

La evolución y tendencias de la red de transmisión digital de datos y protocolos en la aviónica

The Evolution and Trends of the Avionics Digital Network Data Transmission and Protocols*

Recibido: 25 de febrero de 2016 - Aceptado: 20 de septiembre de 2016



Andrés Eduardo Parra Catama**
Harveys Richard Díaz Vizcaíno***

Resumen

La red de datos como parte de la aviónica, involucra cada día más de componentes electrónicos en aplicaciones aeroespaciales, parte debido a la implementación de elementos electrónicos comerciales, como sus siglas lo definen en inglés COTS (Cost Off The Shelf).

Esta evolución de nuevos productos electrónicos comerciales se ve manifestada en nuevas aplicaciones aeroespaciales, como en el desarrollo en los sistemas de comunicación satelitales, cabinas interactivas con instrucciones de autosolvencia y sistemas virtuales de navegación, al igual el empleo de procesadores de mayor velocidad y capacidad de procesamiento.

Palabras clave

Byte, mensaje, simplex, half-dúplex, full-dúplex, formato de palabra digital, modulación por código de pulsos (pcm), multiplexado por división de tiempo (tdm), bus de datos, protocolo, afdx.

* Artículo Corto: Derivaciones del Seminario de Redes Aeroespaciales, La evolución y tendencias de la red de transmisión digital de datos y protocolos en la Aviónica, universidad de Múnich, 2012.

** Especialista en Administración Aeronáutica, Especialista en Aviónica. Piloto Comercial de Aeronave. Profesor de la Universidad de San Buenaventura, sede Bogotá, Colombia. Email: aparra@usbbog.edu.co

*** Especialista en Administración Aeronáutica y Aeroespacial (en curso), Especialista en Alteraciones Mayores en Aviónica (Espera de grado). Bogotá - Colombia. Email: U2000294@Unimilitar.edu.co

Para proveer una intercomunicación y conexión eficiente de los sistemas y subsistemas de aviónica, se requiere la elaboración y diseño de nuevos protocolos en la red de transmisión digital y buses de datos, posibilitando de manera segura y confiable la integración y comunicación de sistemas y subsistemas en la aviónica.

La red de bus de datos y los formatos digitales ofrece numerosas configuraciones físicas y lógicas digitales en la arquitectura de la red de aviónica, estas configuraciones son hechas en los protocolos de comunicación, mensajes de tráfico, velocidad, y muchas otras, permitiendo una flexibilidad en el diseño de estos protocolos y buses de datos para sistemas y subsistemas en torno al campo aeroespacial.

Los sistemas de intercomunicación y señalización digital en aviónica han sido temas cruciales desde el primer momento que se introdujo dispositivos electrónicos en el uso de sistemas aeroespaciales como navegación y control. Para los nuevos desafíos introducidos por el uso generalizado de elementos electrónicos, estándares como ARINC 419, ARINC 429 y más tarde ARINC 664 fueron desarrollados y adoptados por la industria aeroespacial, debido a los continuos requerimientos generados por el uso de sistemas integrados en aviónica.

Este artículo muestra cómo ha sido la evolución de los protocolos en la red de transmisión de datos en la aviónica debido a los avances tecnológicos en la industria aeroespacial, además de una revisión detallada de los dos estándares comúnmente usados por la industria aeronáutica, para una mejor comprensión y entendimiento en el desarrollo de futuras tendencias tecnológicas que logren solucionar limitaciones presentadas en el ancho de banda y topologías de red.

Abstract

The avionics data networking involve every day of electronic components in aerospace applications, partly due to the implementation of trade electronic elements COTS (Cost of the Shelf).

This development of new commercial electronic products is manifested in new aerospace applications, such as in the development of satellite communication systems, interactive cockpits with instructions of self solvency and virtual navigation systems, also the use of high speed processors and large capacity of processing. To provide an efficient connection and intercommunication in systems and avionics subsystems, it requires developing and design new protocols in the digital transmission network and data bus, enabling secure and reliable communication of integration systems and subsystems required in avionics.

The data bus network and digital formats offers numerous physical and logical configurations on avionics network architecture, these settings are made in the communication protocols, message traffic, speed, and many others, allowing flexibility in the design of these protocols and data buses to the systems and subsystems used in aerospace background.

Intercom systems and digital signaling in avionics have been crucial issues from the outset that electronic devices are introduced to the use of aerospace systems, such as navigation and control. For new challenges brought about by the widespread use of electronic elements, standards like ARINC 419, ARINC 429 and ARINC 664 were developed and adopted by the aerospace industry due to the continuous requirements generated by the use of integrated avionics systems.

This article shows how has been the evolution of protocols in data transmission network in avionics due to technological advances in the aerospace industry, along with a detailed review of the two standards commonly used by the aviation industry, for a better understanding and insight into the development of future technology trends to achieve to solve limitations presented in bandwidth and network topologies.

Keywords

Byte, message, simplex, half-duplex, full-duplex, word format, pulse code modulation (PCM), time division multiplexing (TDM), data bus, AFDX.

1. Introducción

Inicialmente, simple detección por sensores y componentes como radar y motores necesitaban ser interconectados con los controles de cabina. Con el desarrollo continuo a través del tiempo, más sistemas que requieren el procesamiento de información digital fueron introducidos en la aviación, a tal punto que ha sido fundamental incluso para las más esenciales operaciones desde la maniobrabilidad hasta la aeronavegabilidad por satélite en aeronaves no tripulados.

Actuales progresos y futuras tendencias han tenido un enorme efecto en la industria aeroespacial. Mientras el ciclo de vida en las aeronaves ha incrementado, el ciclo de vida de los componentes electrónicos ha disminuido; mientras más aplicaciones electrónicas están buscando la forma de incursionar en la industria aeroespacial, también la complejidad de los sistemas crece aún más, requiriendo un alto nivel en la seguridad, confiabilidad y disponibilidad en sus sistemas/componentes electrónicos. Adicionalmente, el costo por desarrollo y operación está constantemente incrementando, forjando así a la reutilización de componentes electrónicos en el campo comercial y militar.

