



El futuro de la conectividad de datos automotrices

Los vehículos de la actualidad tienen la capacidad de percibir el mundo que los rodea y actuar según lo que detectan. Pueden brindar seguridad, comodidad, practicidad y comunicación a los conductores y pasajeros como nunca antes se había hecho. Además, mejoran año con año.

Sin embargo, los vehículos no pueden realizar nada de esto sin la conectividad de datos adecuada, el “sistema nervioso” que conecta los diferentes sensores y accionadores de todo el vehículo con el “cerebro” de sus plataformas informáticas. A medida que los sensores y la computación se vuelven más sofisticados y el software define más y más a los vehículos, los requisitos de ancho de banda para esas conexiones de datos aumentan con rapidez y sobrepasan las capacidades de las redes automotrices tradicionales.

La industria ya presenció explosiones de datos (en centros de datos, oficinas y hogares) y puede aprovechar las lecciones aprendidas a lo largo de décadas para el desafío relativamente nuevo de definir redes de datos para aplicaciones automotrices. No obstante, los vehículos tienen necesidades únicas y tener en cuenta tales requerimientos de la manera más segura y económica sentará las bases para una innovación aún mayor.



UN NUEVO TIPO DE SISTEMA DE REDES

Las arquitecturas de red de vehículos se enfrentan a presiones inauditas. Las conexiones analógicas de punto a punto tradicionales están cediendo el paso a los enfoques digitales. Las cámaras y radares de alta resolución crean flujos de gran ancho de banda. Las unidades de control electrónico (ECU) comienzan a alimentar grandes cantidades de datos entre sí dentro del vehículo. A medida que los vehículos definidos con el software evolucionen, dichas tendencias solo se acelerarán.

Para adaptarse a estos requisitos emergentes, las tecnologías de conectividad de datos tendrán que enfrentarse a desafíos específicos del mundo automotriz:

- **Interferencia electromagnética (EMI).** El espacio físico limitado disponible en la carrocería de un vehículo aumenta la posibilidad de EMI. Con tantos componentes eléctricos y electrónicos cerca unos de otros, las redes de datos deben diseñarse para resistir el "ruido" electromagnético que podrían emitir otros componentes, así como para evitar emitir ruido por sí mismas.
- **Sensibilidad de latencia.** Si hay un retraso en los datos provenientes de uno de los sensores, puede ser más difícil fusionar los datos con los de otros sensores para obtener una imagen en tiempo real del entorno alrededor del vehículo, lo que afecta la toma de decisiones en niveles superiores de automatización.
- **Requisitos a prueba de fallas.** Los vehículos altamente automatizados deben poder recuperarse de las fallas de manera controlada. Una solución de red de datos debe ser capaz de desviar las fallas para garantizar que el vehículo continúe funcionando de manera segura hasta detenerse.
- **Peso.** Cada gramo que se pueda restar al peso de un vehículo lo hace más eficiente y reduce potencialmente el costo. Además, al tener menos cableado se libera espacio para otros componentes que podrían permitir funciones adicionales.

Varias tecnologías de redes de conectividad de datos surgieron para satisfacer estas necesidades de una manera en la que sus predecesores no pudieron.

Ethernet automotriz

La Ethernet tiene una historia larga y extremadamente exitosa en la TI. Se inventó en 1973, en 1985 la estandarizó el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) y llegó a dominar las redes de área local que se usan en las empresas, enfrentando a todas las tecnologías de la competencia, como Token Ring. Ethernet demostró ser un estándar versátil y resiliente para impulsar los avances en las comunicaciones durante décadas. Las versiones de Ethernet funcionan con cable coaxial, fibra óptica y cable de par trenzado no blindado. Además, las velocidades aumentaron de 10 Mbit/s a más de 100 Gbit/s. Tras décadas de uso, Ethernet se convirtió en un sistema ampliamente conocido y optimizado.

A medida que las redes automotrices comenzaron a conectar más recursos informáticos en los vehículos, era natural recurrir a Ethernet y, en 2016, el IEEE publicó el primer estándar de Ethernet automotriz: IEEE 802.3bw o 100Base-T1. Si bien el ancho de banda de 100 Mbit/s se puede comparar con el 100Base-TX que se introdujo en 1995, existen diferencias importantes en la versión automotriz.

