

Sistema de comunicación de datos con WLAN

Matías Adriel Vironi
mativironi@gmail.com

Benjamin David Cubi
benjamin.david.cubi@gmail.com

Resumen - En el siguiente documento se propone realizar una análisis comparativo de distintos sistemas de comunicación, con el objetivo de encontrar una solución que se adapte a un ambiente industrial.

Abstract - In the following document it is proposed to carry out a comparative analysis of different communication systems in order to find a solution that adapts to an industrial environment.

I. INTRODUCCIÓN

No se puede negar la importancia de los datos como un activo organizacional. Cualquier empresa que quiera prosperar en la era de la información necesita llevar bien el control de sus recursos.

En este documento se analizarán distintos sistemas de comunicación para emplearlos en máquinas industriales y que nos permitan transmitir datos relevantes de la máquina para su posterior análisis.

II. CONSIDERACIONES GENERALES

En una industria existen diferentes tipos de máquinas para llevar a cabo una acción determinada.

A medida que la tecnología avanza, las máquinas adquieren mejoras que les permiten obtener una mayor eficiencia. Gracias a estos avances tecnológicos podemos mejorar la calidad de los productos, agilizar el proceso productivo, controlar el estado de la máquina, etc.

A pesar de todo, es difícil para una industria adquirir lo último en tecnología, ya sea, por el costo y la rentabilidad que se le puede obtener a la máquina.

En el siguiente estudio, se investigarán diferentes sistemas de comunicación para enviar datos relevantes del estado de la máquina a una base de datos para su posterior análisis con el objetivo de encontrar una forma económica y fiable que se adapte a nivel industrial.

III. ELECCIÓN DE LA RED

TABLA I. Tipos de redes

Cable	Inalámbrica
Personal Area Networks	Wireless Personal Area Networks
Local Area Networks	Wireless Local Area Networks
Metropolitan Area Networks	Wireless Metropolitan Area Networks
Wide Area Networks	Wireless Wide Area Networks

Teniendo en cuenta el tamaño de la industria, podríamos establecer una Red de Área Local (LAN) para establecer la comunicación.

En esta investigación se tendrá en cuenta un peor caso, en donde no sea viable la conexión física mediante cables, ya sea, porque podrían deteriorarse o romperse debido al entorno laboral en el que trabajan las máquinas. Por lo tanto es necesario emplear redes WLAN con la tecnología WiFi, donde los fundamentos básicos de estos tipos de redes quedan definidos por la familia de normas IEEE 802.11.

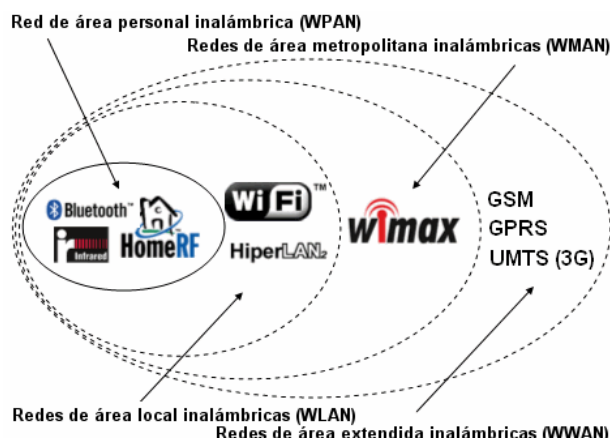


Fig. 1. Tipos de redes inalámbricas

WLAN significa red de área local inalámbrica. En ella lo que tenemos es una red de intercambio de datos entre ordenadores pero que se hace a través de ondas electromagnéticas a través del aire. Se pueden utilizar en lugares donde la instalación de un cableado extenso es prohibitiva, o bien para complementar a una red local de cable existente de manera que los usuarios puedan trabajar en diferentes lugares dentro de un edificio.

La esencia de una WLAN es crear una red de área local con un determinado número de dispositivos que se conectarán directamente a un enrutador o a un punto de acceso.

