

Redes de comunicación industrial

Erick Pérez P.

29 de noviembre de 2023

Tabla de contenidos

1 Introducción

► Introducción

► MODBUS

► HART

► PROFIBUS

► PROFINET

► DeviceNET

► Ethernet

► As-interface

► BACnet

► SMS

► DNP3

► IEC 61850

► Comparación general de los protocolos de comunicación industrial

► Comunicación I2C

► Redes de malla inalámbricas (WSM)

► MQTT

Redes de comunicación industrial

1 Introducción

- En la era de la automatización y la industria 4.0, las redes de comunicación industrial se han convertido en el motor que impulsa la eficiencia, la supervisión y el control en una amplia variedad de sectores, desde la manufactura hasta la energía, pasando por la automatización de edificios y la infraestructura crítica.
- Estas redes son el hilo conductor que conecta dispositivos, sensores, actuadores y sistemas de control, permitiendo la toma de decisiones en tiempo real y brindando un nivel sin precedentes de visibilidad y control sobre procesos y operaciones.
- En el presente documento se presentan los protocolos de comunicación en redes industriales más importantes.

Tabla de contenidos

2 MODBUS

- ▶ Introducción
- ▶ **MODBUS**
- ▶ HART
- ▶ PROFIBUS
- ▶ PROFINET
- ▶ DeviceNET
- ▶ Ethernet
- ▶ As-interface
- ▶ BACnet
- ▶ SMS
- ▶ DNP3
- ▶ IEC 61850
- ▶ Comparación general de los protocolos de comunicación industrial
- ▶ Comunicación I2C
- ▶ Redes de malla inalámbricas (WSM)
- ▶ MQTT

MODBUS

2 MODBUS

- MODBUS es un protocolo de mensajería de capa de aplicación, ubicado en el nivel 7 del modelo OSI, que proporciona comunicación cliente/servidor entre dispositivos conectados en diferentes tipos de buses o redes.
- MODBUS es un protocolo de solicitud/respuesta y ofrece servicios especificados por códigos de función.
- Los códigos de función MODBUS son elementos de las PDU de solicitud/respuesta MODBUS.
- Las comunicaciones Modbus son de dos tipos:
 - Consulta/respuesta (comunicaciones entre un maestro y un esclavo).
 - Difusión (un maestro envía un comando a todos los esclavos).

MODBUS

2 MODBUS

- Actualmente se implementa usando:
 - TCP/IP sobre Ethernet.
 - Transmisión en serie asíncrona a través de una variedad de medios (cable: EIA/TIA -232-E, EIA-422, EIA/TIA-485-A; fibra, radio, etc.).
 - MODBUS PLUS, una red de paso de tokens de alta velocidad (HDLC - High-Level Data Link Control).

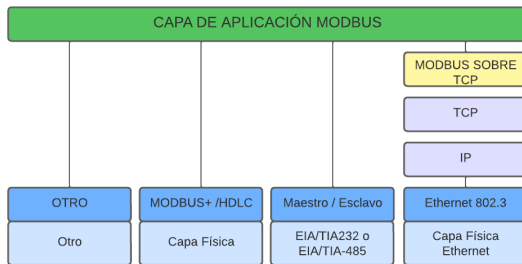


Figura 1: Pila de comunicación MODBUS.

Intercambio de mensajes MODBUS

2 MODBUS

- Una transacción Modbus comprende una única trama de consulta o respuesta, o una única trama de difusión.

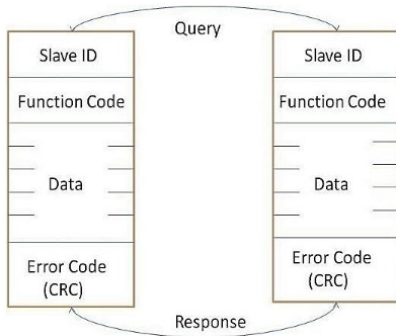


Figura 2: Comunicación master/esclavo MODBUS RTU.

Trama MODBUS

2 MODBUS

- Un mensaje de trama Modbus contiene la dirección del receptor previsto, el comando que el receptor debe ejecutar y los datos necesarios para ejecutar el comando.

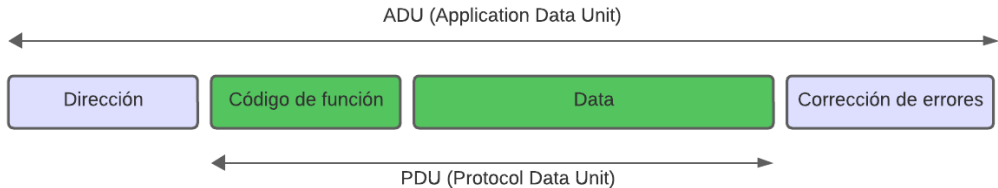
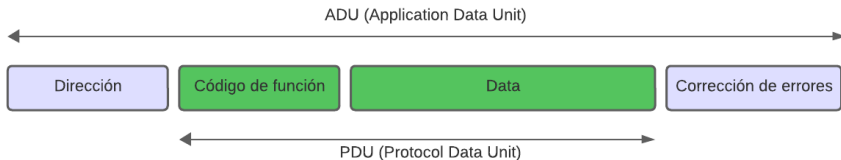


Figura 3: Trama MODBUS.

- El protocolo MODBUS define una unidad de datos de protocolo (PDU) simple e independiente de las capas de comunicación subyacentes.
- El mapeo del protocolo MODBUS en buses o redes específicas puede introducir algunos campos adicionales en la (ADU).

Trama MODBUS

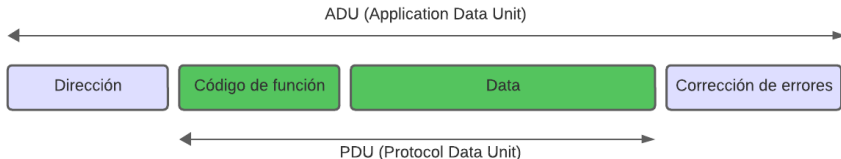
2 MODBUS



- El campo de código de función de una unidad de datos MODBUS está codificado en un byte.
- Los códigos válidos están en el rango de 1 a 255 decimales (el rango de 128 a 255 está reservado y se utiliza para respuestas de excepción).
- La función indica al servidor qué tipo de acción realizar.

Trama MODBUS

2 MODBUS



- El campo de datos contiene información adicional que el servidor utiliza para realizar la acción definida por el código de función.
- Esto puede incluir elementos como direcciones discretas y de registro, la cantidad de elementos que se manejarán y el recuento de bytes de datos reales en el campo.
- El campo de datos puede ser inexistente (de longitud cero), ya que el código de función por sí solo especifica la acción.
- El tamaño del PDU MODBUS está limitado por la restricción de tamaño heredada de la primera implementación MODBUS en la red de línea serie (máx. RS485 ADU = 256 bytes).

Codificación de datos

2 MODBUS

- MODBUS utiliza una representación 'big-Endian' para direcciones y elementos de datos. Esto significa que cuando se transmite una cantidad numérica mayor que un byte, el byte más significativo se envía primero. Así por ejemplo:

Tamano de registro = 16 bits

Valor = 0x1234

- En este caso, el primer byte enviado es 0x12 y luego 0x34.

Modelo de datos

2 MODBUS

- MODBUS basa su modelo de datos en una serie de tablas que tienen características diferenciadoras. Las cuatro tablas principales son:

Tablas primarias	Tipo de objeto	Tipo	Descripción
Entradas discretas	1-bit	Lectura	Este tipo de datos puede ser proporcionado por un sistema de E/S.
Coils (bobinas)	1-bit	Escritura	Este tipo de datos puede ser alterado por un programa de aplicación.
Registros de entrada	palabra de 16-bits	Lectura	Este tipo de datos puede ser proporcionado por un sistema de E/S.
Registros de retención	palabra de 16-bits	Escritura	Este tipo de datos puede ser alterado por un programa de aplicación.

Tabla 1: Tablas primarias MODBUS.

Modelo de datos

2 MODBUS

- Estos bancos de datos definen el tipo y los derechos de acceso a los datos contenidos y son identificados generalmente a través de un rango de direcciones:
 - coils (0xxxx),
 - entradas discretas (1xxxx),
 - registros de entrada (3xxxx) y
 - registros de retención (4xxxx).
- Para cada una de las tablas primarias, el protocolo permite la selección individual de 65536 elementos de datos.
- Las operaciones de lectura o escritura de esos elementos están diseñadas para abarcar múltiples elementos de datos consecutivos hasta un límite de tamaño de datos que depende del código de función de transacción.

MODBUS sobre TCP/IP

2 MODBUS

- En la implementación de TCP/IP, el protocolo Modbus se envía como datos de la capa de aplicación.
- No hay autenticación, autorización ni cifrado del protocolo.
- El protocolo Modbus en sí tampoco tiene capacidad para manejar estas funciones.
- Por lo tanto, cualquier solicitud con el formato adecuado se considera válida y se responde a ella.

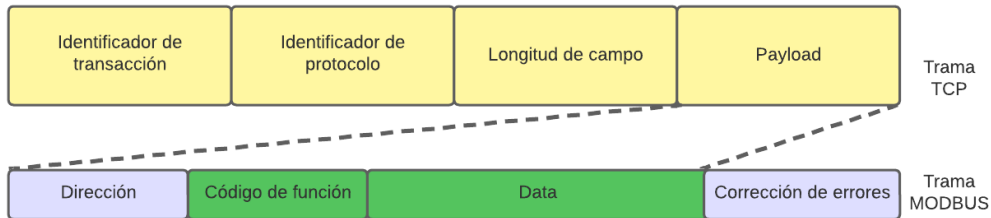
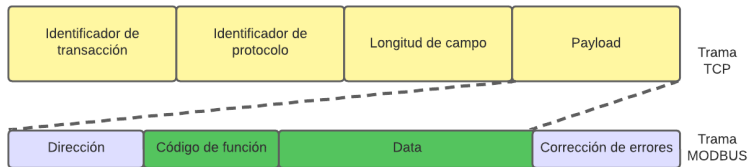


Figura 4: Trama MODBUS/TCP.

