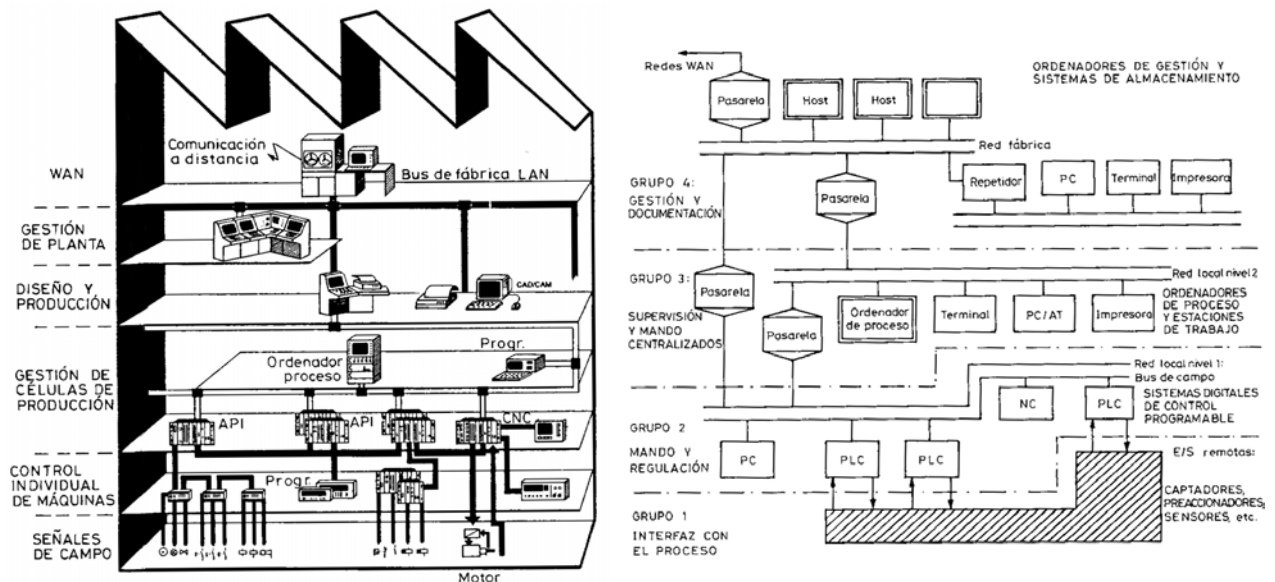


# Redes de Comunicaciones Industriales. Buses de Campo y Redes LAN industriales

<i>1. Estructura de las redes industriales</i>	<i>1</i>
<i>2. Buses de campo</i>	<i>2</i>
2.1. MODBUS	4
2.2. Bus AS-i	4
2.3. Bus Fipio	5
2.4. Bitbus	5
2.5. Profibus	6
2.6. Interbus	7
<i>3. Redes LAN Industriales</i>	<i>8</i>
3.1. MAP	8
3.2. ETHERNET y TCP/IP	9

## 1. Estructura de las redes industriales

En un sistema industrial de control distribuido, las tareas se suelen dividir en cuatro niveles distintos o *grupos*.



**Grupo 1. Interfaz con el proceso.** Este nivel está constituido básicamente por unidades de captación de señales y entrada/salida de datos del proceso o de un operador local. Su conexión a red permite la comunicación con sensores, captadores y accionamientos y el control manual a pie de proceso. El enlace entre unidades de este nivel suele efectuarse mediante redes simples o buses de campo (ver apartado siguiente), cuya estructura suele ser del tipo maestro-esclavo o maestro flotante

**Grupo 2. Mando y regulación.** Constituido por unidades de control, con CPU y programas propios tales como autómatas, controladores de robots, controles numéricos, etc., que se encargan del control automático de partes del proceso (control distribuido). La integración en red de estas unidades permite que intercambien datos e información que son de utilidad para el control global de dicho proceso. Estas unidades suelen ejercer el papel de maestro en la comunicación con el nivel inferior (bus de campo), pero a su vez permiten el enlace con niveles superiores, enlace que suele requerir redes con protocolos más elaborados que el bus de campo.

