

Master en automática, robótica y telemática

## Redes Locales en la Industria

### Nueva Asignatura

- Profesorado
  - Antonio Estepa (aestepa@trajano.us.es)
  - **Rafael Estepa** (rafa@trajano.us.es)
- Metodología
  - Clases Teóricas
  - Trabajo de investigación (individual) (aprox. 50h)
  - Examen
- Evaluación
  - $0.25 \times \text{participación} + 0.4 \times \text{trabajo} + 0.35 \times \text{examen}$

## Temario

- **INTRODUCCIÓN A LAS REDES INDUSTRIALES**
  - REPASO DE LAS REDES DE COMUNICACIÓN DIGITALES: funcionamiento y normalización
  - APLICACIONES DE LAS REDES DE COMUNICACIÓN EN ENTORNOS INDUSTRIALES
  - REQUISITOS DE LAS REDES DE COMUNICACIÓN EN ENTORNOS INDUSTRIALES
  - CLASIFICACIÓN DE LAS REDES DE USO INDUSTRIAL
- **BUSES DE CAMPO**
  - INTRODUCCIÓN A LOS BUSES DE CAMPO: HISTORIA, CLASIFICACIÓN Y NORMALIZACIÓN
  - BUSES A NIVEL DE SENSOR: BUS CAN
  - BUSES A NIVEL DE DISPOSITIVO: DEVICE-NET , PROFIBUS
  - FOUNDATION FIELDBUS, PROFIBUS-PA
- **ETHERNET INDUSTRIAL**
  - INTRODUCCIÓN A ETHERNET
  - CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE ETHERNET
  - PROTOCOLOS INDUSTRIALES EN ETHERNET
- **COMUNICACIONES INDUSTRIALES INALÁMBRICAS**
  - INTRODUCCIÓN A LAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS
  - INTRODUCCIÓN A LAS REDES INALÁMBRICAS DE SENSORES

Redes Locales en la Industria

## Introducción a las redes locales en la industria

## Índice

- Repaso de las redes de comunicación digitales
- Aplicaciones de las redes de comunicación en entornos industriales
- Requisitos de las redes de comunicación en entornos industriales
- Clasificación de las redes de uso industrial

## Repaso de las redes de comunicación digitales

- Red: sistema de interconexión
  - Posibilita el intercambio de información entre nodos (equipos informáticos o dispositivos)



● Nodo



☁ Red

## Red: sistema de interconexión

- Formas de Interconexión
  - Directa
    - Enlace Punto a Punto
    - Enlace Multipunto
  - Indirecta
    - Nodos especiales de interconexión
      - A nivel de enlace
      - A nivel de red

## Red: sistema de interconexión

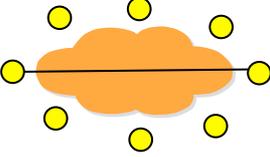
- Interconexión Directa entre nodos
  - Enlace Punto a punto

```
#include<stdio.h>
#include<red.h>
main(){
  int a,b,suma;

  do{
    scanf("%d %d",&a,&b);
    ENVIA(ORDENADOR B:PROCESO 14,a,b);}

#include<stdio.h>
#include<red.h>
main(){
  int a,b,suma;

  do{
    RECIBE(a,b);
    SUMA+=b;
    ENVIA(ORDENADOR A,PROCESO 10, SUMA)}
```





¿qué caracteriza a un enlace?  
 ¿qué tipos de enlaces conoces?  
 ¿qué limitaciones tienen este tipo de enlaces?

## Características Básicas de un enlace

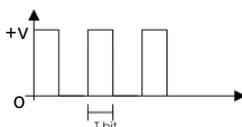
- **SERVICIO:** Hace llegar datos digitales ( $\{0, 1\}$ ) de un extremo a otro mediante la transmisión y recepción de señales eléctricas
  - Los  $\{0, 1\}$  representan bits (bytes) que a su vez representan datos
- Para ello se necesitan algunas tareas físicas/eléctricas ...
  - Conectores y medio físico del enlace (p.e. UTP, fibra, radio)
  - Los 0s y 1s son transmitidos eléctricamente a una velocidad determinada
  - **Régimen binario** → a la velocidad que las NIC pueden "empujar" los bits a través del enlace



9

## Transmisión por un enlace

- **Transmisión (radio)elétrica de señales digitales**
  - pulsos codificados y transmitidos (en banda base o desplazados en frecuencia) que representan 0s y 1s
  - Ejemplos de códigos: (de un solo nivel de voltaje)
    - Unipolar:  $1 \rightarrow +v, 0 \rightarrow 0$
    - Polar:  $1 \rightarrow \{+v, -v\}, 0 \rightarrow 0$
    - Bipolar:  $1 \rightarrow \{+v/-v\}, 0 \rightarrow 0$
  - El voltaje se mantiene durante un tiempo determinado (tiempo de bit)
  - Régimen binario: el número de bits transmitidos en un segundo
  - El código empleado dependerá de la tecnología del enlace



10

# Problemas en la transmisión en los enlaces

- Atenuación

- La señal (radio) eléctrica se atenúa con la distancia



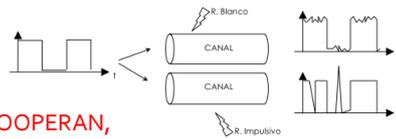
- Distorción:

- La señal original se deforma debido a las características inductivas y capacitivas de los diferentes medios de transmisión (dep. de la frecuencia)



- Ruido

- perturbación o interferencia no deseada que se introduce en el canal de comunicaciones y se suma a la señal útil



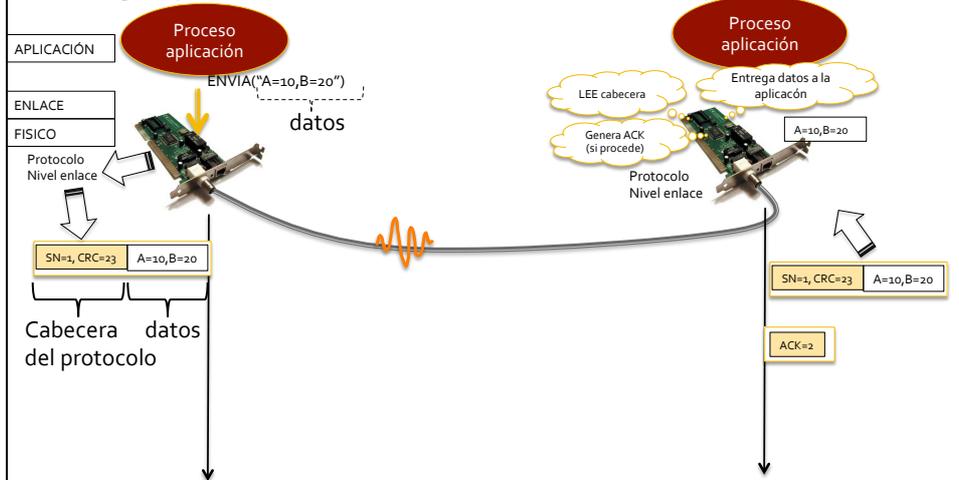
HACEN QUE EL RECEPTOR NO PUEDA INTERPRETAR CORRECTAMENTE LA SEÑAL ORIGINAL

SI AMBOS EXTREMOS COOPERAN, SE PUEDE INTENTAR "ARREGLAR"

11

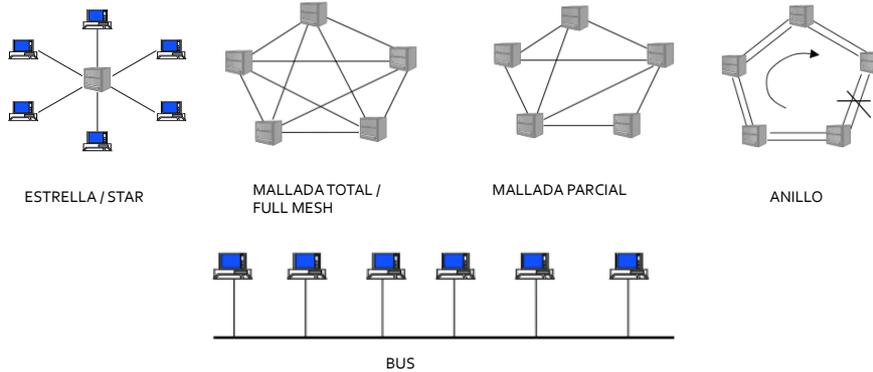
# Funcionamiento básico de un enlace: protocolo de nivel de enlace

- Protocolo: Añade a los datos información de control para ofrecer su servicio de transmisión "fiable"
- Ejemplo de funcionamiento: servicio de transporte fiable



## ... mas sobre redes de enlaces

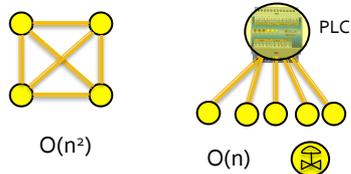
- Topología de una red de enlaces: la forma en la que se interconectan los nodos



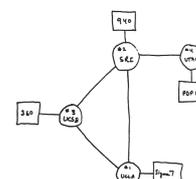
13

## Limitaciones de un enlace P2P

- Sólo pueden conectar DOS nodos
  - Coste de cableado y NICs



- Otros aspectos físicos
  - Distancia máxima
  - Ruido

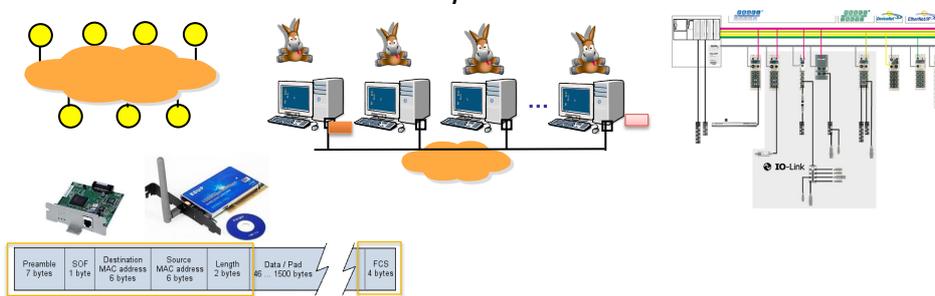


THE ARPANET NETWORK  
DEC 1969

4 NODOS  
FIGURE 6.2 Drawing of 4 Node Network  
(Courtesy of Alex McKenzie)

## Otra forma de interconexión directa: enlaces de acceso múltiple

- Enlace de Acceso Múltiple (compartido, multi-drop)
  - Posibilidad de Colisión en el medio compartido
  - Identificación de cada nodo del enlace
- Protocolos en las NICs mas complejos
  - Identificación de las NICs, control de acceso al medio



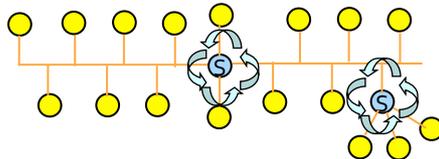
## Limitaciones en los Enlaces de acceso múltiple: escalabilidad

- Número de nodos
  - Afecta a las prestaciones (rendimiento del enlace)
- Distancia entre nodos
  - Protocolo de acceso al medio
  - atenuación

## Interconexión Indirecta

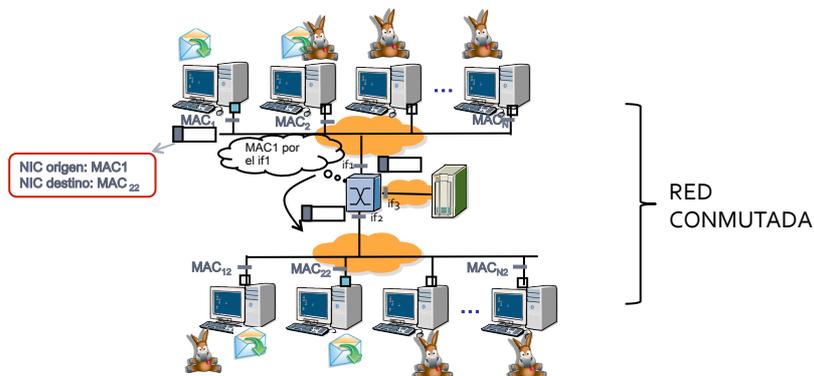
- Conmutadores de Nivel de Enlace
  - Extienden el alcance de la red
  - Reenvían las tramas entre sus enlaces
  - Mejoran las prestaciones de la red
- Uso masivo en las redes de PC
  - ... y en las redes de campo heter.

Bridge  
(switch)



## Conmutadores de nivel de enlace

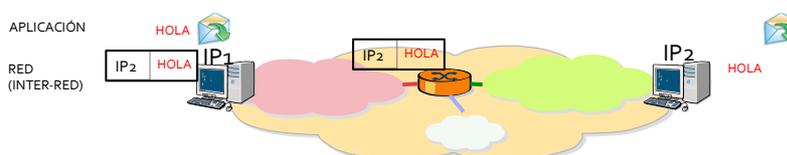
- Reenvían las tramas por sus enlaces (puertos) en función del destino
- Tienen “memoria” sobre el puerto al que pertenece cada equipo
  - Cada NIC debe tener una dirección de nivel de enlace (MAC o física)
  - La cabecera de las tramas indica la MAC destino y origen de la trama
- Son “invisibles” para el resto de nodos.



18

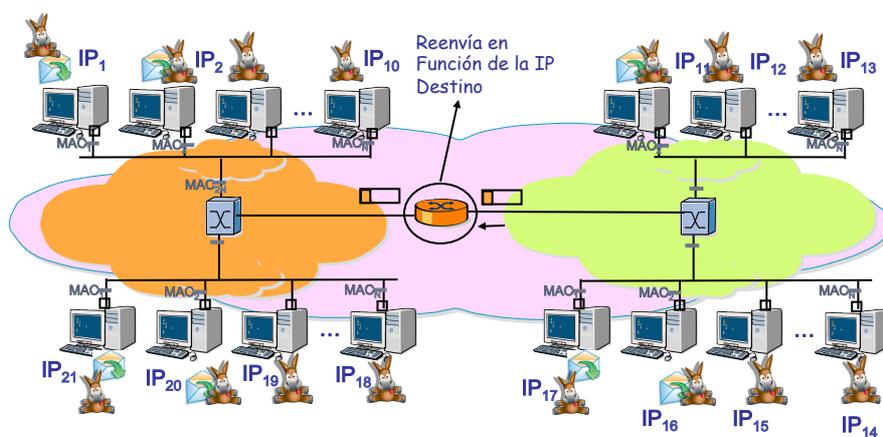
## ... y llegó Internet

- Idea: conexión entre diferentes redes mediante la creación de una red "lógica"
  - Otra forma de interconexión indirecta:
    - alcance ilimitado
  - Uso de nodos de interconexión: routers
  - Nueva capa lógica: inter-red = red
    - Nuevo protocolo: Internet Protocol
    - Nuevas direcciones lógicas: IP



## No confundir ...

- Direcciones de nivel de enlace y de nivel de inter-red

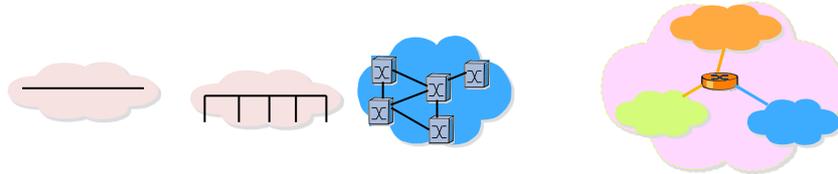


## Resumen



- Interconexión en una red
  - Directa: uso de enlaces
    - punto-a-punto;
    - acceso múltiple
  - Indirecta: uso de conmutadores de paquetes
    - Redes Conmutadas (LAN): switches
    - Conjunto de redes conmutadas inter-net: routers
- INTERNET: inter-red con extensión mundial

¿NECESITAMOS SIEMPRE IMPLEMENTAR UNA INTER-RED?