Ambos estándares funcionan con cable de par trenzado no blindado, donde dos alambres de cobre se trenzan a lo largo del cable. Esto produce menos radiación electromagnética y diafonía que podría interferir con otros cables o componentes, mientras que resiste la interferencia de otras fuentes.

Sin embargo, 100Base-TX utiliza dos pares de cables, mientras que Ethernet automotriz utiliza solo un par, lo que reduce el peso y el costo. Este par está "equilibrado", es decir que las señales tienen voltajes iguales pero opuestos. Las señales de transmisión y recepción se realizan en un solo par, en lugar de en pares separados de 100Base-TX.

El estándar 100Base-TX también se especificó para una longitud máxima de 100 metros, una longitud a la que se adhieron los estándares de Ethernet posteriores. Ethernet automotriz se especificó para una longitud máxima de tan solo 15 metros. Por supuesto que las aplicaciones automotrices no necesitan la distancia más larga para conectar los componentes de la red dentro de un vehículo y la longitud más corta permite tener un cableado más liviano.

Otra diferencia clave es la codificación que realizan los transceptores en cada extremo del cable. El estándar 100Base-TX usa la técnica de transmisión multinivel (MLT-3) que pasa por tres niveles de voltaje para codificar bits en el cable, mientras que Ethernet automotriz usa tres niveles de modulación de amplitud de pulso (PAM-3) para codificar bits a través de la amplitud de los pulsos de la señal, lo que permite codificar más bits con cada onda. En combinación con otras técnicas de codificación, la frecuencia resultante se reduce de 125 MHz a 66.6 MHz, lo que una vez más ayuda a proteger contra EMI y diafonía.

Los siguientes pasos de Ethernet automotriz

Los 100 Mbit/s del estándar IEEE 802.3bw pueden cubrir muchas aplicaciones automotrices iniciales, por lo que su uso es muy frecuente hoy en día. Sin embargo, a medida que avanzamos hacia transmisiones de video de mayor definición y la agregación de datos de múltiples sensores en cables comunes, se necesitarán velocidades más altas.

Poco después de que se finalizó el estándar IEEE 802.3bw, el IEEE ratificó el 802.3bp, o 1000Base-T1, lo que permite alcanzar velocidades de gigabit sobre cable de par trenzado blindado o no blindado. Este estándar comparte muchos atributos con su predecesor, pero la frecuencia es casi 10 veces mayor, a 600 MHz. Esto significa que los cables son más vulnerables a la diafonía y los ingenieros deben tener esto presente cuando diseñan sistemas, ya que gestionan el ruido electromagnético en todo el vehículo, lo prueban de manera rigurosa y lo protegen cuando es necesario. Este estándar brindará suficiente ancho de banda para las siguientes dos o tres generaciones de plataformas.

En 2020, el IEEE produjo el 802.3ch, que brinda Ethernet multigigabit a velocidades estándar de 2.5 Gbit/s, 5 Gbit/s y 10 Gbit/s en los mismos 15 metros. Los cables de par trenzado blindados funcionarán a estas velocidades, pero las frecuencias eléctricas superiores a 7 GHz pueden requerir el uso de cables de par blindados paralelos para minimizar los problemas de EMI.

LA EVOLUCIÓN DE LA ETHERNET

Existen muchas variedades de Ethernet sobre cable de par trenzado estandarizado según el IEEE. Estos son algunos logros en TI y aplicaciones automotrices.

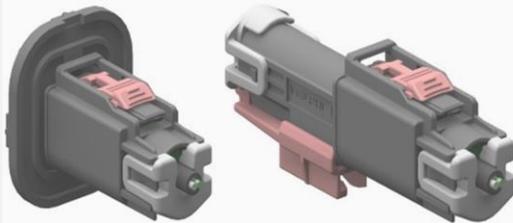
Nombre	Estándar	Año de publicación	Velocidad (Mbit/s)	Pares de cables	Distancia máxima (m)
10Base-T	802.3i	1990	10	2	100
100Base-TX	802.3u	1995	100	2	100
1000Base-T	802.3ab	1999	1,000	4	100
10GBase-T	802.3an	2006	10,000	4	100
100Base-T1	802.3bw	2016	100	1	15
1000Base-T1	802.3bp	2016	1,000	1	15
10Base-T1S	802.3cg	2020	10	1	15
2.5GBase-T1	802.3ch	2020	2,500	1	15
5GBase-T1	802.3ch	2020	5,000	1	15
10GBase-T1	802.3ch	2020	10,000	1	15