**Grupo 3. Supervisión y mando centralizados.** Este nivel incluye una serie de unidades destinadas al *control global del proceso*, tales como ordenadores de proceso, terminales de diálogo, sinópticos, terminales de enlace con oficina técnica (CAD), etc. Desde estas unidades se tienen acceso a la mayor parte de variables del proceso, generalmente con el propósito de supervisar, cambiar consignas, alterar programas y obtener datos con vistas a su posterior procesamiento.

**Grupo 4. Gestión y documentación.** Este nivel incluye la comunicación con ordenadores de gestión y se encarga del procesamiento de los datos obtenidos por el nivel anterior para efectos estadísticos, control de producción, control de calidad, gestión de existencias y dirección general. En algunos casos, las

unidades de este nivel pueden disponer de conexión a redes más amplias de tipo WAN.

Esta división da lugar a una estructura de las redes industriales en la que se pueden distinguir tres niveles:

- Nivel de *bus de campo*. Es el nivel de red más próximo al proceso y se encarga de la integración de pequeños automatismos (autómatas compactos, multiplexores de E/S, controladores PID, equipos de medida, etc.) en las llamadas "islas", que controlan distintas parcelas de un proceso. Generalmente, en el nivel más alto de estas redes se suelen encontrar uno o varios autómatas modulares de gama alta, que pueden actuar como maestro (gestor) de la red o formando estructuras de maestro flotante. El conjunto constituye lo que se suele llamar una "célula de fabricación".
- Nivel de LAN. Este es el nivel jerárquicamente por encima del anterior y se encarga normalmente de enlazar las distintas "células de fabricación" en grupos más grandes. En este nivel se suelen encontrar los autómatas de gama alta y los ordenadores de proceso dedicados a las tareas de diseño, control de calidad, etc.
- Nivel LAN/WAN. Este nivel es el más próximo al área de gestión y se encarga de integrar los niveles anteriores en una estructura de fábrica o incluso de múltiples factorías con emplazamientos dispersos. Las máquinas en este nivel comparten recursos e incorporan bases de datos que permiten centralizar los servicios de compras y ventas, control de costos...

En cada uno de los niveles citados, y principalmente a nivel de buses de campo, no se ha llegado aún a unas normas comunes que permita la comunicación entre dispositivos o con el operario sin tener en cuenta el hardware o el medio físico empleado en cada caso por los distintos fabricantes.

En el caso de buses de campo se debe a la mayor diversidad de equipos que se pueden comunicar, al mayor número de fabricantes existentes, cada uno presentando como solución integral cerrada una red con todos sus productos, y a que la capacidad de los sistemas que la forman no es suficiente como para implementar sobre ellos protocolos complejos.

A nivel de LAN los fabricantes (potentes firmas de la informática) han implantado sus estándares, y son posibles protocolos más complejos utilizables por unos microprocesadores de mayor capacidad. Los fabricantes de automatismos y periféricos van adoptando cada vez más adaptadores de conexión, código y protocolo (pasarelas) que permiten unir su red particular con redes de alto nivel.

En el nivel más alto, WAN, no tiene sentido hablar de protocolos específicos para uso industrial, ya que la comunicación entre redes industriales se realiza a través de redes de propósito general, con posibilidad de transmitir datos, imágenes, voz...

## 2. Buses de campo

Es el nivel más simple y próximo al proceso. Se podría decir que es una red de comunicación serie, compartida por varios elementos de campo, que permiten la transferencia de datos entre estos elementos primarios de automatización o dispositivos

de campo (transductores, sensores, pantallas de visualización...) y equipos de control y monitorización de más alto nivel (PLC, PC).

