

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 956 337**

51 Int. Cl.:

H04W 4/46 (2008.01)

H04W 4/42 (2008.01)

H04W 4/021 (2008.01)

G08G 5/04 (2006.01)

G08G 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.10.2019** **PCT/US2019/056177**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.04.2020** **WO20086320**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.10.2019** **E 19876556 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2023** **EP 3871458**

54 Título: **Enlace de datos del Link 16 para sistema integrado de prevención de colisiones**

30 Prioridad:

22.10.2018 US 201816166870

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:

19.12.2023

73 Titular/es:

**BAE SYSTEMS INFORMATION AND
ELECTRONIC SYSTEMS INTEGRATION INC.
(100.0%)
P. O. Box 868
Nashua, New Hampshire 03061-0868, US**

72 Inventor/es:

**CHONGOUSHIAN, JOHN, H. y
LANG, JAMES, W.**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 956 337 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Enlace de datos del Link 16 para sistema integrado de prevención de colisiones

5 Campo

La descripción se refiere a sistemas de prevención de colisiones, y más particularmente a sistemas de prevención de colisiones aplicables a aeronaves en entornos de combate.

10 Antecedentes

Al pilotar una aeronave, evitar colisiones es siempre una preocupación significativa. Incluso a los pilotos de vuelos privados y comerciales se les enseña a estar muy atentos tanto a los peligros terrestres, como montañas y torres de transmisión, como a los peligros aéreos, como otras aeronaves comerciales y privadas, globos aerostáticos, etc. Además de la vigilancia del piloto, especialistas en control del tráfico aéreo y sistemas de software altamente sofisticados con reconocimiento de radar monitorean y se comunican con las aeronaves cuando se encuentran en áreas de alto tráfico, para brindar una mayor protección contra las colisiones.

Por supuesto, el problema relativo a la prevención de colisiones es mucho más grave en situaciones de combate aéreo, donde las velocidades de las aeronaves son mucho mayores, las aeronaves normalmente vuelan en grupos poco espaciados y, a veces, es necesario que las aeronaves individuales realicen maniobras rápidas no planificadas, por ejemplo, al evitar fuego terrestre o aéreo hostil y/o al perseguir aeronaves hostiles. En tales circunstancias, se imponen fuertes exigencias a la atención y concentración del piloto, de modo que incluso los pilotos altamente capacitados y entrenados corren el riesgo de colisionar con peligros terrestres o con otras aeronaves amigas.

Se han propuesto y/o implementado varios enfoques con respecto a la detección automática y la prevención de posibles colisiones de aeronaves con peligros terrestres y/o aéreos. Por lo general, estos incluyen una aeronave que escanea el entorno usando RADAR o un procedimiento similar e intenta determinar direcciones y distancias relativas a peligros potenciales. Si bien este enfoque puede ser efectivo para evitar peligros que están algo distantes, lo que suele ser el caso de amenazas terrestres y amenazas aéreas hostiles, este enfoque puede ser insuficiente para evitar colisiones con aeronaves amigas, que pueden estar ubicadas muy cerca, generalmente a menos de 10 millas náuticas (Nm).

Un enfoque para evitar colisiones entre aeronaves amigas es equipar cada una de las aeronaves con un transpondedor especial, de modo que las aeronaves puedan intercambiar información de ubicación, velocidad y dirección entre sí. Entre los ejemplos se incluyen el "Sistema para Evitar Colisiones de Tráfico" (Traffic Collision Avoidance System - TCAS) y el "Sistema de Prevención de Colisiones Aéreas" (Airborne Collision Avoidance System - ACAS) militar. Por supuesto, para su uso en entornos de combate, las comunicaciones de transpondedor deben ser altamente resistentes a interferencias, suplantación de identidad y otras interferencias hostiles.

Más recientemente, la Fuerza Aérea de los Estados Unidos ha comenzado a probar el Auto-ICAS (Automatic Integrated Collision Avoidance System - Sistema Automático Integrado de Prevención de Colisión), que combina las capacidades basadas en RADAR con el intercambio de mensajes entre una aeronave amiga para evitar colisiones tanto amigas como hostiles, así como colisiones con riesgos terrestres. Con respecto a evitar colisiones entre una aeronave amiga, la especificación de Auto-ICAS requiere que el sistema deba incluir un enlace de datos que permita intercambios de mensajes de 768 bits cada uno a una velocidad de 20 Hz entre hasta 10 aviones que se ubican dentro de un intervalo de 10 Nm entre sí.

Si bien el intercambio en tiempo real de ubicación, velocidad, dirección y otra información relevante puede ser eficaz para evitar colisiones entre aeronaves amigas que vuelan a menos de 10 Nm entre sí, todas las implementaciones que se han propuesto requieren que las aeronaves participantes estén equipadas con transpondedores especiales que son dedicados al sistema de prevención de colisiones, lo que conduce a un aumento significativo en "espacio, peso, potencia y costo" (SWaP-C - space, weight, power, and cost).

Lo que se necesita, por lo tanto, es un sistema y procedimiento para evitar colisiones entre aeronaves amigas en una situación de combate que cumple con la especificación Auto-ICAS al tiempo que se minimiza el consumo de espacio, peso, potencia y coste.

