

Transmisión de datos industriales

Ethernet industrial



Manual
Westermo
5.0

**Nos reservamos el derecho a modificar la información que contiene este manual sin previo aviso.
Póngase en contacto con Westermo para obtener la información más actualizada.**

Primera edición publicada en diciembre de 1994. © Westermo, Suecia, 1994.

Segunda edición publicada en 1996. © Westermo, Suecia, 1996.

Edición 2.1 publicada en 1997. © Westermo, Suecia, 1997.

Edición 3.0 publicada en 1998. © Westermo, Suecia, 1998.

Edición 4.0 publicada en 2001. © Westermo, Suecia, 2001.

Edición 5.0 publicada en 2004. © Westermo, Suecia, 2004

Redacción: Westermo Teleindustri AB, Suecia.

Ilustraciones: Visual Information AB Sweden AB, Eskilstuna, Suecia.

Fotografía: BildN, Västerås.

Repro: Ågerups Repro AB, Eskilstuna, Suecia.

Impresión: Eskilstuna Offset AB, Eskilstuna, Suecia.

Estimado lector:

Tiene entre sus manos la quinta edición del manual Westermo. La primera edición del manual se publicó hace ya diez años, en 1994, y con el tiempo se ha convertido en una herramienta que utilizan tanto los ingenieros como todas aquellas personas interesadas en la transmisión de datos.

Al igual que en las ediciones anteriores, nuestro objetivo es ofrecer una presentación pormenorizada de la gama de productos Westermo, pero acompañándola de una completa descripción de los aspectos teóricos básicos de la transmisión de datos. La sección teórica y la de aplicaciones generales han ido aumentando con cada nueva edición del manual, y esta quinta no es una excepción.

Con todo, esta edición del manual presenta diferencias con respecto a las anteriores. En efecto, el significativo aumento de nuestra gama de productos nos ha obligado a dividir el manual en secciones más manejables.

Como resultado, encontrará en el manual las secciones siguientes:

- ⌘ Aplicaciones teóricas y generales
- ⌘ Módems y acceso remoto
- ⌘ Ethernet industrial
- ⌘ Transmisión local de datos

Esperamos que el manual Westermo se convierta en una herramienta útil que le ayude en su trabajo diario y que venga a completar la asistencia que presta nuestro dedicado personal repartido por todo el mundo.

Índice

Ethernet industrial	6–11
Ethernet: ¿De dónde viene el nombre?	6
¿Qué es una red Ethernet?	6–7
¿Por qué utilizar una red Ethernet en sistemas industriales?	8
Ethernet y el determinismo en las redes	8
Cómo construir una Ethernet adecuada para entornos industriales	9–11
Productos Westermo para Ethernet	12–19
Adaptadores Ethernet	12
¿Qué es un adaptador Ethernet?.....	12
Protocolos	13-14
User Datagram Protocol (UDP)	13
Transmission Control Protocol (TCP)	13
Point to Point Protocol (PPP)	14
Routers	15
Switches	15
Switch gestionado.....	16
Switch para Ethernet en anillo	17
Sincronización horaria en redes Ethernet conmutadas	18–19
Conexión de fibra óptica para Ethernet	20–21
Composición del cable de fibra óptica	21
Guía de selección	22–23
Especificaciones técnicas generales	24–27
Productos para montaje en carril DIN	24
Condiciones ambientales y mecánicas	24
Condiciones eléctricas	25
Condiciones de seguridad	26
Condiciones de instalación	26
Versiones para carril DIN	27
Caja	27
Aplicaciones	28–47
Embotelladora	28
Impresora flatbed	29
Sistema de alerta de incendios municipal sobre WAN	30
Sistema de control de acceso multiemplazamiento	31
Conexión de equipos propietarios a una red SCADA	32
Supervisión y control de oleoductos	33
Planta de tratamiento de agua	34
Sistema de señalización de la estación	35

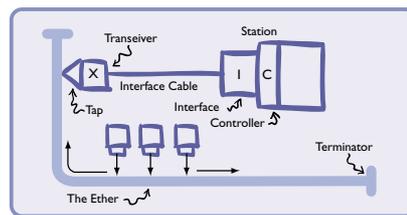
Fabricación de medicamentos	36
Automatización de una subestación	37
Automatización de una subestación	38
Sistema de parada de triple seguridad	39
Sistema de seguridad en estación de bombeo	40
Control de autómatas	41
Controles con barrera	42
Ethernet en un túnel de carretera	43
Comunicaciones Ethernet en un generador eólico	44
Ethernet de fibra óptica con acceso remoto y alarmas SMS	45
Anillo redundante de fibra óptica	46
Sincronización horaria en plataformas de alta mar	47
Productos	48–81
ED-10 UDP, adaptador serie	48–49
ED-10 TCP, adaptador serie	50–51
ED-11 TCP, adaptador serie	52–53
ED-11 TCP/330, adaptador serie con switch de 3 puertos	54–55
ED-11 TCP/321, adaptador serie con switch de 3 puertos	56–57
ED-12 TCP, adaptador serie	58–59
ED-20, router	60–61
SD-330, switch de 3 puertos	62–63
SD-321, switch de 3 puertos	64–65
SD-312, switch de 3 puertos	66–67
SDW-550, switch de 5 puertos	68–69
SDW-541, switch de 5 puertos	70–71
SDW-532, switch de 5 puertos	72–73
U100, switch de 5 puertos	74–75
U200, switch de 8 puertos	76–77
R200, switch de 8 puertos para Ethernet en anillo	78–79
T200, switch de 8 puertos para red en tiempo real	80–81
Glosario	82–87