MODBUS sobre TCP/IP

2 MODBUS

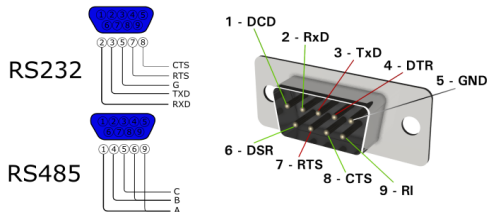
- El protocolo Modbus en sí se puede dividir en seis secciones:
 1. **Identificador de transacción:** campo de 2 bytes, correlaciona solicitudes y respuestas.
 2. **Identificador de protocolo:** campo de 2 bytes, siempre es 0 para Modbus.
 3. **Longitud de campo:** campo de 2 bytes, indica el número de bytes restantes en el payload.
 4. **Identificador de unidad:** campo de 1 byte, identifica el esclavo específico en una dirección IP. Puede haber hasta 254 esclavos diferentes en una única IP.
 5. **Código de función:** un campo de 1 byte que indica la acción solicitada por el maestro.
 6. **Datos:** campo de longitud variable, valores asociados con los códigos de función.



RS-232

2 MODBUS

- RS-232 (EIA/TIA RS-232), es un enfoque de comunicación en serie de tipo asíncrono.
- En esta modalidad de comunicación, los dispositivos emplean una única conexión que contiene dos conjuntos de cables.
- En este protocolo, las señales de salida típicamente varían en el rango de $\pm 5V$ a $\pm 25V$.
- La interpretación por parte del dispositivo receptor es simple:
 - cualquier voltaje por encima de +3 V se considera como un 0,
 - mientras que cualquier voltaje por debajo de -3 V se interpreta como un 1.



Serial Communication

Trama RS-232

2 MODBUS



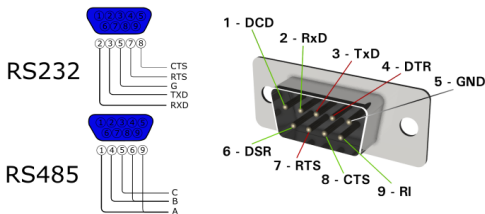
Figura 5: Frame RS-232.

- El bit de inicio informa al dispositivo receptor el inicio de transmisión de datos. Debido a la naturaleza asíncrona del protocolo RS-232.
- A continuación, los bits de datos pueden variar de 5 a 9 bits, aunque la configuración más común emplea 8 bits.
- Luego, el bit de paridad verifica la presencia de errores (número par de bits de datos).
- Por último, se halla el bit de parada, que especifica intervalos de 1 o 2 bits antes de que sea posible transmitir el próximo bit de inicio.

RS-485

2 MODBUS

- RS-485 (EIA/TIA-485), mejora las capacidades físicas de la interfaz RS-232.
- La conexión en serie utilizando EIA-485 se establece a través de un cable compuesto por dos o tres conductores:
 - uno destinado a la transmisión de datos,
 - otro para la transmisión de datos invertidos y,
 - en muchas ocasiones, un tercer conductor de conexión a tierra (0 V).
- Permite intercambiar información a través de un cable de par trenzado de 22 o 24 AWG a 100 kbps a 120 m.



Serial Communication

Trama RS-485

2 MODBUS

Inicio	Dirección de dispositivo	Data	Paridad	Fin
1 char	2 char	n char	4 char	2 char
:	01 ... 31	comandos	****	\r\n

Figura 7: Trama RS-485

- El comienzo del comando se indica con dos puntos :.
- La dirección del dispositivo corresponde a la dirección necesaria para activar un sensor en una red con varios sensores. La dirección estándar del dispositivo es 01.
- Hay 2 tipos diferentes de CARGA ÚTIL:
 - Codificación legible: desarrollada para controlar el sensor con un programa terminal
 - Codificación automática: desarrollada para garantizar una comunicación eficiente y confiable entre dispositivos

Trama RS-485

2 MODBUS

Inicio	Dirección de dispositivo	Data	Paridad	Fin
1 char	2 char	n char	4 char	2 char
:	01 ... 31	comandos	****	\r\n

Figura 8: Trama RS-485

- El CHECKSUM se utiliza para comprobar la transmisión correcta. Consta de los valores INICIO, DIRECCIÓN DEL DISPOSITIVO y CARGA ÚTIL y siempre tiene 4 dígitos. El cálculo se realiza con: CRC16-ARC / CRC-IBM
- El final del frame o comando está marcado por la combinación de 4 dígitos \r\n. Importante: Este comando siempre debe enviarse como HEX

Red industrial con MODBUS

2 MODBUS

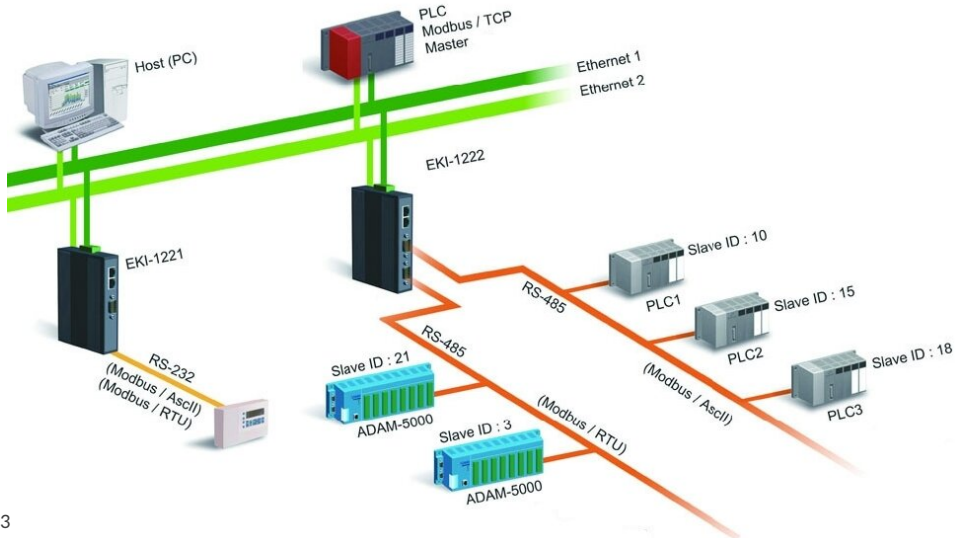


Tabla de contenidos

3 HART

- ▶ Introducción
- ▶ MODBUS
- ▶ **HART**
- ▶ PROFIBUS
- ▶ PROFINET
- ▶ DeviceNET
- ▶ Ethernet
- ▶ As-interface
- ▶ BACnet
- ▶ SMS
- ▶ DNP3
- ▶ IEC 61850
- ▶ Comparación general de los protocolos de comunicación industrial
- ▶ Comunicación I2C
- ▶ Redes de malla inalámbricas (WSM)
- ▶ MQTT

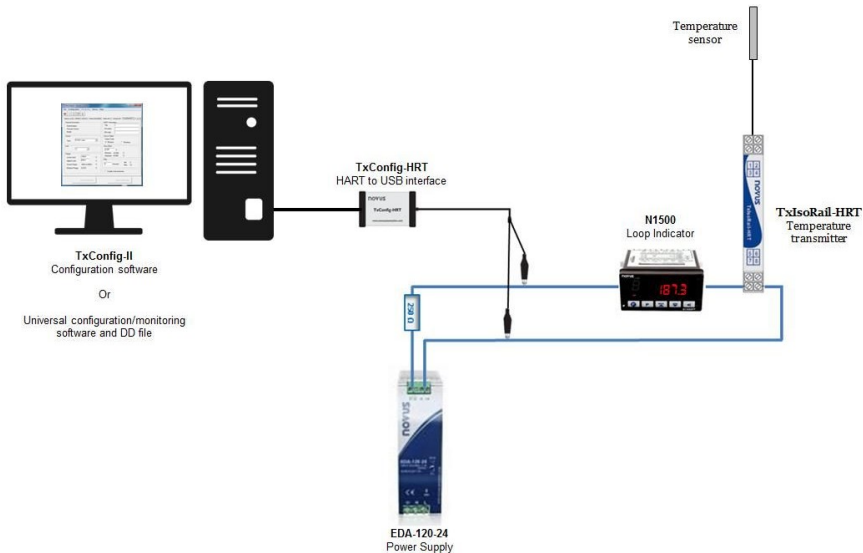
HART

3 HART

- HART, un protocolo de comunicación diseñado para su aplicación en entornos industriales de medición y control
- Es considerado un protocolo “híbrido” en virtud de su capacidad para facilitar tanto la comunicación analógica como la digital.
- Este protocolo emplea una señal analógica de 4-20 mA para transmitir una variable específica.
- Al mismo tiempo transporta información adicional mediante la modulación de una señal digital de bajo nivel que se superpone de forma transparente a la señal analógica
- Dicha interferencia (analógica/digital) se puede eliminar mediante técnicas convencionales de filtrado.

Red industrial con HART

3 HART



Características principales

3 HART

- Comunicación Digital sobre Señales Analógicas
- Comunicación en Dos Sentidos
- Modo Maestro-Esclavo
- Flexibilidad en la Configuración
- Mensajes Digitales y Analógicos
- Seguridad y Redundancia
- Diagnóstico Avanzado
- Reducción de Costos de Cableado

Trama HART

3 HART



Figura 9: Frame HART.