■ Ethernet automotriz

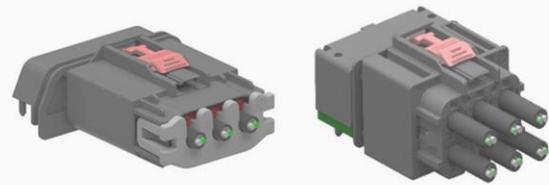
CONECTORES DE ETHERNET AUTOMOTRIZ

En Aptiv ofrecemos varias soluciones flexibles para Ethernet automotriz. El sistema de conector Ethernet modular automatizable (AMEC) está disponible en variaciones blindadas y no blindadas que ocupan el mismo espacio en un diseño de tarjeta de circuito impreso. Esto brinda una ruta de actualización de 100 Mbit/s a 1 Gbit/s sin realizar cambios en un dispositivo. Las aplicaciones multigigabit se pueden abordar con el sistema de datos modulares de alta velocidad por cable de par trenzado (H-MTD). Las configuraciones de interfaz para AMEC varían desde un solo puerto hasta ocho puertos, mientras que los sistemas H-MTD varían de uno a seis puertos, en configuraciones selladas o no selladas.

Dispositivo AMEC de un solo puerto y en serie



Dispositivo AMEC multipuerto y conexiones



EXPLORE LA CARTERA DE SISTEMAS DE CONEXIÓN DE APTIV →

Una ventaja clave de Ethernet es que es una red flexible que permite reconfiguraciones sencillas. Si hay una falla, un enrutador Ethernet puede enrutar el tráfico de datos de una manera diferente. Esto es importante para garantizar la conectividad ininterrumpida de los principales componentes informáticos de un vehículo.

Algo que también es fundamental en las redes de vehículos es la capacidad de Ethernet basada en cobre para transportar energía eléctrica junto con la señal de datos, una característica que se conoce como alimentación a través de líneas de datos (PoDL). La PoDL puede admitir hasta 500 mA de energía, suficiente para ciertos sensores, como una cámara satelital optimizada. Esto permite a los fabricantes de vehículos conectar un solo par de cables a algunos sensores para todas sus necesidades, lo que reduce el peso y simplifica la arquitectura.

Algunos dispositivos Ethernet automotrices requieren una corriente más alta de la que PoDL puede brindar a través de la línea de datos. En Aptiv abordamos estas aplicaciones con varios sistemas únicos de conexión mixta que combinan un puerto de datos AMEC de alta

velocidad y líneas de alimentación de CC tradicionales en una sola interfaz. Esto mantiene la simplicidad de una conexión de un solo dispositivo que ofrece la PoDL. Por ejemplo, el conector 2+1 que se muestra en la Figura 1 tiene dos terminales de CC de 1.5 mm y una interfaz AMEC blindada de 1 Gbit/s. En Aptiv tenemos varias otras combinaciones mixtas en producción y desarrollamos de manera continua más variaciones para aplicaciones específicas.

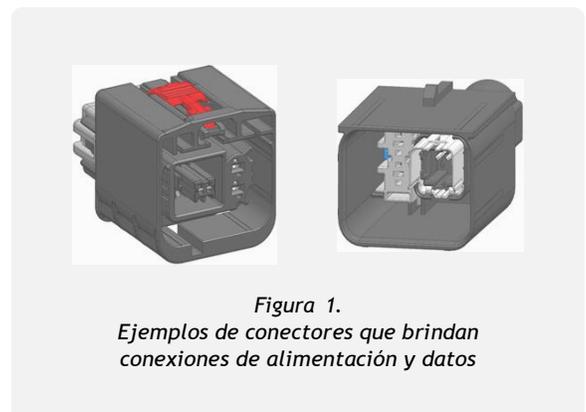


Figura 1.
Ejemplos de conectores que brindan conexiones de alimentación y datos

Aplicaciones coaxiales automotrices

El cable coaxial (“coax”) se usa desde hace mucho tiempo para las redes de datos. El coaxial, que consta de un cable aislado en el centro rodeado de un escudo de material conductor, fue el cable original que se usó para Ethernet y todavía se usa extensamente para las conexiones de televisión por cable. Los diferentes tipos de cable coaxial tienen diversos niveles de rendimiento y las aplicaciones automotrices usan cables específicos en función de los parámetros de la aplicación.

