**PAC**- Performance-centered Adaptive Curriculum for Employment Needs
Programa ERASMUS: Acción Multilateral - 517742-LLP-1-2011-1-BG-ERASMUS-ECUE

# MASTER DEGREE:

# Industrial Systems Engineering

## ASIGNATURA ISE4:

## Comunicaciones industriales y en Tiempo Real

### MÓDULO 3:

Redes de comunicaciones industriales (ICN)

### TAREA 3-1:

Redes de comunicaciones industriales - modelo tres capas. Nivel campo y nivel control.

Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control
http://www.ieec.uned.es/

## Contenido

Redes de comunicación industrial (ICN) - modelo de tres capas ..... 3
Redes de comunicación industrial de campo ..... 4
Las características básicas ..... 4
Tipos de bus de campo ..... 6
PROFIBUS ..... 8
Perfiles físicos ..... 10
Arquitectura de los protocolos ..... 11
Método para el acceso al entorno en las redes Profibus ..... 12
Fundación Fieldbus ..... 13
Dispositivos de exploración DeviceNet ..... 14
Redes industriales de nivel control ..... 16
Especificaciones de la red ControlNet ..... 18

## Redes de comunicación industrial (ICN) - modelo de tres capas

Como se mencionó en referencia a la teoría de la tarea, la ICN se construye sobre la base de tres capas principales (Figura 1):

**Capa 1 - ámbito de las redes industriales (FINs)** - más cercanos a los dispositivos periféricos en la red - Sensores y actuadores (fig. 3).

**Capa 2 - redes de control industrial (ICN)** - compuesto por controladores lógicos programables (PLM) y ordenadores de control

**Capa 3 - redes de información industriales (IIN)** - estas son las redes de más alto nivel, donde la recepción, procesamiento y análisis de los datos y las decisiones adoptadas, que se transmiten a las capas inferiores. Esta capa es por lo general de enlace con bases de datos, que almacenan los resultados de rendimiento importantes del sistema, diferentes algoritmos de control y otros.

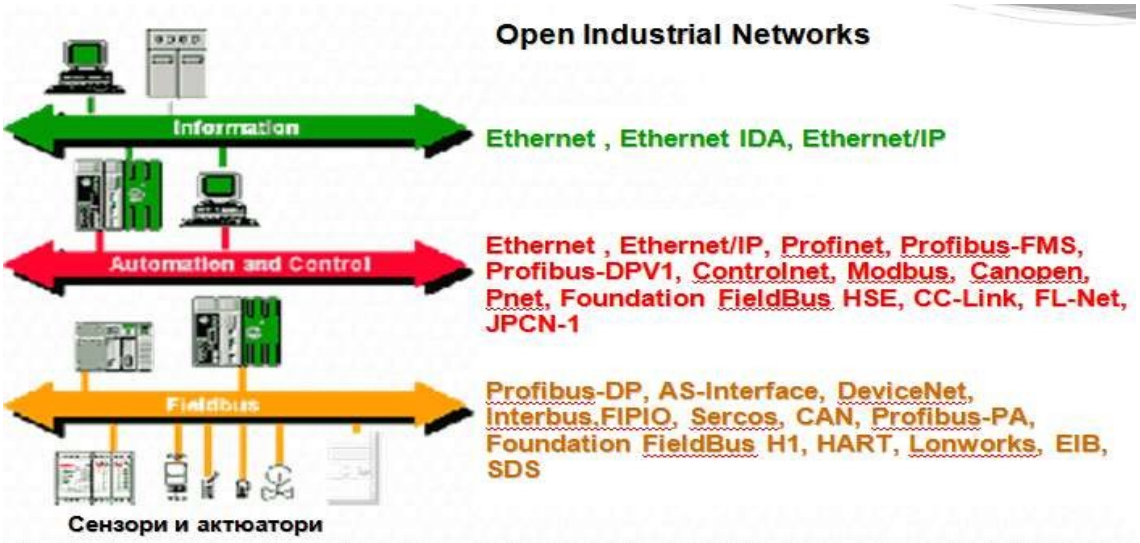
A veces se define otra capa llamada capa de usuario en el que las personas juegan un papel importante - los operadores, observadores, ajustadores, técnicos de servicio y otros.

En cada capa se utilizan varios estándares industriales y las especificaciones para la comunicación que son más adecuados para esta capa.

Redes industriales, al igual que otros tipos de redes están sujetas al modelo OSI (Fig. 2), pero como veremos más adelante, hay características que son específicas de cada aplicación particular, de acuerdo a las especificaciones.

En este artículo vamos a examinar brevemente las características de cada capa y las normas y especificaciones usadas en la misma.

(Una discusión más detallada de las normas y especificaciones se hará en tareas posteriores, pero los interesados pueden ver el sitio mencionado al principio).




Redes de comunicaciones industriales - modelo tres capas. Nivel campo y nivel control.

*Fig.1. redes de comunicación Industrial - modelo de tres capas*

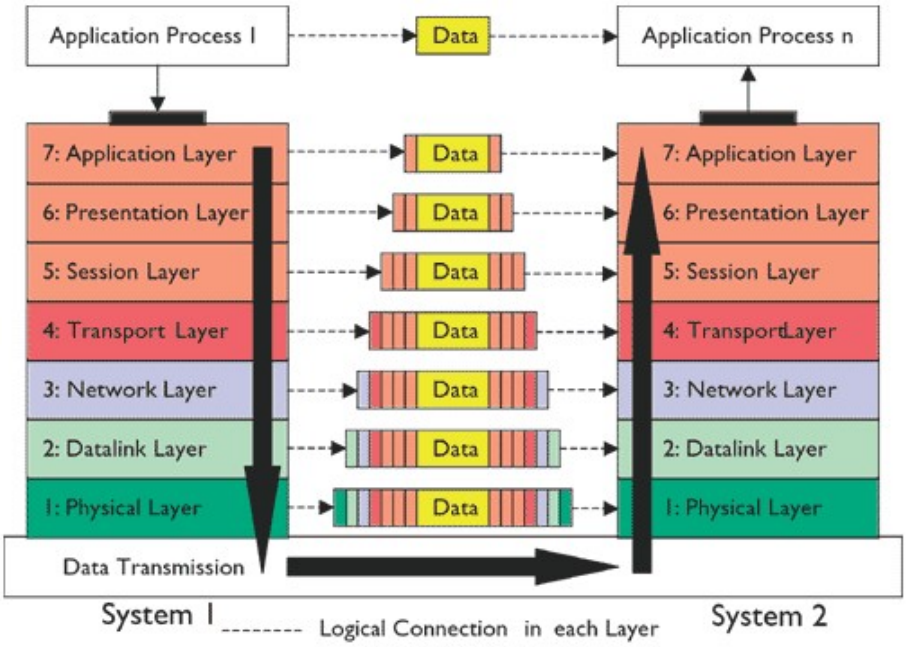



*Fig.2. sistema abierto (OSI) interconexión modelo*

## Redes de comunicación industrial de campo

### Las características básicas

Las redes industriales de campo (FINs) están trabajando en el nivel más bajo y proporcionar conexiones entre dispositivos industriales simples (sensores, actuador) y dispositivos en un nivel superior de control (PLC controladores y ordenadores) (Fig. 3). Las redes de campo son flexibles y abiertas (que permite extensiones). Suelen trabajar con dispositivos de diferentes compañías y proporcionan las siguientes actividades:

- proporcionar conexiones de red baratas a los más simples;
- facilitar el acceso a los datos de sensor inteligente / actuadores de diferentes fabricantes;
- proporcionar el manejo de modelos de comunicación, como maestro / esclavo y peer-to-peer;
- servicio al cliente de los fabricantes y los consumidores ayudar a la configuración y la configuración de los dispositivos, el control y la recogida de información a través de una sola red.

Los buses de campo modernos proporcionan la normalización de los conectores, indicadores diagnósticos (LED) y perfiles de los dispositivos. Las redes de campo recogen información sobre el estado de los sensores y los actuadores diversos, la temperatura en

diferentes puntos, la corriente de carga en varios motores, cambiando las aceleraciones y mucho más.

