**Redes industriales**

El uso de sistemas automatizados es una práctica común en aquellas empresas que buscan, entre otros beneficios relacionados con este tipo de tecnologías, reducir inventarios, incrementar productividad, mejorar calidad de sus productos y servicios. Sin embargo, para lograr tal propósito es necesario contar con los medios de comunicación apropiados. Es aquí, precisamente, en donde las redes industriales emergen como la alternativa adecuada para satisfacer esas necesidades.

Con el empleo de las redes industriales es posible:

• Reducir costos y tiempos de instalación.

• Adquirir y transferir datos de manera segura y eficiente.

• Implementar estrategias de control avanzadas, tales como sistemas SCADA, control distribuido,

control centralizado, etcétera.

• Acceder al sistema vía remota

• Intercomunicar los distintos niveles de producción, desde la administración, pasando por el control de procesos, hasta llegar a los sensores y actuadores.

Lo anterior muestra que las redes industriales son un elemento importante en los sistemas modernos de manufactura, de tal forma que contar con personal capacitado en el ámbito de las redes industriales es imprescindible.

**REDES DE AREA LOCAL**

Las redes de área local o LAN (del inglés, Local Area Network) son redes de comunicaciones de ámbito privado dentro de un máximo de unos pocos kilómetros de distancia (edificios, oficinas, etc.). Su uso principal es conectar ordenadores personales y equipamiento de trabajo para compartir información y recursos (impresoras, escáneres...).

Las LAN pueden ser cableadas o inalámbricas (como las desarrolladas con el estándar IEEE 802.11, conocido como Wifi). En el caso de las LAN cableadas, que fueron las pioneras, las velocidades alcanzadas típicamente van desde los 10 hasta los 100 Mbps, aunque se está generalizando el acceso a IGbps en las últimas redes Ethernet (estándar IEEE 802.3). Además, se caracterizan por lograr transmisiones con muy pocos errores.

En general, las LAN están configuradas con tecnologías de transmisión consistentes de un único cable al que se conectan todas las máquinas y por el que se realiza la difusión de los datos. Básicamente, esto se puede conseguir con una topología de bus (cable lineal) o con una topología en anillo. En cualquiera de los dos casos es necesario contar con mecanismos de arbitraje que controlen el acceso al medio para evitar colisiones. En el caso de las redes de bus Ethernet, el mecanismo de arbitraje está descentralizado, y cada máquina puede transmitir en cualquier momento. En caso de colisión de los paquetes, cada equipo espera un tiempo aleatorio y reenvía los datos. Otras redes utilizan una llave maestra o token que va pasando de máquina en máquina, de manera que un equipo sólo puede transmitir en el momento en el que posee la llave.

**Ethernet**

Ethernet es un estándar de redes de computadoras de área local con acceso al medio por contienda CSMA/CD. El nombre viene del concepto físico de ether. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

La Ethernet se tomó como base para la redacción del estándar internacional IEEE 802.3. Usualmente se toman Ethernet e IEEE 802.3 como sinónimos. Ambas se diferencian en uno de los campos de la trama de datos. Las tramas Ethernet y IEEE 802.3 pueden coexistir en la misma red. Formato de la trama Ethernet

Comparación entre DIX Ethernet y IEEE 802.3

Preámbulo Destino Origen Tipo Datos Relleno FCS

Trama DIX Ethernet M ^

8 bytes 6 bytes 6 bytes 2 bytes 0 a 1500 bytes 0 a 46 bytes 2 ó 4 bytes

Preámbulo SOF Destino Origen Longitud Datos Relleno FCS

Trama IEEE 802.3 M M

7 bytes 1 byte 6 bytes 6 bytes 2 bytes 0 a 1500 bytes 0 a 46 bytes 4 bytes

**Hardware comúnmente usado en una red Ethernet**

Los elementos de una red Ethernet son: Tarjeta de Red, repetidores, concentradores, puentes, los conmutadores, los nodos de red y el medio de interconexión. Los nodos de red pueden clasificarse en dos grandes grupos: Equipo Terminal de Datos (DTE) y Equipo de Comunicación de Datos (DCE). Los DTE son dispositivos de red que generan lo que son el destino de los datos: como los PC, las estaciones de trabajo, los servidores de archivos, los servidores de impresión; todos son parte del grupo de las estaciones finales. Los DCE son los dispositivos de red intermediarios que reciben y retransmiten las tramas dentro de la red; pueden ser: ruteadores, conmutadores (switch), concentradores (hub), repetidores o interfaces de comunicación. P. ej.: un módem o una tarjeta de interface.