Esta basado en procesadores simples que no soportan un protocolo complejo, aunque sí que al menos se pretende conseguir un enlace multipunto capaz de intercambiar órdenes y datos entre productos de un mismo o de distintos fabricantes a través de un protocolo reconocido por cada uno de los nodos.

La conexión física más común es un bus semidúplex y comunicación en banda base, con enlace RS-485, aunque también RS-422 y bucle de corriente.

Todos los buses de campo utilizan comunicación serie asíncrona, salvo en el caso de BITBUS (serie síncrona).

Generalmente la estructura lógica es de maestro-esclavo, aunque algunos buses más recientes incorporan una estructura de maestro flotante.

Los buses de campo surgieron para evitar el excesivo cableado que se tenía en las conexiones clásicas, principalmente cuando se trataba de dispositivos inteligentes de mayor complejidad como variadores de velocidad (necesitaban varias entradas y salidas digitales, entradas analógicas y una salida analógica). Los buses de campo permiten el cableado de dispositivos inteligentes con un solo cable de comunicación. Gracias a esto, las modificaciones y ampliaciones son sencillas y rápidas.

Existen captadores y accionadores clásicos que necesitan un interfase para comunicarse al bus. Sólo transmiten datos de entrada y reciben datos de salida. Los dispositivos inteligentes ya incorporan esta interfase, y aparte de enviar o recibir datos del proceso, necesitan ser programados, configurados y testeados. Por tanto, en el bus se deben transmitir dos tipos de datos, datos de proceso o de entrada/salida, y parámetros o mensajes.

Los **datos de proceso** influyen en o están influenciados por el proceso de forma directa. Serían las señales que actúan sobre los contactores, válvulas, referencias, variables de proceso... y son de unos pocos bytes. Tienen un carácter cíclico y deben ser continuamente actualizados (por el sistema de control o por el sensor/trasductor) a través del bus de comunicación. Esta actualización de datos se realizará como máximo cada 5 ms. Los datos de entrada/salida se identifican únicamente por la dirección del dispositivo en la red.

Los **parámetros o mensajes** tienen la función de ajustar, monitorizar y programar dispositivos inteligentes. La información no se trasmite cíclicamente sino por demanda. No es la rapidez sino la seguridad en la transmisión, la característica principal. Los mensajes pueden llegar hasta 100 KBytes de tamaño y necesitan, además de la identificación (dirección) del dispositivo, información sobre el tipo de información transmitido.

Diversos buses de campo gozan de una mayor implantación, debido al respaldo de grandes casas de autómatas o consumidores de ellos.

## 2.1. MODBUS

El medio físico de conexión puede ser un bus semidúplex (RS-485 o fibra óptica) o dúplex (RS-422, bucle de corriente o fibra óptica).

La estructura lógica es de maestro esclavo, con acceso al medio controlado por el maestro, y capacidad de hasta 63 estaciones esclavo.

Los intercambios de mensajes pueden ser:

- Intercambios punto a punto, en los que existe una demanda del maestro, ante la que se produce la respuesta del esclavo (que puede ser simplemente un reconocimiento o *acknowledge*)
- Mensajes difundidos, enviados por el maestro a todos los esclavos, a través de los cuales se mandan datos comunes de configuración, reset, y tras los que no se produce respuesta alguna.

La trama (estructura de los mensajes) está compuesta por:

- caracteres de encabezamiento, CR y LF (en función de la codificación, se incluirán estos caracteres o no)
- el número de esclavo (1 byte), para direccionar desde 01<sub>H</sub> hasta 3F<sub>H</sub> (63) estaciones, empleando el 00 para mensajes difundidos
- el código de función (1 byte) para órdenes de lectura/escritura de datos en los registros o en la memoria del esclavo o para órdenes de control del esclavo o del sistema de comunicaciones completo
- campo de subfunciones/datos (n bytes) donde se encuentran los parámetros necesarios para ejecutar la función indicada en el punto anterior, las direcciones desde donde debe leerse o escribirse o el valor de lo que hay que escribir.
- Palabra de control de errores (2 bytes), que puede ser un CRC o polinomial

## 2.2. Bus AS-i

Sistema de transmisión de datos y órdenes para sensores y actuadores. Persigue definir un sistema de comunicaciones único para todos los fabricantes de sensores y accionadores.