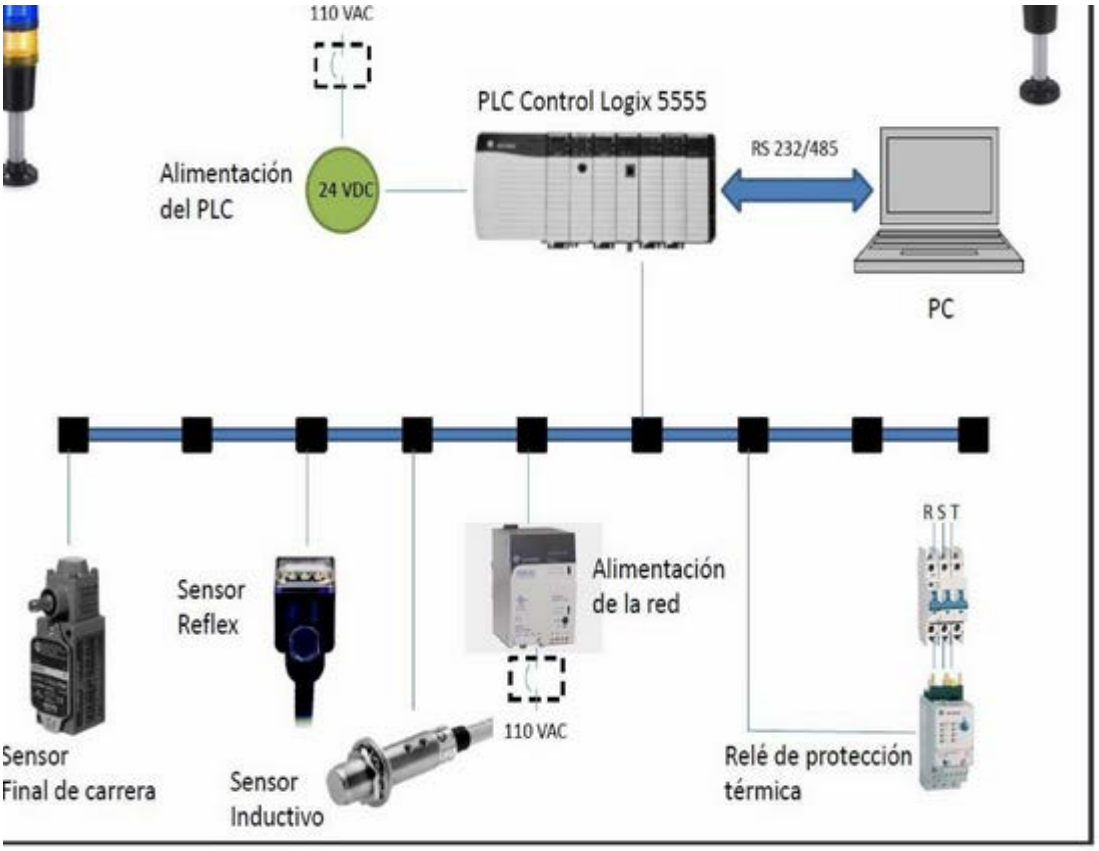



*Fig. 3. Estructura red industrial FIN.*

El bus de campo permite encender y apagar los dispositivos a intervalos sin necesidad de apagar la alimentación, lo cual es muy importante para procesos continuos.

Terminales típicos son pulsadores, fotocélulas, motores de arranque, sensores de temperatura, presión, radiación, etc. cantidades físicas, etc. El diagnostico FIN advierte de los errores, fallas, etc.

PINs se utilizan cuando se requiere:

- Reducción de las conexiones cableadas;
- Rápida instalación y puesta en marcha del sistema;
  Flexibilidad en la adición o se mueven los dispositivos y los segmentos de cable;
- Menor tiempo de respuesta (el trabajo en tiempo real);
- Diagnóstico rápido de los dispositivos, tipos de bus de campo

## Tipos de bus de campo

Hay muchos tipos diferentes de fieldbus, cada uno con características distintas, algunas específicas para diferentes industrias y regiones geográficas. En la siguiente tabla se dan algunos de los estándares utilizados de buses de campo y los protocolos y sus características básicas.

| Field Buses | Principales características |
|---|---|
| **Modbus RTU, 1970** | **Velocidad**: Dependiente de la velocidad en baudios del enlace serial; **Topología física**: uno-a-uno o autobús**; Topología lógica**: centralizado maestro / esclavo]; **Número máximo de dispositivos**: 247; **Longitud de la red**: longitud máxima se basa en las normas EIA (RS)-485 1200 m (depende de la velocidad). Puede alcanzar una longitud más larga con repetidores; **Método de transmisión**: típicamente EIA (RS)-485; **Sesgos de industria**: ampliamente utilizado en todas las industrias. http://en.wikipedia.org/wiki/Modbus |
| **PROFIBUS DP–V0 and DP–V1, 1980** | **Velocidad**: hasta 12Mbit/s; **Topología física**: Bus; **Topología lógica**: centralizado, maestro/esclavo número máximo de dispositivos: 32 sin repetidores, 125 con repetidores; **Longitud de la red**: limitado a 1000m sin repetidores; **Método de transmisión**: típicamente torcido par EIA (RS)-485 base; **Sesgos de industria**: ampliamente utilizado en muchas industrias, tales como automóviles, maquinaria de producción y procesamiento de metales. http://en.wikipedia.org/wiki/Profibus |
| **DeviceNet, 1994, Allen-Bradley** | **Velocidad**: Típicamente 500kbit/s**; Topología física**: Bus; **Topología lógica**: centralizado, maestro/esclavo número máximo de dispositivos: 64; **Longitud de la red**: método de transmisión dependientes (sin repetidores) de la tarifa de datos de 5000m **Método transmisión**: CAN bus, cable de par trenzado con alimentación de red; **Sesgos de industria**: ampliamente utilizado en una amplia gama de industrias, tales como maquinaria de producción general, automoción, etc.http://en.wikipedia.org/wiki/DeviceNet |
| **CAN, 1986 CANopen 1994 es similar** | **Velocidad**: hasta 1Mbit/s; **Topología**: Bus; **Topología lógica**: distribuidos; **Número de dispositivos**: 127 (limitado por la dirección de nodo) en la misma red física; **Longitud de la red:** 5000m conforme a la tarifa de datos; **Método de transmisión:** CAN bus, par trenzado; **Sesgos de la industria**: automotrices, ascensores, plataformas, etc. http://en.wikipedia.org/wiki/CAN_bus |
| **Interbus, 1990** | **Velocidad**: 500kbit/s y 2 Mbit/s; **Topología física**: repite autobús; **Topología lógica**: centralizada; **Número máximo de dispositivos**: 512, 4096 puntos de la entrada-salida**; Longitud de la red**: 400m entre dispositivos, hasta 13 km de longitud red **método de transmisión**: de par trenzado o fibra óptica; **Sesgos de industria:** ampliamente adoptado |

| | |
|---|---|
| | por los fabricantes de automóviles.http://en.wikipedia.org/wiki/INTERBUS |
| **SERCOS, 1987** (SErial Real-Time Communication System) | **Velocidad**: hasta 16Mbit/s; **Topología física**: repite autobús**; Topología lógica**: centralizado, maestro/esclavo **número máximo de dispositivos**: hasta 254, pero actualización tasa es afectada como el dispositivo cuenta aumenta. **Longitud de la red**: 254 nodos por red, con eficacia limitada por tasa de actualización requeridos; **Método de transmisión**: de fibra óptica; **Sesgos de industria**: movimiento, aplicaciones CNC, envases etc. **Nota**: SERCOS III (2003) combina los aspectos difíciles en tiempo real de la interfaz sercos con el estándar de Ethernet(http://en.wikipedia.org/wiki/SERCOS_III ) |
| **Modbus TCP/IP, 1999** | **Velocidad**: 10Mbit/s, 100 Mbits/s, 1Gbit/s; **Topología física**: generalmente estrellas basado; puede ser de bus, anillo, árbol o malla **topología lógica**: centralizado, maestro/esclavo; **Longitud de la red**: teóricamente ilimitado número de nodos y distancia, aunque realista limitada por la velocidad de actualización**; Método de transmisión**: Modbus IP utiliza estándar Ethernet **industrial sesgos**: General.http://www.rtaautomation.com/modbustcp/ |
| **Ethernet/IP, 1990** by Rockwell Automation | **Velocidad**: 10Mbit/s, 100 Mbits/s, 1Gbit/s; **Topología física**: generalmente estrellas; puede ser autobús, árbol o malla; **Topología lógica**: centralizado, maestro/esclavo; **Longitud de la red**: teóricamente ilimitado, sin embargo tiempos de ciclo y rendimiento de la red será un factor limitante; **Método de transmisión**: utiliza Ethernet estándar**; Sesgos de industria**: maquinaria en General, las máquinas de la industria y la producción auto. http://en.wikipedia.org/wiki/EtherNet/IP |
| **EtherCAT, 2003** Ethernet for Control Automation Technology | **Velocidad:** 100 Mbit/s; **Topología física**: repite autobús; **Topología lógica**: basado en Ethernet estándar, típicamente repetidos autobús; **Número máximo de dispositivos**: 65536, sin embargo la tasa de actualización de red se verán afectado**; Longitud de la red**: teóricamente ilimitado, sin embargo la tasa de actualización en última instancia restringirá; **Método de transmisión**: tecnología Ethernet estándar, con gestión del tiempo; Sesgos de industria: control de movimiento general y alto rendimiento.http://en.wikipedia.org/wiki/EtherCAT |

