los «sectores», es decir: ficheros, tablas, ...
- «variable access services»: se utilizan para el acceso a las diferentes variables,
- «program invocation management services»: se utilizan para la gestión de tareas,
- «semaphore management services»: se utilizan para sincronizar, controlar y coordinar los recursos compartidos entre usuarios,
- «operator communication services»: proporcionan un mecanismo de comunicación con una estación operadora y permiten la entrada y la visualización de datos,
- «event management services»: se utilizan para definir y controlar los resultados,
- «journal management services»: permiten el trazado gráfico y la gestión de un diario de a bordo de la aplicación.

Para cada una de las redes JBUS/MODBUS y FIP se definen servicios específicos a nivel de aplicaciones:

- Una red de automatismos como la JBUS/MODBUS define servicios de aplicación que permiten intercambios entre autómatas. Las informaciones en general están constituidas por algunos octetos. Los diferentes programas de automatismo tienen un conocimiento «a priori» de su

significado. Los servicios ofrecidos específicamente por JBUS/MODBUS son los siguientes:

- lectura de n bits,
 - lectura de n palabras,
 - escritura de 1 bit,
 - escritura de 1 palabra,
 - lectura rápida de 8 bits,
 - diagnóstico de los intercambios,
 - lectura del contador de acontecimientos,
 - lectura del buffer señal,
 - escritura de n bits,
 - escritura de n palabras.
- La red FIP constituye una base de datos repartida trabajando en «tiempo real».

Permite:

- la identificación lógica de las informaciones,
- el reparto de informaciones (por oposición a los enlaces punto a punto) empleando mecanismos de difusión,
- asegurar la coherencia de las informaciones,
- una gestión global de las preferencias de paso de la transmisión.

Los intercambios se basan en:

- la emisión por «árbitro» del BUS hacia todas las estaciones, de una llamada (identificador) destinada a UN único abonado productor y a todos los consumidores interesados,
- una respuesta emitida por ESTE abonado hacia todas las estaciones y utilizable por TODAS las estaciones que estén interesadas (consumidores).

- Una red de informática ofrece unos servicios de aplicaciones tales como: transferencia de ficheros, mensajerías, partición de disco duro, compartir impresoras, copias de seguridad, ...

Estos servicios son accesibles bien a través de menús o bien manejados por el ordenador de manera transparente.

5 Merlin Gerin y las redes

Existen tipos estándar y normas para multitud de redes, según los ámbitos o sectores siguientes:

- en telecomunicación, los tipos están, en general, bien desarrollados. Las operadoras son pocas y se encuentran a nivel internacional: son los Servicios Nacionales de Telecomunicaciones de los grandes países,
- en informática, los tipos estándar están, en general, desarrollados por uno u otro de los grandes fabricantes (IBM, DEC,...) y adoptados por los demás fabricantes,
- en los sectores del Control de Procesos, del Control de la Electricidad y del Control del Edificio, la variedad es mayor. Los interventores «potenciales» son más numerosos: existen pocos tipos estándar actualmente.

Pero en los sectores de la distribución y de la gestión de la energía eléctrica, la red y los tipos estándar adaptados a las necesidades (velocidad de transferencia, tipos de información,...) no existen todavía. Sin embargo, Merlin Gerin participa en grupos de trabajo que preparan las correspondientes normas a aplicar en el futuro; y cuando es preciso, desarrolla la red adaptada o que responde a las necesidades.

A continuación se presentan 3 ejemplos de BUS desarrollados por Merlin Gerin.

JBUS

En el sector del control de procesos (GTP), Merlin Gerin/April ha desarrollado, en los años 1984-85 el JBUS para los enlaces entre autómatas. JBUS es un subconjunto del estándar MODBUS.

NERVIA

En el sector del control/mando de reactores nucleares donde la seguridad es primordial, Merlin Gerin ha desarrollado la red NERVIA. Las exigencias en cuanto a prestaciones y a seguridad de funcionamiento precisan disponer de un BUS que tenga tres propiedades fundamentales:

- ser determinista,
- autocontrolarse,
- y ser tolerante a las averías.

Ninguna red existente en el mercado ofrecía estas tres propiedades. NERVIA es un BUS con «testigo», de velocidad 2 Megabits por segundo, soportado por un cable coaxial de 75 Ω .

BatiBUS

En el naciente sector del control del edificio, para enlazar los captadores, actuadores inteligentes y las centrales ISIS, y en ausencia de un BUS específico, Merlin Gerin ha creado el BatiBUS. Esta red transmite mensajes cortos en modo multimaestro y eventualmente en difusión, con tiempos de transferencia medios de 100 a 200 ms.