La industria aeroespacial ha tomado ventaja de los avances de la tecnología digital en la computación y de comunicación de datos para reducir el peso en materiales instalados en las aeronaves e incrementando el desempeño en sistemas de navegación. Motivando a la industria aeroespacial a considerar el remplazo de conexiones de cableado punto a punto y buses de datos unidireccionales por un bus de datos mas veloz, liviano y bidireccionales, como el ARINC 429 siendo el más usado en la industria aeronáutica hoy en día, siendo no el mas adecuado para la mayoría de las aplicaciones del futuro en los sistemas aeroespaciales. Por lo tanto varios nuevos buses de datos han sido considerados para el uso en las próximas generaciones de aeronaves en la industria aeroespacial.

Actualmente, ARINC 664, también conocida como AFDX, es usado como un bus de datos de alto desempeño en el transporte comercial aéreo, por ejemplo Airbus A380, Boeing 787 y Sukhoi Súper Jet 100. Otros protocolos de transmisión, usados en subsistemas en buses de transmisión de datos de alta velocidad mencionados en ARINC 825 generalmente conocido, y como sus siglas en inglés a continuación lo define CAN (Controller Area Network); y con gran proyección a ser la evolución en los protocolos de red futura en aviación general.

Abriendo el desarrollo de los protocolos digitales en aviónica, evolucionando continuamente de la mano de los componentes y dispositivos digitales e introduciendo nuevos materiales y tecnologías comúnmente no desarrollados clandestinamente en los programas militares y aeroespaciales como era anteriormente la norma, del mismo modo involucrando ciencias afines en el progreso de sistemas y protocolos digitales.

2. Surgimiento y evolución de protocolos

ARINC 419

Primeramente la industria aeroespacial no tenía una especificación general para la unificación y distribución de datos, por eso en la década de la especificación de ARINC 419, conocida como el compendio de datos digitales, provee una detallada descripción de varias interfaces usados en la interacción de viejos transductores y dispositivos electrónicos empleados en los primeros aviones comerciales como el [Boeing 727](#), [Douglas DC-9](#), [DC-10](#), [Boeing 737](#) and [747](#), y [Airbus A300](#). Y descritos en las especificaciones de ARINC de la serie 500, en los estándares de aviónica a finales de los 70.

ARINC 419 es incorrectamente asumido para ser un estándar general para la transmisión de buses de datos puesto que se basa en un compendio de interfaces eléctricas, protocolos y procesamiento de datos construido anteriormente antes de que las aerolíneas propusieron un estándar único para la distribución y transmisión de datos digitales a bordo de la aeronave, dando como surgimiento a la especificación mas conocida a nivel mundial en la aviación comercial como ARINC 429.

ARINC 429

Es una especificación que define cómo los equipos y sistemas de aviónica deberían estar comunicados entre cada uno de ellos, físicamente interconectados por medio de un cable de par trenzado. También define las características eléctricas y los protocolos de información de datos, los cuales son usados en forma de bus unidireccional de datos, empleando el estándar digital Marca 33, conocido comúnmente como Sistema de transferencia de información digital o como sus siglas en inglés lo describen; Mark 33 DITS (Digital Information Transfer System).

En este sistema unidireccional de múltiple distribución de datos o técnica de transferencia de archivos, los mensajes son transmitidos en un rango de velocidades entre 12.5 o 100 Kbit/s a otros elementos del sistema. La transmisión y recepción son por medio de

puertos separados, lo cual requiere una gran cantidad de cables dedicados de par trenzado a bordo de la aeronave, intercomunicando entre sí varios de los dispositivos o componentes de aviónica, mejor conocidos en términos de aviación como unidad de línea reemplazable o como sus siglas en inglés lo refieren LRU (Line Replaceable Unit).

ARINC 429, implementa una comunicación serial en línea siendo uno de los primeros estándares específicamente orientados a aplicaciones en aviación, definiendo un alambrado directo para cada LRU, usando un cable de par trenzado que puede ser conectado a otros dispositivos o unidades a una distancia aproximada hasta de 90 metros. Diferente a los modernos protocolos de redes, este es un estándar de señalización, donde el emisor siempre envía los datos por medio de la línea de transmisión hacia el receptor destinatario, y así el destinatario siempre recibe del emisor, siempre teniendo como cero voltaje cuando la línea no está siendo usada, todas las líneas están conectadas en forma simplex por un único remitente y múltiples destinatarios logrando llegar a ser hasta 19, como muestra en la siguiente figura 1.

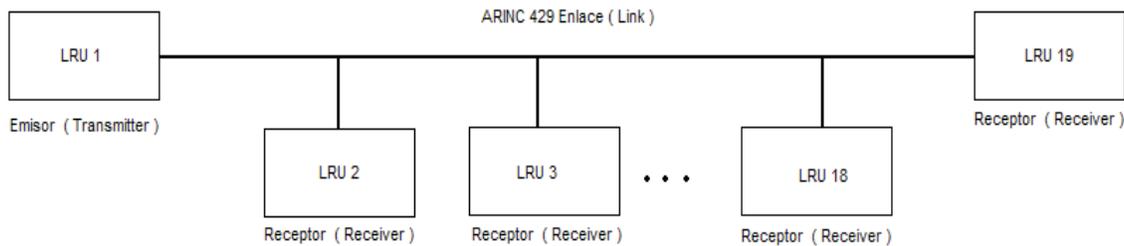


Figura 1. Diseño de enlace ARINC 429 de un emisor LRU hasta 19 receptores

En ARINC 429, emplea el protocolo de comunicación de bit orientado. La palabra de datos o trama de datos que se denomina como los datos transmitidos en el bus de distribución múltiple, pueden ser operados a baja velocidad de 12 Kbps o alta velocidad hasta 100 Kbps, dependiendo de la programación de la velocidad en el reloj. Dicha palabra de datos está determinada por una paridad de 32 bits como se muestra a continuación en la figura 2.