- **Preámbulo:** Consiste de entre cinco a veinte caracteres hexadecimales FF. Permite al receptor sincronizarse con la señal de frecuencia y la cadena de caracteres entrante. Su tamaño varía de 5 a 20 bytes.
- **Caracter de Inicio:** en un mensaje HART puede tener varios posibles valores:

Tipo de mensaje	Formato corto	Formato largo
Maestro a esclavo	02	82
Esclavo a maestro	06	86
Mensaje burst de esclavo	01	81

Trama HART

3 HART

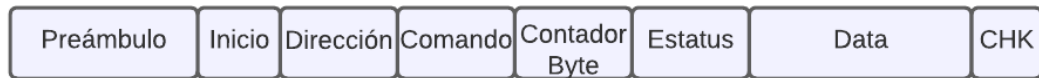


Figura 10: Frame HART.

- **Dirección:** Este campo incluye tanto la dirección del maestro (un bit: 1 para maestro primario, 0 para maestro secundario) y la dirección del esclavo.
 - En el formato corto, la dirección del esclavo es de 4 bits que contienen la “dirección de barrido” o “polling address ” (0 a 15).
 - En el formato largo, la dirección del esclavo es de 38 bits que contienen el “identificador único” para ese dispositivo en particular.
- **Comando:** Este byte contiene el comando HART del mensaje.
- **Conteo de Bytes:** Cantidad de bytes que hay entre los bytes de Estatus y Data.

Trama HART

3 HART



Figura 11: Frame HART.

- **Estado:** Este campo solo está presente en la respuesta de un esclavo. Contiene información acerca de los errores de comunicación que ocurrieron en el mensaje, el estado del comando recibido, y el estado del dispositivo. Esta información se muestra en dos bytes.
- **Data:** Puede estar vacío. El número de bytes y el formato son específicos para cada comando.
- **Suma de Verificación (Checksum):** Esto se usa para detectar errores en la comunicación.

Tabla de contenidos

4 PROFIBUS

- ▶ Introducción
- ▶ MODBUS
- ▶ HART
- ▶ **PROFIBUS**
- ▶ PROFINET
- ▶ DeviceNET
- ▶ Ethernet
- ▶ As-interface
- ▶ BACnet
- ▶ SMS
- ▶ DNP3
- ▶ IEC 61850
- ▶ Comparación general de los protocolos de comunicación industrial
- ▶ Comunicación I2C
- ▶ Redes de malla inalámbricas (WSM)
- ▶ MQTT

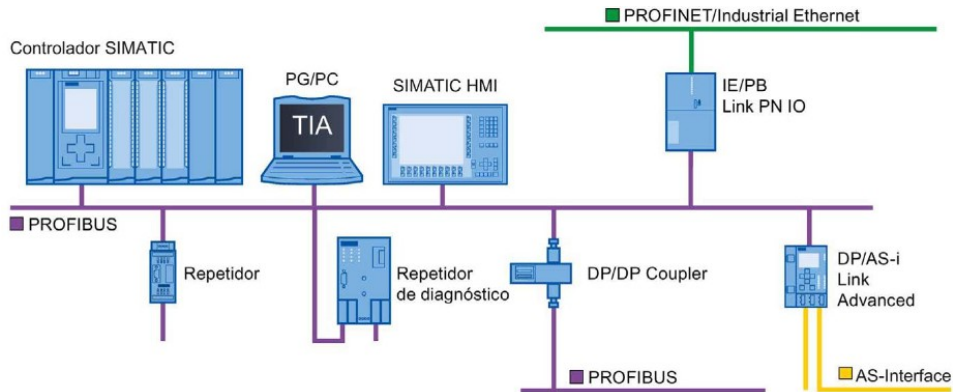
PROFIBUS

4 PROFIBUS

- PROFIBUS se fundamenta en el uso de RS-485, adoptado para la comunicación serial.
- En una red PROFIBUS, se distinguen entre maestros y esclavos PROFIBUS.
- Los maestros pueden incluir, por ejemplo, PLCs, PACs o sistemas DCS,
- Mientras que los esclavos abarcan dispositivos, como accionamientos, motores, módulos de entrada/salida, sensores, equipos de campo, robots, actuadores, entre otros.
- PROFIBUS se divide en dos variantes: PROFIBUS DP (Periféricos Descentralizados) y PROFIBUS PA (Automatización de Procesos).
- En términos generales, la idea central de PROFIBUS es **consolidar múltiples entradas y salidas de campo en un solo dispositivo de E/S local** y luego transmitir estos datos a través de un único cable hacia el dispositivo maestro.

Red industrial con PROFIBUS

4 PROFIBUS



Características principales

4 PROFIBUS

- PROFIBUS se presenta en dos tipos principales: PROFIBUS DP (Decentralized Peripherals) y PROFIBUS PA (Process Automation).
- Comunicación en Tiempo Real
- Topología de Bus en serie.
- Detección de Errores y Diagnóstico
- Los dispositivos pueden ser configurados de forma remota.
- PROFIBUS DP permite ajustar la velocidad de TX según las necesidades.
- PROFIBUS DP admite comunicación en serie (para datos de proceso) y comunicación en paralelo (para datos acíclicos y de configuración).
- **Amplia Adopción:** ampliamente utilizado en diversas industrias, incluyendo la automotriz, manufacturera y de automatización de procesos.

Trama PROFIBUS

4 PROFIBUS

La trama PROFIBUS admite 3 tipos de formato: tramas de longitud fija sin datos, tramas de longitud fija con datos y tramas de longitud variable.

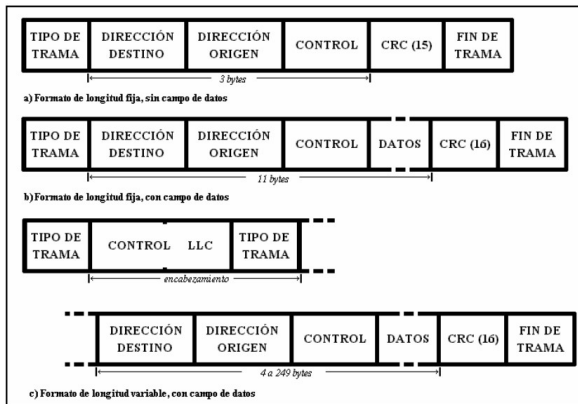


Figura 12: Tramas PROFIBUS.

Tabla de contenidos

5 PROFINET

- ▶ Introducción
- ▶ MODBUS
- ▶ HART
- ▶ PROFIBUS
- ▶ **PROFINET**
- ▶ DeviceNET
- ▶ Ethernet
- ▶ As-interface
- ▶ BACnet
- ▶ SMS
- ▶ DNP3
- ▶ IEC 61850
- ▶ Comparación general de los protocolos de comunicación industrial
- ▶ Comunicación I2C
- ▶ Redes de malla inalámbricas (WSM)
- ▶ MQTT

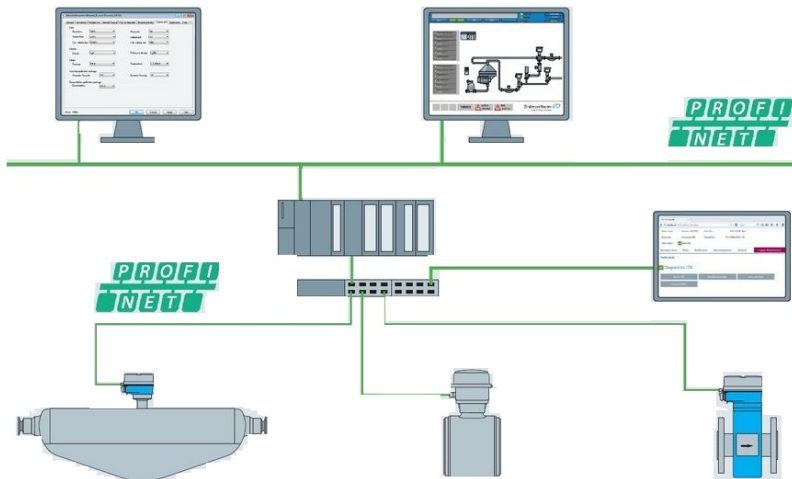
PROFINET

5 PROFINET

- PROFINET se basa en el estándar Ethernet (CAT5, por ejemplo).
- Los cables Ethernet convencionales son adecuados para su uso en redes PROFINET, aunque **se opta por cables específicos de PROFINET**, que son esencialmente cables Ethernet reforzados diseñados para resistir las condiciones adversas en entornos industriales.
- PROFINET está compuesta por controladores como PLCs, PACs, DCS, así como sensores, actuadores, robots, lectores RFID y otros dispositivos de E/S.
- En el contexto de PROFINET, estos elementos se denominan controladores y dispositivos, respectivamente.
- PROFINET es compatible con WLAN y Bluetooth, como parte de su especificación.