Su solidez y resistencia a las interferencias hicieron que el cable coaxial sea popular en las aplicaciones automotrices y la mayoría de los fabricantes de equipo original (OEM) automotrices usaron el estándar de interfaz global para estas conexiones, conocido como FAKRA (Fachkreis Automobil), durante más de 20 años.

Los conectores funcionan muy bien en frecuencias de hasta 3 GHz y se pueden adaptar para aplicaciones de 6 GHz a través de características de diseño específicas en el terminal, lo que permite velocidades de hasta 8 Gbit/s.

Las aplicaciones recientes de cables coaxiales automotrices incluyen sistemas de cámaras digitales en vehículos. Las capacidades de alto ancho de banda del cable coaxial dejan un margen para la señal de video y las transmisiones de energía de la cámara a través de un solo cable.

A medida que las aplicaciones pasaron de ser simples cámaras traseras a sistemas complejos de visión envolvente, el tamaño de la interfaz FAKRA se volvió más complicado. Se está desarrollando una nueva generación de conectores coaxiales más pequeños para abordar los problemas de embalaje de los vehículos.

Estos conectores “minicoaxiales” son significativamente más pequeños que las interfaces automotrices actuales, lo que permite una mayor densidad en los tamaños de los paquetes de los dispositivos.

Hay dos interfaces definidas para un minicoaxial en los sistemas de transporte y en Aptiv estamos desarrollando soluciones para admitir ambas. Además, en Aptiv tenemos presencia activa en el desarrollo de estándares de la Organización Internacional de Normalización (ISO) y el Consejo de Investigación Automotriz de los Estados Unidos (USCAR) para garantizar que nuestros productos sean adecuados para cualquier aplicación global.

Otra característica de los sistemas minicoaxiales es que admiten un ancho de banda significativamente mayor que los productos automotrices actuales. Mientras que FAKRA admite frecuencias de hasta 6 GHz, el minicoaxial admite aplicaciones de 9 a 15 GHz, lo que implica un ancho de banda de 20 Gbit/s y más.

Los sistemas informáticos automotrices futuros incluirán una cantidad significativa de cable coaxial para transferir datos entre plataformas informáticas integradas más complejas.

PCI Express

Otra tecnología que se está considerando para aplicaciones automotrices limitadas es la interconexión de componentes periféricos (PCI) Express. PCI Express se creó en 2003 y es una interfaz de bus utilizada en su mayoría para conectar periféricos a las placas base de las computadoras. La versión más reciente de PCI Express admite hasta 128 Gb/s.

La distancia máxima para PCI Express es muy corta (solo medio metro), pero no requiere un transceptor, lo que puede ahorrar costos.

En el caso de las unidades de control electrónico (ECU) que están cerca entre sí en el vehículo, PCI Express puede ser una solución ideal, y en Aptiv lo incluimos en el Smart Vehicle Architecture™ para vehículos de próxima generación.

La alta velocidad cumple con la demanda elevada

Las redes de vehículos tuvieron que incrementar la velocidad de los datos a medida que las nuevas características aumentaron la demanda.

VELOCIDAD DE DATOS
Kilobits por segundo



Otras tecnologías de red

La fibra óptica puede parecer una buena opción para aplicaciones automotrices, pero presenta inconvenientes que es probable que impidan la adopción generalizada. Las líneas de fibra óptica utilizan pulsos de luz para transmitir datos a través de fibras de vidrio o plástico, por lo que no generan radiación electromagnética y no son susceptibles a la interferencia de otras fuentes. Sin embargo, no hay manera de suministrar energía a través de una línea de datos de fibra óptica, por lo que los componentes necesitarían energía por separado. La fibra óptica tiende a ser más costosa y requiere un transceptor para convertir las señales eléctricas en pulsos de luz. La fabricación también es costosa. Y quizás lo más importante, las líneas de fibra óptica tienen un radio de curvatura limitado, por lo que tejer líneas de fibra óptica a través de los límites estrechos de un vehículo sin doblarlas demasiado puede ser todo un desafío.