| | |
|---|---|
| **PROFINET,1989** (Process Field Bus), BMBF, Siemens | **Velocidad**: 100 Mbits/s y superior; **Topología física**: generalmente estrellas; puede ser autobús, árbol o malla; **Topología lógica**: centralizada; **Número máximo de dispositivos**: 200 puntos de la entrada-salida son posibles en una red PROFINET. Una de las principales ventajas de PROFINET comparado con PROFIBUS es que puedes tener más nodos de la red. **Longitud de la red**: la longitud, velocidad y topología dependen de los componentes de la red usted elige para su red. Con componentes externos fibra óptica distancias de hasta 26km son posibles dependiendo del tipo de fibra óptica se utiliza y los proveedores. En la red eléctrica la distancia máxima entre dos dispositivos cualesquiera es 100m**.** **Método de transmisión**: Ethernet basado con VLAN; **Sesgos de la industria**: automotriz. http://en.wikipedia.org/wiki/PROFINET |

(Se pueden ver más detalles acerca de buses en el material adicional: "**Guía A Popular Fieldbus Systems**")

Nosotros consideraremos con más detalle PROFIBUS, DeviceNet y ControlNet. Otras normas serán considerados en la próximas sesiones.

## PROFIBUS

PROFIBUS es un estándar de campo abierto y se utiliza en la fabricación y automatización de procesos. Es independiente de los fabricantes y distribuidores se rige por las normas europeas EN 50170 y EN 50254.

PROFIBUS utiliza tres protocolos de comunicación (perfiles de comunicación): DP, PA y FMS. Dependiendo de la aplicación se utilizan las tecnologías de transmisión (perfiles físicos) como RS-485, IEC 1158-2 o una conexión de fibra óptica. Los perfiles de aplicación definen la elección de protocolos y tecnologías para la conexión física como las posibilidades de los tipos de dispositivos individuales (Fig. 4). Los equipos se dividen en dos grupos: los amos y esclavos. Los maestros pasan el testigo en un anillo lógico. El Maestro, que posee el token (la señal), se puede comunicar con sus esclavos. El maestro pide paso a paso los Esclavos (datos de salida), que ha sido configurada por este Maestro y los esclavos dan respuesta (datos de entrada) para el Maestro. Se puede observar, que este mecanismo de MAC entre Maestros pertenece al control descentralizado y entre maestro y los esclavos para el control centralizado sobre la otra parte

**Perfiles de comunicación**

Los perfiles de comunicación PROFIBUS determinan cómo se realiza la transmisión de datos en serie a través de un medio de transmisión común. Comunicación PROFIBUS utiliza los siguientes perfiles:

**Profibus-DP (periferia descentralizada)**

DP el perfil de comunicación más comúnmente usado en redes Profibus. Está optimizado para la velocidad, la eficiencia y el bajo costo de la conexión y está

especialmente diseñado para la comunicación en los sistemas automatizados con periferia descentralizada. DP es adecuado para la sustitución de la transmisión de señal analógica convencional del tipo 4-20 mA.

**Profibus-PA (Process Automation)**

El protocolo de PA es una extensión de Profibus-PA con una mejora de la seguridad de red y protección de datos. Cumple con la norma IEC 61158-2 respecto de la transferencia y Ex (i) el grado de protección de datos internacional.

**Profibus-FMS perfil (Fieldbus Mensajes Specification)**

FMS es un intento de crear un perfil de comunicación universal para diferentes tareas de comunicación. FMS ofrece un número relativamente complejo de funciones de aplicación para la comunicación entre dispositivos inteligentes. Como resultado de la evolución técnica y el uso de Profibus y TCP / IP en el terreno FMS se espera que desempeñe un papel cada vez menor en el futuro.

En Profibus define tres tipos de dispositivos de comunicación.

- Dispositivos DP1 Master (clase 1) - controladores lógicos programables (PLC normalmente).
- Módulos de E / S son Profibus-DP Slave-dispositivos.
- El tercer tipo de dispositivos de comunicación son las llamadas consolas de programación PLC –DP2 (clase 2).

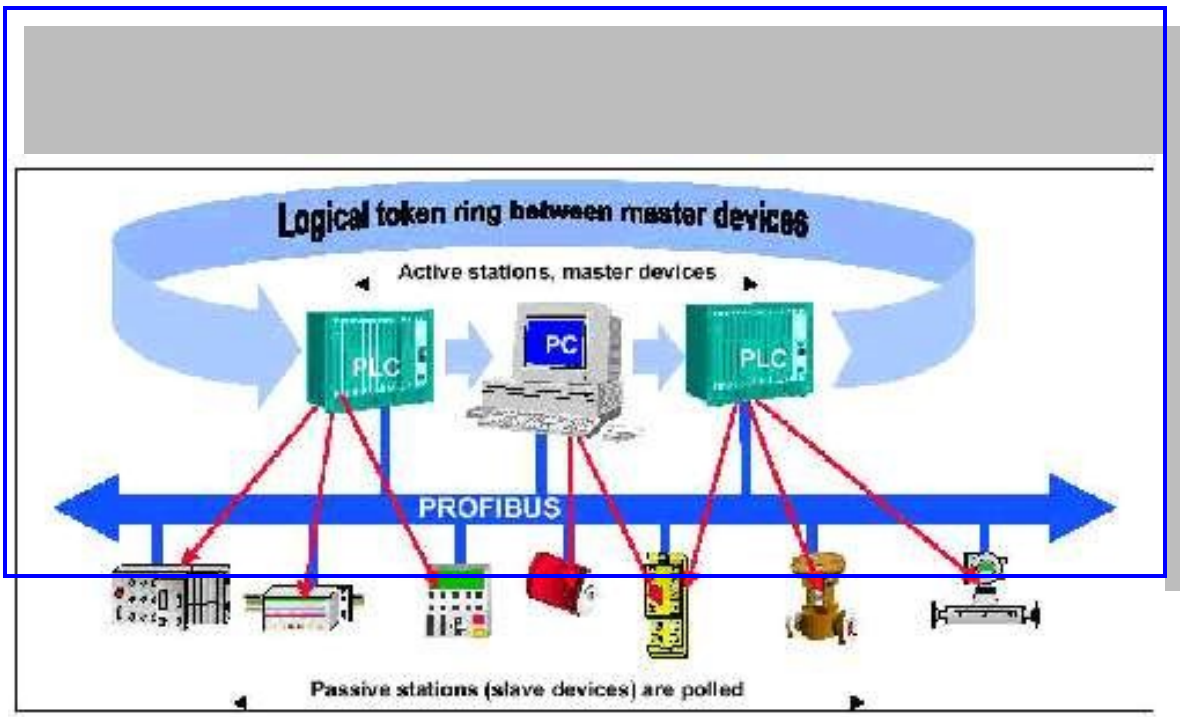



*Fig.4. Vista general de PIM Profibus*

## Perfiles físicos

El ámbito de aplicación de la red de campo determina la elección de la tecnología para la transmisión del canal físico. Los requisitos básicos incluyen una transmisión muy segura, la distancia y la velocidad, así como los requisitos adicionales, tales como el trabajo en entornos peligrosos y de transmisión de datos y energía a través de un cable común. Actualmente usando tres métodos diferentes (perfil físico) para la transmisión en Profibus (fig. 5):

• RS-485 - un ampliamente utilizado en diversos sistemas estándar para el intercambio de datos a través de un canal serie señales balanceadas;

