

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**

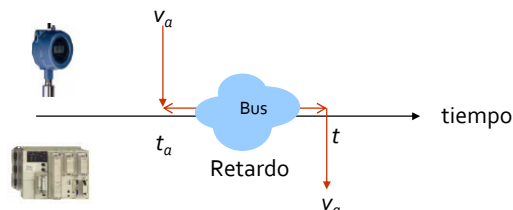
Requisitos de una Red Industrial

- 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

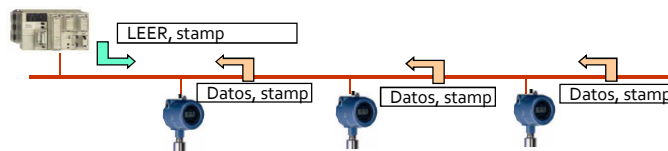
- Consistencia temporal absoluta
 - En un instante de tiempo t , la variable (dato recibido) v_a se considera consistente en el tiempo de forma absoluta si:
 - $t - t_a \leq A_a$
 - Donde
 - t_a : instante en que se tomó el valor de la variable v_a .
 - A_a : umbral de consistencia absoluta para la variable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

41

SINCRONISMO Y CONSISTENCIA

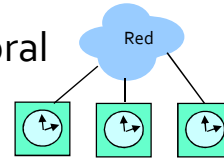
- Sincronismo y consistencia temporal
 - Sincronización de Relojes
 - Todos los dispositivos utilizan la 'misma' señal de reloj
 - Las muestras se transmiten junto con el instante de generación
 - Consistencia temporal relativa, absoluta y coordinación aseguradas
 - Comienza en los años 70. En 1984 Lundelius 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
Spatial extent	A few subnets	Wide area	Wide area	Local bus	Local bus
Communications	Network	Internet	Satellite	Bus or star	Bus
Target accuracy	Sub-microsecond	Few milliseconds	Sub-microsecond	Sub-microsecond	Sub-microsecond
Style	Master/slave	Peer ensemble	Client/server	Distributed	Master/Slave
Resources	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
Latency correction	Yes	Yes	Yes	Configured	No
Protocol specifies security	No (V2 may include security)	Yes	No	No	No
Administration	Self organizing	Configured	N/A	Configured	Configured
Hardware?	For highest accuracy	No	RF receiver and processor	Yes	Yes
Update interval	~2 seconds	Varies, nominally seconds	~1 second	Every TDMA cycle, ~ms	Every TDMA cycle, ~ms

IEEE 1588

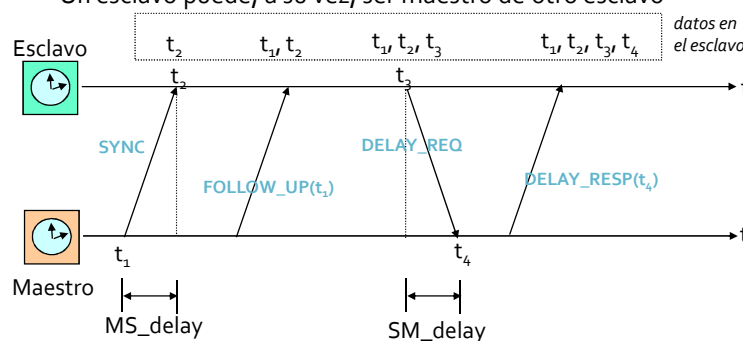
- Objetivos
 - Sincronismo $< 1\mu\text{s}$ en relojes de tiempo real de componentes diseñados para redes de medida distribuidas y sistemas de control
 - Pensado para componentes relativamente cercanos
 - Aplicable a LAN con soporte de multicast (no sólo Ethernet)
 - Simple de administrar e instalar
 - 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

45

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
 - $SM_delay = SM_delay = one_way_delay$
- $Offset = (MS_difference - SM_difference) / 2 = (t_2 - t_1 - t_4 + t_3) / 2$
- El esclavo corrige su reloj con el Offset

■ Ejemplo:

