
GUÍA DE ESTUDIO TEMA 17. ETHERNET INDUSTRIAL

OBJETIVOS

- Indicar las ventajas del uso de Ethernet industrial y cómo este puede llegar a ser tan sólido y útil como muchos otros buses de campo tradicionales.
- Mostrar un detalle de cuatro de las soluciones basadas en Ethernet que actualmente compiten en el mercado.
- Introducir las características de las redes Ethernet en la industria: equipos de interconexión, dominios, control de flujo, velocidad y creación de VLANs.

RAZONES de USO

- Reducción de los costes de instalación: aprovechar el cableado existente.
- Fácil acceso: PC conectado a Internet sin coste adicional de licencia.
- Fácil integración con el resto del equipamiento.
- No precisa sw específico: navegadores (libre difusión).
- Coste razonable de la tecnología de interconexión.
- La tecnología Ethernet garantiza la durabilidad del sistema.
- Es autosuficiente a nivel de planta
- Interoperabilidad: posibilidad de conectar dos dispositivos a través del mismo medio sin conflictos, conviviendo varios protocolos. No elimina los buses de campo, los complementa.
- Plug&Play: facilita la instalación y configuración
- Robustez industrial:
 - Ethernet utiliza varios niveles de redundancia
 - La fibra óptica es inmune a la interferencia electromagnética y el cable UTP Cat5i posee una buena relación S/N y filtrado del ruido.
 - Condiciones exteriores: los conectores de Ethernet Industrial soportan golpes y vibraciones; todos los dispositivos soportan temperaturas de -30oC a 80 oC; equipos con protección contra el agua.
- Sw Ethernet para control y gestión de redes.
- OPC: estándar de comunicación en le campo de control y supervisión de procesos. Este estándar permite que diferentes fuentes de datos envíen datos a un mismo servidor OPC, únicamente contando con un driver.
- Control y mantenimiento remoto: a través de navegadores. Elimina la limitación de la distancia y posibilita la carga de programas vía Internet.
- Ethernet inalámbrica: eliminar la frontera física del cableado.

SOLUCIONES BASADAS EN ETHERNET

■ EtherCAT

- ❑ Maestro/esclavo en tiempo real
- ❑ Estándar abierto
- ❑ 1000 entradas/salidas en 30 μ s sobre par trenzado o fibra óptica.
- ❑ Topologías: bus, árbol, anillo.
- ❑ Método de transmisión:
 - El paquete Ethernet se recibe, después es copiado en el dispositivo, se interpreta y se procesa.
 - Todos los dispositivos esclavos EtherCAT leen los datos de la trama antes de soltarla.
 - El dispositivo inserta en este telegrama sus propios datos y lanza de nuevo la trama.
 - Se comprimen los datos de varios dispositivos esclavos en la misma trama \Rightarrow minimiza el retraso del proceso.
- ❑ EtherCAT se sitúa en el nivel de enlace de datos del IEEE 802.3
 - La capa física puede ser Fast Ethernet o LVS (diferencia de voltajes con respecto a un segundo conductor).
- ❑ Direccionamiento independiente del orden físico de los equipos.
- ❑ Permite broadcast y multicast entre esclavos.
- ❑ EtherCAT UDP inserta paquetes EtherCAT dentro del datagrama UDP.
 - Cuando un datagrama UDP llega a una estación EtherCAT, lo desempaquetan y lo lanza sólo como EtherCAT para ahorrar tiempo.
- ❑ Permite todas las tipologías y equipamiento habituales de Ethernet
- ❑ Para el funcionamiento en tiempo real, el maestro encapsula los comandos en una trama estándar de Ethernet,

SOLUCIONES BASADAS EN ETHERNET

■ Ethernet PowerLink

- Estándar abierto
- Se basa en el principio de separación de dominios para aumentar la seguridad:
 - Dominio en tiempo real (RT): servicios que requieren condiciones más estrictas.
 - Dominio no en tiempo real (NRT): transmisión de datos menos crítica.
- Utiliza un **ciclo básico** de transmisión controlado por la estación Management Node (MN)
 - **Fase de inicio** donde el MN envía un mensaje de sincronización a todos los dispositivos.
 - **Fase síncrona** donde el MN llama a cada dispositivo para que comience el intercambio de datos críticos como son los de procesos o control
 - Todos los dispositivos que no transfieren se mantienen a la escucha manteniendo un sistema de comunicación productor – consumidor.
 - **Fase asíncrona** donde el MN garantiza el derecho a un dispositivo en concreto de enviar datos por el estándar básico IP.
- La calidad del RT depende de la precisión de este ciclo básico.
- Para optimizar el ancho de banda: **multiplexación por slots**: durante la fase asíncrona se divide cada ciclo básico en slots ocupables por estaciones. Los slots no reservados se asignan a otras estaciones por el MN.