IV. ESTÁNDARES DE RED

El estándar que define el tipo de conexión LAN es el IEEE 802.3x y sus variantes (x), mientras que en WLAN debemos referirnos a IEEE 802.11x también con sus variantes. Esto provoca por ejemplo que las tramas (paquetes) sean diferentes debido al tipo de medio de transmisión.

La trama según el estándar Ethernet 802.3 consta de un tamaño máximo de 1.542 bytes admitiendo una carga máxima 1.500 bytes para datos. En el caso de 802.11 la trama tendrá una extensión normal de 2346 bytes ya que el direccionamiento MAC es mucho más complejo por añadir mayor seguridad.

En ambos casos estamos hablando de las tramas que pertenecen a la capa 1 o de medio físico y la capa 2 en enlace de datos del modelo OSI mediante el protocolo CSMA/CD para Ethernet y CSMA/CA para Wi-Fi.

V. TECNOLOGÍAS WLAN

Las tecnologías principales WLAN son:

- HIPERLAN 2
- WiFi

A. HIPERLAN 2

Es la alternativa europea WiFi. Presenta características similares aunque con mayor rendimiento. Sin embargo, su penetración comercial ha sido menor.

B. WiFi

Es la tecnología inalámbrica más conocida. Presenta elevadas tasas de transmisión, alcances adecuados (hasta 100 metros en interiores), privacidad, sencillez y coste reducido.

Algunos creen que los estándares IEEE 802.11 ya han ocupado el nicho comercial para el que se diseñó HIPERLAN, aunque con menor rendimiento pero mayor penetración comercial, y que el efecto de la red instalada impedirá la adopción de HIPERLAN.

C. Clases de normas IEEE 802.11 para WLAN

A raíz de las tecnologías WLAN vistas anteriormente, se opta por la tecnología WiFi debido a las ventajas que ofrece.

Será importante conocer las distintas versiones del estándar o norma IEEE 802.11 para así conocer las velocidades y características que aporta cada versión.

1) *IEEE 802.11a/b/g* – Estos estándares se consideran identificadores de canales y frecuencias por donde se conectarán los hosts a la WLAN.

El estándar 802.11a fue aprobado en el año de 1999. Provee ocho canales de radio en la banda de frecuencia. Puede funcionar a 48, 36, 24, 18, 12 y 6 Mbps en la banda de 5 GHz.

IEEE 802.11b opera en la banda de frecuencia de 2,4 GHz. Los dispositivos que implementan este estándar tienen un mayor alcance y pueden penetrar mejor las estructuras que los dispositivos basados en 802.11a. Además, usa la modulación DSSS.

IEEE 802.11g Aprobado en junio de 2003. Alcanza una velocidad máxima de 54 Mbps y puede trabajar también a velocidades de 48, 36, 24, 18, 11, 5,5, 2 y 1 Mbps. Se conoce como Wi-Fi 3. Este se diferencia del 802.11b en que puede opcionalmente usar OFDM

2) *IEEE 802.11n* – Se conoce como Wi-Fi 4, esta versión empezó a operar en 2008 aunque se definió en 2004. Fue diseñado para mejorar 802.11g en la cantidad de ancho de banda que soporta, mediante el uso de varias señales inalámbricas y antenas (llamadas tecnología MIMO) en lugar de una. Opera en la banda de frecuencia de 2,4 GHz y 5 GHz. Las velocidades de datos típicas esperadas van de 150 Mbps a 600 Mbps.

3) *IEEE 802.11ac* – También se denomina Wi-Fi 5 y fue implementado en el año 2014. En este caso es una versión que solamente opera en la banda de 5 GHz. Las mejoras de rendimiento sólo se notan en aplicaciones de gran ancho de banda, ya que puede proporcionarnos velocidades de 433 Mbps en conexiones con una antena (1×1) y hasta 1,3 Gbps en 3×3. Su máxima transferencia será de 3,39 Gbps utilizando 4 antenas a una frecuencia de 160 MHz o 6,77 Gbps con 8 antenas. Además usa una modulación de 256QAM.