Ethernet industrial

Ethernet es un estándar de transmisión de datos que ya tiene tras de sí una larga historia y que constituye la base de la gran mayoría de las redes instaladas en las oficinas de todo el mundo. Aunque a lo largo de los años se ha afirmado muchas veces que quedaría obsoleta, aún en el día de hoy sigue evolucionando y ofreciendo las funciones que necesitan los usuarios, por lo que sin duda se seguirá utilizando durante muchos años. Además, recientemente ha ido ganando aceptación en el sector industrial.

Ethernet: ¿De dónde viene el nombre?

En 1972, Robert Metcalfe y su equipo en Xerox desarrollaron el primer sistema Ethernet experimental para interconectar las estaciones de trabajo personales con interfaz de usuario gráfica Xerox Alto. Esta red Ethernet experimental se utilizó para conectar las distintas estaciones Alto entre sí, así como a los servidores e impresoras láser.



En la interfaz Ethernet experimental, el reloj de la señal se derivó del reloj del sistema Alto, lo que permitió obtener una velocidad de transmisión de datos de 2,94 Mbits/s. La primera red

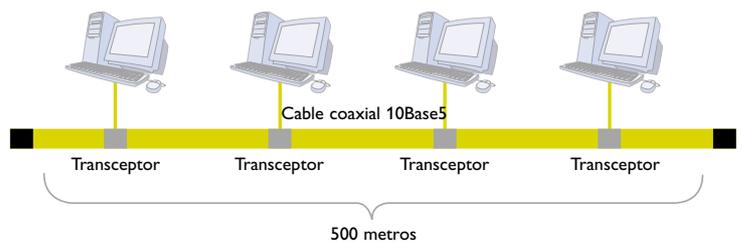
experimental desarrollada por Robert Metcalfe se bautizó con el nombre de Alto Aloha Network.

En 1973, Metcalfe le cambió el nombre a «Ethernet» para dejar claro que el sistema podía conectar cualquier tipo de ordenadores, y no solamente los Xerox Alto. Para demostrar que sus nuevos mecanismos de conexión en red habían evolucionado hasta superar el sistema básico, basó el nuevo nombre en la voz inglesa «ether» (éter), que describía una característica básica del sistema. El medio físico (es decir, un cable) lleva los datos a todas las estaciones, de una manera muy similar a como se pensaba que hacía el éter con las ondas electromagnéticas. Había nacido la Ethernet.

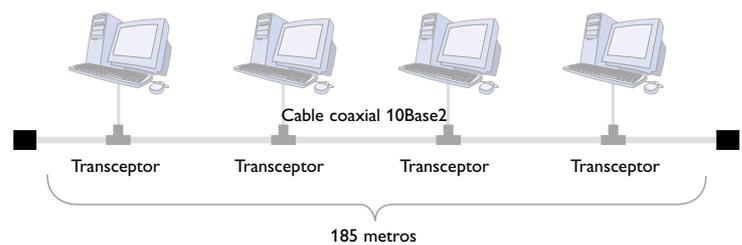
¿Qué es una red Ethernet?

El principio básico de las comunicaciones Ethernet es el Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection Protocol (CSMA/CD, protocolo de acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones). La idea básica es muy simple: si un dispositivo desea comunicarse, comprueba el canal para ver si está libre. Si es así, transmite los datos; de lo contrario, espera a que se libere. La importancia de la detección de colisiones reside en que es posible que dos o más dispositivos transmitan simultáneamente y los datos colisionen. Al detectar las colisiones y retransmitir más tarde, no se pierde ningún dato.

El primer estándar Ethernet verdaderamente digno de tal nombre se bautizó como 10Base5. La red se basó en un cable coaxial grueso de 500 m de longitud total máxima con transceptores conectados al cable en puntos concretos de toda su longitud. La velocidad de transmisión se fijó en 10 Mbits/s. Si se requería una red más grande, se podían instalar repetidores.



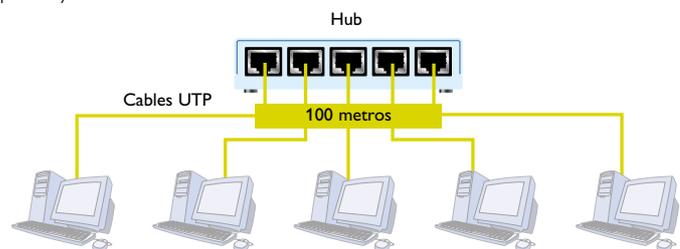
El siguiente estándar de importancia fue el 10Base2, que ofrecía la misma velocidad de transmisión (10Mbits/s) pero con un cable coaxial fino de menor coste conectado a tarjetas de interfaz de red mediante conectores en T. Esta solución resultaba mucho más barata y se hizo muy popular para las redes pequeñas.