SOLUCIONES BASADAS EN ETHERNET

■ Ethernet/IP (EIP)

- ❑ Protocolo de alto nivel de la capa de aplicación para automatización industrial.
- ❑ Trabaja con la pila de protocolo TCP/IP.
- ❑ Clasifica los nodos como tipos de dispositivos predefinidos con características específicas.
- ❑ La capa de aplicación se basa en *Control and Information Protocol* (CIP).
- ❑ Objetivo: proveer un comprensible, conveniente y certificable estándar para una gran variedad de dispositivos de automatización.
- ❑ Utiliza todos los protocolos de transporte y control convencionales en Ethernet.
- ❑ Organiza los dispositivos de interconexión como un conjunto de objetos. Cada objeto es simplemente un agrupamiento de datos relacionado con valores del dispositivo.
- ❑ Tipos de objetos:
 - Objetos requeridos por la especificación.
 - Objeto Identidad: datos relacionados con la identidad del dispositivo.
 - Objeto mensaje router: ruta de respuesta
 - Objeto red: conexión física para intercambio de datos: dirección IP+interfaz del puerto.
 - Objetos Aplicación: definen la encapsulación de datos que ha hecho el dispositivo. Especifican tipo y función del dispositivo. Están predefinidos para un gran número de dispositivos.
- ❑ Perfil de dispositivo: unión de varios objetos de aplicación para un mismo dispositivo.

SOLUCIONES BASADAS EN ETHERNET

■ Profinet

- Continuación consecuente de PROFIBUS e INDUSTRIAL ETHERNET ⇒ ventajas de ambos sistemas.
- Objetivos:
 - Crear un estándar Ethernet abierto para la automatización basada en Industrial Ethernet, que permita usar componentes de Industrial Ethernet y de Ethernet convencional.
 - Conseguir automatización con Ethernet en tiempo real.
 - Realizar una integración directa de sistemas con bus de campo.
- Estructura modular
- Dispositivo Profinet: término genérico que designa sistemas de automatización, aparatos de campo y componentes de red.
 - Dispone como mínimo de una conexión Industrial Ethernet.
 - Compuesto por ranuras (slots) en las que se enchufan módulos/submódulos, formados por canales a través de los cuales se leen o emiten señales.
- Comunicación:
 - Habitualmente TCP/IP o UDP/IP. Ralentiza
 - En tiempo real: abandona direccionamiento IP y control de flujo por comunicaciones RT (capa 2 OSI): utiliza 7 niveles de prioridades.
 - Comunicaciones RT sin red: no necesita la dirección destino.
 - Comunicaciones RT entre redes: RT sobre UDP para atravesar redes
 - Multicast RT: RT sobre UDP
 - IRT: control y fábricas de automatización.
 - Esta comunicación se basa en la exclusividad de un único segmento de red, en que el ciclo de bus se divida en una fase asíncrona y otra síncrona y que durante la fase IRT el tiempo de sincronización pueda soportarse.
 - Si se implementa una comunicación del tipo IRT, el ancho de banda del bus debe dividirse en una porción de IRT y otro que incluya TCP/IP, UDP/IP y RT durante una fase completa.

SOLUCIONES BASADAS EN ETHERNET

■ Profinet IO

- Concepto de comunicación para la realización de aplicaciones modulares descentralizadas.
- En una instalación industrial, la conexión directa con las E/S se realiza mediante PROFINET IO
- El dispositivo de campo puede tener señales de entrada o salida tanto digitales como analógicas.
- El objetivo de PROFINET IO es la transmisión de datos adaptada al funcionamiento de equipamiento básico.
- Tres tipos de dispositivos:
 - **Controlador IO** que tiene el control sobre los procesos del bus de campo. Este contiene las alarmas, las funciones, el programa de usuario, el peso del establecimiento de la comunicación...
 - **Supervisor IO** que debe ser una estación de ingeniería que únicamente acceda al medio temporalmente durante tareas específicas.
 - **Dispositivos IO**, que son equipos conectados descentralizadamente al bus de campo.
 - Puede estar conectado a varios Controladores IO simultáneamente.
 - Pueden ser compactos o modulares como en PROFIBUS
- Intercambio de datos:
 - Señales y alarmas de alta prioridad: canal RT
 - Transmisión de datos: RT sin red, RT entre redes e IRT.