Etiqueta (Label)	Identificador (Identifier Src/Dst)	Ultimo Bit de Datos (Last Data Bit)	Datos (Data)	Primer Bit de Datos (First Data Bit)	SSM	Paridad (Parity)
0	7					31

Figura 2. Formato de datos para una palabra digital en ARINC 429

Actualmente, ARINC 429, ha sido instalado y usado por la mayoría de los fabricantes de aeronaves comerciales de transporte aéreo incluyendo Boeing y Airbus, gracias a su alto grado de confiabilidad, simplicidad e implementación, convirtiendo esta especificación como la más usada y adecuada en la industria de transporte aéreo. Pero, debido a la falta de interacción con otros elementos del sistema de aviónica, la restricción en la velocidad para la transmisión de datos y el peso del cableado dedicado para cada elemento, fueron motivos para el desarrollo de un nuevo protocolo y consecuentemente el origen de una nueva especificación.

ARINC 629

También conocido de acuerdo a su definición en inglés como Comunicación de Acceso por Terminal Autónoma Digital, (Digital Autonomous Terminal Access Communication), fue desarrollado en conjunto por la industria Boeing y la agencia aeroespacial NASA para superar algunas limitaciones impuestas por ARINC 429 y luego llevada a ARINC para la conformación de una nueva especificación.

ARINC 629, fue introducido en mayo de 1995 y es actualmente usado en aviones comerciales como Boeing 777, Airbus A330 y A340. ARINC 629 emplea el método de transmisión de datos CDSMA/CD como sus siglas en inglés lo definen (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection), usado en la red de Ethernet, esto quiere decir que cuando el medio está ocupado en el momento del emisor quiere transmitir, el emisor espera un tiempo aleatorio en microsegundos antes de intentarlo nuevamente. Debido a su forma de transmisión en Half duplex de una sola dirección muy similar al diseño de la red digital 10BASE2/10BASE5, basado en un cable de par trenzado AWG #20 con longitud aproximada de hasta 100 metros y una velocidad de reloj de 2 MHz; su configuración de medio compartido permitiendo la comunicación entre múltiples destinatarios y múltiples emisores usando una comunicación de Half Dúplex, siendo esta la principal característica como un esfuerzo de ampliar la flexibilidad y reducir el esfuerzo en el cableado, así el acceso al bus de datos por múltiples estaciones puede ser en orden aleatorio de acuerdo a la marcación de sincronización ubicado en el mensaje, empleando el bus de datos cual sea el primer sistema al enviar información a través del medio que se encuentra habilitado, permitiendo de esta manera que cada terminal pueda transmitir y recibir información con mucha más libertad y velocidad en el intercambio de información entre los elementos del sistema de aviónica a bordo de la aeronave y que se encuentran distribuidos de forma semejante a como puede verse en la siguiente figura 3.

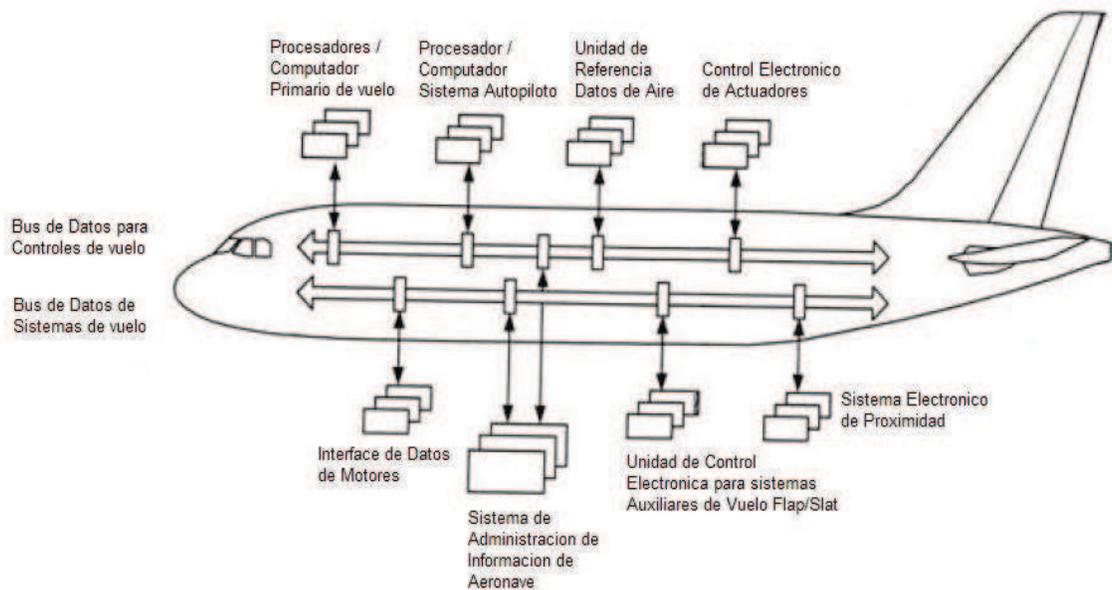


Figura 3. Bus múltiple de datos usando por ARINC 629

El bus de datos usado en ARINC 629 provee una eficiente manera de intercambio de datos entre diversos sistemas de aviónica encontrados en modernos aviones comerciales actualmente en uso, teniendo la ventaja de habilitar hasta 128 terminales, soportando una velocidad de 2 Mbps. Una breve descripción de la topología de este bus de datos puede ser vista en la siguiente figura 4.