Los datos y la alimentación van por el mismo cable.

Una de sus características principales es su elevada rapidez. Admite topologías en anillo, bus o árbol, con hasta 31 esclavos. A cada uno se conectarían varios accionamientos o sensores.

La estructura lógica prevista es de maestro-esclavo, con un maestro único que pregunta sucesivamente a cada esclavo y espera la respuesta (sondeo o *polling*). Los esclavos no tienen la iniciativa del diálogo.

El bus AS-i se puede conectar a autómatas programables dotados de módulo maestro AS-i, o bien mediante módulos pasarela, conectarlos a buses de nivel superior (Fipio, Modbus o Profibus).

Existen sensores y actuadores desarrollados para el bus AS-i con un integrado (chip ASIC), que permiten conectarlos directamente a dicho bus y comunicarse con el maestro.

Si se desean conectar sensores o actuadores estándar, se dispondrá de un interfaz de conexión que admite hasta 4 sensores y 4 accionadores estándar.

Como información de mensajes, se transmitirán unidireccionalmente datos referentes a la escala de sensibilidad de los sensores, ajuste de cero, temporizaciones, órdenes de giro de motor, rearme de protecciones en una salida motor...)

### **2.3. Bus Fipio**

Respaldado por Telemecanique y otros organismos franceses. Necesita un elemento gestor específico de gama alta. Son posibles hasta 127 agentes. El direccionado con 0 es el gestor y con 63 es la programadora.

### **2.4. Bitbus**

Marca registrada por Intel. El protocolo está implementado en ROM en el microcontrolador 80444.

Es el único con comunicación serie síncrona, lo que le otorga velocidades superiores a los demás buses de campo.

La interconexión de nodos se realiza a través de pares diferenciales trenzados. Un par para la línea de datos semiduplex (RS-485) y el otro para el reloj o para conmutación de la línea en nodos repetidores (en modo autorreloj).

Por encima de 28 nodos es necesario repetidores, de los que parten expansiones del bus formando una estructura en árbol. Las derivaciones a partir del repetidor requieren una línea de control para dirigir el sentido de la información (en el caso de que el esclavo transmita) además de la línea de datos, por lo que se necesita el segundo par trenzado. Al no disponer de segundo par trenzado para la comunicación del reloj, se genera un reloj (autorreloj) a partir de los datos con codificación NRZI.

Por debajo de 28 nodos no es necesario el uso de repetidores, por lo que si se va a emplear el segundo par trenzado, este transmitirá la señal de reloj (con lo que se consigue las mayores velocidades). Si la red sólo tiene un par, el reloj habrá de generarse (autorreloj) y las velocidades de transmisión son menores.

La topología básica es la de simple bus lineal con estructura de maestro-esclavo. Los esclavos no transmiten por iniciativa propia, sino que el maestro controla el acceso al bus mediante un mecanismo de pregunta-respuesta u orden-reconocimiento. La función del esclavo es la de enlazar con un bloque de expansión de E/S.

El empleo de repetidores puede dar a la red un aspecto de árbol, aunque en realidad funciona como un solo bus, a velocidad única. No se trata pues de un árbol anidado, donde cada nodo esclavo hace de maestro del bus inferior.

## 2.5. Profibus

Creado a partir de un proyecto en el que participaron ABB, AEG, Bosch, Klóckner-Möeller, Landis&Gyr, Siemens... y cinco institutos alemanes de investigación, con la intención de diseñar un bus de campo con estructura abierta y compatible para enlazar con MAP.