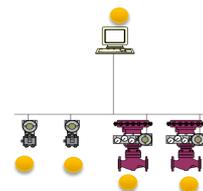
## ¿cómo se comunican los procesos de aplicación?

- Protocolo de aplicación: diálogo entre procesos
- Formas tradicionales en el mundo de Internet

- Cliente/Servidor
- P2P



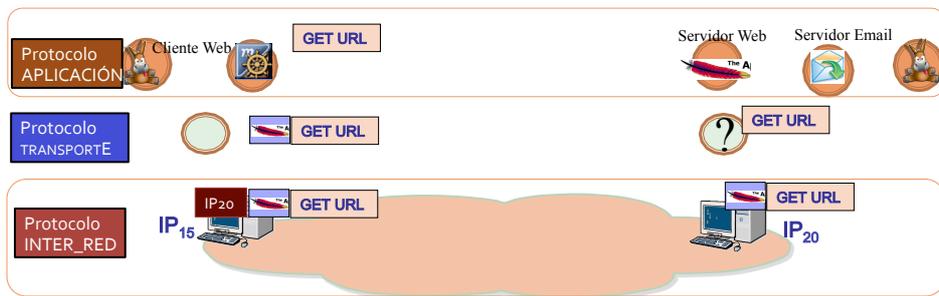
- ¿se mantendrán como dominantes en las redes de aplicación Industrial?



## ¿ y si los nodos ejecutan mas de un proceso de aplicación?

- Un protocolo de transporte ofrece comunicación lógica **entre procesos** de aplicación que se ejecutan en hosts remotos
  - Sólo se implementa en los sistemas finales
  - Usa el servicio del protocolo de red (inter-red)
- Funcionamiento básico
  - Extremo emisor: encapsulan el mensaje de la aplicación añadiendo información para identificar el proceso de aplicación destino y origen.
  - Extremo receptor: aviso al proceso de aplicación correspondiente

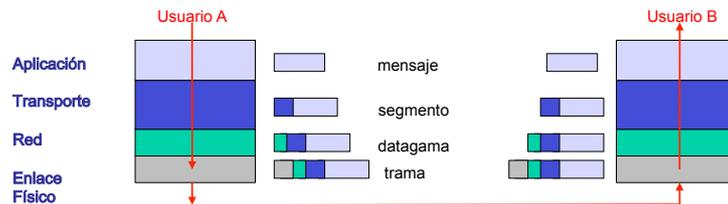
**NO SUELE SER EL CASO EN LOS NODOS DE UN PROCESO INDUSTRIAL**



23

## Modelo de Capas de Internet

- Cinco capas
  - Protocolos definidos para dar servicio en cada capa



**NO TIENE POR QUÉ SEGUIRSE EN UNA RED INDUSTRIAL**

# Aplicación de las redes en entornos Industriales

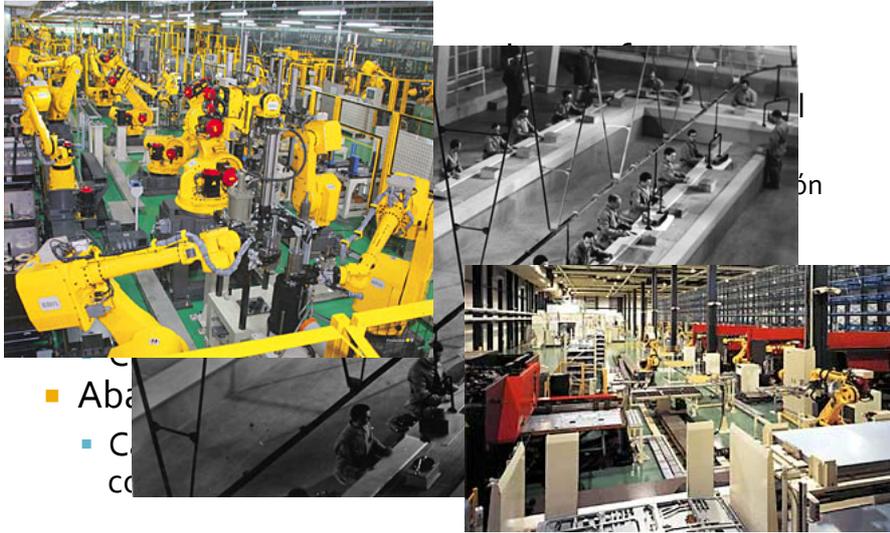
Sección 2

## Ámbitos de aplicación de las redes de datos en la industria

- Muy diferentes ámbitos de aplicación
  - Gestión de Edificios (Domótica)
  - Industria de manufacturación
  - Generación y transporte de energía
  - Sistemas de Climatización
  - Automoción
  - Electrónica de consumo
  - Industria Aeroespacial
  - ....



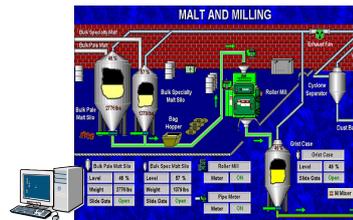
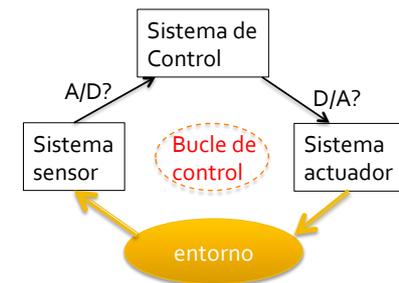
## Procesos Industriales de Fabricación



- Aba
- C
- co

## Procesos Automatizados, elementos clave

- Sensor (I) 
  - Convierte una magnitud física a una señal eléctrica a muestrear
- Actuador (O) 
  - Traduce señales eléctricas a actuaciones en el sistema controlado
- Controlador 
  - PLC o SCADA

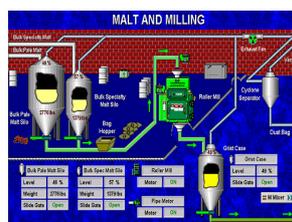


## Tipos de sistemas de fabricación

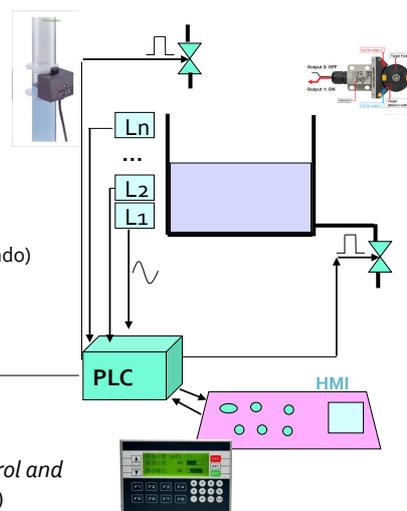
- Proceso continuo
  - Modelo de proceso continuo tanto en el tiempo como en el procesado de los materiales
  - Control Realimentado es importante
    - Suelen incorporar sistemas SCADA de gestión
- Proceso discreto
  - Se realiza una (o conjunto) acción con patrones temporales y flujo de materiales discretos
  - Mecanismos de control de eventos discretos
    - Las máquinas intercambian señales de eventos que pueden efectuar tareas de sincronización y avance del procesado
  - Suelen usar Autómatas programables (PLC) específicos e integrados en las máquinas o externos de uso general
- Proceso por lotes (batch): proceso mixto

## Ejemplo (I): control de tanque

- Elementos:
  - Equipos
    - Sensores
    - Actuadores
  - Interfaz Hombre-Máquina (HMI)
  - Supervisión (PC)
  - PLC (programmable Logic Controller)
- Tipos de Control
  - Continuo o analógico (ejemplo: nivel)
  - Discreto o lógico (ejemplo: llenado y vaciado)

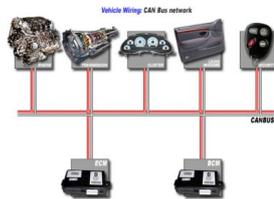


SCADA  
(supervisory control and data acquisition.)



## Ejemplo (II): sistemas de automoción

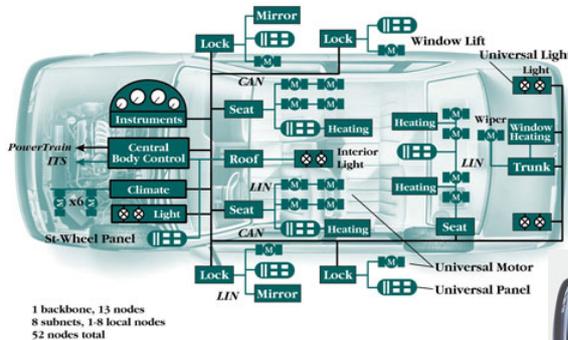
- **VW Phaeton:**
  - 11.136 componentes electrónicos
  - 61 Agrupaciones de Componentes Electrónicos: comunicación
    - 35 conectadas mediante bus CAN
    - Sub-redes basadas en comunicaciones serie:
      - Fibra óptica para mayor BW
    - Aproximadamente: 2500 señales



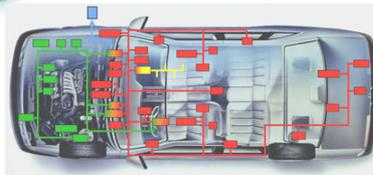
R. Estepa

## Ejemplo (II): sistemas de automoción

- **BUS CAN**
  - Diferentes velocidades dentro de cada enlace para cumplir con requisitos temporales críticos



1 backbone, 13 nodes  
8 subnets, 1-8 local nodes  
52 nodes total



R. Estepa

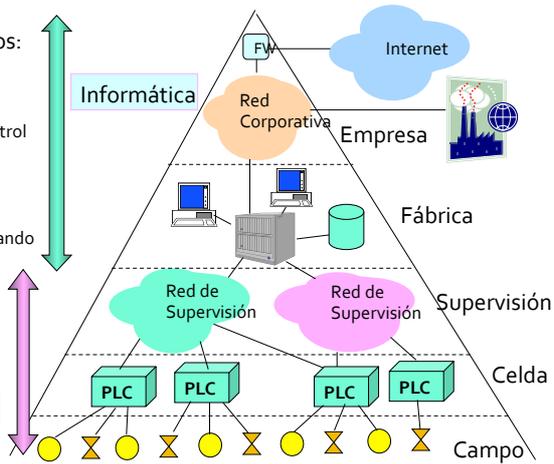
32

# Integración de sistemas

- Diversos niveles jerárquicos:

- Empresa
- Fábrica:
  - Producción, almacén, control de calidad, ...
  - Conecta computadores
- Celda:
  - Equipos de control y comando de un área de producción
  - Conecta controladores
- Campo:
  - Dispositivos de campo
  - Sensores, actuadores

Redes Industriales



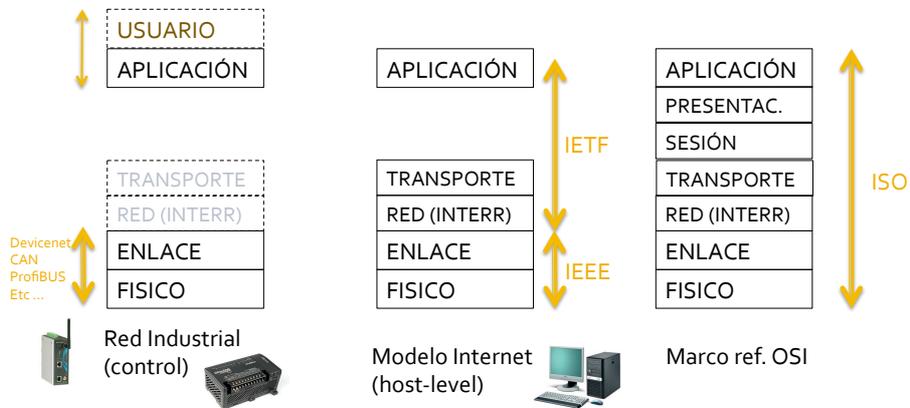
33

R. Estepa

# Modelos de capas en redes de control

- Modelo de capas y organismos de standard.

- Modelo simple si no hay interconexión de redes



## Características de las Redes Industriales

- Red Industrial
  - Red con elevadas restricciones temporales (tiempo real) utilizada en un sistema de producción (instrucciones, supervisión, mantenimiento o gestión)

	Red Industrial	Red de Empresa
Usuario	Procesos	Personas
Tráfico	Determinístico	Aleatorio
Servicios	Predeterminados	Adaptados al usuario
Simultaneidad	Predeterminada	Todos los usuarios
Tiempo de respuesta	Crítico (< 5 ms)	No crítico (> 100 ms)
Método de comunicación	Específico de la aplicación	Genéricos

35

R. Estepa

## Características de las Redes Industriales

- Diversos tipos de datos
  - Datos de control
    - Ejemplo: valor leído por un sensor de nivel
    - Se muestrean y actualizan PERIODICAMENTE
      - Tiempo del orden de ms
      - Si una muestra no llega en el tiempo esperado, se desecha (repite la última)
    - Retrasos pueden provocar la pérdida de control
  - Datos de comandos (instrucciones)
    - Ejemplo: puesta en marcha
    - Se producen de forma aperiódica
      - Si no llegan no se produce la acción
      - Si se desordenan puede haber una acción errónea

36

R. Estepa

## Características de las Redes Industriales

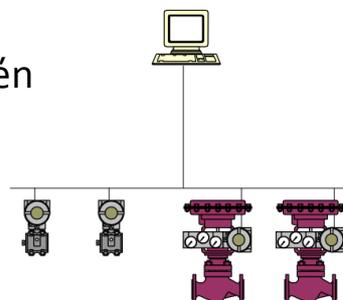
- Diversos tipos de datos:
  - Datos de alarma:
    - Ejemplo: actuación de protección
    - Se producen por ráfagas hasta que se las reconoce
      - Si no llegan puede haber una acción correctiva errónea
    - Retardos pueden producir riesgos para personas e instalaciones
  - Datos de supervisión:
    - Ejemplo: monitorización de la velocidad de un motor
    - Pueden ser periódicos o aperiódicos
      - Admiten grandes retardos e incluso pérdidas de algunas muestras
- Existen datos prioritarios para los sistemas de explotación
  - Gestionados por tiempo (time-triggered)
    - Concepto de ciclo. Ejemplo: control de procesos continuos (lazo PID)
  - Gestionados por eventos (event-triggered)
    - Requieren reglas de ordenamiento y priorización. Ejemplo: alarmas, comandos

R. Estepa

37

## Formas de comunicación de las aplicaciones en entornos industriales

- Depende de los procesos de aplicación
- En redes de hosts (internet)
  - Cliente / Servidor
- En redes industriales también
  - Maestro/Esclavo
  - Publicador/Subscriber
  - Fuente/sumidero



## Formas de comunicación (II)

### ■ Cliente-Servidor (uso industrial)

#### ■ Ventajas

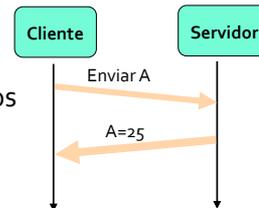
- Modelo genérico. Gran cantidad de servicios
- Permite mecanismos de control (ACK)

#### ■ Inconveniente

- Tiempo de respuesta no acotado
- Evita la simultaneidad temporal
  - Peticiones simultaneas son tratadas secuencialmente
  - Un cliente no puede enviar datos a dos servidores distintos al mismo tiempo

#### ■ Adecuado

- Comunicaciones punto a punto
- Intercambio de datos dirigido a eventos



## Maestro/Esclavo

### ■ Entre un maestro y varios esclavos

- Maestro: gobierna cualquier iniciativa de comunicación (nivel jerárquico superior)
- Esclavos: responden a las peticiones del maestro si corresponde

### ■ Dos posibles formas de comunicación

- Pregunta – respuesta (el maestro pregunta)
- Difusión sin respuesta (el maestro difunde)