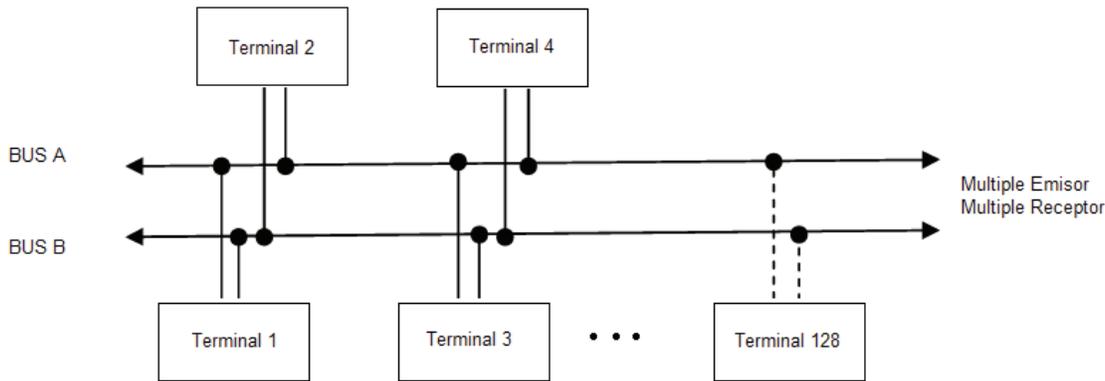


Figura 4. Topología del bus de datos usando por ARINC 629

El protocolo usado por ARINC 629, tiene como concepto de tiempo base y evasión de colisión en el cual cada terminal localizara en una particular ubicación en el tiempo para acceder al bus de datos y transmitir información en este medio, determinando el tiempo apropiado habilitado por medio de los temporizadores o sincronizadores alojados en la interface del bus de datos.

Especialmente el uso de las locaciones definidas de sincronización y paridad entre los mensajes que son transmitidos son para prevenir la pérdida de información en el envío de los mensajes y colisión de datos, ver siguiente figura 5.

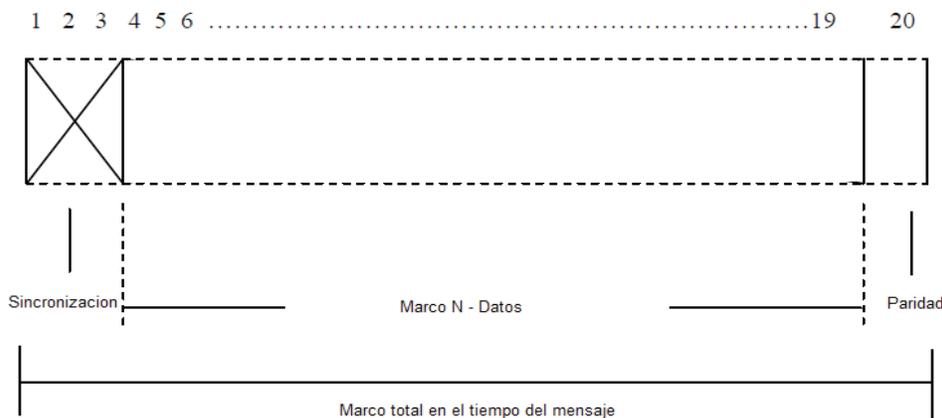


Figura 5. Formato digital del mensaje usando por ARINC 629.

Estándar Militar 1553B MIL-STD-1553B

En la continua evolución de los protocolos de transmisión digital utilizados en las aplicaciones aeroespaciales, es de gran interés tener una aproximación al estándar de

transmisión militar MIL-STD-1553B definido como División de tiempo interna de comando respuesta en bus de datos multiplexado, o como está descrito en inglés, (Aircraft Internal Time Division Command/Response Multiplex Data Bus).

Este estándar prepara los requerimientos en la integración de sistemas y de subsistemas de aeronaves empleado ampliamente en aeronaves militares, este estándar llena la grieta entre básica señalización y modernos estándares de red de transmisión de datos como el intercambio de paquetes en full dúplex, definido como AFDX, (Avionics Full Duplex Package Exchange) y que se mencionará en el próximo protocolo de transmisión de datos en aviónica.

El estándar MIL-STD-1553B, emplea una velocidad extendida entre 120 a 200 Mbps, tiene una forma lógica en estrella sobre la topología física del bus de transmisión de datos y en contraste con otras topologías está adecuada por una capa física robusta por cableado triaxial.

Una de sus principales características de este estándar militar MIL-STD-1553B, es el uso de un bus de control definido. Este dispositivo es el responsable para la inicialización de todas las comunicaciones entre los subsistemas llevadas a cabo en el bus de datos a través de un protocolo de comando-respuesta. En caso en que una falla es presentada en el bus de control, se adiciona un terminal remoto que puede responder a esta función por el tiempo necesario. Para asegurar una respuesta a la falla del bus de control y del terminal remoto, se hace uso a múltiple redundancia del bus de control y el terminal remoto situados en paralelo en que cada bus solo permite comunicación Half-dúplex. A continuación en la figura 6, se ilustra la topología del bus de datos usado en el estándar MIL-STD-1553B.