• NIC, o Tarjeta de Interfaz de Red - permite que una computadora acceda a una red local. Cada tarjeta tiene una única dirección MAC que la identifica en la red. Una computadora conectada a una red se denomina nodo.

• Concentrador o hub - funciona como un repetidor pero permite la interconexión de múltiples nodos. Su funcionamiento es relativamente simple pues recibe una trama de ethernet, por uno de sus puertos, y la repite

• Repetidor o repeater- aumenta el alcance de una conexión física, recibiendo las señales yretransmitiéndolas, para evitar su degradación, a través del medio de transmisión, lográndose un alcance mayor. Usualmente se usa para unir dos áreas locales de igual tecnología y sólo tiene dos puertos. Opera en la capa física del modelo OSI.

• Puente o bridge - interconecta segmentos de red haciendo el cambio de frames (tramas) entre las redes de acuerdo con una tabla de direcciones que le dice en qué segmento está ubicada una dirección MAC dada por todos sus puertos restantes sin ejecutar ningún proceso sobre las mismas. Opera en la capa física del modelo OSI.

• Conmutador o Switch - funciona como el bridge, pero permite la interconexión de múltiples segmentos de red, funciona en velocidades más rápidas y es más sofisticado. Los switches pueden tener otras funcionalidades, como Redes virtuales , y permiten su configuración a través de la propia red. Funciona básicamente en la capa 2 del modelo OSI (enlace de datos). Por esto son capaces de procesar información de las tramas; su funcionalidad más importante es en las tablas de dirección. Por ej.: una computadora conectada al puerto 1 del conmutador envía una trama a otra computadora conectada al puerto 2; el switch recibe la trama y la transmite a todos sus puertos, excepto aquel por donde la recibió; la computadora 2 recibirá el mensaje y eventualmente lo responderá, generando tráfico en el sentido contrario; ahora el switch conocerá las direcciones MAC de las computadoras en el puerto 1 y 2; cuando reciba otra trama con dirección de destino de alguna de ellas, sólo transmitirá la trama a dicho puerto disminuyendo así el tráfico de la red y contribuyendo al buen funcionamiento de la misma.

Protocolo de Ethernet

El Protocolo de Internet (IP, de sus siglas en inglés Internet ProtocoI) es un protocolo no orientado a conexión usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados.

Los datos en una red basada en IP son enviados en bloques conocidos como paquetes o datagramas (en el protocolo IP estos términos se suelen usar indistintamente). En particular, en IP no se necesita ninguna configuración antes de que un equipo intente enviar paquetes a otro con el que no se había comunicado antes.

Dirección IP

Una dirección IP es un número que identifica de manera lógica y jerárquicamente a una interfaz de un dispositivo (habitualmente una computadora) dentro de una red que utilice el protocolo de Internet (Internet Protocof), que corresponde al nivel de red o nivel 3 del modelo de referencia OSI. Dicho número no se ha de confundir con la dirección MAC que es un número físico que es asignado a la tarjeta o dispositivo de red (viene impuesta por el fabricante), mientras que la dirección IP se puede cambiar.

La RJ-45 es una interfaz física comúnmente usada para conectar redes de cableado estructurado, (categorías 4, 5, 5e y 6). RJes un acrónimo inglés de Registered Jackque a su vez es parte del Código Federal de Regulaciones de Estados Unidos. Posee ocho "pines" o conexiones eléctricas, que normalmente se usan como extremos de cables de par trenzado.