Abierto a los participantes externos, varias decenas de constructores se han agrupado en el club BatiBUS cuyo objetivo es el de respaldar y agrupar esta oferta multiconstructor. Además la red BatiBUS está pendiente en estos momentos de su normalización europea.

Sus características principales son: la facilidad de instalación, bajo coste y evolutividad: es capaz de añadir funciones conforme las necesidades lo exijan. También permite: pensar en un diseño modular del edificio inteligente y multiplicar los automatismos locales, dejando al instalador el manejo del cuadro eléctrico.

El lector interesado por la utilización de BatiBUS podrá remitirse a los documentos Merlin Gerin que presentan el sistema de control de edificios ISIS.

FIP

Numerosos constructores trabajan en la normalización y el desarrollo de esta red FIP. En el campo del transporte y la distribución de energía eléctrica Merlin Gerin desarrolla FIP ISIS que permitirá optimizar las comunicaciones en los sistemas de protección de las redes eléctricas (por ejemplo entre dispositivos de protección numéricos SEPAM y una central de gestión de un centro de transformación MT).

6 Conclusión

Sin ser explícito en cuanto al «cómo va», este documento desmitifica el funcionamiento de los enlaces numéricos, en otras palabras: los BUS.

En efecto, con la descentralización de la inteligencia en los sistemas de gestión técnica, los intercambios de información en forma numérica entre

los diversos componentes de una instalación serán cada vez más frecuentes en el sector eléctrico.

Esta evolución es imparable y es, sin duda, la más importante de finales de este siglo.

Probablemente, la mayor evolución podrá venir con la tecnología multimedia (ATM). Por una parte, las

grandes velocidades de información que permite, así como la bajada de costes permitirán sin duda enriquecer, descentralizar su funcionamiento y hasta adelantarse a las funciones requeridas por los nuevos productos.

Por otra parte, la combinación de imágenes, voz y datos podrá desembocar en nuevas funciones.

Anexo 1: Normalización de redes numéricas

Las instancias de normalización

La tabla de la **figura 16** presenta diversas instancias que trabajan en el tema de las redes, especialmente en Francia:

AFNOR: Association Française de Normalisation,

UTE: Union Technique de l'Electricité,

FT: France Télécom,

Normas:

- NF Z 70-001: «Interconexión de sistemas abiertos». Esta norma está de acuerdo con la norma ISO 7498.
- IEEE 802.3: para Ethernet.
- IEEE 802.4: para MAP.
- IEEE 802.5: para IBM Token Ring.

	Telecomunicaciones	Electrotecnia	otras aplicaciones
Internacional	ITU	IEC, CIGRE, ...	ISO
Regional (Europa)	ETSI	CENELEC	CEN
Nacional (Francia)	FT	UTE	AFNOR
Nacional (Alemania)		VDE	DIN
Regional/nacional (USA)	FCC	EIA, IEEE, EPRI, ...	ASHRE, AME, ...

ig. 16: Las instancias de normalización.

- ISO-IEC 95.06-1: definición de servicios.
- UTE C 46-602 y siguientes: para FIP.
- UTE C 46-620 y siguientes: para BatiBUS.

Proyectos de norma

- CENELEC: pr EN 50170: norma de base para las redes de terreno.
- CENELEC: pr EN 50090: definición de las comunicaciones a bajo nivel en domótica.

Anexo 2: Características eléctricas de los BUS

JBUS

JBUS puede utilizar cuatro modos de emisión, correspondientes a los enlaces punto a punto reseñados en el **capítulo 3**, a saber:

- bucle de corriente,
- RS232-C,
- RS422-A,
- RS485.

Bucle de corriente (no normalizado)

Este modo de transmisión emplea dos bucles, uno para la emisión y otro para la recepción:

- la corriente atraviesa todos los receptores (en serie);
- niveles de corriente (emisión): nivel «0»: 0 mA ó 4 mA (según las variantes); nivel «1»: 20 mA;
- nivel de recepción: estado abierto (nivel «0»): 5 mA, estado cerrado (nivel «1»): 10 mA;
- velocidad máxima: 9,6 Kbits/s;
- enlace punto a punto o multipunto, según la red;
- longitud máxima: 3 000 m;

RS232-C (EIA)

- tensión de emisión: nivel «0»: +5 a +15 V (generalmente +12 V); nivel «1»: -5 a -15 V (generalmente -12 V);
- impedancia de recepción: de 3 a 7 k Ω ;
- niveles de recepción: nivel «0»: > +3 V, nivel «1»: < -3 V;
- velocidad máxima: 19,2 Kbits/s;
- enlace punto a punto (un emisor por cada receptor);
- longitud máxima: 15 m;