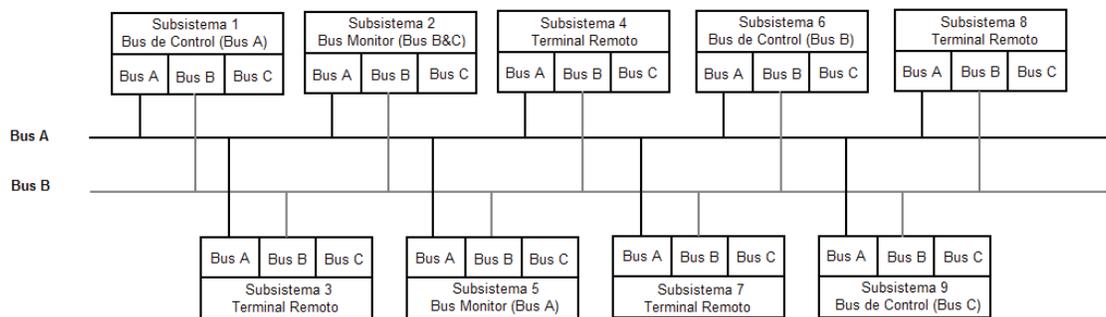
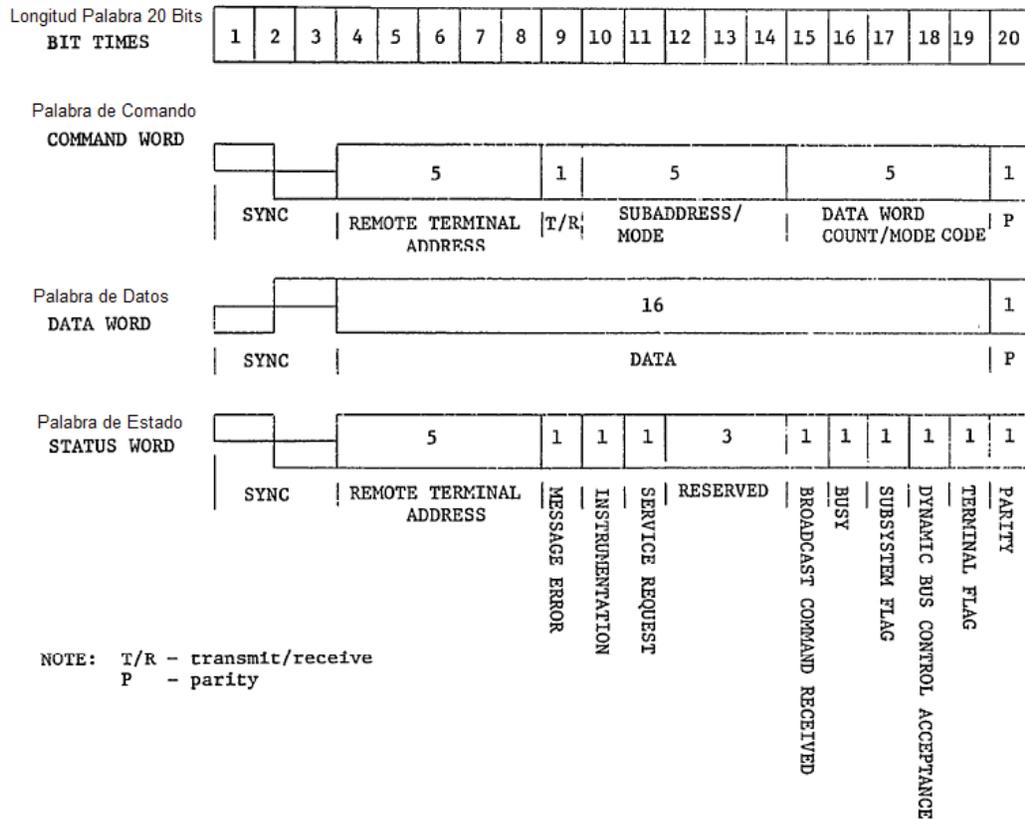


Figura 6. Bus de red de datos MIL-STD-1553B, con representación de dispositivos y subsistemas con funciones predefinidas para provisionar una segunda respuesta de falla empleando un BUS C.

El uso de envío de datos por los subsistemas empleando el bus de datos, no se realiza de forma directa, debido a que no están directamente conectados; por el contrario emplean terminales remotos individuales para acceder al bus de red de transmisión de datos. Todas las comunicaciones generadas por los dispositivos y subsistemas son supervisadas por el bus monitor, el cual también puede desempeñar el inicio de sesión de algunos subsistemas o de todas las comunicaciones. Usualmente, las transmisiones son de forma unicast, y son solo así intercambiadas entre dos terminales remotas.

En el estándar MIL-STD-1553B, el formato digital del mensaje o palabra digital es de solo 20 bits de largo, con menos protocolo sobrepuestos como en otros estándares, siendo toda comunicación direccionada por el bus de control, y con componentes que solo ejecutan comandos que han sido entregados (Ejemplo: leer del bus de datos y enviar al terminal).

Existen tres diferentes tipos de formatos digitales o palabras digitales, y se encuentran ilustrados en la siguiente figura 7.



- Palabra de comando (enviado por el bus de control),
- Palabra de estado (respuesta del dispositivo LRU al bus de control),
- Palabra de datos.

Figura 7. Formatos de palabras digitales empleados por MIL-STD.1553B.

Mientras el estándar MIL-STD-1553B es aun incompatible con modernos protocolos de red y no está sujeto a la capa del modelo OSI,

es decir, no provee conexiones entre módulos sobre la misma red (Ethernet, MAC), pero aun permite una unidad LRU continuar un enlace lógico requerido en arquitecturas de sistemas integrados.

ARINC 664

De acuerdo a algunas limitaciones contenidas en los estándares mencionados anteriormente, y para reunir algunos requerimientos generados en la industria aeroespacial debido

a modernos avances tecnológicos en el desarrollo de elementos electrónicos comerciales (COTS), nuevos desafíos han emergido para la búsqueda de flexibles topologías de red de datos, incremento en la velocidad de procesamiento de información, aumento del ancho de banda, diseño de protocolos y técnicas de intercomunicación entre sistemas.

ARINC 664 fue inicialmente desarrollado por Airbus basado en un nuevo protocolo de conmutación de Full-Dúplex en Ethernet en aviónica, o como está definido en inglés AFDX (Avionics Full Duplex Ethernet Switching). Debido a que el bus de red por cableado usado en los estándares anteriores no podían reunir los requerimientos de comunicación digital en modernas aeronaves, como fue el caso del Airbus 380, que requirió de una nueva base tecnológica para ser implementada en su diseño, así AFDX fue establecido y luego adoptado como nuevo estándar para ARINC.

AFDX fue básicamente tomado de los conceptos de Ethernet de la red digital de transmisión de computadores, construida sobre el muy conocido protocolo de comunicación 802.3, pero adecuado a los sistemas de aviónica. AFDX hereda parte de la terminología usada en el estándar MIL-STD-1553B. Dispositivos transmitiendo información a través de la red son llamados subsistemas, los cuales están acoplados a la red vía sistemas finales. La red de transmisión de datos en Full-Dúplex se denomina a sí misma como AFDX interconectada e incluyendo el uso de switches, siendo un variable factor adicionando flexibilidad a la red, como se ilustra a continuación en la figura 8.