Red industrial con PROFINET

5 PROFINET



Características principales

5 PROFINET

- Se basa en Ethernet industrial.
- Es capaz de garantizar tiempos de ciclo constantes y predecibles.
- Comunicación en Tiempo Real.
- Admite una variedad de topologías, incluyendo la topología de estrella, la de anillo, la de línea, entre otras.
- Permite la integración de datos de proceso Y de diagnóstico en una única red.
- Permite la supervisión del estado de los dispositivos.
- Es compatible con redes de control y automatización de edificios.
- Se utiliza en una amplia gama de aplicaciones industriales, incluyendo la automatización de fábricas, sistemas de control de procesos, robótica y maquinaria industrial.
- Compatibilidad con PROFIBUS

Trama PROFINET

5 PROFINET

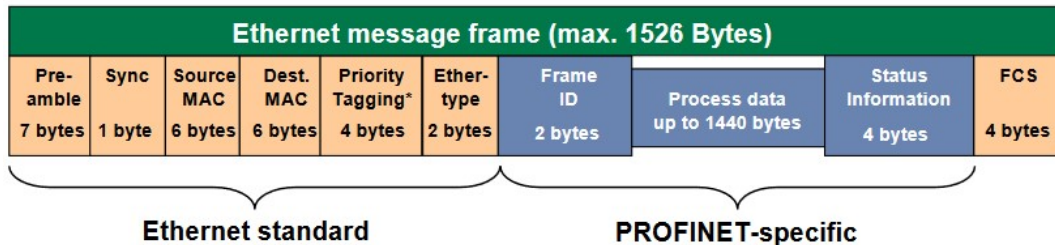


Figura 13: Trama PROFINET

Tabla de contenidos

6 DeviceNET

- ▶ Introducción
- ▶ MODBUS
- ▶ HART
- ▶ PROFIBUS
- ▶ PROFINET
- ▶ **DeviceNET**
- ▶ Ethernet
- ▶ As-interface
- ▶ BACnet
- ▶ SMS
- ▶ DNP3
- ▶ IEC 61850
- ▶ Comparación general de los protocolos de comunicación industrial
- ▶ Comunicación I2C
- ▶ Redes de malla inalámbricas (WSM)
- ▶ MQTT

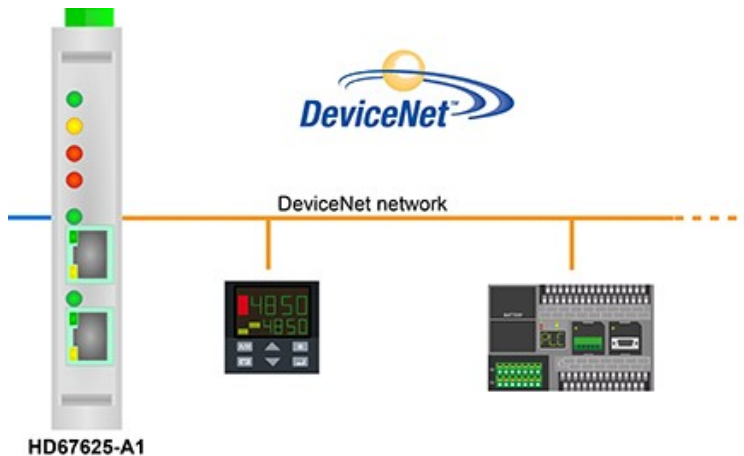
DeviceNET

6 DeviceNET

- DeviceNet es una de las redes que ha adoptado el concepto de productor/consumidor.
- Los datos generados por un único emisor en la red se transmiten de forma simultánea a todos los posibles receptores.
- Los RX tienen la autonomía de decidir si desean atender o no el mensaje.
- DeviceNet se configura como una red de comunicación digital multipunto concebida para enlazar sensores, actuadores y sistemas de automatización industrial en distintos contextos.
- Su desarrollo se enfocó en conseguir una notable flexibilidad entre los dispositivos de campo y asegurar la interoperabilidad entre equipos procedentes de diversos fabricantes en la industria.

Red industrial con DeviceNET

6 DeviceNET



Características principales

6 DeviceNET

- Puede albergar un máximo de 64 nodos por red, en topología de bus con derivaciones.
- Un nodo DeviceNet es modelado por un conjunto de objetos CIP, los cuales encapsulan datos y servicios y determinan así mismo su comportamiento.
- Distancia máxima: 100 m a 500 m. Puede alcanzar los 6 km con el uso de repetidores repetidores, alcanzando 125, 250 y 500 Kbps.
- Emplea dos pares trenzados: control y alimentación.
- Transmisión basada en el modelo productor/consumidor y mensajes desde 1 byte.
- Reemplazo automático de nodos, no requiere de programación y elevado nivel de diagnósticos.

Tipos de datos

6 DeviceNET

Datos cíclicos	Datos provenientes de sensores y actuadores, directamente relacionados al control. Estos datos representan las actualizaciones regulares y programadas que se transmiten entre los dispositivos de campo. Además, los datos cíclicos son esenciales para el monitoreo en tiempo real y el control de los procesos industriales.
Datos no cíclicos	Datos indirectamente relacionados al control, como configuración y diagnóstico. Estos datos son mensajes de información intercambiados eventualmente durante la configuración o diagnóstico del equipo de campo.

Tabla 2: Tipos de datos en DeviceNet.

Trama DeviceNET

6 DeviceNET

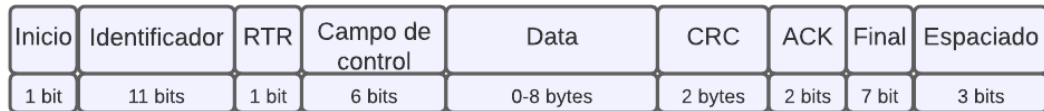


Figura 14: Trama DeviceNet.

- 1 bit de inicio de trama,
- 11 bits que representan el identificador del equipo receptor y la prioridad,
- 1 bit RTR que indica si se trata de una trama remota o de datos,
- 6 bits para el campo de control, que especifica el número de datos que se están transmitiendo (de 0 a 8 bytes de información).
- 2 bytes destinados a la detección de errores de transmisión (CRC).
- 2 bits de acuse de recibo (ACK).
- 7 bits para marcar el final de la trama.
- 3 bits para indicar el espacio entre tramas.

Capa física

6 DeviceNET

- La capa física y de acceso a la red en DeviceNet se basa en la tecnología CAN (Controller Area Network), mientras que las capas superiores operan bajo el protocolo CIP (Common Industrial Protocol).
- La estructura de los datos sigue las especificaciones del estándar CAN.
- Antes de que un dispositivo transmisor envíe una trama, lleva a cabo una escucha activa para verificar que la red esté desocupada.
- Además, DeviceNet incluye detección de colisiones.
- La trama transmitida por DeviceNet utiliza el protocolo CIP, lo que le confiere independencia con respecto a la capa física utilizada.

Tabla de contenidos

7 Ethernet

- ▶ Introducción
- ▶ MODBUS
- ▶ HART
- ▶ PROFIBUS
- ▶ PROFINET
- ▶ DeviceNET
- ▶ **Ethernet**
- ▶ As-interface
- ▶ BACnet
- ▶ SMS
- ▶ DNP3
- ▶ IEC 61850
- ▶ Comparación general de los protocolos de comunicación industrial
- ▶ Comunicación I2C
- ▶ Redes de malla inalámbricas (WSM)
- ▶ MQTT

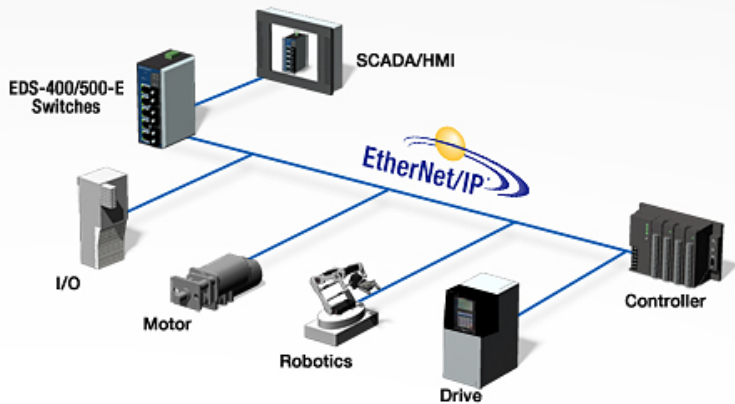
Ethernet industrial

7 Ethernet

- Ethernet, conocida también como IEEE 802.3, ampliamente aceptados en las comunicaciones de Red de Área Local (LAN).
- Este estándar permite la interconexión de dispositivos ubicados en proximidad geográfica a través de una red.
- Habilita la conexión de una cantidad que puede oscilar entre 100 y 1000 usuarios, con velocidades de transmisión que pueden variar desde 10 Mbps hasta 10 Gbps, dependiendo de la tecnología de transmisión empleada.
- Este protocolo utiliza CSMA.
- Su funcionamiento inicia con la escucha y la comprobación de que la red se encuentre libre antes de transmitir una trama.

Red industrial con Ethernet

7 Ethernet



Características principales

7 Ethernet

- Robustez y Durabilidad
- Conectividad en Tiempo Real
- Redundancia
- Cableado Robusto
- Protocolos de Comunicación Específicos: además de Ethernet IP, PROFINET y otros protocolos de Ethernet industrial.
- Seguridad y Protección: incorpora medidas de seguridad, como autenticación y cifrado.
- Integración de Sistemas: permite la integración de sistemas de control, dispositivos de campo, sensores y actuadores.

Trama Ethernet

7 Ethernet

Preámbulo	Dirección destino	Dirección origen	Tipo	Data	CRC
8 bytes	6 bytes	6 bytes	2 bytes	46-1500 bytes	4 bytes

Figura 15: Trama Ethernet.

- La trama Ethernet consta de la dirección del equipo receptor, la dirección del equipo transmisor y el mensaje a transmitir.
- La longitud del mensaje puede variar en un rango de 64 a 1500 bytes, lo que resulta en un tiempo de transmisión que oscila entre 50 y 1200 μs .
- La sección de preámbulo ayuda a sincronizar con el receptor previsto.
- También incorpora un CRC de 32 bits.