El siguiente gran paso en la red Ethernet fue la introducción del cableado estructurado. Se desarrolló el estándar 10BaseT, que se basaba en la utilización de hubs y mantenía la distancia del cable por debajo de los 100 m.

Otro paso adelante fue la evolución hacia redes más rápidas y la utilización de cables de fibra óptica para la transmisión de datos a larga distancia. Una vez más, surgieron nuevos estándares, entre los que cabe mencionar el 100BaseT o el 100BaseFX, entre otros.

La convivencia de distintos estándares, el aumento en el número de dispositivos conectados y la aparición de dos nuevas velocidades de transmisión que tener en cuenta, complicó la conexión entre redes, lo que dio lugar al desarrollo del switch Ethernet.





¿Por qué utilizar una red Ethernet en sistemas industriales?

En el sector industrial, las transmisiones de datos se han basado tradicionalmente en la tecnología de bus de campo. Existen muchos tipos y estándares diferentes, por lo que la interoperabilidad resulta complicada y cara; esta es la razón principal por la que se empezó a considerar la posibilidad de utilizar la tecnología Ethernet en las aplicaciones industriales. Sin embargo, este estándar presenta otras ventajas adicionales:

- Fiabilidad** Ethernet es un estándar abierto bien definido, lo que significa que la interoperabilidad es más sencilla y los componentes se pueden obtener de múltiples fuentes. Las redes Ethernet son abiertas y transparentes. En la misma red se pueden utilizar muchos protocolos diferentes simultáneamente.
- Velocidad** A las velocidades de transmisión de 10 Mbits/s y 100 Mbits/s se han sumado en los últimos tiempos soluciones Gigabit. En cambio, los protocolos de bus de campo más rápidos trabajan a 12 Mbits/s, y la mayoría lo hacen a menos de 2 Mbits/s.
- Determinismo** Ya existen protocolos que organizan los datos según su prioridad, lo que hace de Ethernet una tecnología casi determinista: el objetivo definitivo del usuario industrial.

Ethernet y el determinismo en las redes

El determinismo es un concepto clave en muchas redes industriales, por la sencilla razón de que con una red determinista se puede afirmar sin lugar a dudas que un evento determinado se ha producido en una ventana de tiempo concreta.

La tecnología CSMA/CD utilizada en los sistemas Ethernet originales hacía imposible el determinismo, pero con la aparición del switch Ethernet las cosas han cambiado. Las colisiones en la infraestructura de cables han desaparecido por completo. Las conexiones con par trenzado o fibra óptica son punto a punto y pueden ser full dúplex. Cada paquete que se envía a un switch se almacena y se retransmite al puerto de destino correcto. Si ese puerto está ocupado, el switch espera, por lo que no se producen colisiones ni retransmisiones. El único problema es la espera en cola que puede producirse.

Sin embargo, los switches modernos incorporan funciones que garantizan que la cola no se convierta nunca en un problema. Los paquetes Ethernet se pueden configurar de manera que incluyan una etiqueta de prioridad. Si el switch soporta la función de priorización, el paquete pasa a ocupar el primer puesto de la cola. Otra función útil en el control del flujo de datos es la prevención del bloqueo HOL (Head of Line), que constituye un problema en algunos switches que utilizan el sistema de memoria intermedia FIFO (primero en entrar, primero en salir), lo que significa que si un paquete se retiene en la cabeza de la cola, toda la cola se bloquea. Algunos switches incluyen un método para evitar este problema.

Cómo construir una Ethernet adecuada para entornos industriales

Cuando se diseñan equipos para entornos industriales, algunas características y funciones son más importantes que otras. Westermo siempre ha diseñado equipos para aplicaciones industriales, por lo que sabemos lo que necesita el sector y que la calidad y la funcionalidad son factores determinantes en el cálculo del coste total de un proyecto. Entre los aspectos más importantes de los equipos de transmisión de datos industriales destacan los siguientes:

Eliminación de los tiempos de inactividad

La unidad debe fabricarse de tal modo que se supriman las perturbaciones en la comunicación y los periodos de parada. Para lograrlo, utilizamos componentes de elevada calidad, tales como condensadores de larga vida útil, y comprobamos el diseño en los entornos más difíciles.

Diseño ECM para uso industrial

Normalmente, los dispositivos de comunicaciones de las industrias se instalan cerca de máquinas, como soldadores o maquinaria pesada, que generan perturbaciones electromagnéticas. Tenemos más de 30 años de experiencia en el diseño y la fabricación de equipos de transmisión de datos para el sector industrial, y la aplicamos en todo el diseño de nuestros equipos para Ethernet industrial.

Rango de temperaturas ampliado

Las aplicaciones industriales suelen requerir rangos de temperatura más amplios. Para garantizar la funcionalidad de los equipos en estas condiciones, utilizamos componentes de alta calidad en los que tanto el hardware como los conectores son adecuados para rangos de temperatura ampliados.