Es utilizada comúnmente con estándares como TIA/EIA-568-B, que define la disposición de los pines o wiring pinout.

Una aplicación común es su uso en cables de red Ethernet, donde suelen usarse 8 pines (4 pares). Otras aplicaciones incluyen terminaciones de teléfonos (4 pines o 2 pares) por ejemplo en Francia y Alemania, otros servicios de red como RDSI y TI e incluso RS-232.

Si se requiere conectar dos nodos de forma directa,se debe utilizar un cable cruzado, si se requiere más de dos nodos utilizando un hub o un switche se debe usar un cable directo.

**bus de campo**

Un bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.

El objetivo de un bus de campo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del tradicional bucle de corriente de 4-20mA.

Típicamente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie, que conectan dispositivos de campo como PLCs, transductores, actuadores y sensores. Cada dispositivo de campo incorpora cierta capacidad de proceso, que lo convierte en un dispositivo inteligente, manteniendo siempre un costo bajo. Cada uno de estos elementos será capaz de ejecutar funciones simples de diagnóstico, control ó mantenimiento, así como de comunicarse bidireccionalmente a través del bus.

**HART**

HART es un estándar de comunicación muy extendido para aparatos de campo. La especificación de los aparatos HART se efectúa vía HCF (HART Communication Foundation). El estándar HART extiende la señal analógica de 4 a 20 mA a la transmisión de señales digitales, moduladas, probadas en aplicaciones industriales.

**BENEFICIOS**

**»** La probada transmisión analógica de valores medidos.

**»** Comunicación digital simultánea con transferencia de datos bidireccional.

**»** Posibilidad de transmisión de varias magnitudes de medida de un aparato de campo (por

ej. informaciones de diagnóstico, mantenimiento y proceso).

**»** Conexión a sistemas de nivel superior como por ejemplo PROFIBUS.

**»** Fácil instalación y puesta en servicio.

**GAMA DE APICACION**

Los aparatos pueden conectarse de varias maneras:

Por la periferia distribuida

- SIMATIC ET 200M

- SIMATIC ET 200iSP

- SIMATIC ET 200iS

Con los módulos HART ó con los módulos analógicos de 4a 20 mA y el HART Handheld Communicator, mediante un módem HART que permita establecer una conexión punto a punto entre el PC ó un sistema de ingeniería y el aparato HART, mediante los multiplexores HART que vienen incluidos en el servidor HART de HCF.

**PROFIBUS**

PROFIBUS es hoy en día el bus de campo abierto con el mayor éxito, con una amplia base instalada para un campo de aplicaciones muy extenso. Además, la normalización según IEC 61158 / EN 50170 asegura el futuro de sus inversiones.

**BENEFICIOS**

Un sistema modular coherente desde el sensor hasta el plano de mando que permite realizar nuevos conceptos de planta.

Fácil intercambiabilidad de los aparatos de campo que corresponden al perfil estándar, también de diferentes fabricantes.

Interconexión en red de transmisores, válvulas, actuadotes etc.

Realización de aplicaciones de seguridad intrínseca con utilización del bus de campo en áreas con peligro de explosión.

Fácil instalación de cables bifilares para el suministro de energía y la transferencia de datos comunes.

Costes de cableado reducidos gracias al ahorro en material e instalación.

Costes de configuración reducidos gracias a la ingeniería fácil y centralizada de los aparatos de bus (PROFIBUS PA y HART con SIMATIC PDM, también de diferentes fabricantes).

Montaje rápido y sin errores.

Reducción de los costes del servicio técnico gracias a la mayor facilidad del cableado y la simplificación de la estructura de la instalación, con la posibilidad de obtener diagnósticos detallados.

Notable reducción de los costes de puesta en servicio gracias a la comprobación simplificada de bucles (Loop-Check).

Escalado/Digitalización de los valores de medida ya en el aparato de campo, lo que suprime la necesidad del reescalado en SIMATIC PCS 7.