Capa física

7 Ethernet

Estándar Ethernet	Denominación	Velocidad de datos	Tecnología de cables
802.3	10Base5	10 MB/s	Cable coaxial
802.3a	10Base2	10 MB/s	Cable coaxial
802.3i	10Base-T	10 MB/s	Cable de par trenzado
802.3j	10Base-FL	10 MB/s	Cable de fibra óptica
802.3u	100Base-TX, 100Base-FX 100Base-SX	100 MB/s	Cable de par trenzado, cable de fibra óptica
802.3z	1000Base-SX, 1000Base-LX	1 GB/s	Cable de fibra óptica
802.3ab	1000Base-T	1 GB/s	Cable de par trenzado
802.3ae	10GBase-SR, 10GBase-SW 10GBase-LR, 10GBase-LW 10GBase-ER, 10GBase-EW, 10GBase-LX4	10 GB/s	Cable de fibra óptica
802.an	10GBase-T	10 GB/s	Cable de par trenzado

Tabla de contenidos

8 As-interface

- ▶ Introducción
- ▶ MODBUS
- ▶ HART
- ▶ PROFIBUS
- ▶ PROFINET
- ▶ DeviceNET
- ▶ Ethernet
- ▶ **As-interface**
- ▶ BACnet
- ▶ SMS
- ▶ DNP3
- ▶ IEC 61850
- ▶ Comparación general de los protocolos de comunicación industrial
- ▶ Comunicación I2C
- ▶ Redes de malla inalámbricas (WSM)
- ▶ MQTT

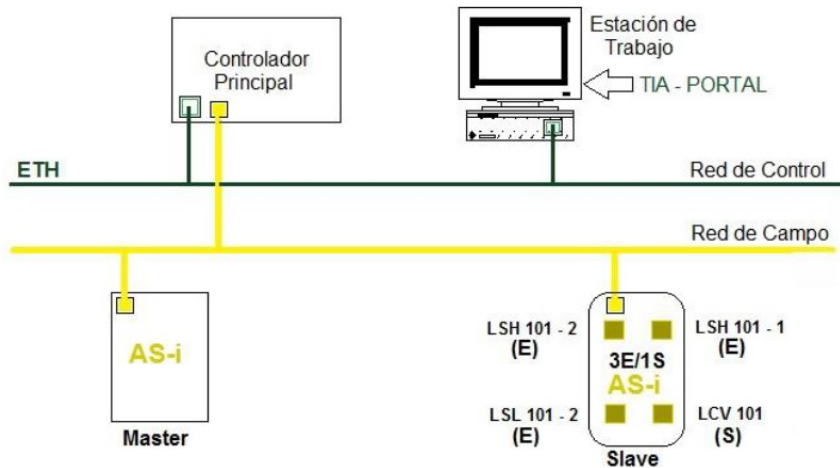
AS-interface

8 As-interface

- El bus AS-Interface es un sistema de interconexión electromagnética de bajo costo que simplifica la conexión entre sensores, actuadores y sistemas integrados utilizando un cable de dos conductores estándar.
- Su propósito principal es funcionar como un sistema económico adecuado para el nivel más básico de la jerarquía de la automatización (no como un bus universal).
- En este bus la señal es robusta, equilibrada y tiene redundancia de paridad, por lo que el cableado es sencillo.
- Un segmento de señal se puede distribuir en varias topologías; estrella, árbol o bus.
- El cableado debe tener una longitud total de 100 metros o menos. Además, no hay resistencias terminales.
- Este sistema utiliza dos únicos cables conductores para lograr estas conexiones de manera eficiente y económica.

Red industrial con AS-i

8 As-interface



Características principales

8 As-interface

- Sensores y Actuadores de diferentes fabricantes.
- Sistema con solo un maestro y sondeo cíclico.
- Esclavos con direccionamiento permanente del maestro o a través de hand-held.
- Topología: lineal, anillo, estrella o árbol.
- Usa dos cables no-trenzados y sin blindaje para datos y energía.
- Máximo de 100 m o hasta 300 m con el uso de repetidores.
- Hasta 62 esclavos por red (versión 2.1).
- Datos: 4 entradas y 4 salidas para cada esclavo y en el caso de más de 31 esclavos tiene, solo 3 salidas; (máximo de 248 entradas y salidas binarias por red).
- Transmite 4 bits/esclavo/mensaje.
- Tiempo de ciclo de 10 ms para la versión 2.1.
- Detección de error.

Componentes AS-i

8 As-interface

Maestro AS-i	Establece la conexión con el sistema de control de nivel superior y se encarga de la gestión de todo el tráfico de datos en la línea. Además, realiza la parametrización, el diagnóstico y la supervisión de los dispositivos conectados a la red AS-i.
Cable AS-i	<ul style="list-style-type: none">- Un cable para llevar la energía y los datos a los sensores (color amarillo).- Un cable para llevar 24 V a los actuadores (color negro).
Fuente de alimentación	Proporciona una corriente DC y regulada de 30 V para suministrar energía al maestro y esclavos. También desacopla los datos.
AS-i de Seguridad	Todos los dispositivos de seguridad conocidos pueden conectarse directamente al segmento AS-i mediante módulos o como solución integral

Tabla 4: Componentes de AS-i.

Trama AS-i

8 As-interface

- AS-i es una red maestro/esclavo que funciona mediante polling cíclico, es decir, hay un único maestro que direcciona uno a uno a los esclavos y realiza la comunicación con ellos.
- La red es de difusión, por lo que en cada trama se ha de indicar la dirección del esclavo con el que se establecerá la comunicación.
- Los esclavos de AS-Interface deben tener asignada una dirección:
 - De fábrica la dirección 0.
 - Se asigna mediante un terminal de direccionamiento o a través del maestro de la red.
 - Ha de ser única, y debe estar comprendida entre 1 y 31(A/B).
 - Dirección en una memoria no volátil (EEPROM).
 - Cada esclavo tiene 1 byte de datos, de forma que pueden conectarse 4 dispositivos de entrada binarios y 4 de salida por esclavo.[A/B 4I/3O]
 - Si un esclavo se conecta directamente a la red, ocupará la dirección completa.

Trama AS-i

8 As-interface

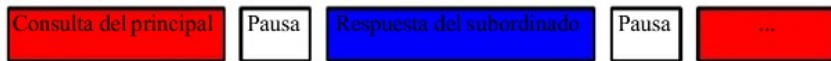
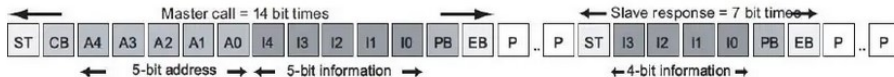


Figura 16: Estructura general de un intercambio de mensajes en AS-i



An AS-Interface message comprises the following elements:

- Master call: each master call comprises exactly 14 bit times
- Master interval: at least 2 bit times, max. 10 bit times
- Slave response: each slave response comprises exactly 7 bit times
- Slave interval:
 - under normal circumstances with synchronized slave: 1.5 to 2 bit times
 - During startup with non-synchronized slave: 4 bit times

Figura 17: Estructura de mensajes en AS-i

Capa física

8 As-interface

Puede emplearse cualquier cable bifilar de $2 \times 1,5 \text{ mm}^2$ sin apantallamiento ni trenzado, sin embargo, se recomienda utilizar el Cable Amarillo (de fábrica del dispositivo).

- Conectable por perforación de asilamiento.
- Codificación mecánica para evitar los cambios de polaridad, lo que impide que sea conectado de forma inadecuada a los restantes dispositivos de la red.
- Grado de protección IP65/67.
- Autocicatrizante, permite la desconexión segura de los esclavos manteniendo el grado de protección IP65/67.



Tabla de contenidos

9 BACnet

- ▶ Introducción
- ▶ MODBUS
- ▶ HART
- ▶ PROFIBUS
- ▶ PROFINET
- ▶ DeviceNET
- ▶ Ethernet
- ▶ As-interface
- ▶ **BACnet**
- ▶ SMS
- ▶ DNP3
- ▶ IEC 61850
- ▶ Comparación general de los protocolos de comunicación industrial
- ▶ Comunicación I2C
- ▶ Redes de malla inalámbricas (WSM)
- ▶ MQTT

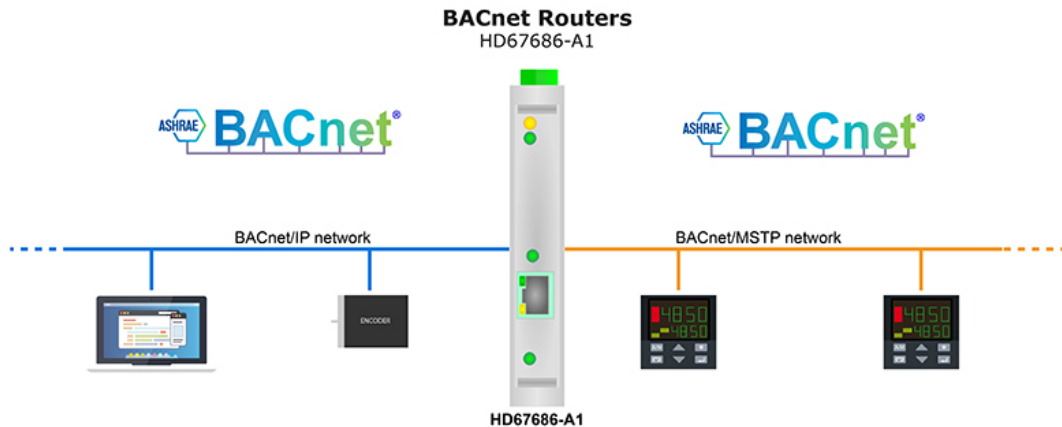
BACnet

9 BACnet

- BACnet (Building Automation and Control Networks) tiene el propósito de simplificar la interacción entre los dispositivos electrónicos que se encuentran en edificios modernos.
- Estos dispositivos pueden abarcar sistemas de alarma, sensores de movimiento, sistemas de climatización, calefacción y otros equipos relacionados con la automatización y el control de edificaciones.
- BACnet establece una serie de servicios que se emplean para posibilitar la comunicación entre dispositivos en un edificio. Estos servicios incluyen funciones como
 - “Who-Is” (¿Quién es?)
 - “I-am” (Soy yo)
 - “Who-Has” (¿Quién tiene?)
 - “I-Have” (Tengo)
 - “Read-Property” (Leer Propiedad)
 - “Write-Property” (Escribir Propiedad)

Red industrial con BACnet

9 BACnet



Trama BACNnet

9 BACnet

- La arquitectura de protocolo de BACnet consta de cuatro capas que corresponden a la capa física, de enlace de datos, de red y de aplicación del modelo ISO/OSI.
- BACnet no define una capa física y de enlace de datos en particular.
- Sin embargo, con el fin de mejorar la interoperabilidad entre dispositivos BACnet, se han definido cinco opciones de capas físicas y/o de enlace diferentes:

BACnet Application Layer				
BACnet Network Layer				
BVLL (BACnet/IP)	ISO 8802-2 (IEEE 802.3) Type 1	MS/TP	PTP	LonTalk
UDP/IP				
ISO 8802-3 (IEEE 802.3) „Ethernet“	ARCNET	EIA 485	EIA 232	

Figura 19: Stack BACnet.