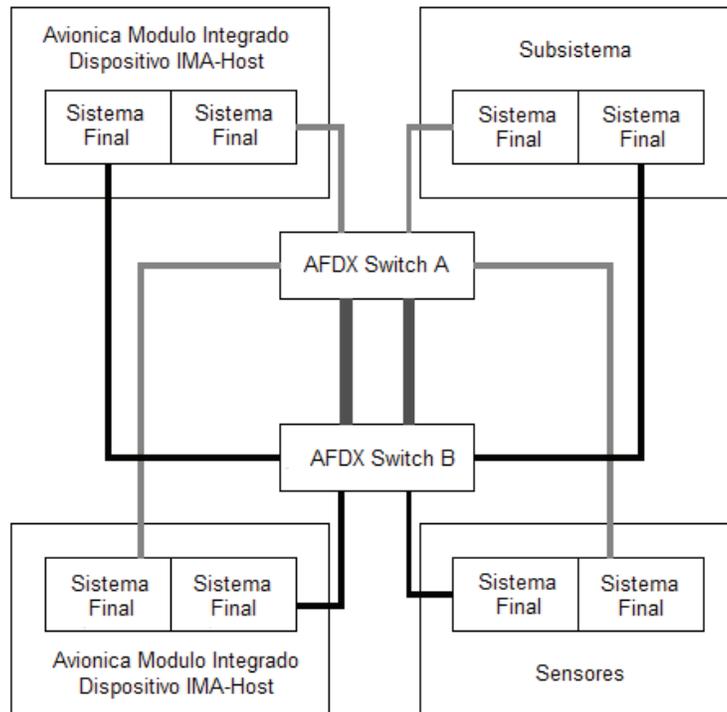


Figura 8. Topología de red empleada por ARINC 664 / AFDX

El uso de los switches en ARINC 664 es con el motivo de ofrecer un fraccionamiento en los segmentos de red, reordenando o manipulando los marcos en cuando están

en tránsito, determinados por causas externas. En ARINC 664, múltiples dispositivos pueden compartir un solo enlace soportando enlaces virtuales, definidos en inglés como Virtual Links (VL); los enlaces virtuales es otra característica en el empleo del protocolo de red ARINC 664, y está ubicado sobre el marco de la capa de Ethernet en AFDX, cada canal virtual tiene tres propiedades como los son: Espacio asignado de ancho de banda (BAG), el tamaño máximo de marco de la capa L2 (tamaño de marco mínimo definido como S_{max} o máximo definido como L_{max}) y el límite de ancho de banda. El espacio asignado de ancho de banda o como se define en inglés (Bandwidth Allocation Gap BAG), ha sido implementado con el propósito de evitar congestiones y pérdida de información debido al retraso en la red de transmisión de datos, y está definido en software para cada enlace virtual, configurando un atraso entre 1 y 128 milisegundos, entre cada envío del marco a través del enlace virtual. Cuando se presente un escenario de congestión de datos, los marcos de información serán enviados por los enlaces virtuales dentro de una ventana de tiempo entregado por el espacio asignado de ancho de banda BAG.

Configurando el tamaño del marco L_{max} a un razonable espacio asignado BAG, el ancho de banda es segmentado y puede ser garantizado para cada enlace virtual individualmente. Una desventaja de introducir tiempo-espacio compartido en los enlaces virtuales es el producto de una pérdida considerable del ancho de banda si múltiples enlaces con diferentes propiedades han sido definidos.

Los enlaces virtuales son designados por medio de identificadores de enlaces virtuales, nombrados en inglés como Virtual Link Identifiers (VLID), ocupando algunos bits en el inicio para marcar su destinación y los otros 16 bits finales almacenan el VLID, de tal forma que solo un subsistema puede enviar información a un VLID determinado de forma unidireccional.

Para ser uso de las capacidades de ARINC 664 AFDX, una capa de abstracción denominada como puertos de comunicación es complementada, asignando cada puerto a un enlace virtual, usados para intercambiar información entre subsistemas; los mensajes que son recibidos y almacenados tienen un orden del primero que entra primero que sale, definido en inglés como, FIFO (First In First Out), donde el mensaje de mayor duración de almacenamiento es el primero en ser removido de la fila de los mensajes.

El uso del programador de enlace virtual (Virtual Link Scheduler) en AFDX, es con el fin de no exceder los límites en el ancho de banda en la entrega de los mensajes a los sistemas finales, cuando se tienen múltiples transmisiones desde diferentes puertos y enlaces virtuales. La alta disponibilidad en los entornos de red también requiere redundancia en el bus como en los módulos. Después de programar la longitud de los marcos de Ethernet, la redundancia es introducida. Cada subsistema AFDX tiene dos interfaces nombradas Sistemas finales. La redundancia es adicionada transparentemente enviando cada marco a los dos Sistemas finales, aplicando el número de secuencia del marco enviado, uno de los marcos duplicados llegará a su destinación por cada marco transmitido, donde los marcos de información duplicados son detectados y descartados, estos conceptos están ilustrados en la siguiente figura 9.

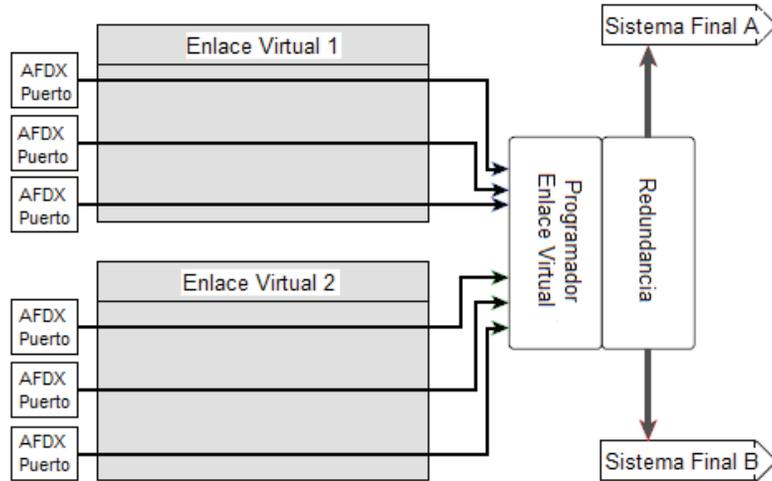


Figura 9. Características especificadas en del protocolo ARINC 664 / AFDX

AFDX actualmente soporta velocidades arriba de 1Gbps, longitud del marco digital desde 64 bytes hasta 1518 bytes, 20 bytes determinados para el preámbulo y el inicio del marco digital, tiempo de duración total de transmisión de marco desde 6.72 hasta 123.04 milisegundos, 6 bytes para la dirección de destino y 6 bytes para la dirección de la fuente. AFDX tiene establece 1 Byte de secuencia adicionado después del marco de la capa 2 de carga útil, el cual el contador incrementa la secuencia cada vez que se envía un mensaje a través de el enlace virtual. El diagrama de diseño del marco digital de ARINC 664, está ilustrado en la siguiente figura 10.