4) *IEEE 802.11ax* – Esta es la nueva versión también denominada WiFi de 6ª generación, implementada en 2019 y que muchos equipos ya tienen soporte gracias al nuevo hardware. Reemplazará al 802.11ac como el estándar inalámbrico de facto. Es más confiable en entornos congestionados y admite una mejor seguridad. Está diseñado para operar en los espectros ya existentes de 2,4 GHz y 5 GHz.

Introduce OFDMA para mejorar la eficiencia espectral global. Implementa la tecnología MU-MIMO permitiendo un total de ocho transmisiones disponibles para un acceso simultáneo de varios usuarios, tiene una mejor eficiencia al incluir la tecnología Target Wake Time, o TWT. Utiliza una modulación de 1024 QAM.

TABLA II . Bandas WiFi

Diferencias	2.4GHz	5GHz
Canales	14 canales no superpuestos	25 canales no superpuestos
Interferencias	Más interferencias	Menos interferencias
Velocidad máxima	Menos velocidad de conexión	Más velocidad de conexión
Rango de red	Mayor rango	Menor rango
Estándar	IEEE 802.11b, 802.11g, 802.11n (B, G y N)	IEEE 802.11a, 802.11n, 802.11ac (A, N, AC)

Como se aprecia en la tabla la banda de 2.4 GHz suele tener más interferencias, lo que hace que la conexión pueda ser más lenta. También tiene menos canales, por lo que todos los dispositivos se pelean por muy poco espacio. La WiFi de 2.4 GHz también tiene una menor velocidad máxima de conexión, aunque pueden llegar más lejos con su cobertura.

La WiFi de 5 GHz tiene menos interferencias por ser menos utilizada, lo que la hace más ágil, tiene más canales para repartir entre los dispositivos y una mayor velocidad máxima de conexión. Su punto negativo es que tiene más problemas para superar obstáculos como paredes, por lo que su cobertura suele ser menor en muchos casos.

Por lo tanto, teniendo en cuenta el entorno industrial, donde interesa una amplia cobertura y no una gran velocidad de transferencia. Lo más adecuado es emplear 2.4 GHz y un estándar que priorice más el rango de alcance y el bajo consumo que la velocidad de transferencia de datos.

TABLA III . Estándar IEEE 802.11

Estándar	Velocidad Máxima	Frecuencia	Compatibilidad
802.11a	54 Mb/s	5 GHz	No
802.11b	11 Mb/s	2.4 GHz	No
802.11g	54 Mb/s	2.4 GHz	b
802.11n	600 Mb/s	2.4 y 5 GHz	a/b/g
802.11ac	1.3 Gb/s	5 GHz	a/b/g/n
802.11ax	10 Gb/s	2.4 y 5 GHz	a/b/g/n/ac

VI. IEEE 802.11AH

Se puede incluir en la tabla anterior, el estándar 802.11ah también conocido como Wi-Fi HaLow.

Aprobado en mayo de 2017, apunta a un menor consumo de energía y crea redes Wi-Fi de rango extendido que pueden ir más allá del alcance de una red típica de 2,4 GHz o 5 GHz. Este estándar está orientado al IoT y funciona en la banda de 900MHz. Gracias a la utilización de estas frecuencias, la longitud de onda será más larga por lo que la cobertura será mayor.



Fig. 2. Cobertura WLAN

El estándar 802.11ah está orientado específicamente a aplicaciones del Internet de las Cosas que fundamentalmente necesitan:

- Amplia cobertura.
- Baja velocidad ya que se enviará poca información.
- Bajo consumo energético.

Al realizar la comparación, incluyendo el nuevo estándar, se puede observar que se adecua perfectamente a nuestra necesidad, ya que posee una área amplia de cobertura, bajo consumo gracias al uso de canales WiFi de banda estrecha y mejor penetración a través de paredes y obstáculos.