■ Profinet CBA

- Estándar para la implantación de estructuras de planta modulares.
- Los componentes que se necesitan con más frecuencia están prefabricados y se pueden ensamblar fácilmente en una unidad individual.
- El modelo de ingeniería distingue la programación de la lógica de control, la generación de componentes y la configuración de la planta por interconexión de componentes.
- Componentes sw: funciones sw encapsuladas reutilizables. Se combinan y se comunican a través de interfaces de componentes que sólo dejan ver externamente las variables necesarias.
- Los ingenieros de planta generan los componentes y utilizan una herramienta propietaria para programar y configurar el dispositivo.
- A continuación, el sw de usuario se encapsula en forma de componente y finalmente, éstos se interconectan por medio de una sencilla configuración gráfica.

SOLUCIONES BASADAS EN ETHERNET

EtherCAT

Característica	Descripción
Tipo de red	Ethernet para el control basado en comunicaciones Maestro/Eslavo en tiempo real
Topología	Flexible: Estrella, Árbol, Bus. Se recomienda Ethernet conmutada
Instalación	Cableado de Ethernet apantallado 100 TX.
Velocidad	100 Mbit/s full duplex
Estaciones máximas	65535 (en el mismo segmento)
Datos	Más de 1500 bytes por telegrama
Características	EtherCAT está optimizado para trabajar con transmisiones en tiempo real, pudiendo procesar hasta 1000 Entradas/Salidas distribuidas en 30 μ s
Organización	Grupo tecnológico EtherCAT

PowerLink

Característica	Descripción
Tipo de red	Comunicación basada en Ethernet con una buena capacidad para la transmisión en RT
Topología	Flexible: Estrella, Árbol, Bus. Se recomienda Ethernet conmutada. Los equipos Powerlink poseen hubs internos para abaratar gastos de infraestructura externa
Instalación	Conectores y cableado de par trenzado Ethernet 100 TX
Velocidad	10/100/1000 Mbit/s
Estaciones máximas	Ilimitadas
Datos	Procesos cíclicos y acíclicos de hasta 1488 bytes por telegrama
Características	Se pueden controlar instalaciones de unos cuantos centenares de puntos E/S a una velocidad de 200 μ s a 2 ms con una desviación de jitter menor a 1 μ s
Organización	Ethernet Powerlink Standardization Group (EPSG)

Ethernet/IP

Característica	Descripción
Tipo de red	Ethernet para el control basada en el protocolo de aplicación CIP
Topología	Flexible: Estrella, Árbol, Bus. Se recomienda Ethernet conmutada
Instalación	Conectores y cableado de Ethernet apantallado 10/100 TX. Fibra óptica.
Velocidad	10/100/1000 Mbit/s
Estaciones máximas	Ilimitadas
Datos	Procesos cíclicos y acíclicos de hasta 1500 bytes por telegrama
Características	Ethernet avanzado basado en los estándares TCP/IP y UDP. Acoplamiento a DeviceNet y ControlNet transparentes
Organización	Open DeviceNet User Organization (ODVA)

ProfiNET

Característica	Descripción
Tipo de red	Ethernet para el control basada en el protocolo de aplicación CIP
Topología	Flexible: Estrella, Árbol, Bus. Se recomienda Ethernet conmutada
Instalación	Conectores RJ45 o M12. Fibra óptica.
Velocidad	100 Mbit/s
Estaciones máximas	Ilimitadas
Datos	Cada nodo puede transmitir hasta 1500 bytes por telegrama
Características	Sistema de comunicación escalable basado en la tecnología de interconexión Fast Ethernet con buen funcionamiento en tiempo real tanto de la diagnosis como de las alarmas
Organización	Profibus International

ETHERNET EN LA INDUSTRIA

- Medio físico: UTP y fibra óptica
- Los equipos de automatización se conectan mediante switches 10/100 full duplex.
- Los equipos de planta se conectan a través de switch nivel 3 (aislar tráfico)
- El equipamiento debe decidirse según el grado de protección
- El equipamiento debe montarse dentro de cofres en carriles DIN.
- Electrónica de interconexión:
 - Hubs: un único segmento
 - Bridges: sólo reenvía trama sin errores y redirecciona a un segmento concreto.
 - Switches: gestiona un número mayor de puertos e incorpora funcionalidades adicionales para el aislamiento de tráfico. Pueden trabajar en full duplex.
 - Switches nivel 3 (de red): funciones de encaminamiento IP
- Dominios de colisión:
 - El que forman todas las estaciones conectadas al mismo medio físico y que intentan acceder a él.
 - Utilizan CDMA/CD
 - Todas las estaciones pueden detectar colisiones.
 - La trama colisionada debe reenviarse.
 - Para separar el dominio de colisión se utilizan switches ⇒ cada puerto crea un dominio (aislamiento)
 - El aislamiento permite eliminar el CDMA/CD y comunicarse en full duplex para elevar la velocidad de transmisión.
- Dominios de difusión:
 - Conjunto de la red donde un mismo mensaje puede llegar a todos los miembros (dirección IP broadcast 255.255.255.255).
 - Puede disminuir la eficiencia de la red ⇒ solución: crear subredes a partir del concepto máscara de subred.