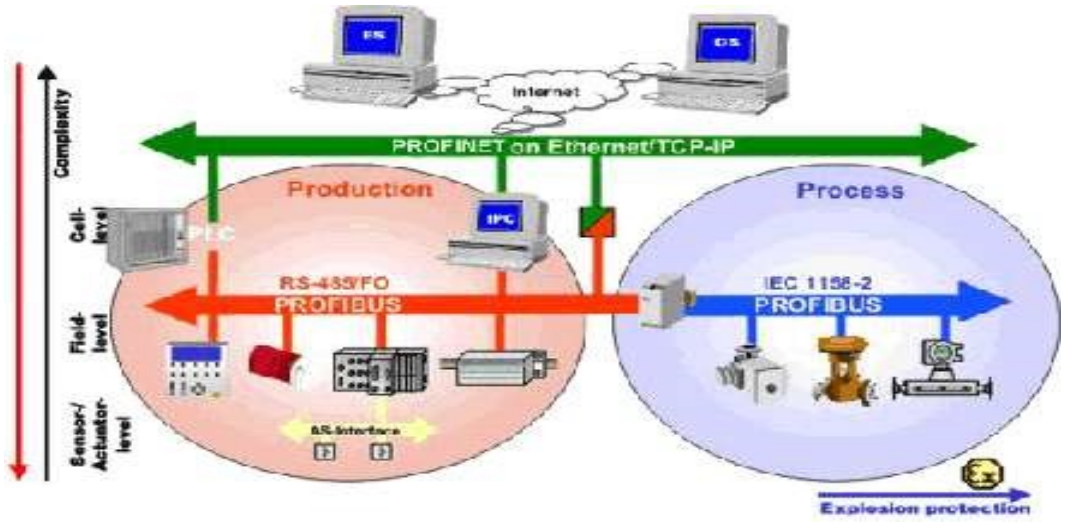
• EC61158-2 - para el intercambio de datos síncrona en sistemas de automatización;

• Las fibras ópticas para mejorar la resistencia a las interferencias y la transmisión a través de largas distancias.

Se pueden distinguir los siguientes tipos de dispositivos de red:

**Dispositivos maestros -** determinan cómo se comparten los datos en la red. Estos dispositivos pueden enviar mensajes a través de la red, sin necesidad de previo aviso cuando tienen los derechos sobre el marcador de acceso a la red (token). Estos dispositivos se llaman activos.

**Dispositivos esclavos -** éstos son los terminales para sistemas de control automatizados, tales como: sensores, actuadores, reguladores, módulos de E / S, válvulas, dispositivos de medición, etc. Tienen un acceso limitado a la red y sólo pudieron confirmar los mensajes recibidos o enviados a los dispositivos maestros cuando reciben una petición en este sentido. Estos son dispositivos pasivos y tienen compatibilidad limitada como parte del protocolo, su




implementación es relativamente económico.

Fig.5. Conexiones físicas en Profibus

Se espera un desarrollo aún más el uso de los componentes Ethernet para alta velocidad como para una capa física PROFINET.. En la Figura 6 se muestra un ejemplo de el diagnostico PIM Profinet y los tipos de dispositivos.

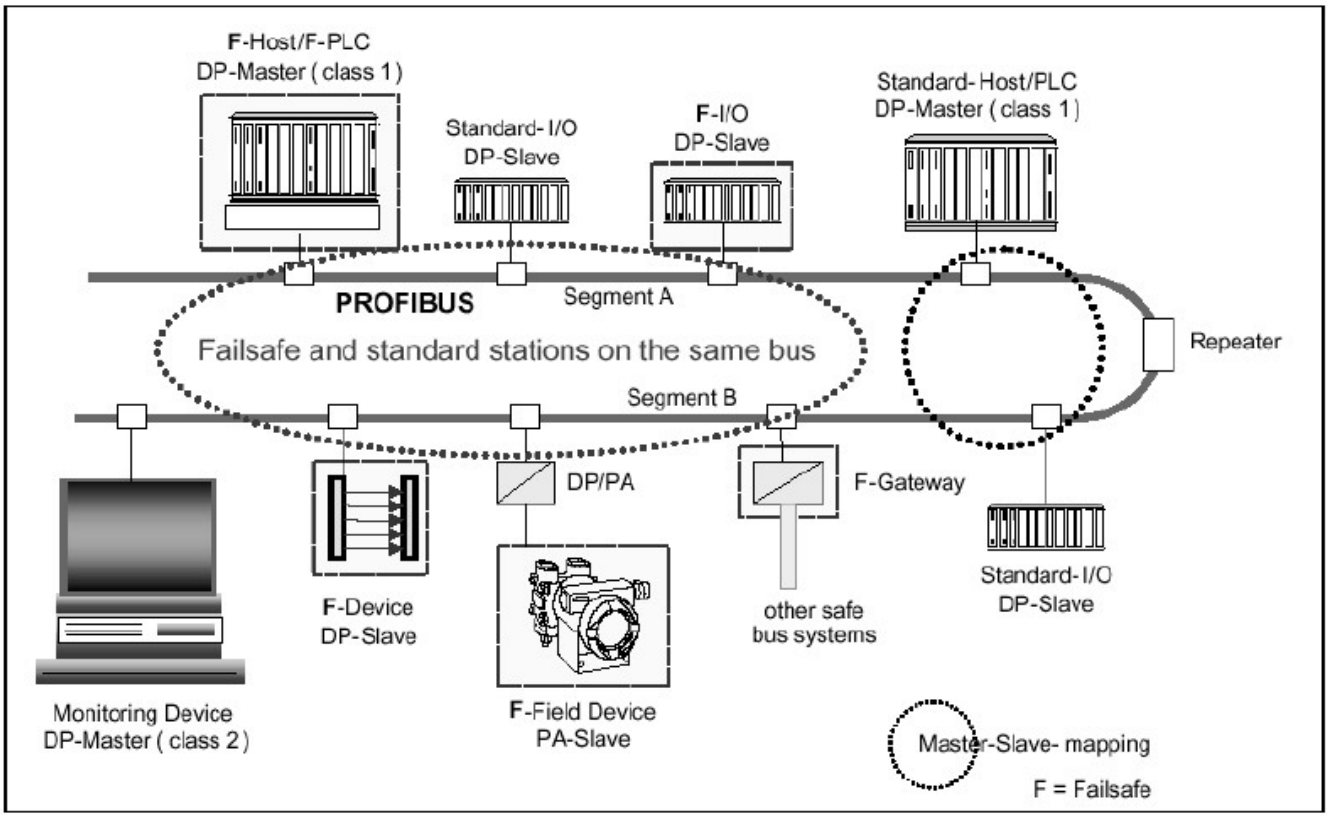



*Fig.6. Dispositivos Profibus*

## Arquitectura de los protocolos

Profibus se basa en estándares reconocidos (europeo e internacional). La arquitectura del protocolo se puede atribuir al modelo OSI (Open System Interconnection) de acuerdo con la norma internacional ISO 7498. **Capa 1** (capa física) define las características de la transmisión física de las señales de información (datos). **Capa 2** (capa de enlace de datos) define el protocolo de acceso a la red (bus). **Capa 7** (capa de aplicación) define las funciones de la aplicación. La arquitectura de los protocolos Profibus se muestra en la figura. 7.

Profibus-DP es un protocolo de comunicación que utiliza capas 1 y 2, así como la interfaz de usuario. No se utilizan las capas 3 a 7. Data Mapper Enlace Directo (**DDLM**) proporciona a los usuarios acceso a la capa 2. Las características de la aplicación disponible para el usuario, los sistemas y el comportamiento de los diferentes tipos de equipos DP se definen en la interfaz de usuario. En el protocolo de comunicación universal Profibus-FMS está conectado a las capas 1, 2 y 7. La capa de aplicación se compone de 7 mensajes específicos Fieldbus (FMS) y la interfaz de la capa inferior (LLI). FMS proporciona servicios de comunicaciones para el intercambio de datos

de tipo maestro / maestro y maestro / esclavo. LLI establece la presentación de los servicios FMS del protocolo de transferencia de datos en la capa 2.