Los nodos acceden al bus por paso de testigo con maestro flotante o bien según estructuras de maestro esclavo

Los nodos se pueden clasificar en activos, que pueden actuar como maestro y tomar el control, o pasivos, que sólo pueden ser esclavos. 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. Mientras tenga el testigo, pueden transmitir. Las estaciones esclavas deben ser direccionadas por la poseedora del testigo para poder transmitir.

Pueden incorporarse repetidores al bus que regeneran la señal y del que parten otros nodos. A pesar de la apariencia, no se estructura como árbol.

La transmisión se realiza a través de un par trenzado apantallado semidúplex o bien por fibra óptica (de cristal o plástico)

Profibus, en general, admite cualquier topología así como una gran variedad de equipos: módulos de entrada/salida, módulos funcionales, paneles de operador y visualizadores, accionamientos de control de motores, sistemas de medida y adquisición de datos, sistemas de identificación (lectores de códigos de barras, escáners), controladores de robots, de posición, de esfuerzo, sistemas de soldadura, sistemas de control en bucle cerrado, dispositivos neumáticos, hidráulicos...

Existen tres posibilidades de Profibus: Profibus DP, Profibus FMS y Profibus PA

### 2.5.1 Profibus DP (*periferia descentralizada*)

Optimizado para la transmisión de señales a alta velocidad entre los sistemas de control automático y las entradas / salidas distribuidas. Es posible también la transferencia de pequeñas cantidades de datos a/desde periféricos inteligentes. En este bus se permite la conexión de equipos de campo, accionamientos, paneles de operación, autómatas programables...

Mediante este bus, los autómatas se comunican con los dispositivos de campo por medio de una comunicación tipo serie de alta velocidad.

Se realiza una consulta de los módulos de entrada y una escritura de salidas de forma cíclica. El tiempo para cada ciclo es muy bajo, lo que da lugar también a tiempos de

reacción pequeños. Existen otras transmisiones no cíclicas para dispositivos de campo inteligentes (configuración, diagnóstico, alarmas)...

Se permiten sistemas con un solo maestro dado por el testigo o maestro flotante. Se pueden conectar hasta 126 dispositivos, entre maestros y esclavos.

### 2.5.2 Profibus FMS

Es la solución adoptada para la comunicación a nivel de célula. En este bus se realiza la interconexión en red de autómatas programables, supervisores de proceso, paneles de operación, PC's.

Las comunicaciones que se pueden establecer en Profibus FMS son de maestro-esclavo para transferencia de datos cíclica o acíclica con iniciativa del maestro o a petición del esclavo.

### 2.5.3 Profibus PA

Permite la transmisión de datos y de potencia en el cable de bus. Está especialmente diseñado para sistemas con riesgo de explosión.

En este bus se puede realizar la medida, el control y la regulación mediante una simple línea de bus de dos cables que además alimenta a los dispositivos de campo.

## 2.6. Interbus

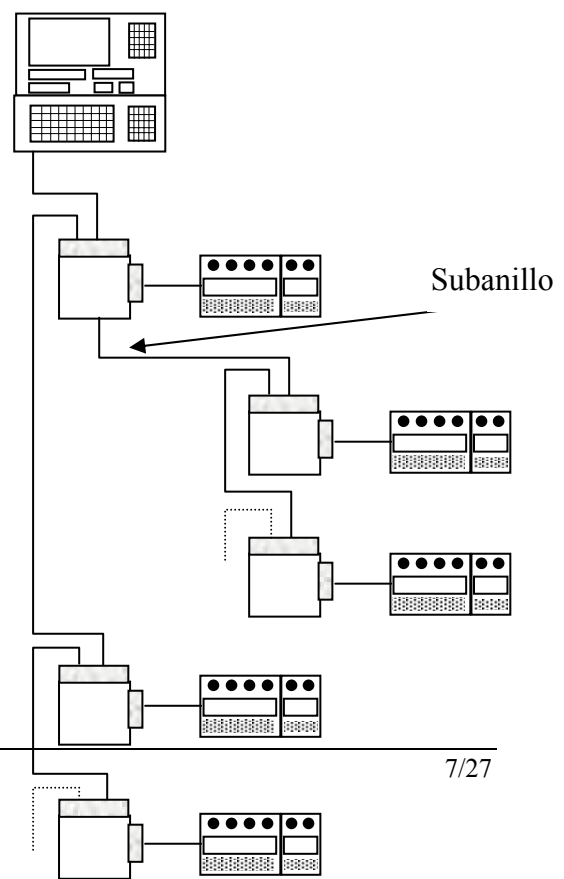
Es una red de sensores y accionadores con topología de anillo.