Comportamiento mecánico

En las aplicaciones industriales, el método de instalación siempre es importante, pues puede ser necesario montar las unidades en maquinaria que se mueve o vibra. Todos nuestros productos han sido diseñados para ofrecer el mejor comportamiento mecánico en un montaje sobre carril DIN. Al diseñar nuestros productos tenemos siempre en cuenta los problemas de vibraciones, conexión mecánica y seguridad.





Aislamiento galvánico

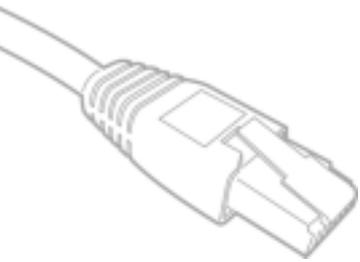
Una de las causas más comunes de los errores en la transmisión de datos es la diferencia de potencial a tierra entre las unidades conectadas. Para evitar este problema, todas las interfaces llevan aislamiento galvánico como característica de serie de los productos Westermo.

Eliminación de los transitorios

Los equipos industriales suelen estar expuestos a líneas de alta tensión, cargas reactivas o aparataje de alta tensión, que generan transitorios que pueden provocar errores en la transmisión. La única manera de evitar este problema es diseñar productos con una protección reforzada contra los transitorios y las sobretensiones.

Alimentación

Los equipos industriales requieren una fuente de alimentación fiable, por lo que a menudo se utiliza una fuente de corriente continua con baterías de respaldo. Para cargar las baterías se utiliza una tensión más elevada, y todas las unidades conectadas deben haber sido diseñadas teniendo en cuenta esta circunstancia. En algunos casos también es importante utilizar fuentes de alimentación redundantes para reforzar la seguridad.



Determinismo

Cuando se utilizan equipos en aplicaciones en tiempo real es importante tener diferentes niveles de priorización. Los switches rápidos (FastSwitch), en anillo o de tiempo real incorporan funciones y colas que garantizan la transmisión de los datos priorizados.

Homologaciones

Hemos instalado nuestras unidades en aplicaciones diferentes alrededor de todo el mundo. Para cumplir los requisitos locales de seguridad, inmunidad eléctrica, descargas electrostáticas y vibraciones, todas nuestras unidades han sido diseñadas de conformidad con las normas internacionales.

Productos Westermo para Ethernet



Adaptadores Ethernet serie

¿Qué es un adaptador Ethernet serie?

Un adaptador Ethernet serie puede tener muchas formas diferentes y realizar cualquiera de las funciones que se indican a continuación. Además de permitir la conexión remota de dispositivos serie, ofrece al usuario la posibilidad de:

- ⌘ Prolongar la vida útil de los equipos serie existentes.
- ⌘ Simplificar los diagnósticos y el mantenimiento de los equipos.
- ⌘ Reducir los costes por utilización de líneas y rutas en las comunicaciones de larga distancia.
- ⌘ Integrar periféricos en una infraestructura preexistente.
El acceso a cada dispositivo conectado es directo y puede realizarse por la red local, a través de un router, una WAN o Internet (si se dispone de acceso a esta red).
- ⌘ Utilizar los mismos mecanismos de solución de errores que millones de PC en todo el mundo.
- ⌘ Compartir datos con cualquier número de ordenadores y otros recursos de su red.
- ⌘ Sustituir conexiones serie de distancia limitada.
- ⌘ Utilizar un número elevado de puertos COM virtuales de larga distancia sin necesidad del engorroso cableado.

Protocolos

User Datagram Protocol (UDP)

El protocolo de datagramas de usuario UDP es un servicio de transporte de datagramas no orientado a conexión, lo que significa que la llegada de datagramas o paquetes de datos no está controlada y la fiabilidad de la transmisión es responsabilidad de la aplicación. En este sentido, el protocolo UDP es un método de comunicación más sencillo que TCP. Dado que los datos se envían y reciben sin pasar por la fase de establecimiento de la conexión, la transferencia de datos es más eficiente y, a menudo, también más rápida. Como resultado, UDP se utiliza en aplicaciones que requieren un uso eficiente del ancho de banda y que además disponen de protocolos de alto nivel para gestionar los datos perdidos.

Productos disponibles

ED-10 UDP

Transmission Control Protocol (TCP)

El protocolo de control de transmisiones TCP es un servicio de transporte orientado a conexión, lo que significa que es preciso establecer la conexión para que los equipos puedan intercambiar datos. Un acuse de recibo permite verificar que el otro equipo ha recibido los datos. Por cada paquete de datos enviado, el equipo receptor debe devolver un acuse de recibo (ACK). Si no se recibe el ACK correspondiente, los datos se vuelven a transmitir. TCP dispone de un mecanismo de control del flujo de datos entre equipos. Cuando el volumen de los datos obliga a dividirlos en paquetes, TCP dispone de un método fiable para restaurarlos en el orden correcto. Debido a la necesidad de establecer la conexión y al sistema de acuses de recibo, TCP tarda más que UDP en transmitir los datos y utiliza más ancho de banda.