Otra tecnología que se consideró es la multinúcleo, en la que un cable tiene una gran cantidad de conductores individuales. El ejemplo más destacado es el USB tipo C, que se estableció en el mundo de las PC al combinar energía y datos en el mismo cable. Sin embargo, los cables USB-C están limitados a unos pocos metros y la fabricación es costosa. También limitan el ancho de banda a 5 Gbit/s por canal y requieren un transceptor para dividir los datos en esos canales, lo que da lugar a un costo adicional.

A medida que la Ethernet automotriz y otras opciones de conectividad de datos aumentan, es probable que las tecnologías más antiguas que se utilizaron en los vehículos durante años continúen empleándose para aplicaciones simples donde las velocidades de datos bajas son suficientes. Un ejemplo es la red de interconexión local (LIN), que requiere un conjunto de chips y conectores económicos. Otros ejemplos relativamente económicos incluyen la red de área del controlador (CAN), que funciona a un máximo de 1 Mbit/s y CAN con tasa de datos flexible (CAN-FD), que funciona a 2 Mbit/s. FlexRay admite hasta 10 Mbit/s y se sigue usando para aplicaciones críticas para la seguridad, pero es más costoso y se espera que se elimine gradualmente con el tiempo. Hace poco se completó una opción de Ethernet automotriz de baja velocidad, 10Base-T1S, para abordar estas aplicaciones.

Si bien la mayoría de estas tecnologías de red son simétricas, algunas aplicaciones integradas en vehículos son asimétricas (y solo requieren un gran ancho de banda en una dirección), como cámaras o pantallas de alta resolución. Las tecnologías asimétricas ampliamente utilizadas incluyen Flat Panel Display Link (FPD-Link), Automotive Pixel Link (APIX) y Gigabit Multimedia Serial Link (GMSL).

HDBaseT Automotive es una tecnología asimétrica que está tomando impulso debido a su capacidad para alcanzar hasta 4 Gbit/s de Ethernet con muy baja latencia en 15 metros de cable de par trenzado estándar, revestido y no blindado, así como hasta 8 Gbit/s en cable de par trenzado blindado. Debido a que HDBaseT, al igual que Ethernet, usa modulación de amplitud de pulso, la capa física es menos compleja que la de otras tecnologías, lo que reduce el peso y los costos. AMEC de Aptiv se empareja bien con HDBaseT, lo que permite actualizaciones más sencillas de par trenzado no blindado a par trenzado blindado.

La posición de Aptiv como proveedor tanto del cerebro como del sistema nervioso para vehículos nos brinda una perspectiva única sobre la función importante de la conectividad de datos, una perspectiva que aprovechamos para informar nuestro enfoque de Smart Vehicle Architecture (SVA) para la arquitectura eléctrica y electrónica de próxima generación. SVA™ necesita que las soluciones brinden una base sólida para todos los componentes que posibilitan la seguridad activa, al tiempo que reducen el peso del vehículo e impulsan la innovación. Ethernet automotriz, cable minicoaxial y PCI Express presentan algunas de las oportunidades más prometedoras para construir vehículos que cumplan con esos estándares.

SOBRE LOS AUTORES



Mika Arpe

Director del Departamento de Línea de Productos Globales: Productos Especializados

Mika Arpe dirige el Departamento de Productos Especializados en Sistemas de Conexión de Aptiv y se enfoca en sistemas de conexión y ensamblajes de cableado, en especial en los sistemas de retención suplementarios (SRS) y la conectividad de datos a través de conectores y conjuntos de alta velocidad (HSCA). En sus 28 años en Aptiv, Mika se desempeñó en diferentes funciones, con puestos de liderazgo en gestión de programas, ventas y gestión de productos.



Cory Ensley

Director de Ingeniería de Línea de Productos Globales: HSCA

Cory Ensley lidera la ingeniería global para la cartera de conectores y conjuntos de alta velocidad (HSCA) de Aptiv. La cartera de HSCA es el “sistema nervioso” en las ofertas de arquitectura de vehículos de Aptiv, que brinda información desde los ojos y oídos (sensores) hasta el cerebro (computadora) del vehículo. Cory comenzó su carrera en Aptiv hace 11 años en el área de ingeniería de dispositivos de productos. Ocupó varios puestos de liderazgo en actividades comerciales para carteras estratégicas de conectores, desarrollo de productos y, más recientemente, ingeniería de HSCA.

[SABER MÁS EN APTIV.COM/CONNECTION-SYSTEMS →](https://www.aptiv.com/connection-systems)