Utiliza el método maestro-esclavo, donde el maestro de un bus inferior funciona como conexión o interfaz con el bus de nivel superior. Utiliza la tecnología de trama suma: un único telegrama actualiza simultáneamente todas las entradas y salidas de los dispositivos conectados al bus.

Está basado físicamente en el estándar RS-485 que utiliza el método de transmisión de voltaje diferencial sobre par trenzado.

Admite hasta 512 dispositivos, 4096 puntos de entrada/salida. Su topología en anillo forma conexiones físicas punto a punto que permiten el empleo de fibra óptica. La configuración en anillo, también posibilita el envío y recepción de datos simultáneamente y una mejor autodiagnos.

La línea de envío y de retorno de datos pertenecen al mismo cable que pasa a través de todos los dispositivos, formado por cinco hilos



(2+2+cable de masa), lo que hace que tenga la misma apariencia que un árbol.

Cuando se accede a los datos de proceso, el usuario no nota ninguna diferencia entre los datos accedidos vía serie (bus de campo) o de los datos de proceso provenientes de un cableado tradicional.

Desde los dispositivos conectados al anillo principal, liderado por el maestro, se pueden conectar subanillos que estructuran el sistema completo. Las conexiones entre anillos se realiza mediante módulos especiales llamados bus terminal.

Se han desarrollado tarjetas maestro de Interbus para autómatas Siemens, ABB, Bosch, Telemecanique, Allen-Bradley, Hitachi, etc.

### 3. Redes LAN Industriales

Los estándares más conocidos y de uso más extendido son: MAP y Ethernet. El primero nació como un producto especialmente diseñado y pensado para el entorno industrial, mientras que el segundo estaba inicialmente pensado para una red de servicios de ofimática y fue adoptado para algunas redes de uso industrial.

#### 3.1. MAP

Impulsado por General Motors, fue uno de los intentos más serios de estandarización de redes industriales, desde el nivel de red local hasta el nivel de WAN para enlazar incluso varias factorías.

En lo referente al nivel de campo MAP no cubre propiamente este nivel, sino que lo considera un nivel inferior que se integra en la red mediante autómatas o terminales que actúan aisladamente, pero que dispone de una pasarela entre el bus de campo y la red MAP. En cuanto al nivel de red local, cabe decir que MAP está pensado para redes de tipo WAN.

A nivel local, el excesivo precio y complejidad, hizo que se crease un subconjunto del protocolo, pensado para redes industriales de tipo LAN, y que se llamó MINIMAP. Esta red local tendría arquitectura de bus y el acceso es por paso de testigo.

A nivel LAN/WAN, MAP permite conectar los sistemas de control de planta con las aplicaciones de gestión, oficina CAD, ordenadores de planta, canales de datos, voz, imágenes, etc. con emplazamientos locales o remotos.

#### *MINIMAP*

Características:

- Aunque físicamente tiene topología de bus, con un máximo de 64 nodos, desde el punto de vista lógico funciona en anillo.
- La codificación se hace por modulación de frecuencia en banda base y la transmisión es de tipo síncrono.