### ■ Usado en la comunicación entre PCL y SCADA

## Formas de comunicación (III)

- Productor/Consumidor
  - Difusión
  - Iniciativa del productor
    - Los nodos productores tienen asociado un procedimiento de producción de mensajes que puede ser disparado por tiempo o por evento.
    - Los mensajes son identificados por su contenido (p.e. Por un campo de identificador de mensaje), cualquier nodo puede "consumir" el mensaje al identificarlo
  - Varios consumidores ven el mismo valor correspondiente al mismo instante de tiempo en el mismo mensaje de red .
    - Coherencia temporal
  - Modalidades
    - Modalidad pull-model: con un nodo gestor de tráfico que hace la petición al productor. Éste sólo tiene que poner la información a disposición de los consumidores.
    - Modalidad push-model: sin gestor de tráfico. Primero aplica el paradigma cliente-servidor y, después el de productor-consumidores



## Resumen de las principales formas de comunicación

### ■ Comparativa

Palabra a enviar	Modelo cliente-servidor	Modelo productor-consumidor	Modelo de publicación-suscripción
Tipo de comunicación	Entre iguales ( <i>Peer-to-peer</i> )	Difusión ( <i>Broadcast</i> )	Multidifusión ( <i>Multicast</i> )
Estilo de comunicación	Orientada a la conexión	Sin conexión explícita	Sin conexión explícita
Relación maestro-esclavo	Uno o varios maestros	Varios maestros	Varios maestros
Servicios de comunicaciones	Confirmados, sin confirmar, con confirmación	Sin confirmar, con confirmación	Sin confirmar, con confirmación
Clases de aplicaciones	Transferencia de parámetros, comunicación cíclica	Notificación de eventos, alarmas, eventos, sincronización	Cambios de estado y notificación de eventos

# Requisitos de las redes de comunicación en entornos industriales

Sección 3

## Requisitos en una Red Industrial

- Una red industrial debería ser capaz de...
  - Transportar paquetes de información en un tiempo acotado
  - Transmitir datos periódicos antes que vuelvan a ser muestreados
  - Transmitir datos aperiódicos en un tiempo acotado
  - Muestrear de forma simultánea y periódica una cierta cantidad de entradas
  - Verificar consistencia
    - Temporal: si el retardo sufrido por el transporte hace inservible el dato
    - Espacial: si un dato enviado a varios sitios es el mismo en todos ellos.
    - Los datos deben llegar en el orden apropiado
  - Permitir transmisiones
    - Punto a punto y punto a multipunto (sincronización)
  - **Bajo coste en todo el ciclo de vida de la aplicación**

44

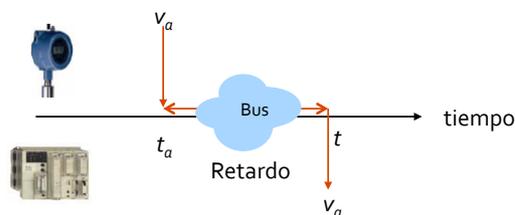
## Requisitos de una Red Industrial

- Consistencia temporal relativa
  - Muestras de distintas señales deben correlarse en el tiempo
  - El retraso entre los instantes de muestro de las diferentes señales debe estar acotado
    - Sean las variables  $V_a$  y  $V_b$  tomadas en los instantes  $t_a$  y  $t_b$
    - Se dice que las muestras tienen consistencia temporal relativa si  $|t_a - t_b| < R$ 
      - Donde R: Umbral de consistencia temporal relativa (normalmente es una fracción del periodo de muestreo)
  - Ejemplo:
    - Cálculo de la posición de un brazo de un robot
    - Posición de diversas partes en un instante dado



## Requisitos de una Red Industrial

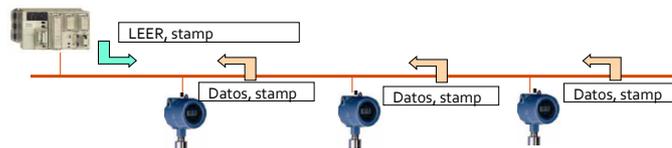
- Consistencia temporal absoluta
  - En un instante de tiempo  $t$ , la variable (dato recibido)  $v_a$  se considera consistente en el tiempo de forma absoluta si:
    - $t - t_a \leq A_a$
    - Donde
      - $t_a$ : instante en que se tomó el valor de la variable  $v_a$ .
      - $A_a$ : umbral de consistencia absoluta para la variable  $v_a$ .



- La ordenación de eventos es un caso especial de consistencia temporal absoluta

## SINCRONISMO Y CONSISTENCIA

- Soporte de sincronismo y consistencia temporal entre distintos nodos.
  - Mensajes de difusión
    - Mensaje enviado a todos los nodos que necesitan comenzar la acción en el mismo instante de tiempo
      - Ejemplo: mensaje de difusión que contiene la acción a realizar
      - Retardos: tiempo de propagación y de recepción del mensaje (muy poco)
      - Requiere de un medio compartido (BUS)
    - Soporte de Consistencia Temporal Relativa:
      - Stamp: valor monótono creciente
      - El consumidor puede verificar la consistencia temporal relativa



R. Estepa

47

## SINCRONISMO Y CONSISTENCIA

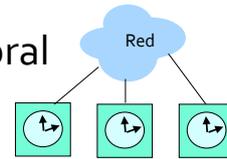
- Sincronismo y consistencia temporal
  - Sincronización de Relojes
    - Todos los dispositivos utilizan la 'misma' señal de reloj
    - Las muestras se transmiten junto con el instante de generación
      - Consistencia temporal relativa, absoluta y coordinación aseguradas
    - Comienza en los años 70. En 1984 Lundelius y Lynd demuestran que para sincronizar  $N$  procesos, la fiabilidad será siempre  $< e(1-1/N)$ 
      - Donde  $e = T_{max} - T_{min}$ , se denomina incertidumbre temporal en la transferencia del mensaje de sincronismo
    - En Internet: NTP (Network Time Protocol)
      - Sincronismo del orden de 100 microsegundos: no es adecuado
    - Protocolo IEEE 1588:
      - Diseñado para sistemas de control.
      - Sincronismos  $< 1$  microsegundo si HW y  $< 10$  microsegundos si SW
      - Salto de router y conmutadores

## SINCRONISMO Y CONSISTENCIA

- Sincronismo y consistencia temporal

- Sincronización de Relojes: IEEE 1588

- Disponible en: <http://standards.ieee.org>



	IEEE-1588	NTP	GPS	TTP	SERCOS
<b>Spatial extent</b>	A few subnets	Wide area	Wide area	Local bus	Local bus
<b>Communications</b>	Network	Internet	Satellite	Bus or star	Bus
<b>Target accuracy</b>	Sub-microsecond	Few milliseconds	Sub-microsecond	Sub-microsecond	Sub-microsecond
<b>Style</b>	Master/slave	Peer ensemble	Client/server	Distributed	Master/Slave
<b>Resources</b>	Small network message and computation footprint	Moderate network and computation footprint	Moderate computation footprint	Moderate	Moderate

## SINCRONISMO Y CONSISTENCIA

	IEEE 1588	NTP	GPS	TTP	SERCOS
<b>Latency correction</b>	Yes	Yes	Yes	Configured	No
<b>Protocol specifies security</b>	No (V2 may include security)	Yes	No	No	No
<b>Administration</b>	Self organizing	Configured	N/A	Configured	Configured
<b>Hardware?</b>	For highest accuracy	No	RF receiver and processor	Yes	Yes
<b>Update interval</b>	~2 seconds	Varies, nominally seconds	~1 second	Every TDMA cycle, ~ms	Every TDMA cycle, ~ms

## IEEE 1588

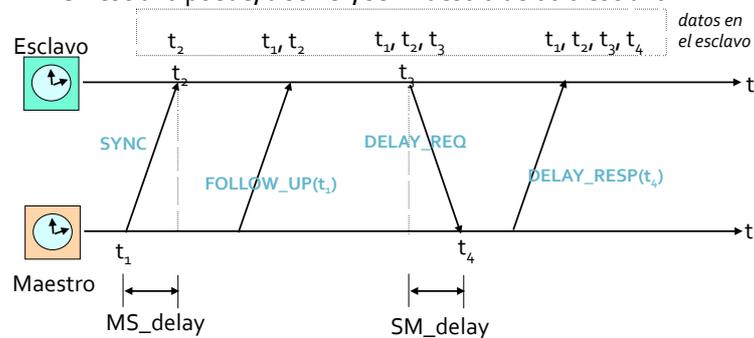
- Objetivos
  - Sincronismo  $< 1\mu\text{s}$  en relojes de tiempo real de componentes diseñados para redes de medida distribuidas y sistemas de control
  - Pensado para componentes relativamente cercanos
  - Aplicable a LAN con soporte de multicast (no sólo Ethernet)
  - Simple de administrar e instalar
    - Requisitos mínimos en red y componentes
  - Soporte de sistemas heterogeneos de reloj con distintas precisiones y estabilidad
- Implementación cercana al nivel físico
  - Evita retardos de Software (aplicación, sistema operativo, ...)

R. Estepa

51

## IEEE 1588

- Funcionamiento básico
  - Maestro-esclavo jerárquico
    - Un esclavo puede, a su vez, ser maestro de otro esclavo



# IEEE 1588

- Funcionamiento básico
  - Tendemos que:
    - $MS\_difference = t_2 - t_1 = offset + MS\_delay$
    - $SM\_difference = t_4 - t_3 = -offset + SM\_delay$
  - Suponiendo que
    - $SM\_delay = one\_way\_delay$
  - $Offset = (MS\_difference - SM\_difference) / 2 = (t_2 - t_1 - t_4 + t_3) / 2$
  - El esclavo corrige su reloj con el Offset
- Ejemplo:
  - Calcule el offset supuesto
    - $MS\_delay = 5$
    - $SM\_delay = 4$

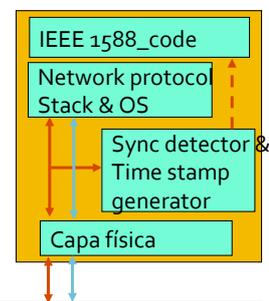


R. Estepa

53

# IEEE 1588

- Mensajes intercambiados
  - SYNC
    - Información sobre las características del reloj
      - Fuente primaria (GPS), oscilador local, stratum...
      - Fiabilidad
      - Varianza (estabilidad y ruido del reloj)
      - Grado de preferencia
      - Tipo (frontera, ordinario)
      - UUID
  - Selección de un reloj maestro en una subred
    - Autoconfiguración basado en las características del reloj (mensajes SYNC)
    - Todos los relojes ejecutan el mismo algoritmo 'Best Master Clock)



R. Estepa

54

## IEEE 1588

- **Fiabilidad**
  - La experiencia ha mostrado que:
    - Es posible fiabilidad de ~100ns con actualizaciones de 2 segundos, osciladores económicos, conmutadores con poca carga.
    - Para fiabilidad < 20 ns es preciso mayor refresco, mejores osciladores, control de las condiciones ambientales (temperatura...)
  - La asimetría de caminos introduce errores
    - Su fuente principal es la diversidad de caminos. Soluciones
      - Control del encaminamiento
      - Medida y ajuste del retardo
    - El medio físico también puede causar asimetría
      - CAT5 tiene una asimetría nominal entre 25-50 ns / 100m
      - Se puede medir y corregir
  - Tener cuidado con los dispositivos en cascada

R. Estepa

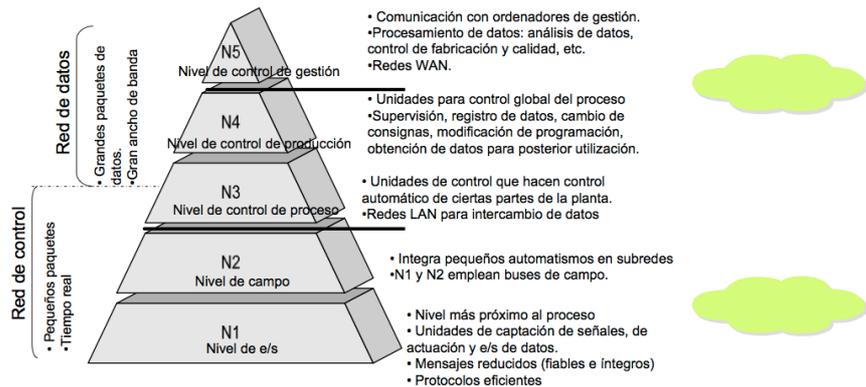
55

## Clasificación de las redes de Uso industrial

Sección 4

# Redes en CIM

- En una empresa hay redes de datos y de control
  - Modelo CIM de 5 niveles



# Buses de Campo

Tema 02

## Buses de Campo

- Utilidad:
  - Se usan para la comunicación entre los sistemas de automatización (autómatas programables) y los dispositivos de campo.
    - **Autómata programable** (definición IEC 61131): Un autómata programable (AP) es una máquina electrónica programable que utiliza una memoria para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario, para implantar soluciones específicas tales como funciones lógicas, secuencias, temporizaciones, recuentos y funciones aritméticas, con el fin de **controlar mediante entradas y salidas, digitales y analógicas** diversos tipos de máquinas o procesos.
      - AP = PLC (Programmable Logic Controller)
    - **Dispositivos de campo**
      - Contactores, Relés, Electroválvulas, actuadores
      - Sensores, ...

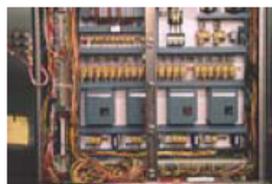
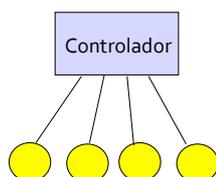


59

R. Estepa

## Buses de Campo

- Evolución
  - Enlaces punto a punto
    - Hace 30 años: basados en el estándar analógico de corriente 4-20mA
    - El cableado se complica cuando crece el número de dispositivos
      - Coste de instalación y mantenimiento
    - Los dispositivos sólo pueden comunicarse con su controlador
    - Inducción de ruido en cables vecinos
      - Especialmente dañinos en entradas analógicas

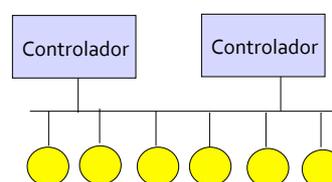


60

R. Estepa

## Buses de Campo

- Desarrollados en los años 80
- Ventajas
  - Menor Coste
    - Sencillez de configuración y mantenimiento
    - Ahorro en cableado
    - Menor coste de expansión
  - Acceso a datos por todos los equipos del bus
    - Permite descentralización de dispositivos inteligentes
    - Mayor modularidad
  - Desaparición de las interfaces de entrada/salida
    - Interconexión de equipos heterogéneos

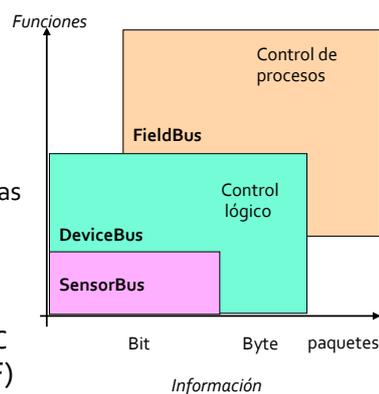


61

R. Estepa

## Buses de Campo

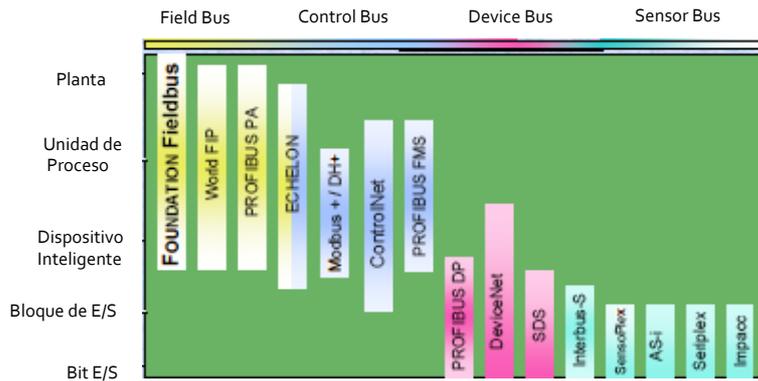
- Clasificación
  - FieldBus
    - Información: palabras o tablas
    - Variables analógicas y digitales
    - Conectan dispositivos, PLC y PC
    - Permiten aplicaciones distribuidas
  - DeviceBus
    - Información: bytes
    - Variables analógica y digitales
    - Conectan dispositivos, PLC y PC
    - Compartir dispositivos entre PLC
  - SensorBus (acciones ON/OFF)
    - Información: bits
    - Variables digitales.
    - Conectan captadores, actuadores, pulsadores,... con un controlador