TABLA IV. Alcance interior y exterior

Protocolo 802.11	Alcance Interior [m]	Alcance Exterior [m]
802.11a	35	120
802.11b	40	150
802.11g	40	150
802.11n	70	250
802.11ac	30	300
802.11ax	-	-
802.11ah	100	1000

Se empezarán a certificar los primeros dispositivos bajo este estándar a partir del cuarto trimestre de 2021, por lo que los primeros dispositivos comerciales deberían estar a la venta a partir de principios de 2022.

VII. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN PARA IOT

Un protocolo de comunicación es una serie de normas que se definen para que dos o más dispositivos puedan comunicarse y entenderse. En el entorno industrial, usar un protocolo para IoT puede ser una buena elección, ya que hay una gran cantidad de dispositivos (sensores, actuadores, puertos de salida, etc) que necesitan ser interoperables, eficientes, seguros y que puedan comunicarse entre ellos fácilmente. Para que se cumplan todas las características mencionadas anteriormente, una posible solución consiste en disponer un servidor central que se encarga de recibir los mensajes de todos los dispositivos emisores, y distribuirlos a los receptores.

A. IIoT vs IoT

El Internet Industrial de las Cosas (IIoT) es el conjunto de sensores, instrumentos y dispositivos autónomos conectados a través de Internet a aplicaciones industriales. Esta red permite recopilar datos, realizar análisis y optimizar la producción, aumentando la eficiencia y reduciendo los costes del proceso de fabricación y prestación de servicios.

La diferencia entre el Internet de las Cosas (IoT) y su versión industrial (IIoT) es que mientras el IoT está enfocado a servicios para los consumidores, el IIoT se concentra en aumentar la seguridad y la eficiencia en los centros de producción. No todos los sistemas pueden clasificarse como IIoT. En general, requiere que sean sistemas conectados en red que generen datos para su análisis y produzcan acciones concretas.

B. Cliente/servidor vs. publicar/ Suscribirse

Es importante agrupar los protocolos en dos categorías:

- Cliente/servidor
- Publicar/ Suscribirse

1) *Cliente/servidor* – Requieren que el cliente se conecte al servidor y realice solicitudes. Por lo tanto el servidor tiene los datos y responde a los pedidos del cliente.

Los protocolos cliente/servidor se utilizan mejor cuando uno conoce su propia infraestructura. Son más compatibles y seguros porque están basados en conexiones punto a punto.

Sin embargo, son menos escalables porque las conexiones punto a punto son más difíciles de manejar y mayor demandantes de recursos.

2) *Publicar/ Suscribirse* – Requieren que los dispositivos se conecten a un “tópico” de un gestor intermediario y publiquen la información. Los consumidores se pueden conectar al gestor y suscribirse a los datos del tópico.

Son mejores cuando la infraestructura propia es desconocida. Además, son escalables porque el separar a publicadores de suscriptores, permite que cada uno se agregue y se quite de forma independiente. Por consiguiente, asegurar estos protocolos es más complejo.

C. Protocolos de comunicación

Los protocolos que se presentan a continuación, tienen el potencial de conectar dispositivos industriales con plataformas IIoT.

1) *OPC UA* – Estándar de nueva generación que surge a partir del OPC, el cual es conocido por proveer una interfaz estándar para comunicarse con los PLC. OPC UA es un

protocolo cliente/servidor multiplataforma, donde los clientes se conectan, navegan, leen y escriben al equipamiento industrial. Es una opción para conectar información de sensores y PLC en las aplicaciones industriales existentes como sistemas MES y SCADA. Este estándar implementa medidas de seguridad para las comunicaciones, lo que lo convierte en un protocolo muy seguro.

2) *HTTP (REST/JSON)* – Es un protocolo cliente/servidor muy accesible por ser de código abierto, además de poseer numerosas librerías. Es efectivo para enviar grandes cantidades de información, aunque no es adecuado para enviar actualizaciones en periodos de tiempo del orden de milisegundos ni para enviar información de vídeo. El foco de HTTP en IoT gira en torno a REST (transferencia de estado representacional), que es un modelo sin estados previos donde los clientes pueden acceder a recursos en el servidor a través de pedidos.