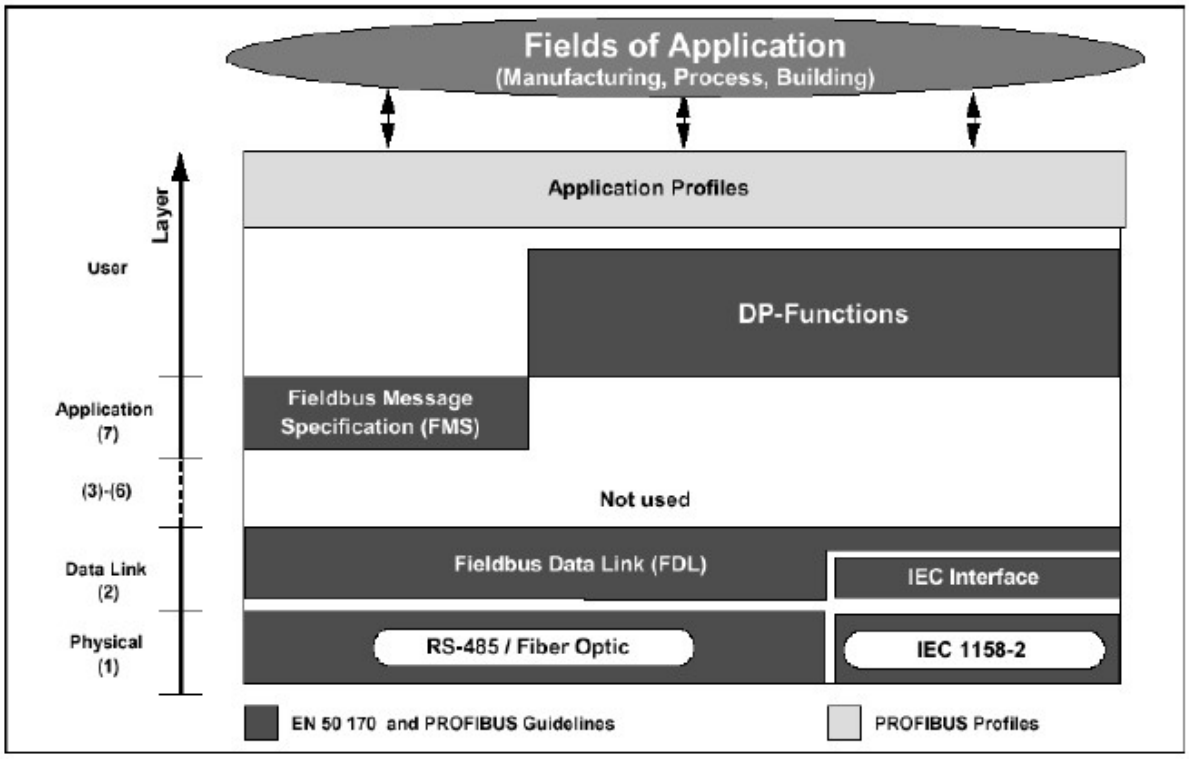



*Fig.7. Arquitectura de los protocolos Profibus*

## Método para el acceso al entorno en las redes Profibus

Los perfiles de comunicación Profibus están utilizando el mismo protocolo para el acceso al medio de la capa 2. En la capa 2 Profibus se llama la Fieldbus Data Link (FDL). El control de acceso al medio (MAC) establecerá procedimientos para cuando un nodo tiene derecho a enviar datos por la red. El protocolo de Profibus cumple con dos requisitos principales para controlar el acceso a la red:

a) durante la comunicación entre maestros los dispositivos se deben asegurar de que alguno de ellos obtiene el tiempo suficiente para cumplir con sus tareas de comunicación en un intervalo de tiempo predefinido;

b) La comunicación cíclica entre el controlador programable y sus unidades asignadas (esclavos) y la transmisión de datos en tiempo real deben aplicarse lo más rápidamente posible.

El método de acceso al medio de Profibus incluye un procedimiento para la transmisión de la señal, que es utilizado por los dispositivos de tipo maestro en la comunicación entre ellos y el procedimiento maestro-esclavo que es utilizado por los dispositivos maestros para comunicarse con las unidades subordinadas del tipo esclavo. En el procedimiento maestro-esclavo, el dispositivo maestro activo que retiene temporalmente el marcador tiene acceso a sus dispositivos esclavos (Fig. 8). Esto permite que el dispositivo maestro pueda enviar o recibir

mensajes hacia y desde dispositivos esclavos. Este método de acceso es posible ejecutar la siguiente configuración del sistema:

- Sistema maestro-esclavo estándar;
- Sistema maestro-esclavo con la transmisión de la señal;
- La combinación de ambos.

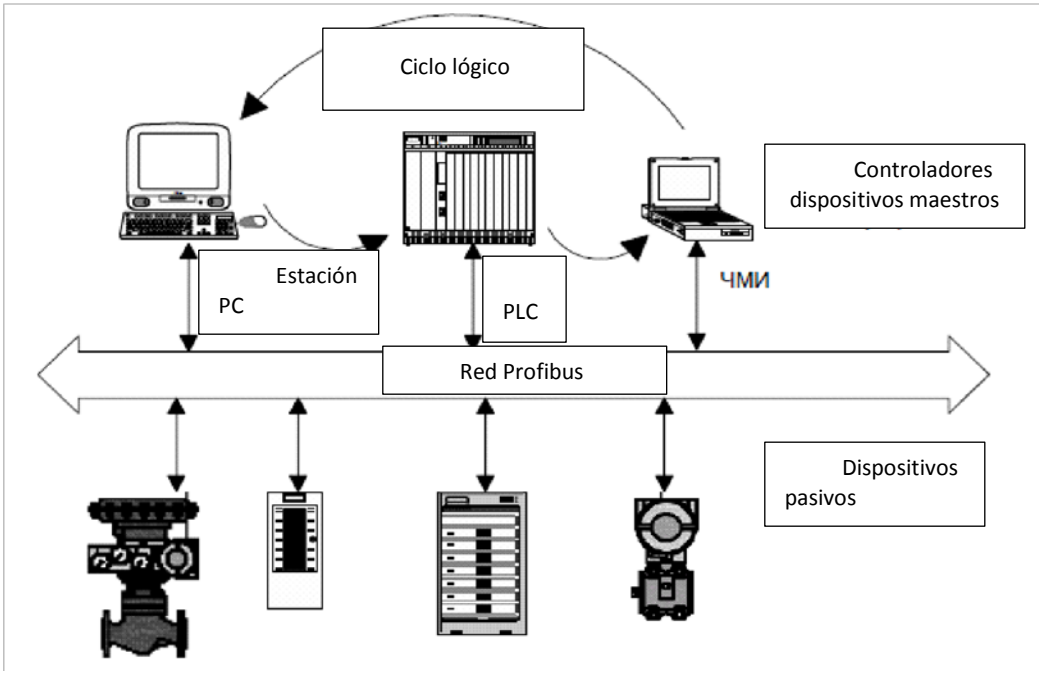



*Fig.8. Trasmisión entre dispositivos maestros*

## Fundación Fieldbus

Fieldbus Foundation (1994) es especialmente adecuado para procesos de alta velocidad en las industrias peligrosas, debido a la sincronización precisa entre la dirección y la comunicación. Diseñado específicamente para aplicaciones de misión que requieren alta fiabilidad y alto rendimiento. FOUNDATION Fieldbus se desarrolló de acuerdo con las normas internacionales IEC1158 e ISA S50. La estructura y las características de FOUNDATION Fieldbus son muy similares a los de Profibus PA, por lo que no se consideraran en detalle.

FOUNDATION Fieldbus permite la comunicación bidireccional entre los dispositivos de campo y sistemas de control. FOUNDATION Fieldbus está estructurado en siete niveles. La topología de la red es un árbol lineal con la alimentación de transmisión. El medio de transmisión a nivel físico puede ser óptico de radio o de par trenzado. El método de comunicación es un único maestro o multi-maestro. La tasa de transferencia depende del modelo - 30 kbit / s hasta 2,5 Mbit / s. La tecnología ofrece una solución completa y abierta para el campo de las comunicaciones de red: el bus de campo H1 para el control continuo basado en un estándar de Ethernet de alta velocidad (HSE) para controlar de procesos avanzados, híbridos o semicontinuos de control y automatización discreta.

## DeviceNet

DeviceNet es una especificación para la red de campo de un bajo nivel, que modela al Profibus proporcionando vínculos entre dispositivos industriales simples (sensores, actuadores) y dispositivos de nivel superior (panel de control). Es desarrollado por la empresa estadounidense **Allen Bradley**, ahora parte de la preocupación de **Rockwell Automation**.

Hoy en día un número de los principales proveedores de equipos de automatización están ofreciendo productos DeviceNet (alrededor del 40% de todas las redes sobre el terreno). Los buses de campo cuentan con el apoyo de **ODVA (Open DeviceNet Vendor Association)**. Esto es visto como una solución de red rentable mediante la cual los controladores industriales y dispositivos de campo se conectan directamente, lo que elimina la necesidad de cableado adicional de entradas y salidas. DeviceNet **es una red basada CAN (Control Area Network).**

Como topología de red DeviceNet es tradicionalmente maestro / esclavo. Sólo en 1996 ODVA introduce redes DeviceNet con una configuración ramificada (múltiple), la comunicación peer-to-peer, etc. La tecnología permite utilizar dispositivos de conmutación "calientes". El DeviceNet estándar, excepto el protocolo también se describe:

- Los conectores abiertos y sellados a los dispositivos
- Los indicadores de diagnóstico (LED)
- Perfiles de dispositivo

La red DeviceNet puede realizar las siguientes actividades:

- leer las condiciones de encendido / apagado de un sensor
- Control de arranque
- La captura de datos de temperatura y corriente de carga de los actuadores
- cambiar la velocidad de retardo de diferentes engranajes
- Ajuste de la sensibilidad de los sensores y otros.