62

R. Estepa

# Clasificación



63

# ... otra clasificación IEC 61784

■ 8 tipos

Type	Bus Name	Bus Source	Remarks
1	Foundation Fieldbus (H-1)	Fieldbus Foundation	Designed for factory and plant instrumentation and control devices. May be used in both process and manufacturing automation applications.
2	Controlnet	Controlnet International	Cost-effective, simple, and flexible network. Low cost media redundancy mechanism is defined in the specification. Uses RG-6 coaxial cable and BNC connectors.
3	Profibus - DP, PA and FMS	Profibus Trade Organization (PTO)	DP is the most frequently used network. It is optimized for speed, efficiency, and low connection cost. Designed for communication between automation systems and peripherals devices.
4	P-Net	International P-Net User Organization	Designed to connect distributed process components like process computers, intelligent sensors, actuators, I/O modules, field and central controllers, PLCs, etc., via a common two wire cable. Also used for data collection, configuration of nodes/sensors, and for downloading of programs.
5	HSE (High Speed Ethernet) H-2	Fieldbus Foundation	Specification for a cost-effective, high-speed, plant-wide network for process control using commercial off the shelf Ethernet hardware and software. Runs at 100 Mbit/s. Intended for use in process automation while also providing information integration with plant management and ERP systems. Uses standard Ethernet protocols (TCP/IP) and standard H1 - Foundation Fieldbus interfaces.
6	Swiftnet	Designed for Boeing	Created to satisfy Boeing's need for a truly synchronous, high-speed (120,000 samples/sec) flight data bus. Uses a structured, synchronous bus protocol, eliminating addresses and control fields from all packets.
7	WorldFIP	WorldFIP Association	The total bus capacity is split into two parts by configuration: i) the transmission of cyclic variables and ii) demand transfers. Permits different behaviors according to the application's needs. Allows it to be used in safety-oriented communication where all exchanges should be predefined. If the cyclic level is very low, the network behaves like a delegated token network.
8	Interbus-S	Interbus Club	Designed for communication between control systems and simple devices (limit switches, valves, etc.). Optimized but not limited to factory automation applications.

## Modelo OSI en Buses de campo

- Uso de tres de tres capas OSI (1,2,7)

- Reducción de capas = menor costo

- Las capas superiores pueden suplir las funciones de las capas que no se usan



- Capa física

- Capa de enlace

- Varias propuestas de acceso al medio (MAC)
      - No siempre existe la subcapa LLC



- Capa aplicación: envío y recepción de mensajes entre usuarios

## Modelo para Buses de campo

- Capa de Usuario (no todos)

- Facilita la interoperatividad entre dispositivos de distintos fabricantes.

- Incluye:

- Los perfiles de dispositivos (profiles)
      - definición precisa abstracta de normalizaciones de dispositivos para aplicaciones específicas, con indicación de los objetos de comunicación en ellos definidos, de las operaciones que se pueden realizar sobre ellos y de su comportamiento estático y dinámico. La definición de objetos lleva implícita tanto su codificación como sus formatos y los tipos asociados.
      - Los perfiles se refieren a dispositivos como válvulas, codificadores, sensores, motores, etc.
    - La descripción de dispositivos:
      - como cada dispositivo presenta sus datos. Incluye el nombre, el fabricante, el software interno, las revisiones, los datos y objetos de comunicación, la estructura operativa, los procedimientos, los formatos, los tipos, y otros. Esta descripción se deja accesible a todos los otros dispositivos de la red
    - El lenguaje de descripción de dispositivos proporciona la semántica de definición y exportación de las descripciones de dispositivos, por medio de una gramática formal
    - Los bloques funcionales
      - son funciones de automatización compactas que realizan funciones determinadas generalmente asociadas a la automatización. Este bloque funcional se configura en las variables de operación para cada aplicación concreta. El resultado es que esta función no hace falta programarla (externamente) sino solamente configurarla (en la capa de usuario)
  - También realiza funciones de gestión, configuración, supervisión e identificación

## Características de los buses de campo

- Satisfacen la necesidad de simplificar el cableado para reducir costes.
- Aumentan la flexibilidad y la capacidad de añadir nuevos dispositivos a la red.
- Permiten la monitorización de todos los elementos conectados, la actualización de software, y el diagnóstico, facilitando así tanto la puesta en marcha como el mantenimiento de los sistemas.
- Permiten disponer de un canal bidireccional de comunicación con los dispositivos de campo.
- Ofrecen un acceso remoto a la información de la red.
- Presentan gran fiabilidad, incrementando en varios ordenes de magnitud el tiempo transcurrido entre errores de comunicación no detectados respecto a las redes de comunicación de datos.
- Permiten implementar estrategias de control más avanzadas.
- Han de poder operar en entornos hostiles.
- A nivel de enlace, el subnivel MAC ha de proporcionar el cumplimiento de los requisitos temporales de las aplicaciones, donde el tiempo de entrega o latencia en la entrega de los paquetes ha de estar acotada (*deadline*), o la varianza entre los tiempos de entrega (*jitter*) ha de estar limitada.

## Historia

- Finales de los 70. Primeras redes propietarias
  - Entre controladores
    - PLC (ModBUS-MODICON), DCS: WPDF(Westinghouse)
  - Solución de problemas de heterogenidad
    - LAP, FACTOR, MAP
- Años 80. Redes propietarias PLC-dispositivos
  - Data-highway (Allen Bradley), Sinec (Siemens), Tiway(Texas)
- 1982- Se crea un grupo de trabajo en Francia para Bus Industrial único
  - Especificación FIP (Factory Instrumentation Protocol)
- 1983- Comienza P-Net (Dinamarca)
- 1984 Especificación CAN (Controller Area Network) de Bosch
- 1985 Se forma el grupo Profibus (Alemania)

## Normalización

- Situación en los 90
  - Diversos protocolos no compatibles
    - Basados en productos existentes: MIL 1553B, HART, Bitbus (Intel)
    - Propuestas completas: FIP, Profibus
  - Normalización Internacional
    - Europeas
      - 1990-DS21906 (Dinamarca): P-Net
      - 1990-DIN 19425-1 a 3 (Alemania): Profibus
      - 1991-AFNOR (Francia): FIP
      - 1991- BS (Gran Bretaña): FOUNDATION
    - No Europeas
      - EN 50254: "High Efficiency Communications Subsystem for small Data packets". Incluye: ASi, InterBus, Profibus DP, DWF (Device World FIP)

R. Estepa

69

## Normalización

- Normas IEC FieldBus (IEC TC65 / SC65C / WG6)
  - 1993- Norma IEC 1158-2: capa física
  - 1999-2000: se aprueban las siguiente partes
    - IEC 61158-1: Introducción
    - IEC 61158-2: Capa física (especificación y def. de servicio)
    - IEC 61158-3: Definición del servicio de enlace de datos
    - IEC 61158-4: Especificación del protocolo para enlace de datos
    - IEC 61158-5: Protocolo de la capa de aplicación
    - IEC 61784: Conjunto de perfiles para equipos continuos y discretos
  - Contempla:
    - 1- FOUNDATION fieldbus
    - 2- Control Net (ControlNet, Ethernet/IP)
    - 3- Profibus (DP y FMS)
    - 4- FOUNDATION fieldbus HSE
    - 7- WorldFIP (MPS, MCS, subredes MMS)
    - 8- Interbus (genérico, extendido, reducido 6/2)

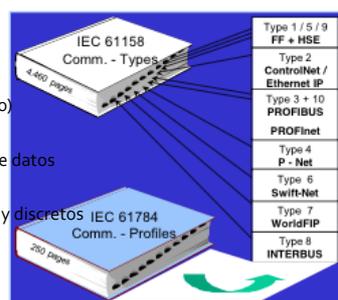


Fig. 1 Construction of IEC 61158 and IEC 61784  
(Source: PROFIBUS International)

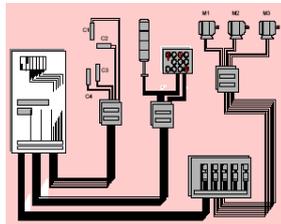
R. Estepa

70

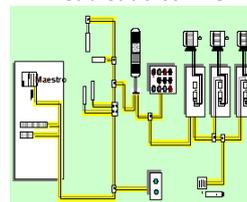
# ASi (Actuator Sensor interface)

- **Objetivo:** <http://as-interface.net/>
  - Conexión de sensores y actuadores con controlador
  - Permite simplificar el cableado

Cableado Tradicional



Cableado con ASi

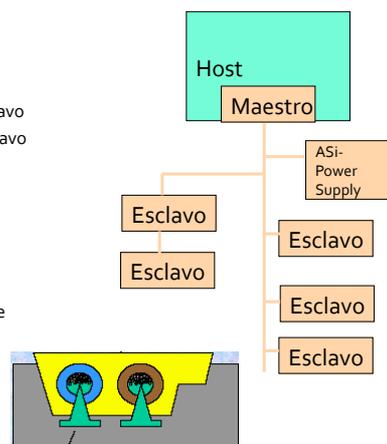


71

R. Estepa

# ASi (Actuator Sensor interface)

- **Características**
  - Maestro (PLC o Gateway)-Esclavo
    - Hasta 31 esclavos por maestro
    - 4 entradas y 4 salidas digitales por esclavo
    - 4 bits de parámetros adicionales por esclavo
  - Posibilidad de I/O analógicas
  - Esclavos
    - Módulos para conexión de I/O
    - Dispositivos con chip ASi integrado
  - Fuente de alimentación (30,5 VDC)
    - Datos y alimentación en el mismo cable

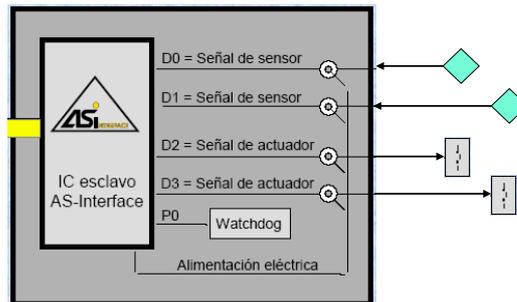


72

R. Estepa

## ASi (Actuator Sensor interface)

- Conexión de sensores y actuadores en Bus
  - Módulos IP-67 o IP 20
  - Hasta 4 sensores y/o actuadores

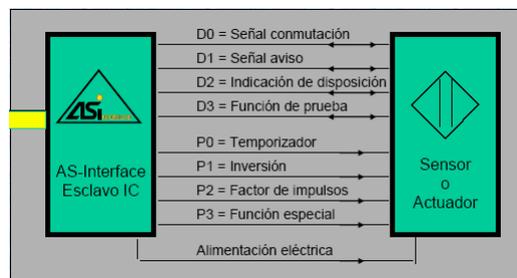


73

R. Estepa

## ASi (Actuator Sensor interface)

- Conexión de esclavos integrados en ASi
  - ◆ Características complementarias como autotest
    - » Las funciones de diagnóstico de red finalizan en el esclavo

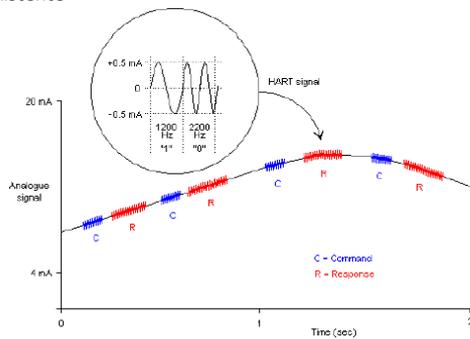


74

R. Estepa

# HART

- Protocolo introducido en los 80-90.
  - "Highway Addressable Remote Transducer".
- Posibilita el uso de equipos inteligentes para bajas velocidades
  - Permite mantener el cableado existente
- Señal HART se sobrepone a la señal analógica de 4..20mA
  - Modulación FSK

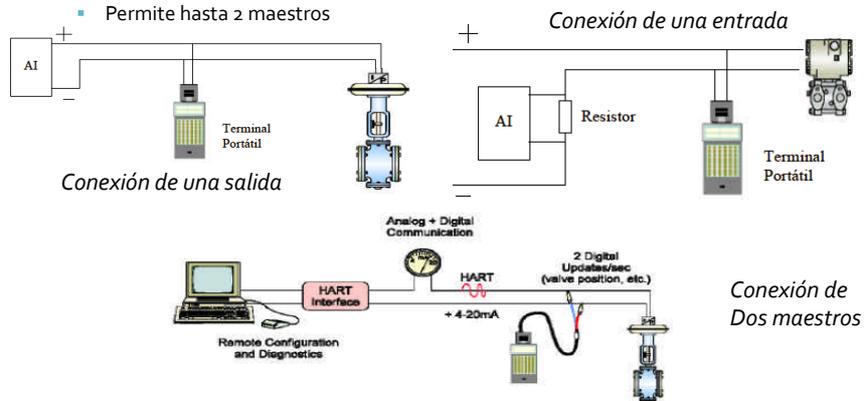


R. Estepa

75

# HART

- Topología
  - Punto a punto o multipunto. Distancia: 1500 m (STP 0,2mm), 3000 m (STP 0,5mm)
  - Permite hasta 2 maestros

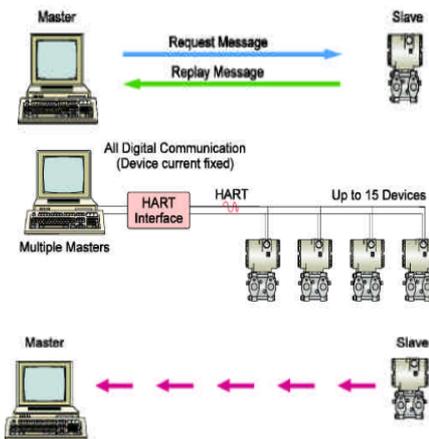


R. Estepa

70

# HART

- Modos de comunicación
  - Maestro-Eslavo
    - Ciclo de sondeo y selección: 500 ms
    - Hasta 15 esclavos en un bus
      - Grandes retrasos
  - Ráfaga
    - Esclavo envía periódicamente sus variables
    - Hasta 256 variables/esclavo
    - Hasta 4 variable en un mensaje
    - Hasta 3 mensajes por segundo
    - El maestro puede interrumpir este modo
    - SOLO enlaces punto a punto



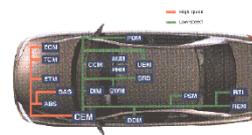
77

R. Estepa

[http://en.wikipedia.org/wiki/HART\\_Protocol](http://en.wikipedia.org/wiki/HART_Protocol)

# CAN (Controller Area Network)

- Creado a mediados de los 80 para conexión de dispositivos en un automóvil
  - Posteriormente se a extendido a otros ámbitos como
    - Control de plantas industriales, aplicaciones domésticas, control de ascensores, control de sistemas de navegación, etc...
  - Estándar ISO
  - Amplia disponibilidad de dispositivos comerciales
  - Gran Velocidad de transferencia y mecanismos de control de errores