- Al inicializar la red, el testigo se asigna a la estación con dirección más alta y el paso de testigo se realiza por orden decreciente de direcciones.
- Cada estación, al recibir el testigo emite sus mensajes y al terminar cede dicho testigo a la estación inmediatamente inferior.
- Si una estación recibe el testigo y no tiene mensajes para transmitir lo pasa inmediatamente a la siguiente.
- El tiempo de posesión de testigo está limitado a 800  $\mu$ s, después del cual la estación que lo tenga debe cederlo incluso aunque no haya finalizado la transmisión de sus mensajes.

Al estar limitado el tiempo de posesión de testigo es detectable la pérdida de este. Si esto ocurre, se desencadena un procedimiento de inicialización. El protocolo MINIMAP también gestiona fácilmente la supresión e inserción de estaciones.

La trama del protocolo MINIMAP está compuesta por:

- Preámbulo: formado por dos bytes de valor 55<sub>H</sub> que origina una secuencia de ceros y unos consecutivos útiles para la sincronización de la transmisión síncrona y la detección del primer byte
- Inicio de trama: es un carácter especial que depende de la codificación empleada
- Tipo de trama, un byte que indica si la trama es de tipo MAC o de tipo LLC.
- Direcciones destino/origen MAC: cada una de estas direcciones se compone de 6 bytes e indican el tipo de mensaje (punto a punto o difundido), los nodos de destino o de origen, el número de red y el tipo de servicio (palabras comunes, memoria compartida...)
- Datos/Control LLC: la interpretación de esta parte de la trama la hacen los propios equipos terminales, puesto que designan direcciones de memoria internas y códigos de lectura, escritura o error que dependen de la arquitectura, de la función y del nivel de inteligencia del terminal.
- CRC: 4 bytes de control de errores
- Fin de trama: 1 byte en el que debe haber un bit de error y un bit que marca si es final de mensaje o se ha interrumpido por límite de tiempo en la posición del testigo.

### ***3.2. ETHERNET y TCP/IP***

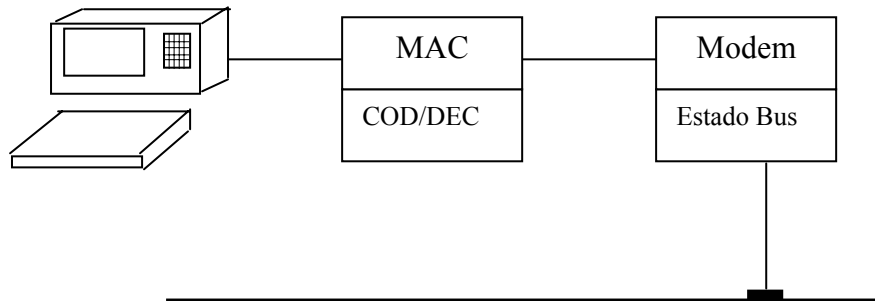
El medio de conexión estándar para Ethernet es un cable coaxial previsto para la transmisión en banda base. La longitud máxima, sin repetidores, es de 500 m y la topología es en bus o árbol. La codificación es con código Manchester, con modulación de frecuencia en banda base.

Cada estación se conecta a la red mediante un controlador y un transceptor.

El transceptor está más próximo a la conexión en el bus y dispone de un sistema de detección de portadora que proporciona el estado de ocupación del bus y se encarga del aspecto más físico de la conexión, básicamente de la modulación y demodulación.

El controlador está más próximo al terminal y se encarga de controlar el acceso al medio y de la codificación y decodificación de datos. Antes de transmitir genera

automáticamente una orden de LBT (*listen before talking*) que permite detectar la ocupación del bus. Durante la transmisión pone en marcha un procedimiento llamado LWT (*listen while talking*) que detecta la colisión que pudiera producirse a causa de los retardos de propagación del LBT. Si dos estaciones intentan transmitir a la vez, el transceptor detecta la colisión por el nivel de señal eléctrica y el LWT interrumpe la transmisión. Es la técnica de acceso al medio que se denominó CSMA/CD.