				Type (2)	IP Encabezado (20 bytes)	UDP Encabezado (8 bytes)	L3 Carga Util (>17 bytes)			
Preambulo (7 bytes)	Marco de Inicio Delimitador (1 byte)	AFDX Direccion Destinatario (6 bytes)	AFDX Direccion Fuente/Origen (6 bytes)	Capa 2 Carga Util Digital			Contador NS (1 byte)	Revisión Marco de Secuencia (4 bytes)	Marco Espacio Interno (12 bytes)	

Figura 10. Diseño del marco digital de ARINC 664 / AFDX

3. Tendencias

ARINC 825

Conocido como Controlador de área de red, o mejor distinguido por sus siglas en inglés como CAN (Controller Area Network), y apostando a ser una de las futuras tendencias en los protocolos de red de transmisión de datos en el campo aeronáutico, ha incursionado en aplicaciones en la industria aeroespacial debido a su costo y eficiencia en la capacidad de red para las unidades sustituible en línea LRU (Line

Replaceable Units) que pueden compartir datos a través de un medio común. La capacidad de CAN para transmitir datos a través de un cable blindado de par trenzado compartido, tiene ventajas en términos de ahorro de peso como parte integral de la aeronave.

Adicionalmente, la especificación del protocolo de la capa física de CAN, proporciona la recuperación de errores y mecanismos de protección de datos por lo que es atractivo para aplicaciones en el campo de la aviación.

Nuevos medios de transporte aéreo comercial; aviones como el Airbus A380 o el Boeing 787 tienen instalados entre 50 y 250 redes CAN para todo tipo de funciones, incluyendo cabina de vuelo, sistemas de control del motor, y sistemas de control de vuelo. CAN inicialmente ha servido bien a la industria automotriz en los últimos años, ha sido mejorado para la industria aeroespacial como CAN Aerospace, y siendo establecido como estándar en 1998 y desde entonces ampliamente utilizado dentro de la aviación general alrededor del mundo.

El propósito de ARINC 825 es asegurar interoperabilidad y simplicidad en la interoperación de subsistemas CAN con otras redes aéreas para todas las clases de aeronaves en el campo del transporte aéreo comercial. El grupo técnico de trabajo consta de miembros como Airbus, Boeing, Rockwell Collins y GE Aerospace.

Actualmente en las arquitecturas de sistemas de aeronaves de transporte aéreo comercial se ha incorporado CAN como un auxiliar en subsistemas para la especificación ARINC 664, parte 7. CAN ha sido utilizado para enlazar sensores, actuadores y otros tipos de dispositivos de aviónica que por lo general requieren de un bajo volúmenes en el medio de transmisión de datos durante el funcionamiento.

Para garantizar la interoperabilidad y una comunicación fiable, ARINC 825 especifica las características eléctricas, requisitos de transceptor de red y tasas de bits con las tolerancias correspondientes.

Las tasas de bits definidas por ARINC 825 son 1.000 kbit/s, 500 kbit/s, 250 kbit/s, 125 kbit/s y 83.333 kbit/s.

ARINC 825 utiliza una extensión de marcos CAN, identificadores de marcos de 29 bits, definidos en inglés como CAN-frames (CANidentifiers 29 bits), que proporcionan un número adecuado de bits para dividir el identificador en varios subcampos. Estos subcampos son un tema clave en el empleo de los bits del identificador y no son solo para el objeto de identificación y priorización de transmisión de datos inherente a CAN, sino también para el propósito de crear un estándar en la capa de aplicación.

Los mecanismos de comunicación de ARINC 825 se derivan de los correspondientes mecanismos de CANaerospace. Así como CANaerospace, ARINC 825 define adicionales funciones en las capas OSI 3,4 y 6, para soportar los canales lógicos de comunicación, tal como de un emisor a muchos receptores y punto a punto en la comunicación y estación de direccionamiento. Para lograr esto, el CAN- identificador tiene una estructura especial de 29 bits para ARINC 825, como se ilustra en la siguiente figura 11.

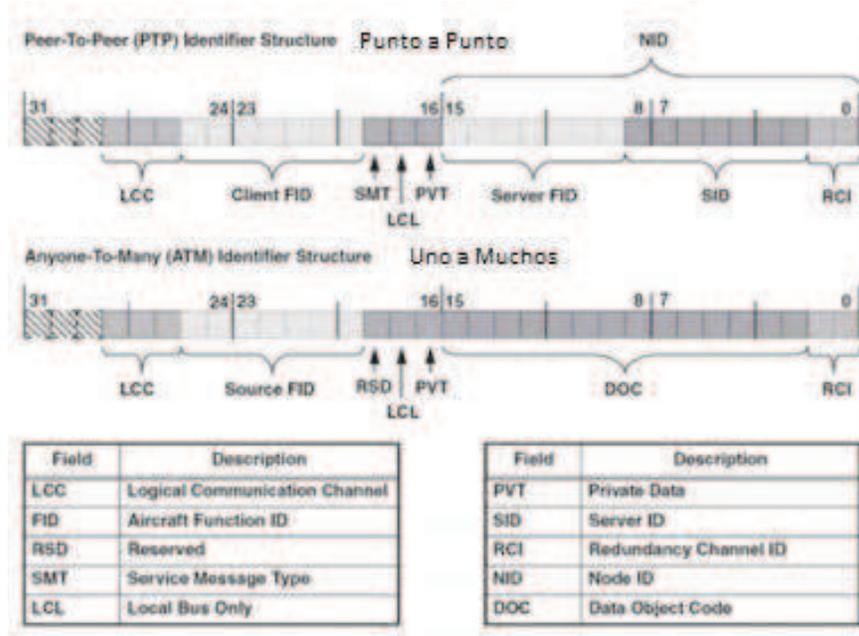


Figura 11. Estructura de identificador CAN o CAN-Identifer / ARINC 825.