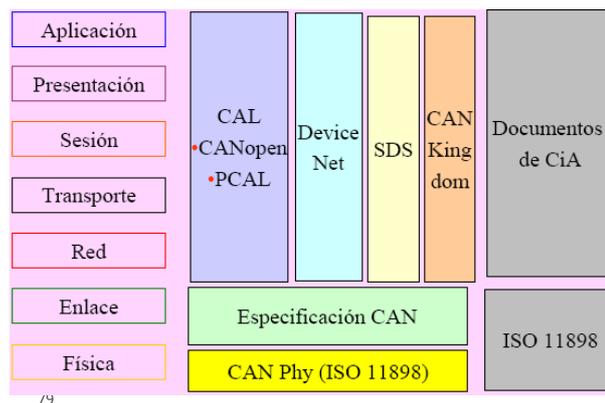


78

R. Estepa

## CAN (Controller Area Network)

### ■ CAN y el modelo OSI



/9

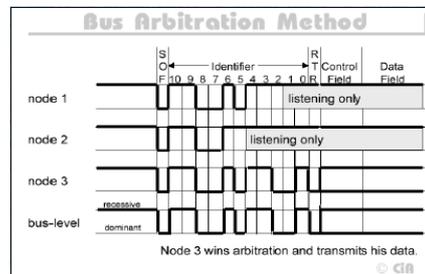
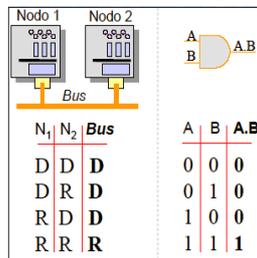
## CAN (Controller Area Network)

- Características básicas
  - Velocidades de hasta 1 Mb/s
  - Protocolo de Comunicación orientado a mensajes
    - Tramas de datos
    - Tramas de error, de sobrecarga y remotas
  - Alta probabilidad de detección de errores
  - Permite implementar control en tiempo real
  - Arbitraje por prioridad de mensaje (CSMA-AMP)
  - Alta escalabilidad
    - CAN 1.2: 2048 identificadores de objeto (formato estándar)
    - CAN 2.0: más de 500 millones (formato extendido)
  - Permite transmisión cíclica o por eventos
    - Comunicación: multi-maestro o difusión

80

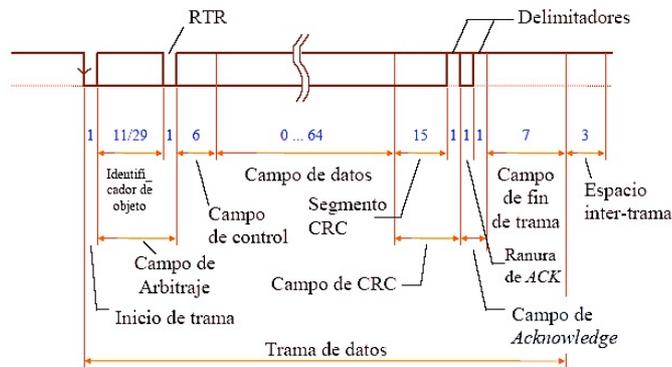
# CAN (Controller Area Network)

- Método de acceso al medio: CSMA-AMP
  - = CSMA-CD + Resolución de Colisión
  - Dos estados lógicos
    - Dominante ('0' lógico) y recesivo ('1' lógico)



# CAN (Controller Area Network)

- ◆ Formato de la Trama de datos
  - » Tamaño mínimo: 44 bit
  - » Tamaño máximo: 108 + 3 (111) bit (throughput 58%)



R. Estepa

82

## CAN (Controller Area Network)

- Características
  - Caudal máximo para datos  $C_{\max} = C(b/s) * \text{rendimiento}$ 
    - Bits de datos: 64
    - Bits de control: 44
    - Espacio entre tramas: 3
    - Rendimiento:  $64/111 = 57\%$
  - Estabilidad de un bus CAN:
    - Sea el equipo  $i$  que desea transmitir  $b_i$  bits cada  $T_i$  segundos
    - $C_{\max} > \sum_i b_i/T_i$
  - Retardo de acceso al medio
    - Función de la prioridad (dirección)
    - Mínimo:  $110 \text{ bit} / C(b/s)$

R. Estepa

83

## CAN (Controller Area Network)

- Tipos de trama
  - Datos
    - Utilizada para poner información (0-8 bytes) en el bus
  - Campos
    - SOF (Start of Frame): 1 bit dominante. Todos los nodos sincronizan su reloj con el flanco de bajada de éste bit.
    - Arbitraje: 11 bit (identificador del dato)+ RTR (dominante) de más significativo a menos.
    - Control:
      - 1<sup>er</sup> bit: IDE indica si la trama es normal o tiene direccionamiento extendido
      - 2<sup>o</sup> bit: no utilizado
      - 3<sup>o</sup>-6<sup>o</sup>: DLC, campo longitud (indica nº de bytes entre 0 y 8)
    - Datos: entre 0 y 8 bytes
    - CRC de todos los bits precedente: polinomio  $x^{15} + x^{14} + x^8 + x^7 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$ 
      - Detecta errores simples, dobles, triples, impares y ráfagas < 15 bits
    - ACK: 2 bits recesivos por parte del transmisor. Los receptores ponen el primero dominante si reciben correctamente la trama

R. Estepa

84

## CAN (Controller Area Network)

- Tipos de trama
  - Remota
    - Utilizada para solicitar una trama de datos a un equipo
    - Formato igual a la de datos, pero bit RTR es recesivo
      - No contiene campo de datos
      - En campo longitud identifica la longitud de la trama solicitada
      - El campo identificador indica el tipo de dato que preciso
  - Error
    - Campos
      - Identificador de error: entre 6 y 12 bits
      - Delimitador de error: 8 bits recesivos (permiten recuperarse del error)
  - Trama de sobrecarga
    - Utilizada cuando un nodo no puede recibir más información
    - Se genera durante el interespaciado de trama (control de flujo)

R. Estepa

85

## CAN (Controller Area Network)

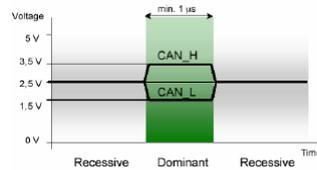
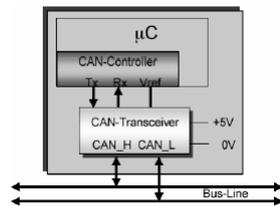
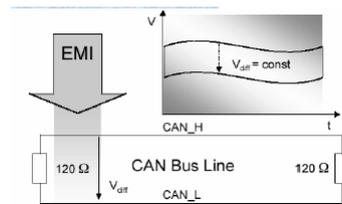
- Control de errores
  - Globalización del error
    - Cuando una estación transmite una trama de error el resto de las estaciones activas replican con otra trama de error. La señalización del error queda formada por la concatenación de las tramas de error de todas las estaciones
  - Diversas condiciones desencadenan una trama de error
    - Errores de bit
    - Error en CRC
    - Error de formato (delimitadores del CRC, ACK, EOF)
    - Error en ACK
    - Error de sobrecarga

R. Estepa

86

# CAN (Controller Area Network)

- Niveles de bus CAN
  - Receptor diferencial
    - Mayor inmunidad frente a interferencias
    - Condición Recesiva:  $CAN\_H - CAN\_L < 0,5\text{ v}$
    - Condición Dominante  $CAN\_H - CAN\_L > 0,9\text{ v}$

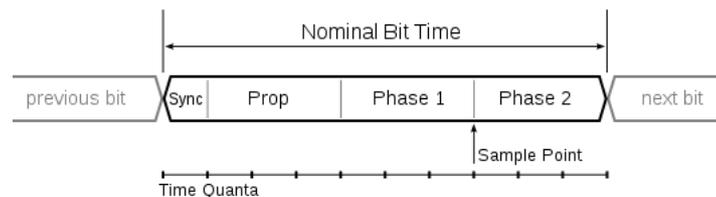


87

R. Estepa

# CAN (Controller Area Network)

- Sincronización
  - Cada nodo CAN tiene su propio reloj
    - No se envía ninguna marca de reloj en las transmisiones
    - Sincronización continua: La sincronización se realiza dividiendo cada bit de la trama en un número de segmentos: sincronización, propagación, fase 1 y fase 2
      - La duración de cada fase puede ser ajustada basándose en las condiciones de los nodos y la red.

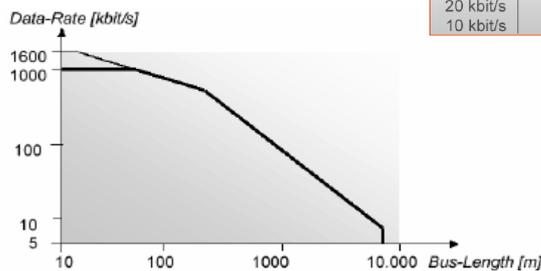


# CAN (Controller Area Network)

- Relación velocidad – longitud del bus

- Distancia máxima de 1km
- Es posible utilizar puentes y repetidores

Bit Rate	Bus Length	Nominal Bit-Time
1 Mbit/s	30 m	1 μs
800 kbit/s	50 m	1,25 μs
500 kbit/s	100 m	2 μs
250 kbit/s	250 m	4 μs
125 kbit/s	500 m	8 μs
62,5 kbit/s	1000 m	20 μs
20 kbit/s	2500 m	50 μs
10 kbit/s	5000 m	100 μs



89

R. Estepa

# DeviceNet

- Introducción

<http://www.odva.org/>

- Red de dispositivo
  - Unión de sensores y actuadores con PLC
  - Diseñada por Allen Bradley sobre el protocolo CAN
  - Especificación abierta dirigida por la DeviceNet Foundation
  - Numerosas empresas que realizan chip DeviceNet
    - Intel, Motorola, Philip, NEC, Siemens, Hitachi,...
- Relación entre CAN, DeviceNet
  - Acceso al medio y señalización de CAN
  - Aplicación y nivel físico DeviceNet

Aplicación
Enlace lógico (LLC)
Acceso al medio (MAC)
Señalización de nivel F
Unidad de acc. (MAU)
Medio de transmisión

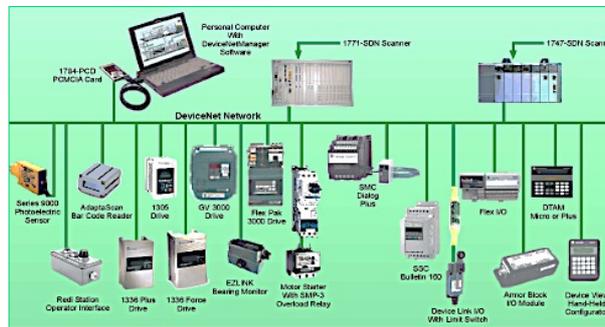
<http://www.rtaautomation.com/devicenet/>

R. Estepa

90

# DeviceNet

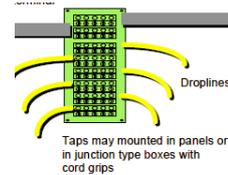
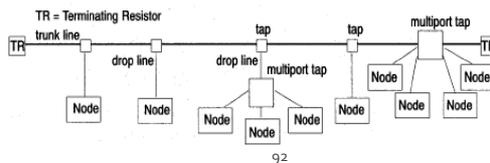
- Características generales
  - Permite la conexión de hasta 64 nodos
  - Comunicación entre iguales con prioridades
  - Modelo productor-consumidor



R. Estepa

# DeviceNet

- Características de nivel físico
  - Topología línea principal con derivaciones (Bus)
    - Terminadores de 121 Ω al final de la línea
  - Señal y alimentación (24 Vcc) en el mismo cable
    - Pares diferentes
  - Inserción / extracción de nodos en caliente
  - Conexión de múltiples fuentes de alimentación



## DeviceNet

- Reglas para el diseño del cableado
  - Distancia máxima entre cualquier dispositivo y la línea principal en las derivaciones ramificadas: 6 metros
  - La distancia máxima entre dos puntos cualquiera de la red no puede exceder a la máxima longitud permitida para el cable en función de la velocidad y tipo según tabla adjunta.

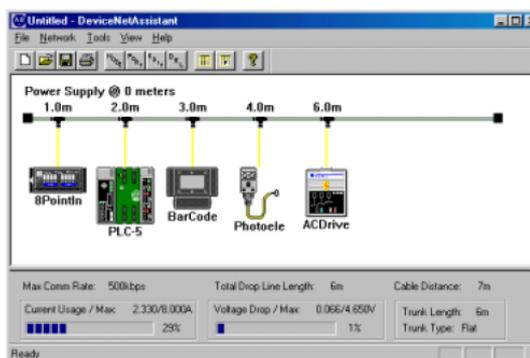
Velocidad De TX	Distancia Máxima (cable 0,069Ω/m)	Distancia Máxima (cable 0,015Ω/m)	Derivaciones	
			Máxima	Acumulada
125 Kbps	500 m	100m	6 m	156 m
250 Kbps	250 m	100m	6 m	78 m
500 Kbps	100 m	100m	6 m	39 m

93

R. Estepa

## DeviceNet

- Cálculo de longitudes y fuentes de alimentación
  - Software desarrollado por Rockwell: DeviceNet Assitant

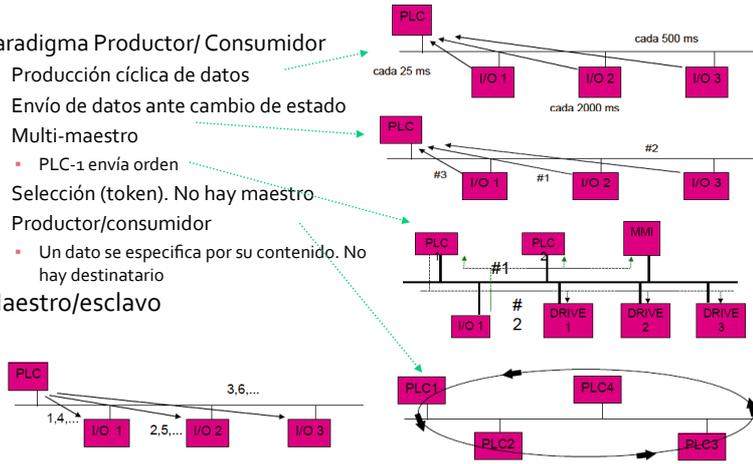


94

R. Estepa

# DeviceNet

- Paradigma Productor/ Consumidor
  - Producción cíclica de datos
  - Envío de datos ante cambio de estado
  - Multi-maestro
    - PLC-1 envía orden
  - Selección (token). No hay maestro
  - Productor/consumidor
    - Un dato se especifica por su contenido. No hay destinatario
- Maestro/esclavo



R. Estepa

95

# DeviceNet

- Mensajes
  - Cuatro grupos diferentes con distinta prioridad
    - Grupo 1 y 3 para emisión
      - Cambio de estado en un esclavo o mensaje cíclico
      - Mensaje de un esclavo a un sondeo
    - Grupo 2 emisión y recepción (Maestro-Esclavo. Uso de conexiones)
      - Orden de un maestro
      - ACK del maestro
      - Mensaje de sondeo de un maestro ...
  - Permite fragmentación
    - Mensajes > 8 bytes

Identificador CAN

10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0		
0	Group 1 Msg ID			Source MAC ID						000-3ff	Grupo de mensajes 1	
1	0	MAC ID				Group 2 Message ID				400-5ff	Grupo de mensajes 2	
1	1	Group 3 Message ID			Source MAC ID						600-7bf	Grupo de Mensagens 3
1	1	1	1	1	Group 4 Message ID (0-2f)						7c0-7ef	Grupo de Mensagens 4
1	1	1	1	1	1	1	X	X	X	X	7f0-7ff	Identificadores Inválidos

R. Estepa

96

# DeviceNet

## ■ Modelado de un objeto

- Tres factores:
  - Atributos, servicios (métodos o procedimientos), comportamiento
- Direccionamiento
  - Dirección del nodo (MAC ID): 0-64, identificación de la clase de objeto: 1-65535, la instancia: 1-65535 y el número de atributo:1-255
- Clases de Objetos
  - 1: Identificación
    - Atributos: VendorID, DeviceType, ProductCode, Status, SerialNumber, ...
    - Servicios: GetAttributeSingle, Reset
  - 2: Encaminador de mensajes -> envía mensajes a otros objetos
  - 3: Ensamblado-> Permite agrupar distintos atributos de objetos de aplicación en uno sólo para su transmisión en un mensaje
  - 4: Conexión-> Cada objeto representa un punto de terminación en una conexión virtual entre dos o más nodos. Al menos 2 instancias
    - Explicit Messaging y I/O messaging