DeviceNet utiliza el llamado modelo de objeto abstracto para describir el conjunto de los servicios de comunicación disponibles, el comportamiento observable de los nodos de la red y los medios por los que obtiene e intercambia información sobre los productos DeviceNet (para más detalles véase el enlace en la mendicidad).

### Dispositivos de exploración DeviceNet

DeviceNet escáner es un dispositivo que administra la entrada y extracción de datos a la CPU (PLC). El lector recibe la entrada de dispositivos de E / S, organiza la información en tablas de analizado y envía los datos al procesador cuando se solicite. Envía de vuelta los datos de salida recibidos desde la CPU a los dispositivos de E / S. Incluso se carga y descarga de los programas a los controladores lógicos programables (PLC) a través de la red DviceNet.

DeviceNet escáner es el único dispositivo que se puede utilizar como maestro en la red DeviceNet y puede ser el único dispositivo de red para la red DeviceNet dado. Si hay más de un escáneres de red, entonces uno debe ser designado como el maestro, y todos los demás como esclavos.

El intercambio de información en escáneres DeviceNet con dispositivos de E / S a través de mensajes de E / S que son 4 tipos: **estroboscopio, encuesta, cambio de estado y cíclico**.

EL típico módulo de escaneo actúa como un interface entre el PLC y varios servicios de I/O de la red.

(Para detalles de DeviceNet ver el link del inicio y también http://uc.perm.ru/upload/pdf/comm_ru.pdf y http://www.eskovostok.ru/catalog/communication/devicenet/faq)

Típica red de DeviceNet maestro/esclavo se muestra en la figura 9

1. El método de comunicación **estroboscópico** crea un mensaje con una longitud de 8 bytes ( 64 bits) y que es del tipo de emisión de la unidad de escáner para todos los dispositivos en la red . Cada bit corresponde a la dirección de uno de los nodos (0 a 63). Cualquier dispositivo que soporte el método estroboscópico responde al mostrar su entrada, que puede tener hasta 8 bytes para el dispositivo de red. Esta técnica es de **multidifusión tipo de transferencia de datos** (véase la Tarea 1).
2. El método de **encuesta** puede generar mensajes con una longitud máxima de 255 bytes que se envían desde el escáner a un dispositivo específico en la red. Exactamente cómo reaccionará el dispositivo depende del contenido del mensaje. Cuando el mensaje es una solicitud de entrada, el dispositivo responde mediante el envío de los datos solicitados para el escáner a través de otro mensaje de interrogación que también puede ser de hasta 255 bytes. Si el mensaje contiene datos de salida se almacenan en la memoria del dispositivo. La técnica de comunicación es **de punto a punto** .
3. . En el método de **comunicación para el cambio de estado (COS**), el mensaje es enviado por el dispositivo de E / S cuando el estado de la entrada cambia, o con una frecuencia determinada por la configuración del usuario (tasa configurable por el usuario (latido)). La COS comunicación no requiere respuesta del escáner. La comunicación también es **del tipo punto a punto**.
4. En el método **de comunicación cíclica** de un mensaje es enviado por el dispositivo de E / S en el escáner con las frecuencias especificadas en la configuración del usuario. Los mensajes cíclicos además no requiere respuesta del escáner. La comunicación es **de punto a punto**.

Los tipos de mensajes de E / S para transmitir o recibir datos de los dispositivos dependen del tipo y las capacidades del dispositivo específico. *No todos los dispositivos son compatibles con todo tipo de mensajes*. Por ejemplo, si el dispositivo admite sólo los mensajes estroboscópicos, entonces la única forma de intercambio de información es con el método estroboscópico. El dispositivo no responde a los mensajes de encuesta, cambio de estado o cíclico. La granularidad de los datos es un byte, por lo que incluso si usted necesita para transmitir un solo bit, el mensaje se ocupa 1 byte.

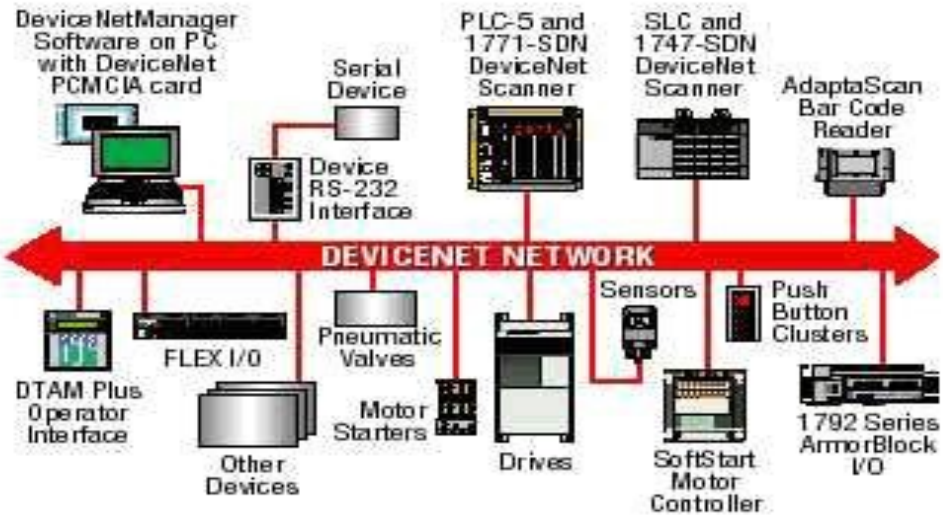



*Fig.9.* Red de DeviceNet maestro/esclavo.

Además de Profibus y DeviceNet en la planta son usados estándares tales como Ethernet, Modbus, Interbus, HART, CAN OPEN y mucho más. La tabla siguiente enumera ocho componentes de las especificaciones usadas.

| DeviceNet | ProfiBus | Ethernet | InterBus |
|---|---|---|---|
| PC Cards | PC Cards | PC Cards | PC Cards |
| Chips | Chips | Chips | |
| Tools | | | |
| Protocol Converters | Protocol Converters | Protocol Converters | Protocol Converters |
| Specifications | Specifications | Specifications | Specifications |
| | | | |
| **Modbus** | **CAN Adapters** | **CAN Open** | **ControlNet / ASI / RIO** |
| PC Cards | PC Cards | PC Cards | CN PC Cards |
| Chips | Chips | Chips | ASI PC Cards |
| | Tools | Tools | RIO/DH+ Cards |
| Protocol Converters | | Protocol Converters | CN Specifications |
| | Specifications | Specifications | ASI Specifications |

En esta dirección http://128.121.135.22/ se llama la tabla y se tienen enlaces a los componentes de red correspondiente (las tarjetas de PC, Chips, convertidores de protocolo, especificaciones) de la empresa **Grid Connect Factory Comm (USA).**

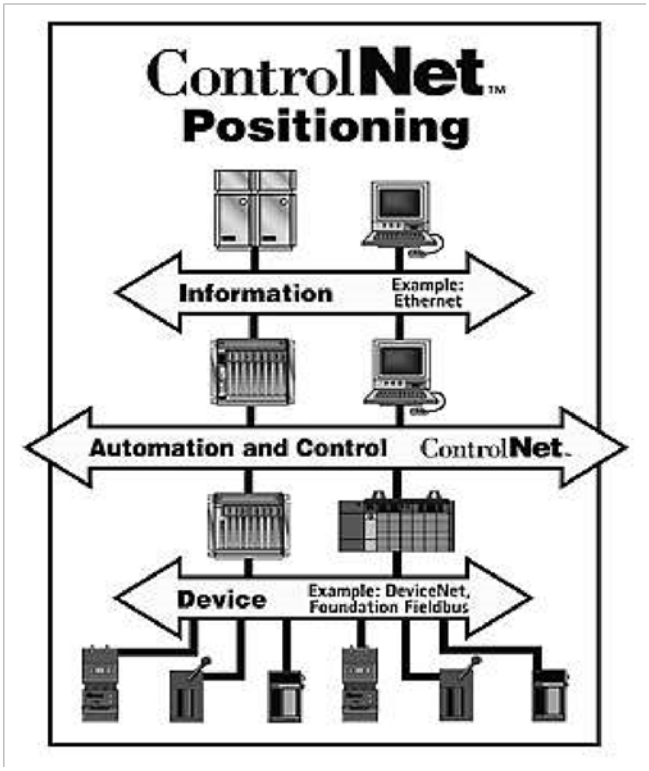
## Redes industriales de nivel control

Las redes industriales de nivel de "control" ocupan un lugar importante en la estructura de los sistemas de control automático y comunicaciones de la red (SACNC). Son el segundo nivel de

la jerarquía en control industrial y cruce para los requisitos de dos niveles adyacentes. En este nivel es realizado el control de los procesos en tiempo real, configuración, están interactuando entre diferentes tipos de estaciones de operador PC, controladores, dispositivos para el diagnóstico y programación (fig. 10).