Los canales lógicos de comunicación o como se definen en inglés LCC (Logical Communication Channel), proveen las siguientes capas independientes de comunicación, mostradas a continuación en la figura 12.

Channel Number	Channel Acronym	Communication Type	Description	LCC Bits	Message Priority
0	EEC	ATM	Exception Event Channel	000	Highest
1			Reserved	001	↓
2	NOC	ATM	Normal Operation Channel	010	
3			Reserved	011	
4	NSC	PTP	Node Service Channel	100	
5	UDC	ATM/PTP	User-defined Channel	101	
6	TMC	PTP	Test and Maintenance Channel	110	
7	FMC	ATM/PTP	CAN Base Frame Migration Channel	111	

Figura 12. Asignación de canales lógicos de comunicación LCC / ARINC 825.

ARINC 825 ha adoptado conceptos de gestión de ancho de banda CANaerospace. Esta proporciona un concepto sencillo de computación en la saturación del bus de datos basado en el número de mensajes en un segmento de red ajustando los rangos de transmisión. La gestión de ancho de banda minimiza escenarios de sobrecarga y variación de datos causados por la arbitrariedad en la transmisión establecida por CAN.

La aplicación de este concepto, puede demostrar en un comportamiento predecible en las redes de ARINC 825, siendo capaces de cumplir con los requisitos de los criterios de seguridad en los sistemas de vuelos. Ver figura 13.

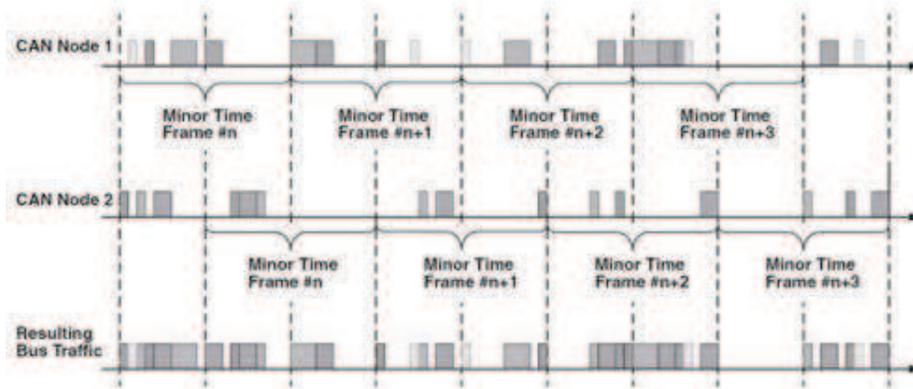


Figura 13. Gestión de ancho de banda / ARINC 825

ARINC 825 utiliza un perfil de comunicación de base de datos para la descripción de redes integradas. Un perfil de comunicación es creado para cada LRU en un formato de archivo legible en forma humana basado en XML 1.0. La consistencia y la integridad de la especificación ARINC 825 fue continuamente verificado durante el proceso de estandarización utilizando como referencia el acoplamiento del sistema hardware/software, convirtiendo ARINC 825 como una alternativa en la base de desarrollo en implementación de futuros protocolos en aplicaciones aeroespaciales.

4. Conclusiones

Aeronaves modernas están incorporando nuevas aplicaciones debido al gran desarrollo tecnológico de dispositivos electrónicos comerciales, como sus siglas lo definen en inglés, COTS (Cost of The Shelf). Para garantizar una buena comunicación e interacción de estos dispositivos, sensores, equipos y sistemas de alto desempeño, se requiere de nuevas alternativas en los diseños de los protocolos y la red de transmisión de datos para garantizar una eficiente interacción entre los sistemas de aviónica.

Es necesario partir de los conceptos básicos de la red de transmisión de datos establecidos en la industria aeroespacial, con el fin de enfocar aun más la atención a nuevas alternativas de diseño de los protocolos digitales como parte integral de los sistemas de aviónica y no solamente en el de los componentes, equipos y elementos digitales. Uno de los principales objetivos a enfocar en las próximas décadas es en el incremento del ancho de banda en la red de transmisión, que permitan adherir nuevas alternativas tecnológicas y propuestas en materias del desempeño en la velocidad, seguridad y confiabilidad de los protocolos, tramas y alambrados que componen la red de transmisión de datos en los sistemas de aviónica.

De la misma manera, la industria de la aviónica depende aun más de ciencias afines en el diseño y desarrollo en el campo digital y en tecnologías de software. Por lo tanto, el campo de la aviación podría implicar nuevos esquemas de diseño, incorporando ingenierías de software como aporte al desarrollo en los protocolos e interfaces de los sistemas de aviónica, con el propósito de ser integrados a la industria aeroespacial.

5. Referencias

- [1] C. M. Fuchs. Seminario de redes aeroespaciales, La evolución de ARINC 429 a AFDX. Edición 2012. pp 2,5-7.
- [2] Departamento de Defensa US. Documento del Estándar Militar MIL-STD-1553, 21 septiembre 1978. Páginas 6,30-33.
- [3] P. Frodyma, B. Waldmann. Tutorial de especificación ARINC 429. AIM GmbH. Edición 2010. Páginas 7, 8,9.
- [4] Incorporación Radio Aeronáutico. INC. ARINC 664 Part 7. Red AFDX, Inc. ARINC. Edición 2005. Páginas 7.
- [5] C. Spitzer. Manual digital de aviónica. elementos, software y funciones. CRC press. Segunda edición 2007. Páginas 1-7, 2-12.