RS422-C (EIA)

- tensión de emisión: nivel «0»: +2 a +6 V (generalmente +5 V); nivel «1»: -2 a -6 V (generalmente -5 V);
- impedancia de recepción: > 4 k Ω (no especificada);
- niveles de recepción: nivel «0»: > +0,2 V, nivel «1»: < -0,2 V;
- velocidad máxima: 10 Mbits/s;
- enlace multipunto (un emisor por cada 10 receptores, como máximo);
- longitud máxima: 1 200 m.

RS485 (EIA o V11/CCITT)

- tensión de emisión: nivel «0»: +1,5 V a +5 V, nivel «1»: -1,5 V a -5 V;
- nivel de recepción: nivel «0»: > +0,2 V, nivel «1»: < -0,2 V;
- velocidad máxima: 10 Mbits/s;
- enlace multipunto, en la práctica: 28 emisores/receptores como máximo;
- longitud máxima: 1200 m.

BatiBUS

- forma de onda del bit (**figura 17**);
- tensión de emisión: nivel «0»: +15,5 V \pm 10% (en vacío), nivel «1»: <1,5 V (carga 330 mA);
- impedancia de recepción: 500 k Ω ;
- nivel de detección: nivel «0»: >9 V, nivel «1»: <7 V;
- velocidad: 4,8 Kbits/s;
- enlace multipunto;
- resistencia máxima de línea: 12 Ω .

FIP

FIP está perfectamente definido por los proyectos de norma UTE C 46-602 a 607.

- Están previstas tres clases:
 - CH (High): alto nivel para entorno perturbado o distancias (longitudes) importantes;
 - CM (Mid): media potencia;
 - CL (Low): baja potencia; destinado a los tramos del BUS en atmósfera explosiva;

corriente en el emisor,
línea no cargada

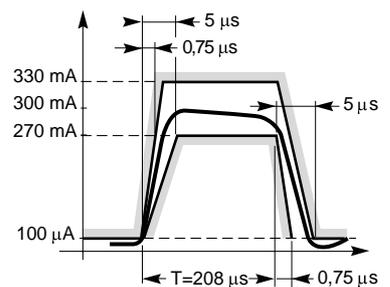


Fig. 17: Forma del bit BatiBus.

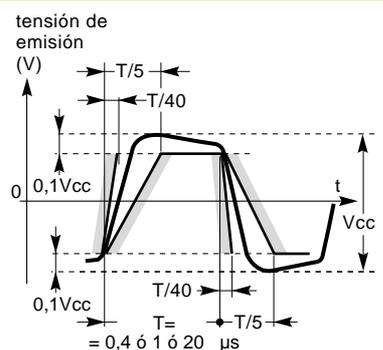


Fig. 18: Forma del bit FIP.

- forma de onda del bit (**figura 18**);
- tensión de emisión (altura del bit):

	CH	CM	CL
en vacío	< 13 V	< 13 V	< 2,5 V
con carga	5,6 a 8,5 V	2,8 a 8,5 V	1,5 a 2 V

- corriente de emisión: del orden de 50 mA (no especificado) para la carga máxima en clase CM;
- impedancia de recepción:
 - > 8 kΩ para las clases CH y CL,
 - > 2 kΩ para la clase CM.

Los BUS y la CEM

Respecto a los otros BUS, especialmente los BUS de tipo informático que tienen valores muy bajos de tensión y corriente, BatiBUS o FIP emplean niveles eléctricos elevados.

Además, con BatiBUS, la forma redondeada de los bits y la baja velocidad de modulación limitan las perturbaciones que podrían inducirse en otros conductores de baja corriente de su entorno próximo.

Todo esto es una prueba de un buen nivel de compatibilidad electromagnética (CEM) obtenida mediante una buena inmunidad a los parásitos y a los campos creados por conductores de potencia que pasan en proximidad a estas redes digitales. A título de ejemplo, una red numérica FIP de clase CH, con una velocidad de 1 Mbit/s, instalada en la central EDF hidroeléctrica de Revin, ha puesto de manifiesto que un par trenzado blindado de 1 000 m de longitud tendido en una estación de 400 kV no tiene problemas de compatibilidad electromagnética.

Bibliografía

- Macchi et Guilbert.
Téléinformatique. Ed. DUNOD
- Pujolle. *Réseaux et télématique*.
Ed. Eyrolle.