Aquí, el flujo de información consiste principalmente en el **intercambio de programas, parámetros, datos e información de control para los controladores**. En los procesos con corto tiempo de inactividad de las máquinas esto se hace durante el proceso de fabricación, sin ser interrumpido. Para los controladores con memoria limitada se necesitan cargar subrutinas durante un ciclo de producción que determina la necesidad de **sincronización**. La comunicación sobre un "control" de nivel es intenso, con pequeños y medianos paquetes y con mayores requerimientos de fiabilidad, inmunidad al ruido y la previsibilidad. Estas características se deben al hecho de que la mayor parte de la información transmitida ha sido diseñada para el **control de procesos en tiempo real**.

El nivel "control" permite cambiar funciones IO y conexiones peer-to-peer entre controladores programables, sistemas de control descentralizados y sistemas informáticos utilizados por la interfaz hombre-máquina (HMI - Human Machine Interface), los registros de eventos pasados y de vigilancia (control de supervisión).Por lo tanto, ofrece transmisiones de alta velocidad, y todos los dispositivos tienen acceso directo a la información. Por otra parte, las redes de este nivel pueden incluir múltiples bucles y estructuras de control para el control de lógica discreta, señalización y enclavamiento. Esto permite una **reducción significativa de cableado y la intercambiabilidad de los módulos de función** producidos por diferentes fabricantes dentro de la misma norma.




Redes de comunicaciones industriales - modelo tres capas. Nivel campo y nivel control.

Fig.10. Redes de control en una jerarquía de redes industriales

Las redes se basan en el mecanismo de comunicación entre productores y consumidores (véase la Tarea 1 Material de formación). Esto asegura la plena utilización del entorno de red y reducir el tráfico de red que se transmite una vez y todos los nodos de datos pueden utilizar el mensaje, no dependiendo del número de consumidores. Es posible incluir nuevos dispositivos sin comprometer la sincronización de la red y los datos al ser enviados simultáneamente a todos los puntos.

Otras características de las redes de "control" son los siguientes:

• El determinismo de comunicación de la red;

• Mantenimiento de la transmisión de datos de alta velocidad (5-12 Mbit / s);

• El control adaptativo de datos de entrada y de salida;

• simplificado de programación y configuración automática de la red;

• El uso de dispositivos de entrada-salida y controladores lógicos programables de diferentes fabricantes.

Redes industriales de "control" de nivel se utilizan en la construcción de **sistemas abiertos para el control**, ya que ofrecen soluciones flexibles en el proceso de instalación y operación. Como ejemplos de las especificaciones se pueden observar **ControlNet**, **Profibus**, y el cada vez más utilizado **Ethernet / IP**.

## Especificaciones de la red ControlNet

En ControlNet la especificación de red está diseñado para satisfacer los requisitos de nivel de "control" SACNC para aplicaciones de alta velocidad como operar en tiempo real. ControlNet es un protocolo de comunicaciones abierto, como DeviceNet es una aplicación del Protocolo Industrial Común (CIP).

En 2008 con el apoyo de la organización ControlNet International, se une con minoristas, distribuidores y usuarios de la tecnología ControlNet. Desde 2008 esta tarea se llevó a cabo por la **Open DeviceNet Vendors Association (ODVA).** En la figura 11 se muestra la relación entre CIP, ControlNet y el modelo OSI. ControlNet usa el método de especificación tiempo concurrente Domain (Acceso múltiple CTDMA), donde los dispositivos de transmisión de datos en todos los espacios de la red y el ancho de banda son estrictamente determinista y tienen distribución en el tiempo. A nivel físico ControlNet usa el tipo de cable coaxial RG-6 (con la longitud del segmento de hasta 1.000 m) y los conectores BNC. De esta manera las instalaciones están utilizando tecnología para varias aplicaciones disponibles para muchos fabricantes. Los cables ópticos también se aplican para aumentar la longitud máxima de los segmentos (hasta 30 km dependiendo del tipo de fibra), y la protección contra la interferencia electromagnética. La velocidad de transmisión de datos es **5 Mbps** y la codificación utilizada de

bits es de tipo **Manchester**. Los paquetes incluyen un campo de 16 bits para una mayor depuración. La especificación permite la llamada línea de reserva caliente. En ella los dispositivos de la red están conectados por dos cables y continuamente escuchan a la señal. Se utiliza este enlace, donde la señal tiene una mejor calidad. ControlNet es adecuado para aplicaciones que requieren el determinismo, el rendimiento y datos de gran volumen, la transferencia de datos de entrada-salida durante grandes distancias y de control sincronizado. Las redes ControlNet se utilizan en sistemas de control para propulsión eléctrica coordinada, procesos con grandes volúmenes de datos y gran número de controladores lógicos e interfaces hombre-máquina.

Las redes ControlNet **soportan diferentes topologías, incluyendo lineal, árbol, anillo, y combinaciones de ellos**. En el caso más general, ControlNet alquila las *líneas troncales*, a la que por desviaciones (drop-lines) de longitud de un metro y dispositivos de tomas se conectan los nodos individuales. Las direcciones de los nodos individuales en la red ControlNet están en el rango de 0 a 99. Típicamente la longitud de trabajo con dos nodos es de 1000 m, con 48 nodos es de 250 m, y hasta 25 km, en el caso de que se incluyen repetidores y conectar múltiples segmentos de red.

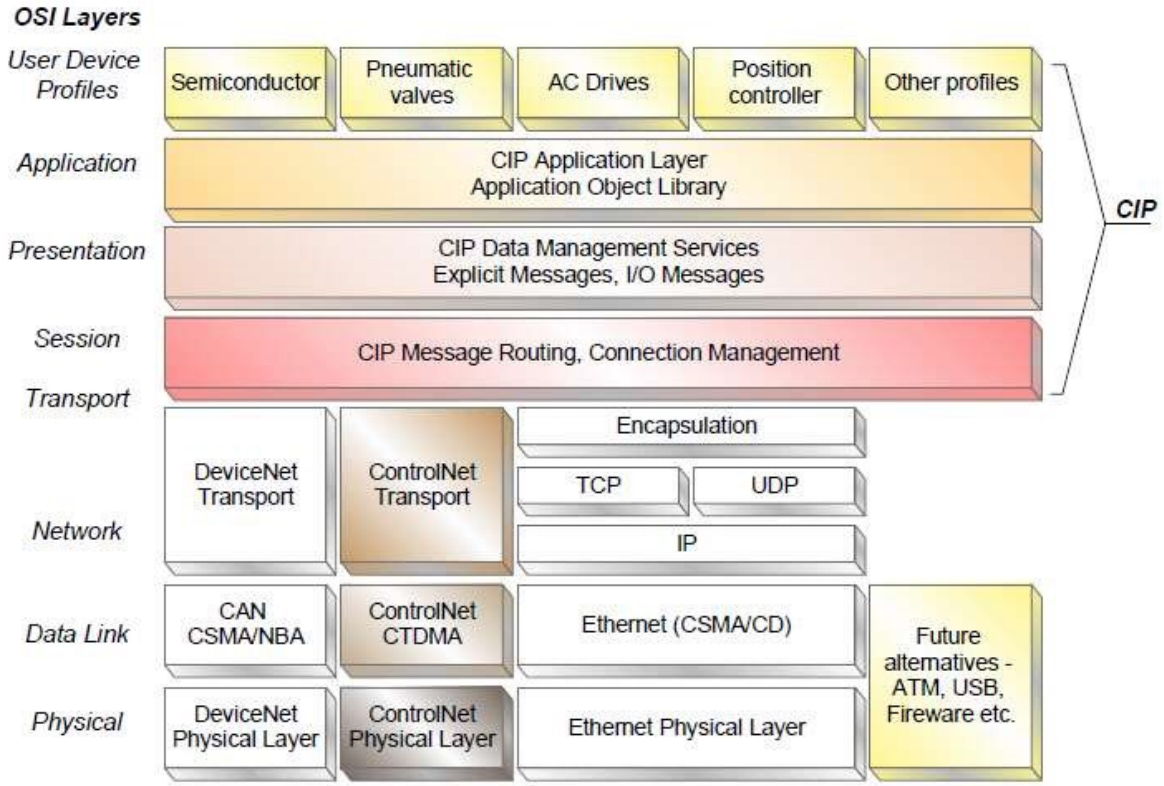
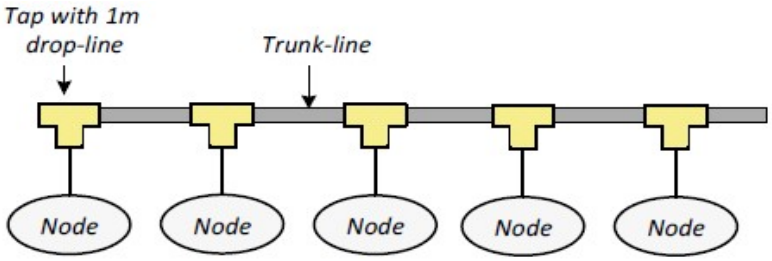



*Fig.11.* Relación entre CIP, ControlNet y el modelo OSI. En las figuras 12 a, b, c a continuación se muestran las diferentes estructuras del sistema ControlNet.