Trama BACnet

9 BACnet

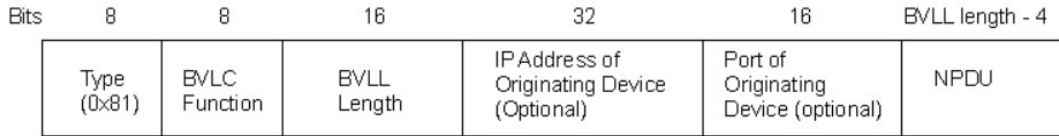


Figura 20: BACnet UDP/IP.

Control octet:

- Bit 7: 1 ... Message is a network layer message
0 ... Message contains a BACnet APDU
- Bit 6: Reserved
- Bit 5: 0 ... DNET, DLEN, DADR, hop count absent
1 ... DNET, DLEN, DADR, hop count present
- Bit 4: Reserved
- Bit 3: 0 ... SNET, SLEN, SADR absent
1 ... SNET, SLEN, SADR present
- Bit 2: Corresponds to *data_expecting_reply* parameter
- Bit 1,0: 11 ... Life safety message
10 ... Critical equipment message
01 ... Urgent message
00 ... Normal message

1	1	2	1	d	2	1	s	1	1	2	n
Version	Control	DNET	DLEN = d	DADR	SNET	SLEN = s	SADR	Hop Count	Message Typ	Vendor ID	APDU

Tabla de contenidos

10 SMS

- ▶ Introducción
- ▶ MODBUS
- ▶ HART
- ▶ PROFIBUS
- ▶ PROFINET
- ▶ DeviceNET
- ▶ Ethernet
- ▶ As-interface
- ▶ BACnet
- ▶ **SMS**
- ▶ DNP3
- ▶ IEC 61850
- ▶ Comparación general de los protocolos de comunicación industrial
- ▶ Comunicación I2C
- ▶ Redes de malla inalámbricas (WSM)
- ▶ MQTT

SMS/GSM

10 SMS

- Un cliente GSM tiene la capacidad de realizar una serie de actividades relacionadas con la transmisión de datos.
- Esto incluye la posibilidad de enviar y recibir mensajes de correo electrónico, faxes, navegar por Internet, etc., y utilizar otras funciones de transmisión de datos digitales.
- Además, el cliente GSM puede aprovechar servicios como los mensajes cortos (SMS) o mensajes de texto para la comunicación rápida y eficiente.
- En conjunto, estas capacidades amplían las opciones de comunicación y conectividad disponibles a través de la red móvil GSM.

Características principales

10 SMS

- El SMS permite el envío y recepción de mensajes de texto limitados a 160 caracteres.
- El TX y RX no necesitan estar conectados simultáneamente para tx o rx mensajes.
- La entrega depende de la red móvil y la configuración del servicio.
- Los mensajes SMS pueden enviarse y recibirse entre diferentes dispositivos y sistemas operativos.
- **Amplias Aplicaciones:** El SMS se utiliza en una variedad de aplicaciones, incluyendo mensajería personal, notificaciones de servicios, marketing y autenticación de dos factores (2FA), telemetría médica, etc.

Trama SMS

10 SMS

- Un SMS puede contener hasta 140 caracteres o 1602 caracteres de 7 bits. Este mensaje se encapsula con una serie de parámetros.

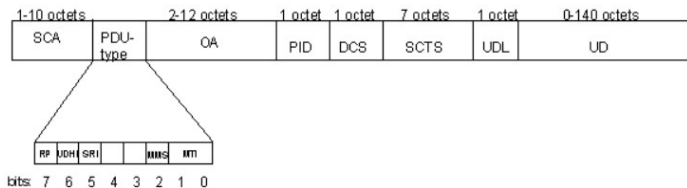


Figura 22: Frame SMS-DELIVER

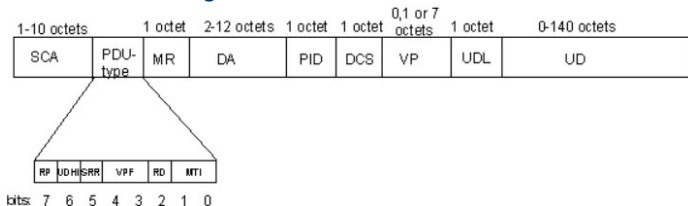


Figura 23: Frame SMS-SUBMIT

Aplicación en telemetría médica

10 SMS

- Gracias a los avances en las ciencias biomédicas, la informática y las tecnologías de telecomunicaciones, es factible diseñar sistemas/sensores capaces de detectar, monitorizar, mostrar y transmitir estas señales biomédicas desde pacientes ubicados en lugares remotos a profesionales de la salud mediante servicios GSM.
- Los sensores y las estaciones base posibilitan el monitoreo externo de un paciente, pero no implica que el paciente tenga total movilidad, ya que está conectado a BS y a la infraestructura de comunicaciones.
- En ciertos escenarios, podría haber sido factible controlar a los pacientes de manera remota.
- Este enfoque es beneficioso para los profesionales médicos, ya que supervisan a pacientes de forma constante.

Tabla de contenidos

11 DNP3

- ▶ Introducción
- ▶ MODBUS
- ▶ HART
- ▶ PROFIBUS
- ▶ PROFINET
- ▶ DeviceNET
- ▶ Ethernet
- ▶ As-interface
- ▶ BACnet
- ▶ SMS
- ▶ **DNP3**
- ▶ IEC 61850
- ▶ Comparación general de los protocolos de comunicación industrial
- ▶ Comunicación I2C
- ▶ Redes de malla inalámbricas (WSM)
- ▶ MQTT

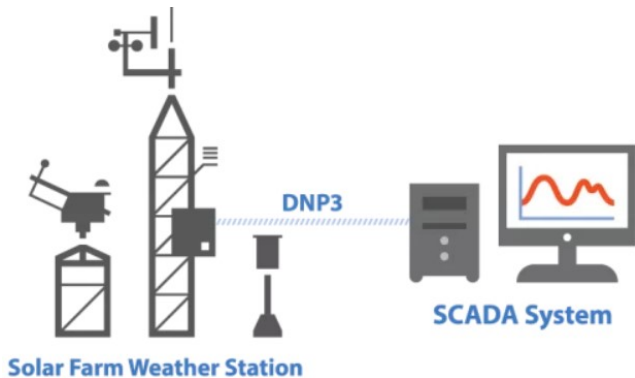
DNP3

11 DNP3

- DNP3 (acrónimo de Distributed Network Protocol, versión 3) es un protocolo industrial creado con la finalidad de mejorar las comunicaciones entre dispositivos inteligentes conocidos como IED (Intelligent Electronic Devices) y estaciones de control.
- Este protocolo tiene una amplia aplicación en sistemas SCADA y cumple una función esencial en la supervisión y el control de procesos industriales, infraestructuras críticas y sistemas de automatización en diversos sectores industriales.
- El protocolo DNP3 es versátil y admite varias configuraciones de red. Tres de las configuraciones más comunes son las siguientes:
 - Configuración Uno a Uno
 - Configuración Multipunto
 - Configuración Jerárquica

Red industrial con DNP3

11 DNP3



Características principales

11 DNP3

- Estándar Abierto.
- Comunicación Maestro-Esclavo.
- Comunicación en Tiempo Real.
- Redundancia.
- Integra datos analógicos y digitales en una red.
- Permite supervisar el estado de los dispositivos y realizar un seguimiento.
- Implementa autenticación, cifrado y firmas digitales.
- Compatibilidad con Protocolos Serie y Ethernet.
- **Amplio Uso en Energía:** es ampliamente utilizado en la supervisión y el control de sistemas eléctricos, subestaciones, medidores y sistemas de generación de energía.

Trama DNP3

11 DNP3

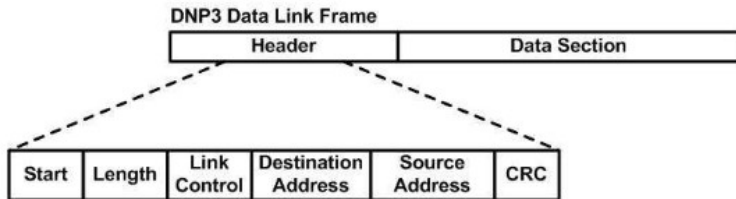


Figura 24: Trama DNP3

- Encabezado de tamaño fijo de 10 bytes.
- Carga útil máxima de 250 bytes (que incluye campos CRC de 16 bits por cada 16 bytes de datos), lo que da como resultado una longitud máxima de trama de enlace de datos de 292 bytes.
- Inicio: siempre contiene los valores de dos bytes 0x0564, lo que permite al RX identificar el inicio de la trama.

Trama DNP3

11 DNP3

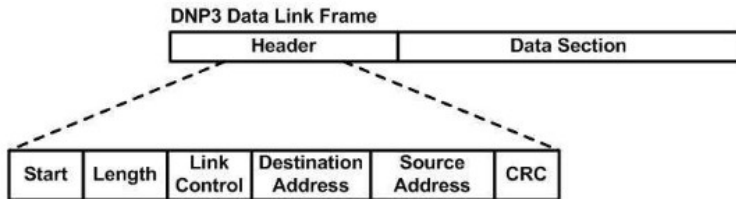


Figura 25: Trama DNP3

- Longitud: número de bytes en el resto de la trama (excluyendo los CRC).
- Control de enlace: contiene datos para gestionar el flujo de mensajes, secuenciarlos y definir la función de la trama. Incluye un código de función de cuatro bits y dos indicadores para sincronización y control de flujo.
- La dirección de destino y origen de 16 bits.
- CRC de 16 bits.