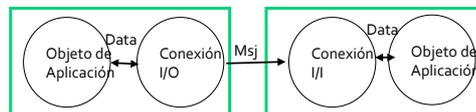
A Get Service request to obtain the device Serial Number looks like this:

Connection ID	Service Code	Object class	Instance	Attribute ID
---CID---	oE.Hex	1	1	6

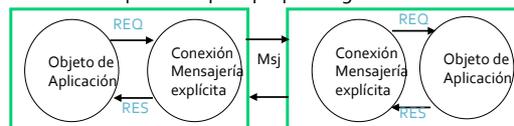
# DeviceNet

## ■ Modelado de objeto

- Clases de objeto
  - 4: Conexión
    - Conexiones de I/O o mensajería implícita
      - Proporcionan caminos dedicados entre 1 aplicación productora y 1 o más consumidoras. Datos orientados a control y críticos en el tiempo

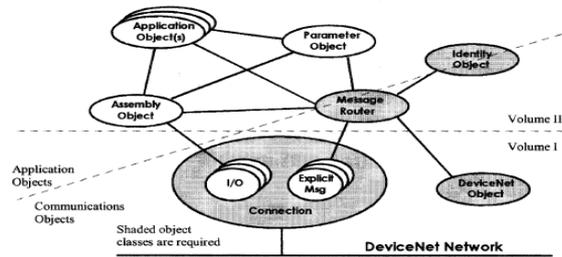


- Conexiones de mensajería explícita
  - Camino punto a punto entre dos dispositivos para propósito general



# DeviceNet

- Modelado de un objeto
  - Clases de objetos
    - 5: Objetos de Parametrización: opcional, en dispositivos con parámetros configurables
    - 6: Objeto de aplicación: todo dispositivo posee al menos uno. Existen varios objetos de aplicación en la biblioteca de DeviceNet



R. Estepa

99

# DeviceNet

- Modelado de Objetos
  - Clases de Objetos
    - Ejemplo de objetos de aplicación

Register Object  
 Discrete Input Point  
 Register Object  
 Discrete Input Point Object  
 Discrete Output Point Object  
 Analog Input Point Object  
 Analog Output Point Object  
 Presence Sensing Object  
 Group Object  
 Discrete Input Group Object  
 Discrete Output Group Object  
 Discrete Group Object  
 Analog Input Group Object  
 Analog Output Group Object  
 Analog Group Object  
 Position Sensor Object

Position Controller Supervisor Object  
 Position Controller Object  
 Block  
 Sequencer Object  
 Command Block Object  
 Motor Data Object  
 Control Supervisor Object  
 AC/DC Drive Object  
 Overload Object  
 Softstart Object  
 Selection Object  
 S-Device Supervisor Object  
 S-Analog Sensor Object  
 S-Analog Actor Object  
 S-Single Stage Controller Object  
 S-Gas Calibration Object  
 Trip Point Object

R. Estepa

## DeviceNet

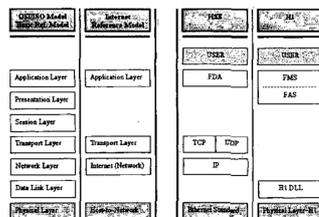
- Perfil de dispositivo
  - Definición del modelo de objetos (archivo ASCII)
    - Clases, instancias, ..
    - Formatos de entrada y salida
    - Parámetros configurables e interfaces públicas

101

R. Estepa

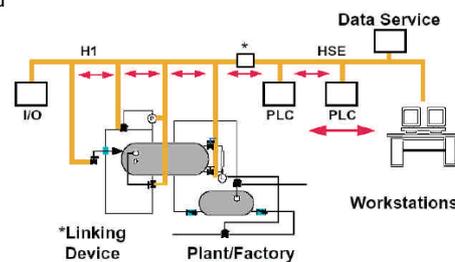
## FOUNDATION Fieldbus

- Red de campo digital. Dos versiones de FF
  - ◆ Baja velocidad: H1
    - » Interconexión de instrumentos.
    - » 31,25kb/s
  - ◆ Alta velocidad: HSE
    - » Integración de redes
    - » Dispositivos de alta velocidad
    - » 100 Mb/s



R. Estepa

102



## FOUNDATION Fieldbus

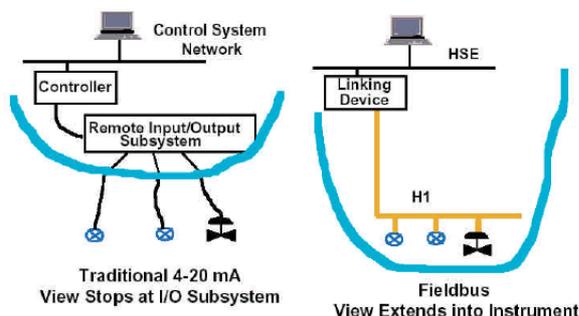
- H1: 31,25 kb/s
  - Pensada para la sustitución de la instrumentación convencional de 4..20mA
    - Reduce coste de instalación: cableado, paneles de parcheo, conectores, espacio en la sala de control
    - Alimentación por el mismo cable que la señal
    - Opciones de seguridad
    - Gran capacidad para el diagnóstico de los instrumentos
    - Funciones de diagnóstico, calibración, configuración y lectura de datos en tiempo real. Facilita la gestión
    - Capacidad de autoconfiguración de los instrumentos (fácil instalación)
  - Compite con las redes Profibus y el protocolo HART

R. Estepa

103

## FOUNDATION Fieldbus

- Ventajas de FF
  - Permite tener una visión completa hasta el instrumento

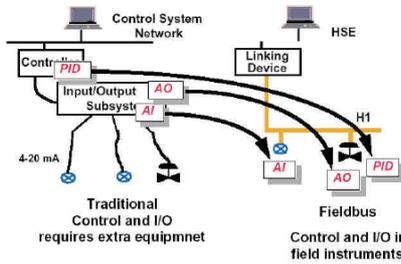


R. Estepa

104

# FOUNDATION Fieldbus

- Ventajas de FF
  - Desplazamiento del control al campo
    - Mallas de control independientes de un controlador externo
    - Sustituyen a los bloques de control (AO/I: Analog Input/Output)

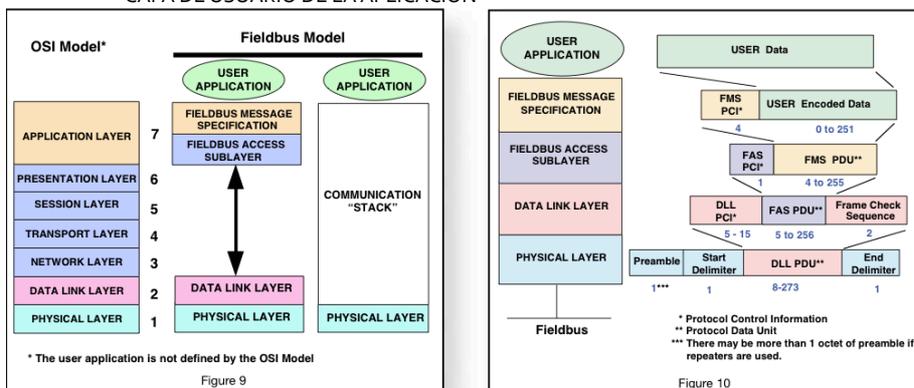


R. Estepa

105

# FOUNDATION Fieldbus

- Arquitectura de H1
  - Capas 1, 2 y 7 OSI
  - CAPA DE USUARIO DE LA APLICACIÓN



DE: <http://www.pacontrol.com/download/foundation-fieldbus-overview.pdf>

## FOUNDATION Fieldbus

- Capa de Aplicación de Usuario: **BLOQUES**
- Los Bloques son representaciones de diversos tipos de funciones de aplicación

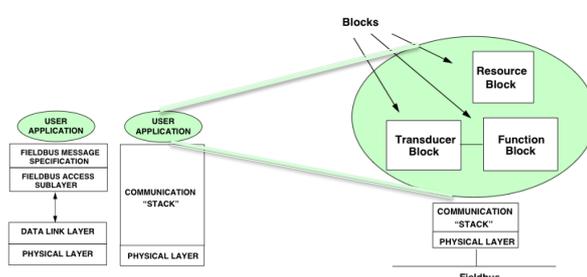


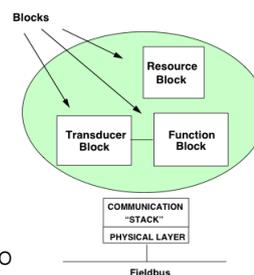
Figure 11

R. Estepa

107

## FOUNDATION Fieldbus

- Tres tipos de Bloques
  - Bloques de recursos**
    - Información general del dispositivo (nombre, SN, fabric.)
    - Alarmas/Eventos relativos al recurso
    - Sólo uno por dispositivo
  - Bloques de transductores**
    - Información específica de entrada y salida
    - Calibración y configuración (p.e. tipo sensor, fecha calibr)
    - Desacoplan los bloques de función de las funciones locales de I/O
  - Bloques de funciones (FB)**
    - Determinan el comportamiento del sistema de control
    - Las entradas y salidas de FBs pueden ser relacionadas y enlazadas a través del bus de campo y su ejecución programada para ejecutar un sistema de control
    - Puede haber muchos FB en una aplicación de usuario
- Los dispositivos se configuran utilizando bloques de recursos y transductores.
- La estrategia de control se realiza utilizando bloques de funciones.

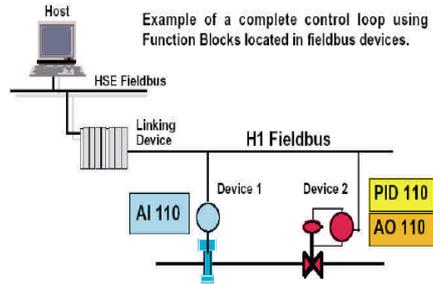


108

# FOUNDATION Fieldbus

- Bloques de función predefinidos

Entrada Analógica (Analog Input)	AI
Saída Analógica (Analog Output)	AO
Polarização/Ganho (Bias/Gain)	BG
Control Selector	CS
Discrete Input	DI
Discrete Output	DO
Manual Loader	ML
Proportional Derivative	PD
Proportional/Integral/Derivative	PID
Ratio	RA
DeviceControl	DC
Output Splitter	OS
Signal Characterizer	SC
Lead Lag	LL
Dead Time	DT
Integrator (Totalizer)	IT
SetPoint Ramp Generator	SPG
Input Selector	IS
Arithmetic	AR
Timer	TMR
Analog Alarm	AAL

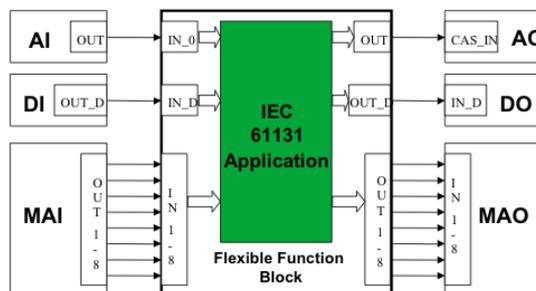


Multiple Analog Input	MAI
Multiple Analog Output	MAO
Multiple Discrete Input	MDI
Multiple Discrete Output	MDO

109

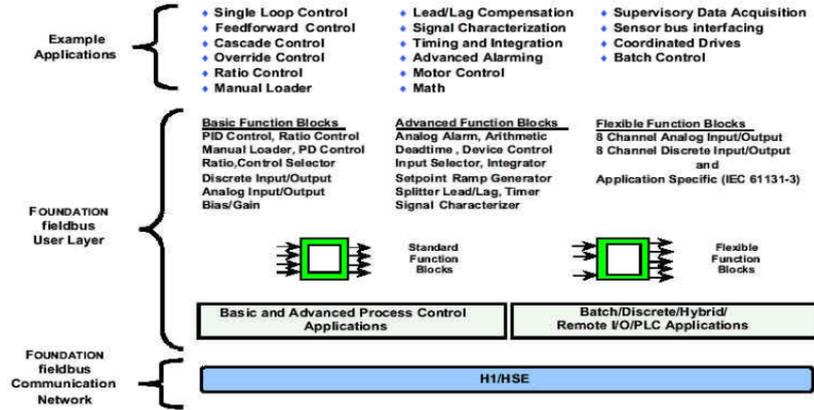
# Foundation FieldBus

- Los FBs pueden ser desplegados en diferentes dispositivos de campo para lograr la funcionalidad deseada
- Flexible Function Block, permite funciones definidas por el usuario (fabricante)



# FOUNDATION Fieldbus

Resumen de bloques para el control



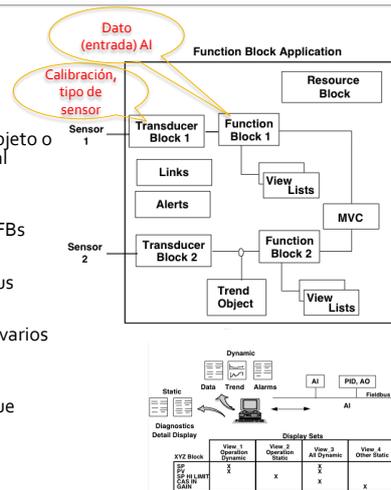
111

R. Estepa

# FOUNDATION Fieldbus

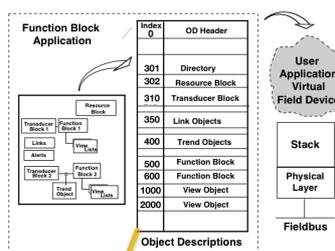
Otros objetos de apoyo para completar las aplicaciones de usuario

- Link objects
  - conecta dos las I/O de bloques de función en un objeto o bien un bloque de función con una conexión virtual (productor-consumidor)
- Trend Objects
  - Permiten consultar tendencias de parámetros de FBs
- Alert Objects
  - Permiten el envío de alarmas y eventos sobre el bus
- Multivariable Container
  - Permite encapsular varios parámetros de los FBs (varios datos) para optimizar el uso de la red
- Objetos de Vista (View objects)
  - Agrupación de conjuntos de parámetros de FBs que pueden ser visualizados por HMI



## FOUNDATION Fieldbus

- Definición de un dispositivo
  - Descriptores de objetos que implementa
- Diccionario de objetos
  - Depende del dispositivo. Engloba a todos los datos accesibles por red
  - Accesibles mediante servicios de comunicación
    - User Application Virtual Field Device (VFD)



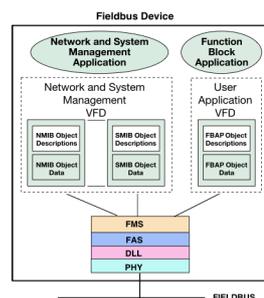
DICcionario DE OBJETOS DE LA APLICACION DE USUARIO (el índice de un objeto es su ID)

113

R. Estepa

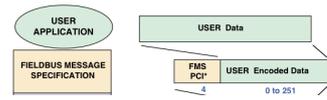
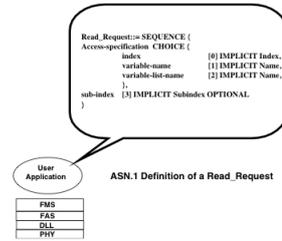
## Foundation FieldBus

- Virtual Field Device (VFD)
  - Utilizado para el acceso remoto a los objetos y sus datos asociados descritos en el diccionario de objetos de un dispositivo
- Un dispositivo físico suele tener al menos 2 dispositivos virtuales (VFD del plano de usuario y control)
  - Aplicación de Bloques de Función (BF)
    - FBs con sus datos asociados
  - Aplicación para la gestión de la red y el sistema
    - NMIB: Acceso a la MIB de gestión de red (conexiones virtuales VCR, estadísticas, planificador del enlace o LAS si se es maestro, etc..)
    - SMIB: acceso a la MIB del sistema (dirección física y etiqueta del dispositivo, planificación de la ejecución de los FB)
- El servicio de Comunicación Virtual (Virtual Communication Relationship o VCR) de la subcapa FMS ofrece acceso a los descriptores de objeto y sus datos asociados para cada VFD.