**FUNCIONES**

PROFIBUS PA realiza la extensión del PROFIBUS DP con unos componentes ajustados al proceso para la conexión directa de actuadores y sensores.

En PROFIBUS PA, el sistema de transmisión RS 485 se ha substituido por una tecnología de transmisión, optimizada para las aplicaciones de seguridad intrínseca. Ambas tecnologías están normalizadas a nivel internacional según la norma IEC 61158.

PROFIBUS PA utiliza el mismo protocolo de comunicación que PROFIBUS DP; los servicios de comunicación y los telegramas son idénticos.

PROFIBUS PA permite conducir las informaciones y el suministro de energía para la alimentación de los aparatos de campo a través de un cable bifilar.

**CAN**

Controller Area Network (CAN), es un estándar de bus serie para permitir la adaptación con redes de conexionado multiplexado desarrollado conjuntamente por Bosch e Intel para el cableado de dispositivos en automóviles. En EE.UU. se usa el J185O. Hoy en día sus aplicaciones van desde las redes de alta velocidad a cableado multiplexado de bajo coste.

Sus especificaciones describen principalmente la capa de enlace de datos compuesta por una subcapa de control del enlace lógico y una subcapa de controles de acceso al medio y algunos aspectos de la capa física del modelo de referencia ISO. El resto de las capas del protocolo se han dejado a la elección del diseñador de la red.

En un modelo CAN todos los dispositivos están conectados a un único bus compartido y todos pueden empezar una transmisión. Por lo tanto implementa un sistema para evitar colisiones, por ejemplo que dos sistemas empiecen a transmitir a la vez. Existe una prioridad basada en un esquema de arbitraje para decidir cual de ellos se le permitirá continuar transmitiendo.

Es un protocolo muy robusto y se pueden conseguir transferencias de hasta 1Mbit/s.

**Transmisión de datos en serie (CAN)**

Los problemas en el intercambio de datos a través de interfaces convencionales, pueden resolverse mediante la aplicación de sistemas bus (vías colectoras de datos), por ejemplo CAN, un sistema bus desarrollado especialmente para vehículos motorizados. Bajo la condición de que las unidades de control electrónicas tengan un interfaz en serie CAN.

Existen tres campos de aplicación esenciales para el sistema CAN en el vehículo motorizado:

- Acoplamiento de unidades de control.

- Electrónica de la carrocería y de confort.

- Comunicación móvil.

**INTERBUS**

Protocolo propietario, inicialmente, de la empresa Phoenix Conctact GmbH, aunque posteriormente ha sido abierta su especificación. Normalizado bajo DIN 19258, norma europea EN 50 254. Fue introducido en el año 1984.

Utiliza una topología en anillo y comunicación mediante un registro de desplazamiento en cada nodo. Se pueden enlazar buses periféricos al principal.

Capa física basada en RS-485. Cada dispositivo actúa como repetidor. Así se puede alcanzar una distancia entre nodos de 400 m para 500Kbps y una distancia total de 12 KM. Es posible utilizar también enlaces de fibra óptica.

Capa de transporte basada en una trama única que circula por el anillo (trama de suma).

La información de direccionamiento no se incluye en los mensajes, los datos se hacen circular por la red. Alta eficiencia. Para aplicaciones de pocos nodos y un pequeño conjunto de entradas/salidas por nodo, pocos buses pueden ser tan rápidos y eficientes como INTERBUS.

Físicamente tiene la impresión de seguir una topología en estrella, pero realmente cada nodo tiene un punto de entrada y otro de salida hacia el siguiente nodo.

Es muy sensible a corte completo de comunicación al abrirse el anillo en cualquiera de los nodos. Por otra parte, la estructura en anillo permite una fácil localización de fallos y diagnóstico.

Es muy apropiado para comunicación determinista a alta velocidad, es muy difícil una filosofía de comunicación orientada a eventos.