La estructura es físicamente de tipo bus o en árbol. En este caso, los nodos de partida de las ramificaciones se denominan repetidores y gracias a ellos se regenera la señal aumentando el alcance. Desde un punto de vista lógico, sólo se puede hablar de estructura en bus.

La trama del protocolo Ethernet está formada por:

- Preámbulo: 7 caracteres  $AA_H$  para la sincronización
- Inicio: 1 byte  $AB_H$  que indica el inicio de mensaje.
- Dirección de destino: 2 o 6 bytes indicando la dirección física o lógica de los nodos destino. Si el primer bit es 0, los que siguen indican la dirección lógica de un nodo destino único (comunicación punto a punto). Si el primer bit es 1, los que siguen indican un rango de direcciones de destino (conexión multipunto). Si todos los bits son 1, indica que se trata de un mensaje de difusión, donde el destino son todos los nodos.
- Dirección de origen: 2 o 6 bytes indicando la dirección del nodo origen
- Tipo de trama: 2 bytes para indicar el tipo de trama o bien la longitud de la trama
- Campo de datos: contiene toda la información datos, órdenes, direcciones físicas de memoria o registros de cada nodo, etc. La longitud máxima es de 1500 bytes
- CRC: 4 bytes de error calculados polinomialmente

Ethernet constituye el nivel más bajo, el nivel físico y de enlace de datos, en una comunicación a través de Internet. Define las características físicas del medio de transmisión y funcionales de los circuitos de interfaz de emisión y recepción. Recoge los datos a nivel de red y los transmite formando tramas. Igualmente los recoge y recupera el mensaje transmitido. Se encarga asimismo de la detección de errores.

A un nivel más elevado en lo que a comunicación se refiere, se encuentra el protocolo TCP/IP que hace posible la conexión entre las diferentes redes desarrolladas por diferentes fabricantes. Presenta una estructura tipo cliente/servidor, en la que los clientes solicitan a los servidores sus servicios.

Presenta dos protocolos: IP y TCP

El protocolo IP (Internet Protocol) es el responsable de formar paquetes de datos en los que se incluyen 4 bytes de identificación con la dirección de red y estación destino. Una vez ensamblados deberán ser transmitidos al destinatario. En vez de esta dirección compuesta por cuatro números desde 0 a 255, se emplean palabras que permiten recordar más fácilmente la dirección de una estación. De la conversión de nombres en direcciones y viceversa se encarga el servidor de nombres de dominio o DNS.

El protocolo TCP (transmission control protocol) detecta la transmisión errónea o pérdida de datos y en su caso, se encarga del reenvío de datos. También gestiona varias conexiones e identifica las aplicaciones (los programas) que utilizan el protocolo.

Existen distintas estrategias para encaminar las tramas hasta llegar a su destino:

- Si la comunicación se realiza entre subredes locales, el problema se restringe a descubrir la dirección IP y la dirección física de la interfaz.
- Si las estaciones están en redes distintas, pero de similares características, la conexión entre las mismas es por medio de puentes.
- Cuando se deben comunicar estaciones situadas en redes locales distintas y además con otro estándar, se deben comunicar por medio de routers o encaminadores (para permitir la conexión con una red externa) y pasarelas o gateways (que traducen los protocolos). Por ejemplo, un autómata programable puede servir de gateway respecto a los autómatas que tenga como esclavos en el nivel inferior.

Bibliografía:

[1] **Comunicaciones Industriales**, de *Pedro Morcillo y Julián Cócera*, Editorial Paraninfo.

[2] **Autómatas Programables**, de *Josep Balcells y José Luis Romeral*, Marcombo, Boixareu Editores

[3] **Ingeniería de la Automatización Industrial**, de *Ramón Piedrafita*, editorial Ra-Ma

[4] **Automatización de Procesos Industriales**, de *Emilio García Moreno*, Servicio de publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia

[5] **A fondo: Transmisión de datos y comunicaciones**, de *George E. Friend, John L. Fike y otros*, Anaya Multimedia