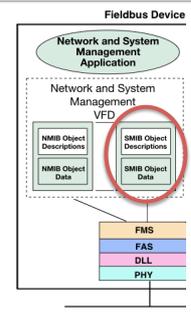
# Foundation FieldBus

- FieldBus Message Specification (FMS)
  - Servicios de intercambio de mensajes para la capa de usuario (aplicación de usuario)
- Servicios de la capa FMS
  - Gestión de contexto
    - Establecer/liberar comunicaciones (VCR)
  - Gestión de Diccionarios de objetos
    - Lectura y carga de objetos en un VFD de cualquier dispositivo
  - Acceso a variables
    - Lectura/escritura de variables asociadas con la descripción de un objeto (índice)
      - SDUs: read, write, information report
  - Envío de notificación de eventos
    - Cargar/subir/ejecutar programas en un dispositivo
- La mayoría de los servicios FMS usan el tipo de comunicación cliente/servidor
- Formato de mensajes FMS (ASN.1)



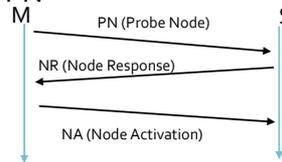
# Foundation Fieldbus

- Gestión del Sistema
  - Mediante acceso a los objetos pertinentes (SMIB)
  - Para cada sistema se debe definir
    - Scheduling.
      - Planificación temporal de la comunicación entre los diferentes FBs
      - Presupone un reloj común compartido por todos los dispositivos
    - Distribución del Reloj.
      - Función distribuida a través del Bus
    - Direccionamiento
      - La dirección de cada dispositivo es asignada de forma remota a través de herramientas de configuración que acceden a los servicios de gestión del sistema (objeto)
      - Cada dispositivo debe tener una única dirección de red y una única etiqueta de dispositivo físico



# FOUNDATION Fieldbus

- Sincronismo
  - Tiempo en el enlace de datos
    - Responsabilidad del Maestro. Envía un mensaje TD (time distribution) periódicamente
  - Hora del día
    - Responsabilidad del Maestro. Usado por las aplicaciones para realizar marcas de tiempo a los datos. Se envía un mensaje *Clock*
- Identificación de dispositivos
  - Plug and Play. El Maestro mantiene una lista con todos los dispositivos activos. Envío periódico de PN
    - Identificación:
      - DeviceID: nº serie
      - DeviceName: (def. por usuario)
      - DeviceAddress (única en el segmento)

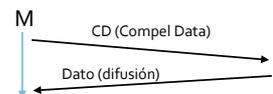
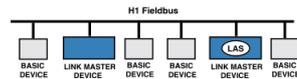


R. Estepa

117

# FOUNDATION Fieldbus

- Data Link Layer: ACCESO AL MEDIO COMPARTIDO
  - Mezcla de dos tipos de acceso
  - Dispositivos de tipo maestro del enlace o esclavo (básico)
- Comunicación programada
  - Utilizada para transferir datos cíclicos de bloques de función en una malla de control
    - El maestro posee una lista con los tiempos de transmisión programados para todos los bloques de todos los dispositivos que necesitan ser transmitidos cíclicamente
- Comunicación no programada
  - En los periodos libres
  - Utilizada para transferir datos no cíclicos
    - El maestro envía un token (mensaje PT) a los diferentes nodos de la lista de nodos activos
    - Un esclavo cuando tiene el token puede transmitir
      - Hasta que finaliza
      - Hasta que sobrepasa el tiempo máximo
    - Si desperdicia el token 3 veces consecutivas se cae de la lista

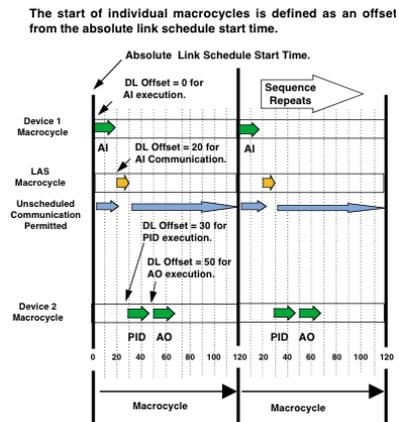


R. Estepa

118

# FOUNDATION Fieldbus

- Planificación de la comunicación de los FB mediante una herramienta de planificación
- Ciclo de operación: macrociclo
  - Todos los dispositivos sincronizados con precisión de 1 ms. Un scheduler
    - Scheduler: determina cuándo ejecutar los bloques de función de cada dispositivo

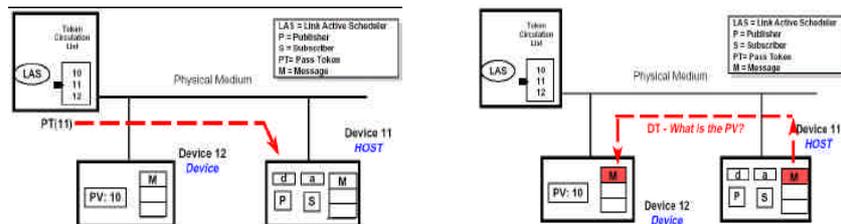


119

R. Estepa

# FOUNDATION Fieldbus

- Virtual Communication Relationship (VCR)
  - Servicios de comunicación proporcionados por la Subcapa FAS a la capa FMS
  - Cliente-Servidor
    - Comunicaciones punto a punto no programadas entre dispositivos
    - El servidor no responde hasta que no tiene el token

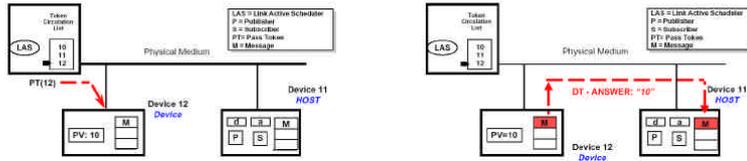


120

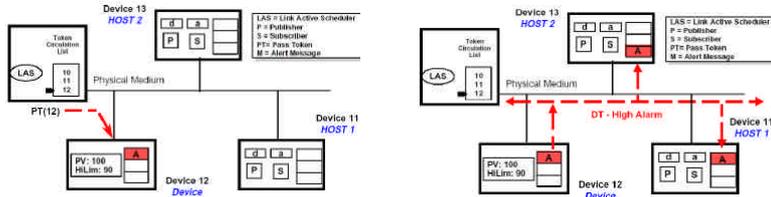
R. Estepa

# FOUNDATION Fieldbus

## ◆ Cliente-Servidor (cont)



## ◆ Report Distribution (punto a multipunto)



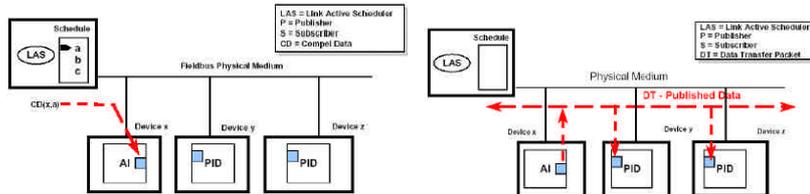
121

R. Estepa

# FOUNDATION Fieldbus

## ■ Productor-Consumidor

- Puede ser escalonado o no
- El dato generado por el productor es recibido por todos los consumidores



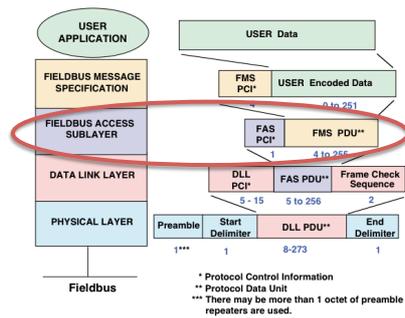
122

R. Estepa

# Foundation FieldBus

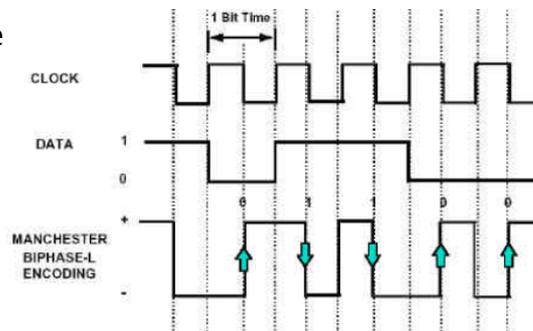
- Servicios de la subcapa de acceso (FAS)
  - Comunicación distribuida

FIELDBUS ACCESS SUBLAYER SERVICES		
Client/Server VCR Type	Report Distribution VCR Type	Publisher/Subscriber VCR Type
Used for Operator Messages	Used for Event Notification and Trend Reports	Used for Publishing Data
Setpoint changes Mode changes Tuning changes Upload/Download Alarm Management Access display views Remote diagnostics	Send process alarms to operator consoles. Send trend reports to data historians.	Send transmitter PV to PID control block and operator console.



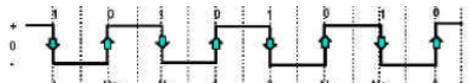
# FOUNDATION Fieldbus

- Capa física (IEC61158-2)
  - H1: Codificación Mánchester Bifase
    - Fácil e

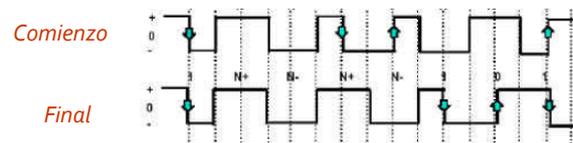


## FOUNDATION Fieldbus

- Capa física (IEC61158-2)
  - H1: Codificación Manchester Bifase
    - Sincronismo en el preámbulo



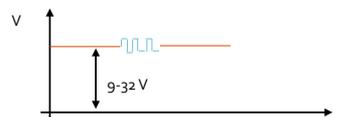
- Comienzo y final de trama mediante violación de código de línea



R. Estepa

## FOUNDATION Fieldbus

- Capa física (IEC61158-2)
  - H1: Codificación Manchester Bifase
    - Señales de 1 voltio pico a pico sobre la señal de alimentación
      - Alimentación oscila desde 9 a 32 V
    - Aplicaciones con seguridad de transmisión son distintas



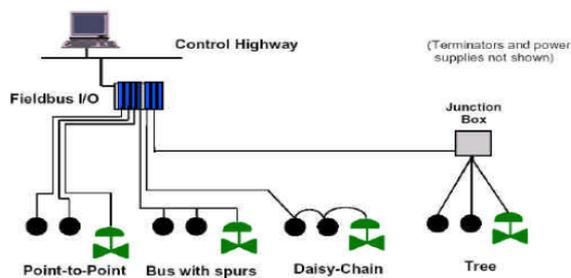
- Topología
  - Línea principal (terminada en una resistencia) con derivaciones
    - Suma total inferior a 1900 m

R. Estepa

126

# FOUNDATION Fieldbus

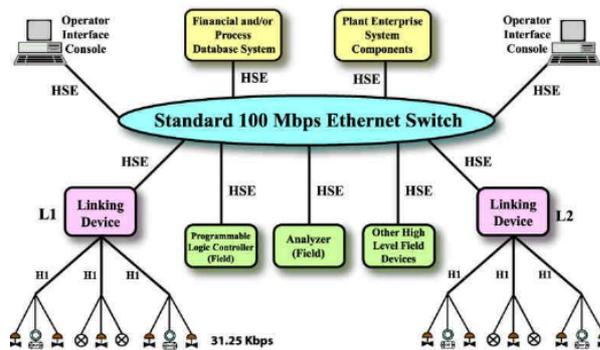
- Capa física H1
  - Topología
    - Máximo número de equipos
      - <32 para conexiones no seguras con alimentación separada de la señal
      - <12 para conexiones no seguras y con alimentación y señal juntas
      - <6 para conexiones seguras y con alimentación y señal juntas
    - Se pueden utilizar repetidores: máximo 4 (9500 m)



R. Estepa

# FOUNDATION Fieldbus

- Integración con HSE
  - Las redes H1 tienen ciertas limitaciones: nº máximo de dispositivos (unos 7)
  - Las redes HSE permiten interconectar distintos segmentos H1



128

R. Estepa

## FOUNDATION Fieldbus

- Funcionalidades de los dispositivos de enlace (*device link*)
  - Gateway entre H1 y HSE
  - Gateway entre FF y otras tecnologías (ModBus, HART)
  - Algunos permiten la conexión directa de dispositivos de I/O locales



Gateway HART, FF



Device Link H1 - HSE con I/O locales

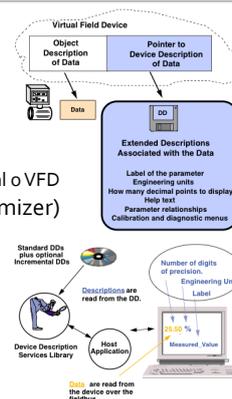
129

R. Estepa

## FOUNDATION Fieldbus

- Descripción de dispositivos (DD)
  - Descripción de texto dada por el fabricante para uso en los sistemas de gestión (host) y control (es como un *driver*)
    - Es independiente del SO o la plataforma de gestión
    - Existe una definición para los protocolos HART, Profibus y FF
    - Ofrece una descripción extensa de cada objeto del dispositivo virtual o VFD
  - Lenguaje DDL (IEC 61804 partes 1 y 2). Texto y binario (tokenizer)
    - Ejemplo:
 

```
VARIABLE ProcessVariable
{ LABEL "MEASURED_VALUE"
  TYPE FLOAT;
  DISPLAY_FORMAT "3.1f";
  MAX_VALUE 110.0;
  MIN_VALUE 0.0;
}
```
  - Un software en el ordenador (DDS) ofrece un formato amigable
    - Independiente del sistema operativo.
    - Funciones de librería para acceso a las descripciones de los objetos (no a los valores operacionales o datos, éstos sólo se leen a través de los servicios de comunicación FMS)



R. Estepa

130

## Foundation FieldBus

- Archivos de capacidad (capability file)
  - Incluidos junto a los archivos de descriptores de dispositivos (te viene con el dispositivo)
  - Informan sobre qué recursos (FBs y VCRs) están implementados en el dispositivo
  - Permite que un host configure un dispositivo sólo con las funciones que soporta



## FOUNDATION Fieldbus

- Field Device Tool
  - Protocolo que permite que un Host acceda a cualquier equipo o dispositivo de red intermedio
  - Se desea el acceso a toda la información disponible
    - Finalidad: monitorización, configuración, calibración, diagnóstico,...
    - Independientemente de la tecnología: FF, Profibus, HART



132

R. Estepa

## FOUNDATION Fieldbus

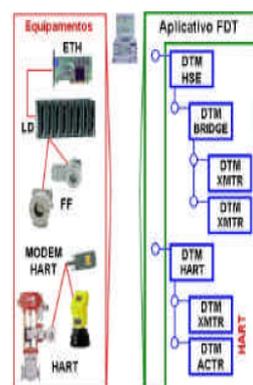
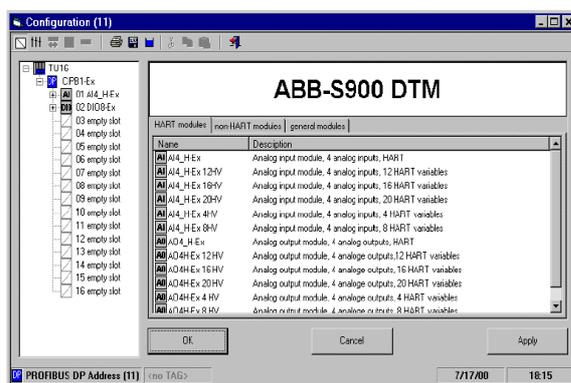
- Field Device Tool
  - Inicialmente creado por ABB y posteriormente adoptado por Profibus
  - Componentes
    - DTM (Device Type Manager): componentes ActiveX (COM/DCOM) cuya finalidad es funcionar como un driver para un dispositivo
      - Pueden ser considerados como parte del dispositivo. Creados por el fabricante, encapsulan la estructura de datos y funcionamiento del equipo.
      - La DTM de un equipo puede evolucionar para incorporar nuevas funcionalidades
    - Patrón de dispositivos en XML.