**DEVICENET**

Bus basado en CAN. Su capa física y capa de enlace se basan en ISO 11898, y en la especificación de Bosh 2.0, DeviceNet define una de las más sofisticadas capas de aplicaciones industriales sobre bus CAN.

DeviceNet fue desarrollado por Allen-Bradley a mediados de los noventa, posteriormente pasó a ser una especificación abierta soportada en la ODVA (Open DeviceNet Vendor Association), cualquier fabricante puede asociarse a esta organización y obtener especificaciones, homologar productos, etc.

Es posible la conexión de hasta 64 nodos con velocidades de 125 Kbps a 500 Kbps en distancias de 100 a 500 m.

Utiliza una definición basada en orientación a objetos para modelar los servicios de comunicación y el comportamiento externo de los nodos. Define mensajes y conexiones para funcionamiento maestro-esclavo, interrogación cíclica, "strobing" ó lanzamiento de interrogación general de dispositivos, mensajes espontáneos de cambio de estado, comunicación uno-uno, modelo productor-consumidor, carga y descarga de bloques de datos y ficheros etc.

DeviceNet ha conseguido una significativa cuota de mercado. Existen más de 300 productos homologados y se indica que el número de nodos instalados superaba los 300.000 en 1998.

Está soportado por numerosos fabricantes: Allen-Bradley, ABB, Danfoss, Crouzet, Bosh, Control Techniques, Festo, Omron, etc.

**FOUNDATION FIELDBUS**

Un bus orientado sobre todo a la interconexión de dispositivos en industrias de proceso continuo. Su desarrollo ha sido apoyado por importantes fabricantes de instrumentación (Fisher-Rosemount, Foxboro,...). En la actualidad existe una asociación de fabricantes que utilizan este bus, que gestiona el esfuerzo normalizador, la Fieldbus Foundation. Normalizado como ISA SP50, IEC-ISO 61158 (ISA es la asociación internacional de fabricantes de dispositivos de instrumentación de proceso).

En su nivel H1 (uno) de la capa física sigue la norma IEC 11158-2 para comunicación a 31,25 Kbps, es por tanto, compatible con Profibús PA, su principal contendiente. Presta especial atención a las versiones que cumplen normas de seguridad intrínseca para industrias de proceso en ambientes combustibles ó explosivos. Se soporta sobre par trenzado y es posible la reutilización de los antiguos cableados de instrumentación analógica 4-20 mA. Se utiliza comunicación síncrona con codificación Manchester Bifase-L.

La capa de aplicación utiliza un protocolo sofisticado, orientado a objetos con múltiples formatos de mensaje. Distingue entre dispositivos con capacidad de arbitración (Link Master) y normales. En cada momento un solo Link master arbitra el bus, puede ser sustituido por otro en caso de fallo. Utiliza diversos mensajes para gestionar comunicación por paso de testigo, comunicación cliente-servidor, modelo productor-consumidor etc. Existen servicios para configuración, gestión de diccionario de objetos en nodos, acceso a variables, eventos, carga descarga de ficheros y aplicaciones, ejecución de aplicaciones, etc. La codificación de mensajes se define según ASN.1

El nivel H2 (dos) está basado en Ethernet de alta velocidad (100 Mbps) y orientado al nivel de control de la red industrial.

**FIP- WorldFIP**

Desarrollado en Francia a finales de los ochenta y normalizado por EN 50170, que también cubre Profibus. Sus capas física y de aplicación son análogas a las de Foundation Fieldbus H1 y Profibus PA. La división Norteamérica de WorldFIP se unió a mediados de los noventa a la Fieldbus Foundation en el esfuerzo por la normalización de un bus industrial común.

Utiliza un modelo productor-consumidor con gestión de variables cíclicas, eventos y mensajes genéricos.

**SDS**

SDS ("Smart Distributed System") es, junto con DeviceNet y CANOpen, uno de los buses de campo basados en CAN más extendidos. Fue desarrollado por el fabricante de sensores industriales Honeywell en 1989.