ETHERNET EN LA INDUSTRIA

■ Control de flujo

- ❑ Habitualmente a un puerto del switch se conecta un servidor que atiende muchas peticiones de muchos dispositivos
- ❑ Los switches poseen buffers para almacenar las tramas no enviadas, pero no son infinitos y si se llenan, se descartan tramas ⇒ control de flujo para evitarlo:
 - Técnica Backpressure: el *switch* utiliza una conexión *half duplex*. Cuando detecta un exceso de datos no procesados fuerza una colisión para obligar a la estación emisora a esperar un tiempo antes de volver a transmitir. Cuando el *switch* está preparado para transmitir, elimina el *Backpressure* y recupera las tramas.
 - Técnica Pause-Continue: para poder utilizar canales *full duplex*. Cuando el *switch* detecta que ha llenado el buffer de tramas, envía una señal PAUSE al equipo emisor, parando este su transmisión, y esperando una recepción de la señal de control CONTINUE para volver a iniciar la fase de transferencia.

■ Tecnología full duplex

- ❑ Aumenta la longitud del cable de red de fase Ethernet e incluso su velocidad de transmisión.
- ❑ Requiere que se tengan dos líneas separadas, una para transmisión y otra para recepción y no mas de dos dispositivos conectados entre ellos (es el caso de un switch con cualquier equipo de red).
- ❑ Permite una comunicación bidireccional simultanea
- ❑ Es importante configurar bien las conexiones, ya que una estación con *full duplex* ignora en todo momento el protocolo de acceso al medio CSMA/CD. Si el otro extremo de la comunicación fuera *half duplex*, la detección de colisiones sería incorrecta y las acciones tomadas ralentizarían la latencia de la red.

REDES VIRTUALES

- Solución para la creación de redes que tienen elementos físicamente dispersos, pero que lógicamente conforman una unidad.
- Estándar 802.1Q: permite que una estación, que está físicamente conectada a una determinada LAN, pueda ser miembro de un grupo de trabajo asociado a una LAN diferente. La red LAN resultante se conoce con el nombre de **LAN virtual** o **VLAN**.
- Las VLAN se fundamentan en conmutadores especialmente diseñados para este propósito.
- Para configurar una red VLAN el administrador de red decide cuántas VLANs habrá, que computadoras habrá en cada VLAN y como se llamaran las VLAN.
- Todos los conmutadores o puente deben contener tablas actualizadas de las VLAN a las que se pueden acceder a través de qué puertos.
- El estándar 802.1Q ha modificado el formato de la trama Ethernet:
 - En el campo Longitud de Ethernet se inserta el valor imposible de 0x8100 (la longitud máxima de una trama Ethernet es de 1500), esto identifica el tipo de protocolo VLAN.
 - El segundo campo se divide en tres: Identificador de VLAN, prioridad y CFI (permite el encapsulado de tramas token ring).
- **Prioridad y Trunking**
 - El uso del campo de prioridad es de extrema importancia en las aplicaciones industriales ya que gracias a este campo puede conseguirse tanto la eliminación del determinismo en las redes Ethernet, como ofrecer el soporte de protocolos RT o tiempo real necesario para los sistemas de automatización o control.
 - Asignando las prioridades elevadas al tráfico de control, el retraso de la transmisión de tramas será el mínimo, obteniendo una gran calidad de servicio.

CONCLUSIONES

- Ethernet Industrial es ya una tecnología potente en el entorno industrial.
- Ventajas: fácilmente instalable y configurable La facilidad de administración, consulta o programación de los dispositivos. El hecho de tener acceso a la red industrial mediante un navegador Web facilita el trabajo de los operadores. El uso de la infraestructura Ethernet facilita también los tediosos diagnósticos del medio físico y el cambio de conectores, cableado... que suelen ser el 80% de las veces la causa de errores en los buses de campo.
- Todas las tecnologías en desarrollo tienen diferencias en la capa de aplicación, pero todas tienen cosas en común: la funcionalidad que establecen los estándares de las capas 1 a la 4, la tecnología de transmisión Ethernet IEEE 802.xx (capa física), el método de acceso al medio (CSMA/CD, capa de enlace de datos), el protocolo de Internet (IP, capa de red) y los protocolos TCP y UDP (capa de transporte).
- La diferencia se encuentra en la arquitectura del sistema, los protocolos de aplicaciones industriales situados en la capa de aplicación del modelo OSI y el modelado o la ingeniería de la configuración del sistema, además de otros aspectos concretos de cada una.