Trama DNP3

11 DNP3

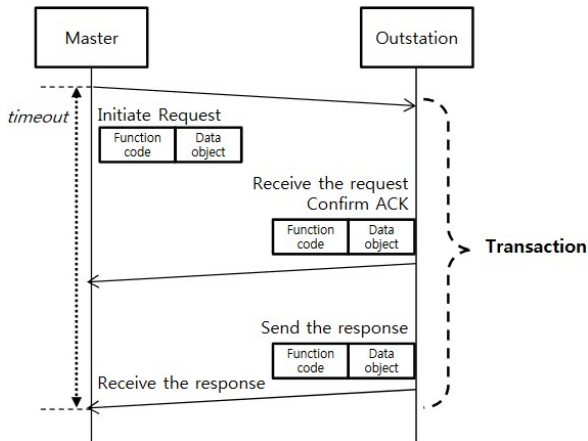


Figura 26: Intercambio de mensajes en DNP3.

Capa física

11 DNP3

- La capa física no está especificada en el estándar DNP3. DNP3 puede transportarse a través de una variedad de medios físicos, incluidos enlaces en serie antiguos.

Tabla de contenidos

12 IEC 61850

- ▶ Introducción
- ▶ MODBUS
- ▶ HART
- ▶ PROFIBUS
- ▶ PROFINET
- ▶ DeviceNET
- ▶ Ethernet
- ▶ As-interface
- ▶ BACnet
- ▶ SMS
- ▶ DNP3
- ▶ **IEC 61850**
 - ▶ Comparación general de los protocolos de comunicación industrial
 - ▶ Comunicación I2C
 - ▶ Redes de malla inalámbricas (WSM)
 - ▶ MQTT

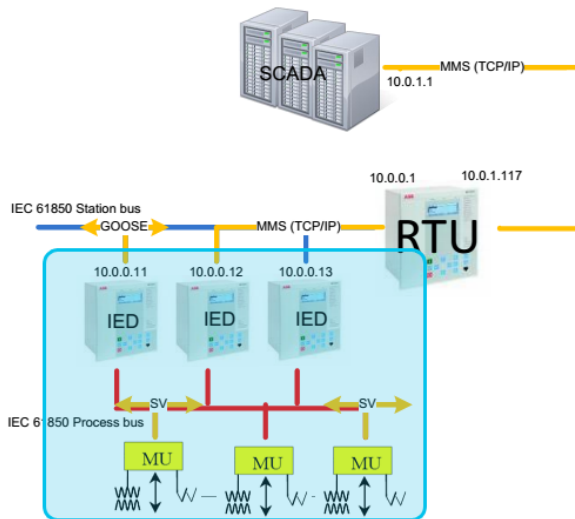
IEC 61850

12 IEC 61850

- DNP3 se orienta hacia el transporte seguro y eficiente de datos simples para la comunicación a distancia.
- IEC 61850 se centra en la comunicación entre activos, como la protección de equipos, dispositivos IED o sistemas HMI/SCADA locales.
- IEC se enfoca en el contexto de los datos. Mientras DNP3 se enfoca en los datos en sí.
- IEC 61850 integra el contexto en el sistema asignando datos a nodos lógicos con nombres contextuales predefinidos.
- Esto asegura que el contexto nunca se pierda durante la recopilación de datos, lo que simplifica la interpretación y el uso de la información en el entorno de la automatización.

Red industrial con IEC 61850

12 IEC 61850



Características principales

12 IEC 61850

- IEC 61850 destaca por su extenso conjunto de capacidades de modelado de datos, respaldado por información de autodescripción y un sistema independiente de proveedores que promueve la interoperabilidad.
- Los protocolos de comunicación en IEC 61850 abarcan modelos cliente-servidor y de publicación-suscripción.
- Algunos de los protocolos de comunicación admitidos incluyen el Evento de Estado de Subestación Genérico, MMS basado en un modelo cliente-servidor, SV (para transferencia de valores muestreados) y GOOSE (para eventos de subestación).
- SV y GOOSE se utilizan para transmitir datos en tiempo crítico mediante comunicación asincrónica y multicast, lo que permite a los editores enviar una única copia de los datos a la red para su distribución eficiente a múltiples suscriptores.

12 IEC 61850

[illegible]

Tabla de contenidos

13 Comparación general de los protocolos de comunicación industrial

- ▶ Introducción
- ▶ MODBUS
- ▶ HART
- ▶ PROFIBUS
- ▶ PROFINET
- ▶ DeviceNET
- ▶ Ethernet
- ▶ As-interface
- ▶ BACnet
- ▶ SMS
- ▶ DNP3
- ▶ IEC 61850
- ▶ **Comparación general de los protocolos de comunicación industrial**
- ▶ Comunicación I2C
- ▶ Redes de malla inalámbricas (WSM)
- ▶ MQTT

Comparación general de los protocolos de comunicación industrial

13 Comparación general de los protocolos de comunicación industrial

Protocolo	Tipo de Comunicación	Velocidad de Comunicación	Topología de Red	Aplicaciones Principales
Modbus	Serie	9600 bps a 115200 bps	RS-485, TCP/IP	Automatización industrial, PLC, Control de Procesos
HART	Serie	Variable (1200 baudios)	Varios	Instrumentación de campo, medición y control
Profibus	Serie	Hasta 12 Mbps	RS-485	Automatización industrial, sensores y actuadores
ProfiNet	Ethernet	Hasta 1000 Mbps	Ethernet	Automatización industrial, tiempo real
DeviceNet	Serie	Hasta 500 kbps	CAN	Automatización industrial, dispositivos de campo
Red de Control	Variable	Variable	Variable	Control de procesos y sistemas de automatización
Ethernet/IP	Ethernet	Hasta 1 Gbps	Ethernet	Automatización industrial, integración de sistemas
Interfaz Actuador-Sensor (AS-i)	Serie	Hasta 167 kbps	Serie	Automatización industrial, sensores y actuadores
BACNet	Serie/Ethernet	Variable	Variable	Automatización de edificios, sistemas HVAC
SMS para telemetría Médica	SMS	Variable	Variable	Telemetría médica y salud
DNP 3	Serie/Ethernet	Variable	Variable	Sistemas de control y automatización eléctrica
IEC 61850	Ethernet	Variable	Ethernet	Sistemas eléctricos, subestaciones eléctricas

Tabla de contenidos

14 Comunicación I2C

- ▶ Introducción
- ▶ MODBUS
- ▶ HART
- ▶ PROFIBUS
- ▶ PROFINET
- ▶ DeviceNET
- ▶ Ethernet
- ▶ As-interface
- ▶ BACnet
- ▶ SMS
- ▶ DNP3
- ▶ IEC 61850
- ▶ Comparación general de los protocolos de comunicación industrial
- ▶ **Comunicación I2C**
- ▶ Redes de malla inalámbricas (WSM)
- ▶ MQTT

I2C

14 Comunicación I2C

- El protocolo I2C proporciona una comunicación sencilla sin pérdida de datos.
- I2C utiliza solo dos cables para la comunicación. es ligero, económico y omnipresente. También aumenta la tasa de transferencia de datos.
- El objetivo al desarrollar este protocolo es lograr una comunicación de alta velocidad y controlar los registros dentro de los dispositivos, así como los datos que se pueden guardar en los registros, a través de esto podemos controlar varios parámetros.
- Existen protocolos de comunicación en serie como UART, CAN, USB, SPI, Inter IC. USB, SPI y UARTS son todos de un solo tipo de protocolo de tipo punto.
- Sólo los protocolos I2C y CAN utilizan direccionamiento por software. Pero sólo I2C es muy sencillo de diseñar y fácil de mantener.

I2C

14 Comunicación I2C

	UART	CAN	USB	SPI	I2C
PROS	Bien conocida, Simple	Seguro, rápido	Seguro, rápido, plug and play	Rápido, bajo costo, universal	Simple, plug and play, rentable, universal
CONTRAS	Funcionalidad limitada, punto a punto	Complejo, orientado a la automoción	Se requiere un maestro potente, no plug and play, controladores adicionales	No plug and play, estándar no fijado	Limitado número de componentes

Tabla 6: Comparaciones de diferentes protocolos de comunicación serial.

Características principales

14 Comunicación I2C

- I2C es un bus de circuito interintegrado.
- El bus I2C consta físicamente de dos cables activos y una conexión a tierra.
- Los dos cables activos son Serial Clock[SCL] y Serial Data[SDA].
- Es un bus de computadora con terminal serie multimaestro.
- I2C tiene un bus serie bidireccional de dos cables
- Es un método simple y eficiente de intercambio de datos.
- Cada dispositivo se reconoce mediante una dirección única.
- El protocolo I2C tiene un ancho de banda bajo.
- Es un protocolo de distancia corta.
- En el bus I2C, los dispositivos se pueden agregar o quitar fácilmente, lo cual es muy útil para aplicaciones de control y bajo mantenimiento.

Funcionamiento

14 Comunicación I2C

1. Condiciones de inicio y detención:

- La condición de inicio actúa como una señal para todos los circuitos integrados conectados de que algo está a punto de transmitirse.
- Una vez completado un mensaje, se envía una condición de DETENER. Esta es la señal para todos los dispositivos del bus de que el bus vuelve a estar disponible (inactivo).

2. Transmitir un byte a un dispositivo esclavo:

- Una vez enviada la condición de inicio, el maestro puede tx un byte a un esclavo.
- Este primer byte después de una condición de inicio identificará el esclavo (dirección) y seleccionará el modo de operación. El significado de todos los bytes siguientes depende del esclavo.



Figura 27: Transmisión de un byte a un dispositivo esclavo.