Productos disponibles

ED-10 TCP

ED-11 TCP, ED-11/330

ED-12 TCP

Serial/IP

UDP / User Datagram Protocol

No orientado a conexión

- ⌘ No se inician sesiones
- ⌘ No se precisa una arquitectura servidor/cliente

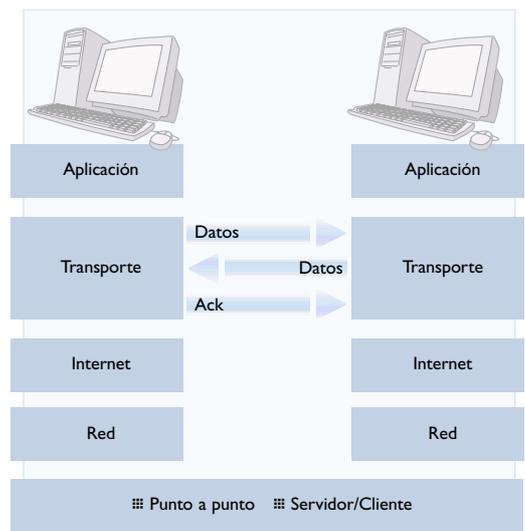
No garantiza la entrega

- ⌘ No incluye números de secuencia
- ⌘ No incluye acuses de recibo

La fiabilidad depende de la aplicación

Aplicaciones

- ⌘ Punto a punto
- ⌘ Uno a muchos

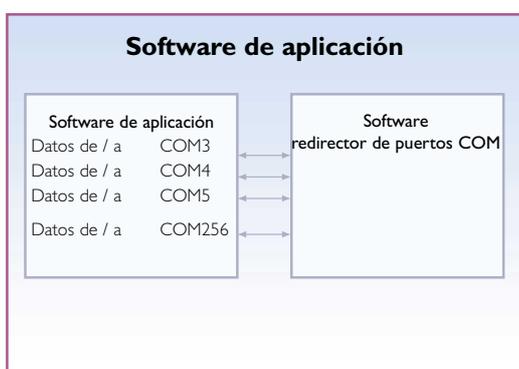


Point to Point Protocol (PPP)

Originalmente, el protocolo punto a punto PPP surgió como un protocolo de encapsulación para transportar tráfico IP en líneas punto a punto, generalmente entre módems por líneas de la red pública telefónica conmutada. Con PPP se estableció un estándar de asignación y gestión de direcciones IP, encapsulamiento asíncrono y síncrono orientado a bits, multiplexión del protocolo de red, configuración de enlaces, determinación de la calidad del enlace, detección de errores y negociación opcional para nuevas capacidades de conexión en red. PPP proporciona un método de transmisión de paquetes por enlaces serie punto a punto, que incluye los siguientes tres componentes:

- ❏ PPP utiliza el protocolo High-Level Data Link Control (HDLC, protocolo de control de enlace de datos de alto nivel) para encapsular los paquetes que se transmiten por los enlaces punto a punto.
- ❏ Un completo Link Control Protocol (LCP, protocolo de control de enlace) para establecer, configurar y comprobar la conexión.
- ❏ Un grupo de Network Control Protocols (NCP, protocolos de control de red) para establecer y configurar los diferentes protocolos de nivel de red.

PPP puede operar a través de cualquier interfaz DTE/DCE y no impone más restricción de velocidad de transmisión que la que imponga la interfaz DTE/DCE utilizada.



Software redirector de puertos COM

El software redirector de puertos COM se utiliza para crear un puerto COM virtual en un PC de manera que los dispositivos puedan utilizar de forma inmediata los puertos serie del servidor serie como si fueran puertos serie locales. El software redirige los datos enviados originalmente al puerto COM local sobre TCP/IP al servidor remoto. De este modo, no es necesario cambiar el software de aplicaciones del ordenador.

Productos disponibles

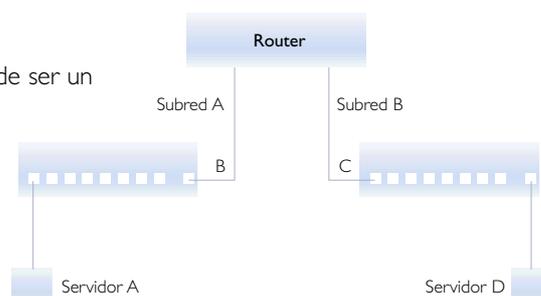
COM port redirector software, Serial IP

Routers o encaminadores

En una red, un router es un dispositivo (en algunos casos también puede ser un programa de software instalado en un ordenador) que determina el siguiente punto de la red al que debe enviarse el paquete para llegar a su destino final. El router está conectado al menos a dos redes y decide por qué ruta debe enviarse cada paquete de datos basándose en un análisis del estado actual de las redes a las que está conectado.

Los routers IP proporcionan una conexión entre subredes.

Cuando un equipo desea enviar datos a un equipo de otra subred IP, el primero envía los datos a su puerta de enlace o dirección router, que de este modo sabe cómo enviar el paquete de datos en cuestión a la red correcta.



Productos disponibles

ED-20

Switches Ethernet

Un switch es un dispositivo que se utiliza para construir redes Ethernet y controlar el flujo de datos y el ancho de banda de dichas redes.