- Calcule el offset supuesto
 - $MS_delay = 5$
 - $SM_delay = 4$

Esclavo: 11:00



Maestro: 10:30

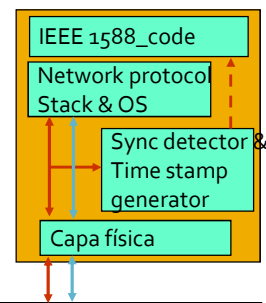
R. Estepa

47

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

48

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

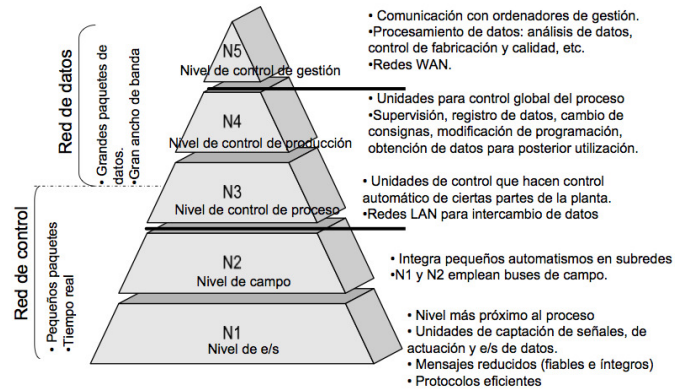
49

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, ...

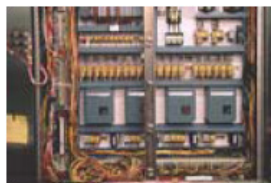
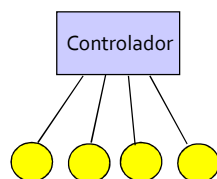


53

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

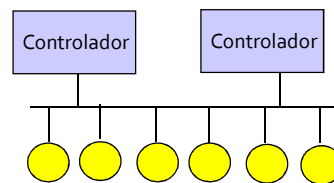


54

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

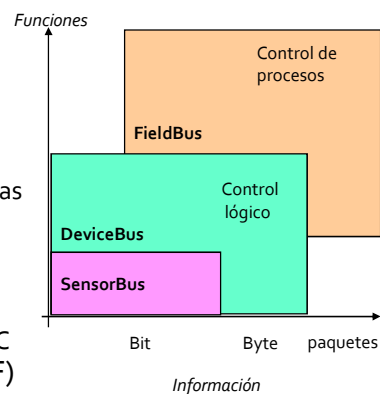


R. Estepa

55

Buses de Campo

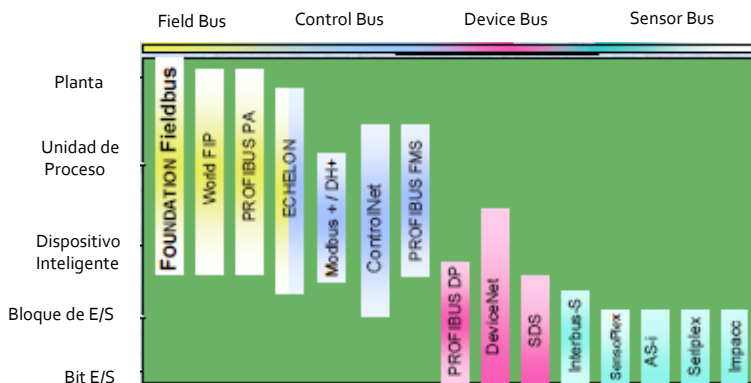
- Clasificación
 - FieldBus
 - Información: palabras o tablas
 - Variables analógicas y digitales
 - Conectan dispositivos, PLC y PC
 - Permiten aplicaciones distribuidas
 - DeviceBus
 - Información: bytes
 - Variables analógica y digitales
 - Conectan dispositivos, PLC y PC
 - Compartir dispositivos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



R. Estepa

56

Clasificación



57

... 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 Mbits. 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

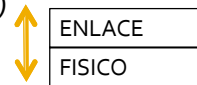
- Las capas superiores pueden suplir las funciones de las capas que no se usan



■ 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)
 - son una descripción abstracta de normalizaciones de dispositivos para aplicaciones específicas, con definiciones de los objetos de comunicación en ellos definidos, de las operaciones que se pueden realizar sobre ellos y de su comportamiento lógico y físico. La descripción de objetos lleva cuenta tanto su estructura 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 notación de comunicación y la estructura de las descripciones de dispositivos, por medio de una notación formal.
 - Los bloques funcionales
 - son funciones de comunicación compactas que realizan funciones determinadas generalmente asociadas a la comunicación. Este bloque funcional se configura en las variables de comunicación para cada dispositivo concreta. El resultado es que esta comunicación 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

63

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)

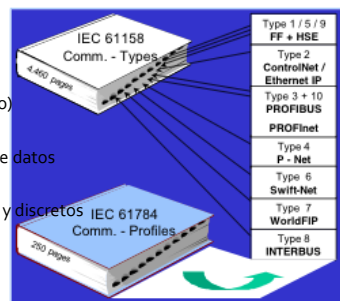


Fig. 1 Construction of IEC 61158 and IEC 61784
(Source: PROFIBUS International)

R. Estepa

64