Funcionamiento

14 Comunicación I2C

3. Recibir un byte de un dispositivo esclavo:

- Una vez que el esclavo ha sido direccionado y el esclavo ha reconocido esto, se puede recibir un byte del esclavo si el bit R/W en la dirección se configuró en READ (1).

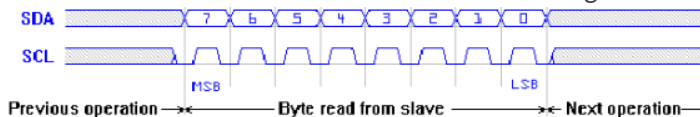


Figura 28: Transmisión de un byte a un dispositivo esclavo.

4. Obtener reconocimiento (ACK) de un dispositivo esclavo:

- En el caso de una dirección, si la dirección coincide con la suya, entonces ese esclavo y solo ese esclavo responderá a la dirección con un ACK.

5. Dar reconocimiento (ACK) desde un dispositivo esclavo:

- Al recibir un byte de un esclavo, el maestro debe acusarlo al dispositivo esclavo. Si no quedan datos para recibir, el maestro enviará un NACK y detendrá la transacción.

Tabla de contenidos

15 Redes de malla inalámbricas (WSM)

- ▶ Introducción
- ▶ MODBUS
- ▶ HART
- ▶ PROFIBUS
- ▶ PROFINET
- ▶ DeviceNET
- ▶ Ethernet
- ▶ As-interface
- ▶ BACnet
- ▶ SMS
- ▶ DNP3
- ▶ IEC 61850
- ▶ Comparación general de los protocolos de comunicación industrial
- ▶ Comunicación I2C
- ▶ **Redes de malla inalámbricas (WSM)**
- ▶ MQTT

Mesh

15 Redes de malla inalámbricas (WSM)

- La topología de malla es una interconexión de todos los nodos conectados con todos los demás nodos de la red.
- La red incluye dispositivos como nodos, clientes, enrutadores, puertas de enlace, etc.
- Como los nodos están completamente conectados, las redes de malla suelen ser menos móviles, ya que el redireccionamiento es menos difícil de predecir y provoca un retraso en la transmisión de datos.
- Los clientes Mesh pueden ser cualquier dispositivo inalámbrico como teléfonos celulares, computadoras portátiles, etc.
- Las puertas de enlace que actúan como nodos de reenvío no pueden estar conectadas a Internet.
- WMN es autocurable. Funciona mejor con varias redes diferentes que incluyen redes celulares y también IEEE 802.11, 802.15 y 802.16.

Características principales

15 Redes de malla inalámbricas (WSM)

- La red de malla inalámbrica basada en infraestructura es una red descentralizada sin una gestión centralizada o sin un servidor centralizado.
- Estos métodos son más confiables y eficientes ya que cada nodo tiene que transmitir al siguiente nodo.
- Aquí, los nodos actúan como enrutadores para transmitir los datos a sus pares que se encuentran lejos incluso en un solo salto.
- La red inalámbrica en malla debe ser estable, es decir, no debe haber mucha movilidad.
- Si se produce una falla del nodo debido a algún problema de hardware o cualquier otro, el nodo vecino realizará el redireccionamiento con la ayuda de protocolos de enrutamiento.
- La red de malla puede estar compuesta por dispositivos móviles o dispositivos estacionarios.

Arquitecturas

15 Redes de malla inalámbricas (WSM)

Arquitectura de malla de infraestructura:

- Los enrutadores de malla actúan juntos como una columna vertebral inalámbrica para la arquitectura de malla de infraestructura.
- El nodo cliente es pasivo en la infraestructura de malla a través de enlaces Ethernet.
- Los clientes convencionales con interfaces Ethernet se pueden conectar a enrutadores de malla.

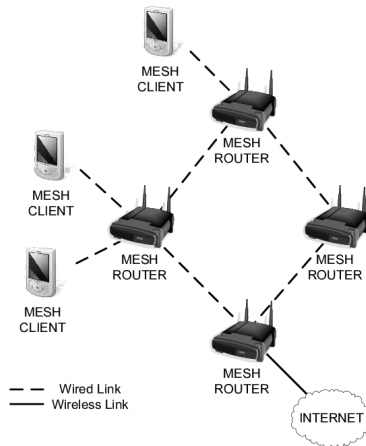


Figura 29: Arquitectura de malla de infraestructura.

Arquitecturas

15 Redes de malla inalámbricas (WSM)

Arquitectura mallada basada en clientes:

- La arquitectura de malla basada en el cliente es aquella en la que los nodos del cliente están conectados de igual a igual.
- Cada nodo puede actuar como un nodo de enrutamiento para transferir los datos.
- Aquí, el cliente desempeña el papel de enrutamiento de malla actuando en el reenvío de los paquetes de datos.



Figura 30: Arquitectura mallada basada en clientes.

Arquitecturas

15 Redes de malla inalámbricas (WSM)

Arquitectura de malla híbrida:

- En la arquitectura de malla híbrida, normalmente los nodos de malla/enrutador actúan como la columna vertebral de toda la operación de la red.
- Con la ayuda del enrutador de malla de red, realiza el enrutamiento y reenvío de paquetes de datos hacia su destino.

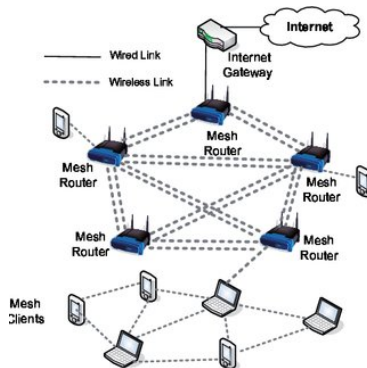


Figura 31: Arquitectura de malla híbrida.

Tabla de contenidos

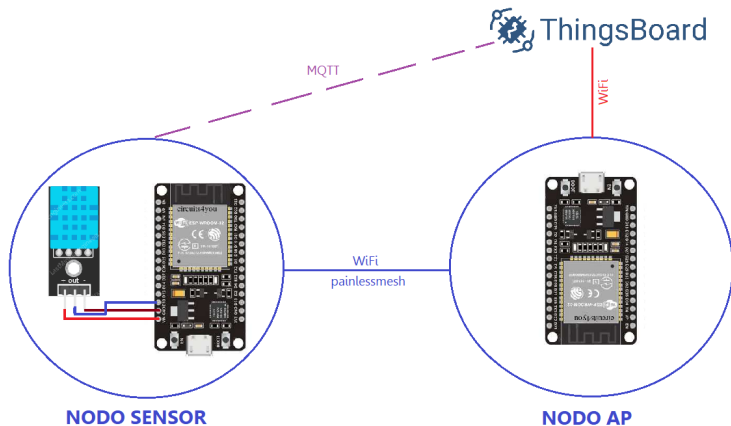
16 MQTT

- ▶ Introducción
- ▶ MODBUS
- ▶ HART
- ▶ PROFIBUS
- ▶ PROFINET
- ▶ DeviceNET
- ▶ Ethernet
- ▶ As-interface
- ▶ BACnet
- ▶ SMS
- ▶ DNP3
- ▶ IEC 61850
- ▶ Comparación general de los protocolos de comunicación industrial
- ▶ Comunicación I2C
- ▶ Redes de malla inalámbricas (WSM)

- MQTT es un protocolo de comunicación diseñado para aplicaciones en Internet de las cosas (IoT).
- Su enfoque principal es intercambiar mensajes a través de un sistema de publicación y suscripción, adecuado para dispositivos remotos.
- MQTT se distingue por su ligereza en términos de recursos
- Requieren un código compacto y un consumo mínimo de ancho de banda de red.
- MQTT se ha convertido en una tecnología ampliamente adoptada en diversas industrias, que van desde la automotriz y la manufactura hasta las de telecomunicaciones y petróleo y gas, entre otras.

Red industrial con MQTT

16 MQTT



Características principales

16 MQTT

- MQTT está diseñado es extremadamente liviano en términos de recursos y ancho de banda.
- MQTT se basa en un modelo de publicación/suscripción, lo que permite que los dispositivos publiquen mensajes en "temas"(topics) y que otros dispositivos se suscriban a temas de interés.
- Admite tres QoS.
- Los servidores MQTT pueden retener mensajes en un tema.
- MQTT puede funcionar sobre TCP/IP o WebSockets.
- Los mensajes se entregan en un plazo predecible y controlado.
- MQTT puede configurarse con autenticación y cifrado de extremo a extremo.
- MQTT permite a los clientes limpiar sus sesiones.
- **Aplicaciones Diversas:** se utiliza en una amplia gama de aplicaciones, incluyendo telemetría, automatización de edificios, gestión de flotas, monitoreo de energía y más.

Trama MQTT

16 MQTT

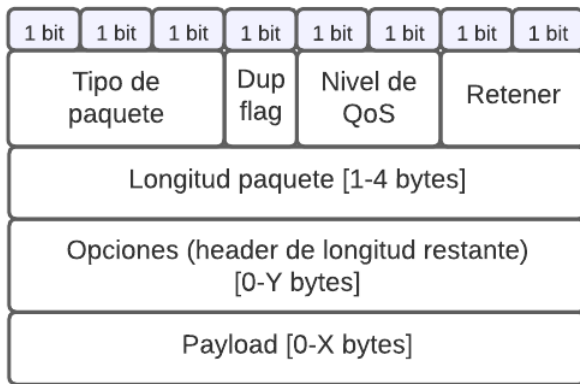


Figura 32: Trama MQTT.

Biografía

17 Biografía



Erick Pérez P.

Nació en Cuenca-Ecuador el 05 de noviembre de 1999. Obtuvo su título de Técnico en Aplicaciones Informáticas en la Unidad Educativa Técnico Salesiano en el año 2017. Obtuvo su título de Ingeniero en Telecomunicaciones en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca en el año 2023.

¡Gracias por su atención!

18 Fin

¡Gracias por su atención!