El switch almacena los paquetes entrantes y a continuación determina si el paquete contiene errores comprobando el checksum, en cuyo caso descarta el paquete. Hecho esto, decide a qué puerto o puertos debe enviarse el paquete, basándose en las tablas de direcciones de control de acceso al medio (MAC). Todas las tablas MAC se crean y se mantienen actualizadas automáticamente a partir de los paquetes recibidos. Cuando el switch recibe un paquete en un puerto, almacena la dirección MAC de origen en la tabla MAC que corresponde a dicho puerto. Si un nodo permanece en silencio durante mucho tiempo, la dirección MAC se considera «caducada» y se elimina de la tabla.

El switch puede funcionar además en modo full dúplex, lo que garantiza que no se producirán colisiones en ningún controlador Ethernet gestionado en dicho modo.

El switch puede ser de tipo gestionado o no gestionado. En este último caso, su configuración no se podrá modificar utilizando herramientas software externas.

Productos disponibles

Véase en la página 17 el apartado de switches no gestionados

Switches Ethernet gestionados

Los switches pueden ser de tipo gestionado o no gestionado. En el caso del switch gestionado, se puede acceder a todas sus funciones para modificar la configuración o con fines de supervisión. Esta gestión del switch se puede hacer en banda, utilizando los protocolos de la red, o fuera de banda, a través de un puerto de gestión local o contactos de fallo. Por lo general, los switches gestionados utilizan el protocolo Simple Network Management Protocol (SNMP, protocolo de administración de red simple) para la gestión en banda. SNMP es el protocolo estándar de Internet desarrollado para gestionar los nodos (servidores, estaciones de trabajo, routers, switches y hubs, etc.) de una red IP. SNMP permite a los administradores de redes gestionar el rendimiento de la red, localizar y resolver problemas de red y planificar el crecimiento de la red.

Redundancia de la red

El concepto de redundancia de la red hace referencia a la existencia de vías alternativas en la red que se activan cuando se detecta un cambio en la topología de la red.

En el mercado se pueden encontrar conceptos y protocolos muy diferentes. Las redes no industriales suelen estar basadas en el probado protocolo Spanning Tree Protocol (STP, protocolo de árbol de extensión) del estándar IEEE. Hace poco se presentó una versión mejorada del protocolo STP, denominada Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP, protocolo de árbol de extensión rápido), que permite reconfigurar la topología de la red con más rapidez que con STP. En efecto, el tiempo necesario para reconfigurar la topología de la red es un factor crítico en algunas aplicaciones de red. Algunas aplicaciones toleran unos minutos de inactividad y otras solamente unos milisegundos. La mayoría de las redes industriales requieren una reconfiguración rápida, debido al hecho de que los datos se suelen enviar cíclicamente y en intervalos de tiempo cortos. Como resultado, el funcionamiento del sistema se puede ver afectado muy negativamente si durante la reconfiguración de la topología de la red se pierden muchos paquetes de datos.

Los protocolos tradicionales —como STP y RSTP— en muchos casos no son suficientemente rápidos para las redes industriales. Por tanto, se han desarrollado protocolos especiales para este sector, encaminados a ofrecer tiempos de reconfiguración más rápidos. Muchos de estos protocolos admiten solamente las topologías de anillo simple, mientras que STP y RSTP son compatibles con estructuras de red en malla. Con todo, es preciso señalar que todos los protocolos de redundancia de red tienen reglas de topología. Algunos protocolos de redundancia de red especiales pueden trabajar en topologías de red más complejas, formadas por dos o más anillos redundantes interconectados en un sistema redundante. Este tipo de topología de red se conoce como anillos puenteados redundantes. El modelo R200 utiliza el protocolo Fast Re-configuration of Network Topology (FRNT, protocolo de reconfiguración rápida de la topología de red) cuya patente se está tramitando actualmente. Las figuras de la página siguiente muestran una comparación entre redundancias de red.

Cada switch guarda en memoria la topología de la red, y no solamente los switches más cercanos, como ocurre en el caso de STP. Cuando se produce una modificación en la topología (por ejemplo, se pierde o se establece un enlace), los paquetes de evento de modificación de la topología con FRNT se transmiten directamente al switch central. En cambio, en los sistemas STP solamente se envían paquetes de control STP por cada salto de red. A continuación, el switch central, sobre la base del paquete de evento de modificación de la topología recibido, genera un comando de modificación de la topología y envía el paquete a todos los switches que forman parte del anillo.

Switch para Ethernet en anillo

Un switch para Ethernet en anillo es un switch con tecnología de anillo redundante. El switch se puede utilizar en una red en anillo simple o en una red en anillo múltiple con redundancia por enlace puente (bridge-link). De este modo se eliminan los fallos de red provocados por los fallos en la fibra o el cobre. La velocidad de recuperación del anillo es parte esencial del diseño de la red. En caso de fallo, la velocidad de recuperación del switch R200 es de sólo 30 ms. Si además se utiliza en combinación con fuentes de alimentación redundantes, se puede diseñar un sistema verdaderamente fiable.

El switch incorpora además dos colas de prioridad, diseñadas específicamente para garantizar el determinismo de la red de datos. El procedimiento incluye la implementación de prioridad de nivel 2 y nivel 3. Además, la prevención HOL (Head of Line) evita que el switch se congestione con datos de prioridad baja. Todas estas características permiten a los técnicos diseñar una red fiable, determinista y redundante, con organización de los datos en colas de prioridad alta y baja.