Se ha utilizado sobre todo en aplicaciones de sistemas de almacenamiento, empaquetado y clasificación automática. Se define una capa física que incluye alimentación de dispositivos en las conexiones. La capa de aplicación define autodiagnóstico de nodos, comunicación por eventos y prioridades de alta velocidad.

**MODBUS**

En su definición inicial Modbus era una especificación de tramas, mensajes y funciones utilizada para la comunicación con los PLCs Modicon. Modbus puede implementarse sobre cualquier línea de comunicación serie y permite la comunicación por medio de tramas binarias o ASCII con un proceso interrogación-respuesta simple. Debido a que fue incluido en los PLCs de la prestigiosa firma Modicon en 1979, ha resultado un estándar de facto para el enlace serie entre dispositivos industriales.

Modbus Plus define un completo bus de campo basado en técnica de paso de testigo. Se utiliza como soporte físico el par-trenzado o fibra óptica. En la actualidad Modbus es soportado por el grupo de automatización **Schneider** (Telemechanique, Modicon,...).

**INDUSTRIAL ETHERNET**

La norma IEEE 802.3 basada en la red Ethernet de Xerox se ha convertido en el método más extendido para interconexión de computadores personales en redes de proceso de datos. En la actualidad se vive una auténtica revolución en cuanto a su desplazamiento hacia las redes industriales. Es indudable esa penetración. Diversos buses de campo establecidos como Profibus, Modbus etc. han adoptado Ethernet como la red apropiada para los niveles superiores. En todo caso se buscan soluciones a los principales inconvenientes de Ethernet como soporte para comunicaciones industriales:

· El intrínseco indeterminismo de Ethernet se aborda por medio de topologías basadas en conmutadores. En todo caso esas opciones no son gratuitas.

· Se han de aplicar normas especiales para conectores, blindajes, rangos de temperatura etc. La tarjeta adaptadora Ethernet empieza a encarecerse cuando se la dota de robustez para un entorno industrial

Parece difícil que Ethernet tenga futuro a nivel de sensor, aunque puede aplicarse en nodos que engloban conexiones múltiples de entrada-salida.

Como conclusión Ethernet está ocupando un área importante entre las opciones para redes industriales, pero parece aventurado afirmar, como se ha llegado a hacer, que pueda llegar a penetrar en los niveles bajos de la pirámide CIM.

**ASI**

ASI (Actuator Sensor Interface) es un bus de campo desarrollado inicialmente por Siemens, para la interconexión de actuadores y sensores binarios. Actualmente está recogido por el estándar IEC TG 17B.

A nivel físico, la red puede adoptar cualquier tipo de topología: estructura en bus, en árbol, en estrella ó en anillo. Permite la interconexión de un máximo de 31 esclavos. La longitud máxima de cada segmento es de 100 metros. Dispone de repetidores que permiten la unión de hasta tres segmentos, y de puentes hacia redes Profibus. Como medio físico de transmisión, emplea un único cable que permite tanto la transmisión de datos como la alimentación de los dispositivos conectados a la red. Su diseño evita errores de polaridad al conectar nuevos dispositivos a la red. La incorporación ó eliminación de elementos de la red no requiere la modificación del cable.

El cable consta de dos hilos sin apantallamiento. Para lograr inmunidad al ruido, la transmisión se hace basándose en una codificación Manchester. Cada esclavo dispone de hasta 4 entradas/salidas, lo que hace que la red pueda controlar hasta 124 E/S digitales. La comunicación sigue un esquema maestro - esclavo, en la cual el maestro interroga a las estaciones enviándoles mensajes (llamados telegramas) de 14 bits y el esclavo responde con un mensaje de 7 bits. La duración de cada ciclo pregunta respuesta es de 150 ms. En cada ciclo de comunicación se deben consultar todos los esclavos, añadiendo dos ciclos extras para operaciones de administración del bus (detección de fallos). El resultado es un tiempo de ciclo máximo de-5ms.

Información extraída de:

<http://exo.unab.edu.co/ExoNv/archivos/CURSO_COMUNICACION_INDUSTRIAL.pdf>