R. Estepa

133

## FOUNDATION Fieldbus

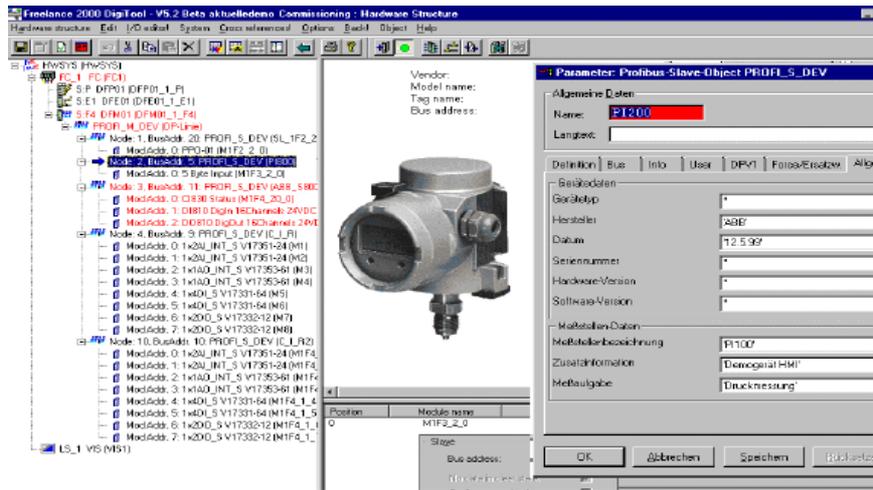
- Ejemplo de DTM



134

R. Estepa

# FOUNDATION Fieldbus



R. Estepa

135

# FOUNDATION Fieldbus

- Software de Gestión. Ejemplo: Asset View de Smart



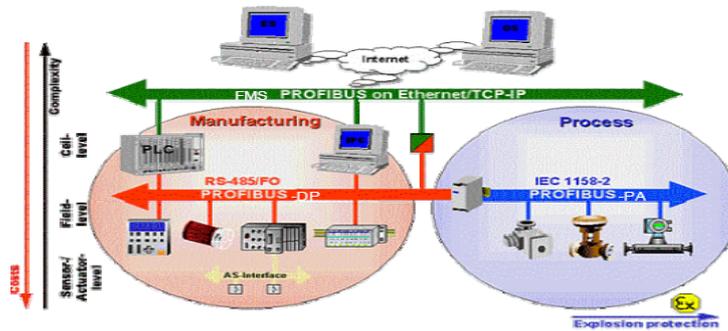
R. Estepa

136

# PROFIBUS



- Iniciativa de 1987 entre fabricantes, usuario y el gobierno alemán



137

R. Estepa

# Profibus

- Familia de 3 perfiles distintos
  - Profibus DP (Distributed Peripheral)
    - Comunicación entre sistemas de automatización y periféricos
  - Profibus FMS (Field Message Specification)
    - Red de gran capacidad para comunicación de dispositivos inteligentes como computadores o PLC. Viene perdiendo mercado a favor de Ethernet
  - Profibus PA (Process Automatization)
    - Interconexión de instrumentos analógicos de campo tales como transmisores de presión, temperatura, vacío, ... (muy utilizada)
- Dos tipos de dispositivos
  - Maestro (o estaciones activas): transmiten cuando tienen el token
  - Esclavos: no tienen derecho de enviar información y sólo pueden confirmar la recepción o contestar a algún mensaje enviado

R. Estepa

138

# Profibus

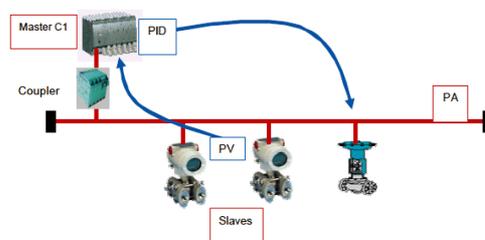
- Familia de 3 perfiles distintos
  - Profibus DP (Distributed Peripheral)
    - Comunicación entre sistemas de automatización y periféricos
  - Profibus FMS (Field Message Specification)
    - Red de gran capacidad para comunicación de dispositivos inteligentes como computadores o PLC. Viene perdiendo mercado a favor de Ethernet
  - Profibus PA (Process Automatization)
    - Interconexión de instrumentos analógicos de campo tales como transmisores de presión, temperatura, vacío, ... (muy utilizada)
- Dos tipos de dispositivos
  - Maestro (o estaciones activas): transmiten cuando tienen el token
  - Esclavos: no tienen derecho de enviar información y sólo pueden confirmar la recepción o contestar a algún mensaje enviado

R. Estepa

139

# Profibus

- Nivel físico
  - Tres perfiles
    - RS-485: aplicaciones generales de automatización de fábricas
    - IEC 1158-2: para automatización de procesos
    - Fibra óptica para mayor inmunidad al ruido y mayores distancias
    - (en estudio la aplicación a Ethernet 10,100M)
- Profibus-PA
  - Topología



R. Estepa

140

# Profibus

- Profibus-PA
  - Generalmente interconecta dispositivos esclavos
  - Alimentación por la propia red
  - Interconexión con Profibus-DP mediante acoplador
  - La distribución del control depende siempre de un maestro externo
    - Lee los valores de los esclavos, ejecuta los algoritmos de control y define la apertura de la válvula de control
  - Máximo número de dispositivos por segmento
    - 32 en comunicación no seguras
    - 9 en comunicaciones seguras



Conector



Conector T

Acoplador DP para PA

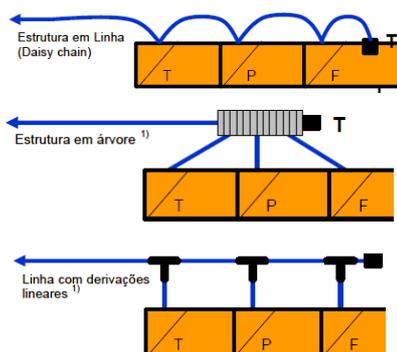


141

R. Estepa

# Profibus

- Profibus-PA
  - Norma IEC 1158-2 (el mismo que H1 de FF)
    - Par trenzado apantallado
    - Velocidad 31,25kb/s
  - Para áreas especiales: seguridad intrínseca
    - Cada segmento tiene un única fuente de alimentación
    - Cada dispositivo consume una potencia fija conocida
    - Los dispositivos funcionan como consumidores pasivos de corriente
    - Los dos extremos de la línea tienen terminaciones pasivas
    - Topologías permitidas: línea, árbol y estrella

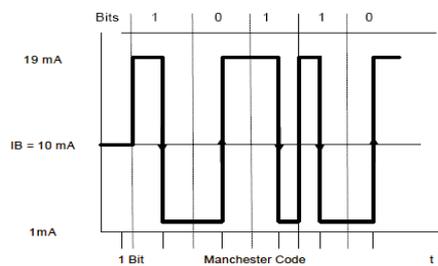


142

R. Estepa

# Profibus

- Profibus-PA
  - Consumo de corriente 10 mA
    - Datos superponen +-9 mA
  - Longitud de la línea (igual que FF)
    - Máximo 1900 m (línea)
    - Seguridad intrínseca: 30 m



R. Estepa

143

# Profibus

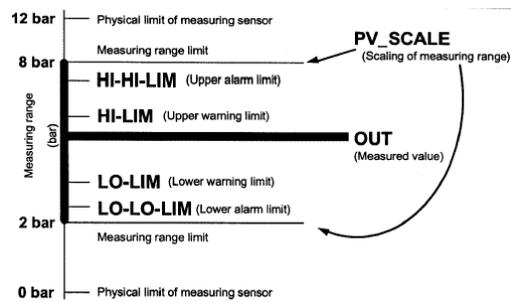
- Profibus-PA
  - Bloques de funciones
    - Físico
      - Datos como nombre del dispositivo, fabricante, versión, nº serie, ...
    - Transductor
      - Datos específicos de la aplicación como parámetros de corrección
    - AI (Entrada Analógica)
      - Ejemplo de parámetros
        - OUT: Valor de la variable medida
        - PV\_SCALE: Escala de la variable, valor inferior, superior, dígitos significativos...
        - PV\_FTIME: Tiempo de subida del bloque de función en segundos
        - ALARM\_HYS: Histéresis de la funciones de alarma como un % del rango
        - HI\_HI\_LIM: Límite superior de alarma: si se excede, alarma y bit de status a 1
        - ...
    - AO, DI, DO

R. Estepa

144

# Profibus

- Profibus-PA
  - Ejemplo de parámetros en el perfil PA



145

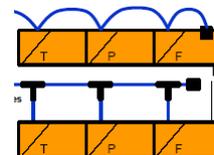
R. Estepa

# Profibus

- Profibus-DP
  - Mayor velocidad: 9,6kb/s – 12Mb/s
  - Dispositivos
    - Computadores
    - Sensores y actuadores
    - PLC
    - ...
  - Nivel físico: RS-485. Topologías
    - Línea y bus
    - Longitud < 1200m (9,6 kb/s) < 100m (12M)
  - Si fibra óptica
    - Topologías anillo (redundante) o estrella
    - Distancias
      - Monomodo: 15 Km
      - Multimodo: 2-3 Km



Conector Profibus-DP



146

R. Estepa

## Profibus

- Profibus-DP
  - Método de acceso al medio (MAC) denominado Fieldbus Data Link (FDL)
    - Comunicación entre maestros: Token Passing
      - Cada estación tiene tiempo establecido
      - Anillo lógico ordenado por direcciones (decrecientes)
      - Tiempo de retención del token en cada nodo viene limitado por el tiempo de rotación del token (configurable)
      - Permite comunicaciones de difusión o de envío múltiple (multicast)
    - Comunicación entre maestro y esclavo: sondeo y selección (polling)
      - Lo más simple y rápida posible

R. Estepa

147

## Profibus

- Interconexión de Profibus-PA y Profibus-DP
  - Vía acoplador de segmento
    - No poseen direccionamiento de red
    - Adaptan la señal RS-485 a la señal IEC 1158-2
    - Limitan la velocidad del DP a 93,75 kb/s (en realidad la mayoría de los fabricantes la limitan a 45,4 kb/s)
  - Vía enlace DP/PA
    - Posee direccionamiento de red
    - Tiene interfaces a 12Mb/s y a 31,25kb/s
    - Dispositivo inteligente
    - Representan a todos los esclavos de la PA como un único esclavo en el segmento RS-485
      - Puede enviar 246 bytes de datos

R. Estepa

148

# Profibus

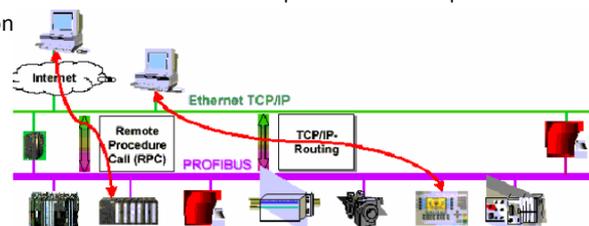
- Fichero de configuración: GSD (General Slave Data)
  - Hoja de datos electrónica proporcionada por el fabricante
  - Tres partes
    - Especificaciones Generales
      - Velocidad de comunicación, pinout, información del fabricante, ...
    - Información relacionada con el maestro
      - Número máximo de esclavos permitidos, opciones de descarga, ...
    - Información relacionada con el esclavo
      - Número y tipo de canales de I/O
      - Textos de diagnóstico
  - Editor de GSD disponible en: [www.profibus.com.br](http://www.profibus.com.br)

R. Estepa

149

# Profibus

- Profibus y Ethernet: ProfiNet
  - Busca reducción de coste para comunicaciones de alto nivel
  - Objetivos
    - Mapear todos los servicios de Profibus en TCP/IP
      - El usuario puede monitorizar variables desde su PC
    - Permitir el uso de servidores Web en los dispositivos de campo
    - Representación distribuidos



150

R. Estepa

## Tendencias Tecnológicas

- Ethernet
  - Velocidades
    - 10 Mb/s
    - 100 Mb/s
    - 1000 Mb/s
    - 10000 Mb/s
  - Acceso al medio no determinista: CSMA-CD
    - ¿Conmutación?
  - Versión sin cables: Wifi 802.11
    - Velocidades de hasta 54 Mb/s
    - Acceso al medio CSMA-CA
      - Versión para soporte de QoS
  - Normalización
    - Batalla: hasta 7 'Ethernet Industrial'

R. Estepa

151

## Comparativa

Fieldbus name	Technology developer	Year introduced	Physical media	Max devices nodes	Max distance (typical)	Primary applications
AS-i	AS-i Consortium	1993	Two wire cable	31 slaves	100-300 m	Assembly, packaging and materials handling machines
Arcnet	Datapoint	1977	Coax, twisted pair, fibre	255	400-2000 ft	Intelligent I/O modules, Process control
Bitbus	Intel		Twisted pair	32 without repeaters 250 with repeaters	1.2 km 13.2 km	
ControlNet	Allen-Bradley	1996	Coax, fibre	99	250-1000 m	Mission-critical, plant-wide networking of PCs, PLCs
CANOpen	CAN in Automation	1995	Twisted pair, optional signal and power	30	25-1000 m	Sensors, actuators, automotive
Data Highway Plus (DH+)	Allen-Bradley		Twinaxial	64 per segment	3 km	
DeviceNet	Allen-Bradley	1994	Twisted pair for signal and power	64	500 m	Assembly, welding and materials handling machines
Filbus	Gespac		Twisted pair	32 without repeaters 250 with repeaters	1.2 km 13.2 km	Remote I/O, data acquisition
Foundation fieldbus H1	Fieldbus Foundation	1995	Twisted pair, fibre	240/segment 65,000 segments	1900 m	
Foundation Fieldbus HSE	Fieldbus Foundation	Current	Twisted pair, fibre	IP addressing essentially unlimited	100-2000 m	
Interbus	Phoenix Contact	1984	Twisted pair, fibre, slip ring	256	400 m	Assembly, welding and materials handling machines
Industrial Ethernet	Interbus Club DEC, Intel, Xerox	1976	Thin Coax, twisted pair, fibre, thick coax	1024, more via routers	185 m (thin)	
IEC/ISA SP50	ISA and Fieldbus Foundation	1992-1996	Twisted pair, fibre, and radio	IS: 3-7; non-IS 128	500-1700 m	
LONWorks	Echelon	1991	Pair, fibre, power line	32,000 per domain	2000 m	
Modbus Plus	Modicon		Twisted pair	32 per segment, 64 max	500 m per segment	
Modbus RTU/ASCII	Modicon		Twisted pair	250 per segment	350 m	
Profibus DP/PA	Siemens	DP: 1994 PA: 1995	Twisted pair or fibre	32 w/o repeaters 127 with repeaters	200 m, 800 m	Inter-PLC communication Factory automation
Remote I/O	Allen-Bradley	1980	Twinaxial	32 per segment	6 km	
Seriplex	APC	1990	4-wire shielded cable	500+ devices	>500 ft >	
SDS	Honeywell	1994	Twisted pair for signal and power	64 nodes, 126 addresses	500 m	Assembly, materials handling, packaging, sortation
WorldFIP	WorldFIP	1988	Twisted pair, fibre	64 without repeaters 256 with repeaters	12 km	Real-time control, process/machine

## Tendencias Tecnológicas

- TODO ELLO LO ANALIZAREMOS EN EL PRÓXIMO SEMINARIO:
  - ETHERNET EN ENTORNOS INDUSTRIALES

¿Preguntas?