Productos disponibles

Switches no gestionados

- SD-330 3 puertos TX
- SD-321 2 puertos TX y 1 FX
- SD-312 1 puerto TX y 2 FX
- SDW-550 5 puertos TX
- SDW-541 4 puertos TX y 1 FX
- SDW-532 3 puertos TX y 2 FX
- U100 TX EasySwitch con 5 puertos TX
- U100 FX EasySwitch con 4 puertos TX y 1 FX
- U200 Switch de 8 puertos para FastSwitch con opciones de conectividad desde 8 puertos TX a 8 puertos FX.

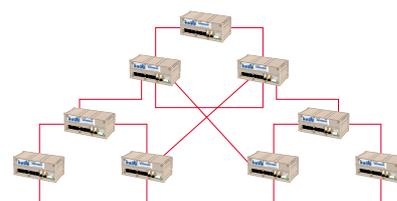
Switches gestionados

- R200 Switch de 8 puertos para Ethernet en anillo con opciones de conectividad desde 8 puertos TX a 8 puertos FX.

Anillo simple



Anillo múltiple con redundancia por enlace puente (bridge-link)

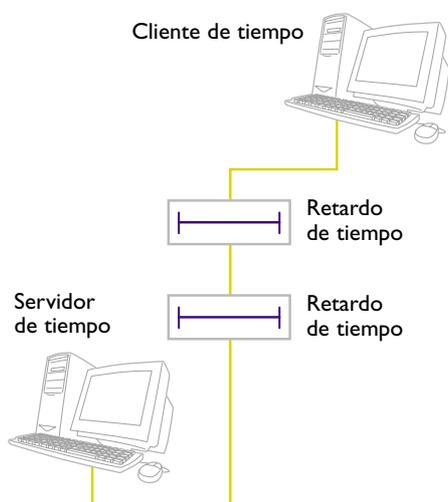


Sincronización del tiempo en redes Ethernet conmutadas

Los sistemas distribuidos con requisitos de tiempo real suelen utilizar soluciones de comunicación basadas en la tecnología de buses de campo. Sin embargo, actualmente la red Ethernet conmutada es la alternativa preferida en muchas aplicaciones debido a la constante reducción de los precios propiciada por el mercado de redes Ethernet para oficina, el elevado ancho de banda, las funciones de prioridad (como voz sobre IP) y la disponibilidad de switches Ethernet y productos compatibles con Ethernet que cumplen las exigencias de los entornos industriales. Con todo, el switch genera un retardo que varía en función de la carga que soporta. Este retardo variable implica que los datos brutos enviados desde dos nodos de adquisición de datos distintos al mismo nodo receptor pueden sufrir retrasos de distinta magnitud. Esto es un problema, pero se puede resolver insertando marcas horarias en los paquetes de datos. El nodo receptor puede restablecer los datos originales que recibe a partir de las marcas horarias, que además permiten comparar correctamente los datos originales procedentes de varias fuentes. Para hacer esto se utiliza la sincronización horaria.

La precisión que se puede alcanzar en una LAN, basada en la tecnología Ethernet conmutada en la que los datos de sincronización horaria se distribuyen a través de esta infraestructura, depende de dos factores:

1. La inserción de marcas horarias en los paquetes de tiempo real entrantes y salientes. La marca horaria debe insertarse preferentemente en el nivel más bajo posible de la pila del protocolo OSI para evitar que se genere un retardo variable en la pila.



2. El retardo de red variable. El retardo del switch depende de la carga que soporta la red, la velocidad del enlace de salida, el tamaño de los paquetes y la arquitectura del switch.

Utilizar un protocolo u otro en la sincronización horaria no tiene mucha importancia, a condición de que gestione adecuadamente las cuestiones anteriores. No obstante, nuestra recomendación es utilizar SNTP/NTP como protocolo de sincronización horaria, dado que es un estándar de Internet abierto con pocas limitaciones. Además, el código fuente de este protocolo es de libre acceso.

Inserción de marcas horarias (Time stamping)

La precisión temporal depende de si se ha insertado una marca horaria en los paquetes de tiempo real entrantes y salientes, y de la variación del retardo en la red. La inserción de la marca horaria se puede realizar en el nivel de aplicación SNTP/NTP, en el nivel de controlador Ethernet (software) o en el nivel de enlace de datos/físico Ethernet (hardware).

¿Por qué supone un problema el retardo del switch?

La figura muestra una implementación clásica de la sincronización horaria, en la que los paquetes de tiempo real se envían a través de una infraestructura Ethernet conmutada.

El retardo de la red depende de la carga en la red, la velocidad del enlace de salida, el tamaño de los paquetes, la arquitectura del switch y el número de switches entre el servidor y el cliente. El retardo del switch puede variar entre unas decenas de microsegundos y varios milisegundos.