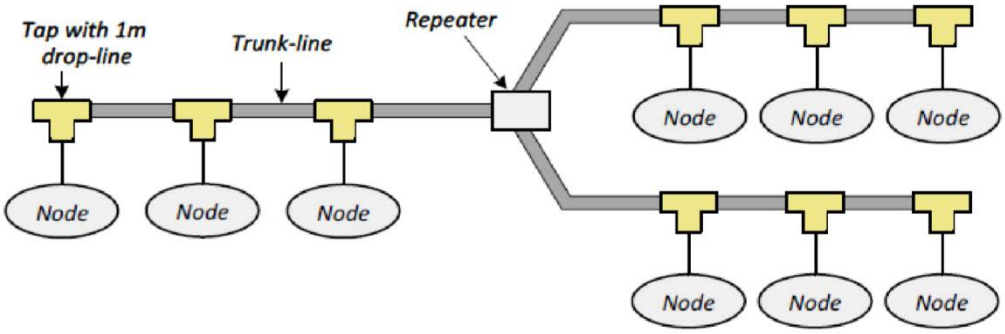




*Fig. 12a.* Estructura de línea de DeviceNet

*Fig. 12b.* Estructura de árbol de DeviceNet

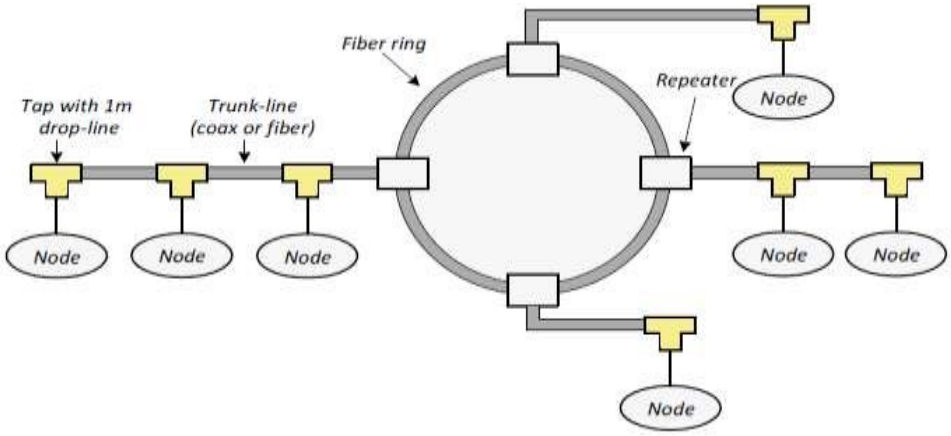



*Fig. 12c.* Estructura híbrida de DeviceNet

**Los métodos de comunicación**

En el nivel del canal de ControlNet se usa un método **CTDMA (Tiempo concurrente dominio Multiple Access),** en la que el tiempo absoluto se divide en intervalos repetidos - Tiempo de actualización de red (NUT) (fig. 13). La longitud de la NUT puede ser establecida entre 2 ms y 100 ms. En cualquier el momento de la transmisión se divide en tres intervalos:

• Espacio Reservado (programado) - servicio de mensajes críticos de tiempo programado (de servicio);

• El intervalo libre (no programada) - servicio de información de tiempo no crítico (servicio no programado);

• Rango Protegida (oficial, banda de guarda) - proporciona la sincronización de la red (servicio de mantenimiento de la red).

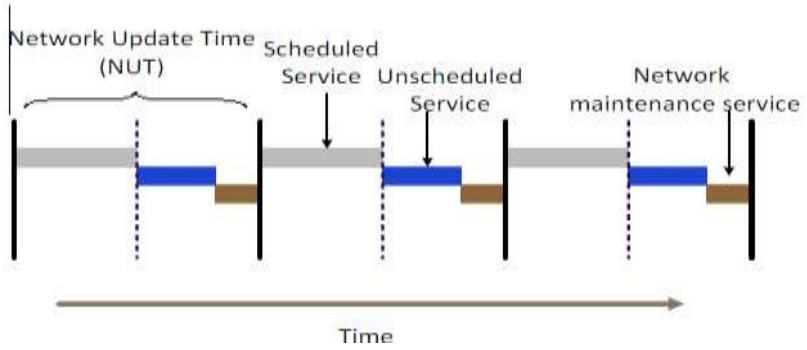



*Fig. 13.* Método de acceso a los buses CTDMA

**Clases de dispositivos en las redes ControlNet**

ControlNet soporta cuatro clases diferentes de dispositivos:

• Los servidores de mensajes explícitos - dispositivos que cumplan solamente los mensajes explícitos (obvio);

• E / S Servidores de mensajes - conocidos como adaptadores, estos dispositivos una vez establecida la conexión E / S pueden enviar varios mensajes de diferente naturaleza;

• Adaptadores con cliente de mensajes explícitos - conocidos como escáneres, estos dispositivos incluyen la funcionalidad del cliente / servidor de E / S, y el mensaje explícito de cliente / servidor.

**Aplicación del CIP en el ControlNet**

Las capas superiores de la red ControlNet utiliza la funcionalidad de la CIP y asegura la transmisión de datos más eficiente entre los dispositivos maestros, que algunas otras redes que operan a velocidades de transmisión más altas.

Los mecanismos de comunicación pueden ser **iguales (peer-to-peer) o de grupo (multidifusión).** El uso de diferentes clases de transporte permite la detección de duplicación, la confirmación de la aceptación, y la inspección y fragmentación de los mensajes. Además de los objetos estándar definidos en el CIP, ControlNet utiliza tres sitios adicionales:

• ControlNet Object - contiene los parámetros de comunicación de la relación;

• ControlNet Guardián Object - contiene información sobre la estructura y la configuración de la red;

• Objeto Programación ControlNet - contiene información sobre el servicio de mensajes durante el tiempo es crítico.

En la figura 14 se muestra un ejemplo de la arquitectura de la red ControlNet.

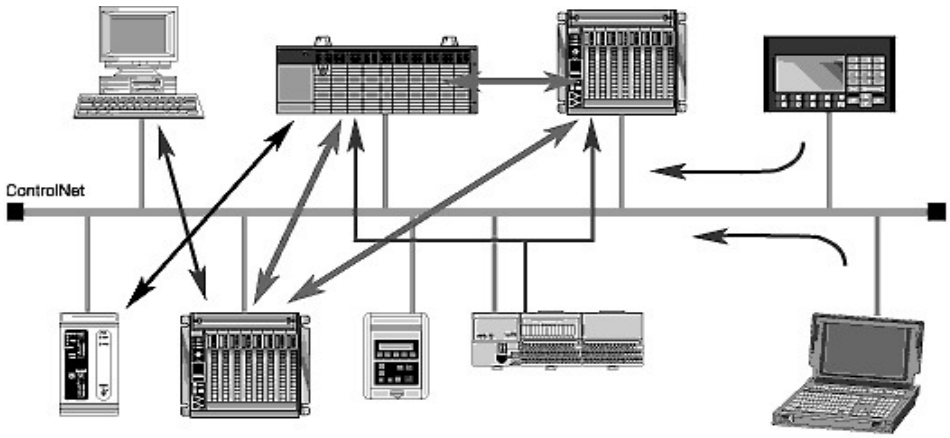



*Fig.14*. Arquitectura de la ControlNet