HTTP provee transporte, pero no define la presentación de la información. Así, un requerimiento HTTP puede contener HTML, JSON, XML, etc. En la mayoría de los casos, IoT está estandarizando JSON para HTTP

3) *CoAP(Constrained Application Protocol)* – Es un protocolo cliente/servidor. Se orienta a la comunicación entre dispositivos de baja potencia y emplea el modelo REST de HTTP, junto a otros requisitos como multicast, soporte UDP y bajo overhead. CoAP es usado, cuando HTTP demanda un ancho de banda demasiado intenso. Su adopción en el mercado no está tan extendida, de modo que quizá limita sus opciones de software y hardware.

4) *DDS (Data Distribution Service)* – Aborda directamente las comunicaciones bajo el esquema publicación/suscripción para sistemas en tiempo real e integrados. A diferencia de MQTT, que requiere de un agente centralizado, DDS está descentralizado. Los nodos de DDS se comunican directamente punto a punto a través de UDP/multidifusión (multicast). Esto hace que no sea necesaria una gestión centralizada de la red y que DDS sea un protocolo más veloz, con una resolución por debajo del milisegundo.

5) *MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)* – Sigue un modelo de publicación-suscripción, permitiendo la comunicación entre un gran número de dispositivos. Para su funcionamiento, un servidor central llamado broker se encarga de recibir los mensajes de los dispositivos emisores y distribuirlos entre los receptores. Los mensajes, además, se organizan por etiquetas de forma jerárquica. Existe una versión para redes no basadas en TCP/IP (p. ej. Zigbee) denominada MQTT-SN.

Hay una clara tendencia del mercado orientada hacia el uso de este tipo de tecnologías MQTT y buena prueba de ello es que la inmensa mayoría de empresas y principales fabricantes de PLCs en la industria ya están ofreciendo MQTT como una funcionalidad adicional de software que se está instaurado como estándar en sus procesadores de gama alta más recientes.

área local inalámbrica, es a través de dispositivos industriales que soporten el estándar 802.11ah. Sin embargo, no hay dispositivos comerciales a la venta que soporten este estándar por el momento.

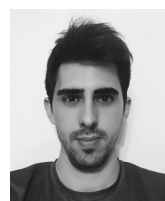
Como alternativa, se puede emplear el 802.11n, que es retrocompatible con los estándares anteriores. Además, se debe emplear la banda de 2.4 GHz, seleccionando canales que no se encuentren saturados, con el objetivo de tener la mayor cobertura.

En cuanto al protocolo de comunicación para IoT, muchas plataformas soportan HTTP y MQTT como los primeros dos protocolos de entrada de información. Por lo tanto, de acuerdo a la infraestructura de la empresa/industria, se puede optar por cualquiera de los dos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Gutierrez, Oscar Eduardo.
Comunicaciones Móviles y Redes Inalámbricas
- [2] WLAN: Estándar 802.11 y diferencias con LAN
<https://www.profesionalreview.com/2020/03/07>
- [3] Tecnologías inalámbricas para la comunicación.
<https://feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd5322.pdf>
- [4] José Antonio Castillos.
Foro: Profesional Review
- [5] Blog Huawei.
Estándar IEEE 802.11
- [6] Aron Semle, Kepware.
Artículo técnico IoT

DATOS BIBLIOGRÁFICOS



Matias A. Vironi, Nacido en Villa del Rosario (cba) el 05/01/1995. Estudiante de Ingeniería Electrónica, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, Argentina. Sus intereses son: Electrónica Digital y Electrónica de Potencia.



Benjamín D. Cubi, Nacido en Córdoba el 17/04/1992. Estudiante de Ingeniería Electrónica, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, Argentina. Sus intereses son: Diseño de Hardware aplicado al campo de la robótica y el Automatismo.

VIII. CONCLUSIONES

A partir del análisis efectuado en este documento, se puede concluir que la mejor alternativa para establecer una red de