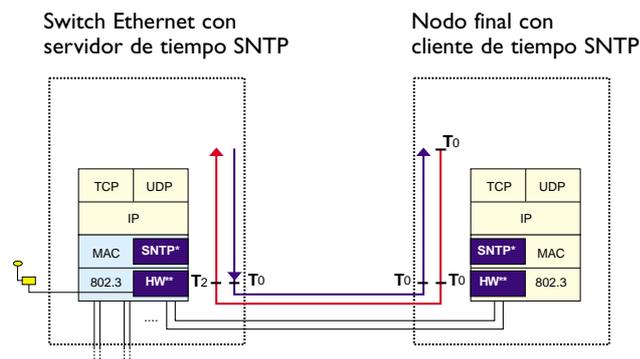
Además, el paquete puede sufrir retrasos adicionales si en el puerto de salida hay otros paquetes en cola. Proteger los paquetes de tiempo real con la función de priorización no mejora la situación, debido a que es posible que, cuando el paquete de tiempo real llegue al puerto de salida, ya se haya iniciado la transmisión de otro paquete.

Servidor de tiempo en el switch Ethernet

El problema del retardo del switch se puede resolver integrando en él un servidor de tiempo. Si se utiliza esta configuración, solamente habrá un enlace de salida (cable directo) entre el servidor y el cliente, y además, si en los paquetes de tiempo real se utiliza la marcación horaria por hardware, la precisión horaria será independiente de la carga en la red. El nivel de precisión en el cliente de tiempo puede ser de menos de un microsegundo si dicho cliente también utiliza la marcación horaria por hardware. La figura anterior muestra esta arquitectura, en la que se utiliza un receptor GPS integrado como base para la asignación de la fecha y la hora.

Productos disponibles

T200 Switch de 8 puertos para Ethernet de tiempo real con opciones de conectividad desde 8 puertos TX a 8 puertos FX.



Conexión de fibra óptica para Ethernet

Históricamente, en el sector industrial se ha venido utilizando el cable de cobre como medio estándar para la conexión en red, debido a que los cables de fibra óptica eran caros y difíciles de terminar.

En lugar de conducir señales eléctricas, que es lo que hace el cable de cobre, la fibra óptica conduce ondas de luz. El cable de fibra óptica está formado por un núcleo y capas de revestimiento de vidrio. La diferencia de índice de refracción entre los dos tipos de vidrio provoca una reflexión interna total de la luz dentro del núcleo que, a su vez, origina la propagación de la luz. La fibra está rodeada de una capa de protección que hace las veces de envoltura. Las señales eléctricas se convierten en luz por medio de diodos electroluminiscentes o láseres, y se vuelven a convertir en señales eléctricas mediante fotodiodos.

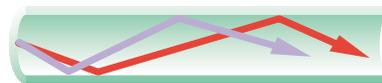
En los sistemas Ethernet se suelen utilizar dos tipos de cable de fibra óptica: monomodo y multimodo.

Por lo general, la fibra óptica monomodo está formada por un núcleo de 9 micras de diámetro y, cuando se utiliza con luz de 1300 nm, permite la propagación en un haz de luz



simple. La ventaja de este sistema es que los pulsos de luz no se distorsionan debido a que las ondas sigan trayectos distintos a través del núcleo. Esto significa que el cable monomodo se puede utilizar para distancias mucho mayores y con anchos de banda superiores a lo utilizado con el cable multimodo.

En la fibra multimodo, el diámetro del núcleo suele ser de 50 o 62,5 micras. La distorsión de los pulsos de luz es mayor, por lo que las distancias de transmisión deben ser mucho más cortas que en el cable de fibra monomodo. Los componentes de los sistemas multimodo suelen ser mucho más baratos que los de los sistemas monomodo, lo que viene a compensar su inferioridad en los rangos de transmisión.

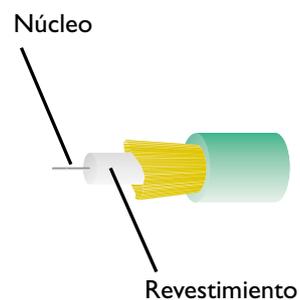


La principal ventaja del cable de fibra óptica es que es inmune a las interferencias eléctricas y magnéticas. Por lo tanto, es una solución excelente para los entornos industriales rigurosos, garantiza unas transmisiones seguras y ofrece una capacidad de transmisión muy alta.

Composición del cable de fibra óptica

El cable de fibra óptica consta de los siguientes elementos:

- Núcleo** Centro de la fibra y medio por el que se transmiten las señales ópticas (luz). Su diámetro oscila entre 5 y 200 micras.
- Revestimiento** Material óptico que rodea el núcleo y que provoca la reflexión de la luz procedente del núcleo que lo golpea, manteniendo la señal óptica en el núcleo. El revestimiento aumenta el diámetro de la fibra de vidrio hasta un rango comprendido entre 125 y 230 micras.
- Conectores** La oferta de conectores para cable de fibra óptica existente en el mercado es muy variada, pero en las redes Ethernet profesionales se utilizan básicamente los cuatro tipos siguientes:



ST conector simplex para multimodo, 2 km



MTRJ conector dúplex para multimodo, 2 km, o monomodo, 15/40 km



SC conector simplex para multimodo, 2 km, o monomodo, 15/40 km



LC conector dúplex para monomodo, 15/40 km