Resumen

La presente descripción es un sistema y un procedimiento para evitar colisiones entre aeronaves militares amigas que cumple con la especificación Auto-ICAS de proporcionar un enlace de datos que permite velocidades de intercambio de mensajes de 768 bits por enlace a una velocidad de al menos 20 Hz entre hasta 10 aeronaves que están dentro de un intervalo de 10 Nm entre sí, al tiempo que se minimiza el consumo de espacio, peso, potencia y costo. El enlace de datos para evitar colisiones se denomina en el presente documento enlace de datos "ICAS". Sin embargo, un experto en la

técnica se dará cuenta de que la presente descripción no está limitada únicamente al programa ICAS del gobierno de EE. UU. y que las realizaciones pueden desviarse de algunos de los requisitos de la especificación US ICAS.

La invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

Específicamente, la presente descripción aprovecha el hecho de que prácticamente toda aeronave militar de los Estados Unidos, y muchas aeronaves militares de la OTAN y otros aliados de los EE. UU. se intercomunican usando sistemas de comunicación compatibles con Link 16. En lugar de requerir que cada aeronave participante esté equipada con un transpondedor ICAS separado que esté dedicado a un enlace de datos para evitar colisiones, la presente descripción usa el hardware existente del Link 16 como hardware transceptor para el enlace de datos ICAS. Más específicamente, la presente descripción aprovecha el hecho de que casi no hay retraso de propagación entre aeronaves que están dentro de los 10 Nm entre sí, y sobre esa base utiliza un período de retraso de propagación de aproximadamente 2 mseg. que se proporciona al final de cada intervalo de tiempo del Link 16 para transmitir datos ICAS sin interferir con la comunicación del Link 16 convencional.

Link 16 es un sistema de red inalámbrico táctico generalizado que utilizan los sistemas terrestres, aéreos y navales de primera línea en los Estados Unidos, la OTAN y otras naciones aliadas para permitir que múltiples usuarios compartan datos de conciencia situacional. Entre otras ventajas, Link 16 incluye características de “unidad de datos segura” (SDU - Secure Data Unit) que comprenden tanto medidas de seguridad de transmisión (medidas de seguridad física como salto de frecuencia pseudoaleatorio) como medidas de seguridad de comunicaciones (como cifrado de mensajes), y por lo tanto es altamente resistente a interferencias, suplantación de identidad y otras interferencias hostiles.

La información se transmite en una red del Link 16 en intervalos de tiempo (*timeslots*) de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA - Time Division Multiple Access) que se repiten cada trama, o “época”. Cada uno de los intervalos de tiempo es de aproximadamente 7,8 mseg de duración, como se describe, por ejemplo, por el documento US-7308005B1. Sin embargo, debido a que se requiere que el Link 16 proporcione interconexión en un intervalo de 300 Nm, la transmisión de datos se limita a solo aproximadamente 5,8 mseg en cada intervalo de tiempo, mientras que los aproximadamente 2 mseg restantes de cada intervalo de tiempo permanecen libres de datos para permitir retrasos de propagación.

Cada terminal participante (nodo) del Link 16 se inicializa con un identificador único, conocido como Número de Pista de Origen (STN - Source Track Number), junto con un número de identificación SDU (SDU-ID) y asignaciones de intervalos de tiempo que indican qué intervalos de tiempo se utilizarán para transmitir y recibir por ese nodo. Los intervalos de tiempo también se pueden asignar para la transmisión de información por nodos de retransmisión designados en la red. Además de las comunicaciones generales, los nodos en una red del Link 16 intercambian continuamente mensajes de Ubicación e Identificación Precisa de Participantes (PPLI - Precise Participant Location and Identification). Durante la comunicación normal del Link 16, los nodos se identifican entre sí, incluyendo tanto información STN como SDU-ID en los datos que se transmiten durante los intervalos de tiempo.

La presente descripción proporciona una mejora del protocolo del Link 16 que permite que el hardware del Link 16 existente cumpla con los requisitos del transpondedor de la especificación de enlace de datos para evitar colisiones Auto-ICAS, sin degradar la capacidad de los sistemas Link 16 para realizar sus funciones de comunicación Link 16. Las realizaciones incluyen un módulo de prevención de colisiones dedicado, también denominado aquí genéricamente como módulo de enlace de datos “ICAS”, que está en comunicación de datos con el hardware del Link 16, y que genera y procesa los mensajes de enlace de datos “ICAS” de prevención de colisiones que se transmiten y reciben. por el hardware del Link 16 utilizando el protocolo Link 16 modificado. En algunas realizaciones, el módulo de datos para evitar colisiones es distinto del sistema de radio del Link 16, que, por ejemplo, puede ser una MIDS-JTRS CMN4, mientras que en otras realizaciones el módulo de datos de colisión se incorpora al sistema de radio del Link 16. En realizaciones, los mensajes ICAS son cada uno de 768 bits de longitud, y en algunas de estas realizaciones los mensajes incluyen cifrado a nivel de software.

A diferencia del Link 16, el requisito de datos de comunicación ICAS se aplica solo a las aeronaves que se ubican dentro de 10 Nm entre sí. Para las aeronaves que se encuentran a menos de 10 Nm entre sí, el retraso de propagación es extremadamente pequeño, de modo que el retraso de propagación del intervalo de tiempo del Link 16 no tiene utilidad. La presente descripción se aprovecha de este hecho y hace uso de los retrasos de propagación que de otro modo estarían vacíos para contener los mensajes ICAS que se intercambian entre aeronaves cercanas a través del enlace de datos ICAS, al tiempo que permite que los 5,8 mseg anteriores del intervalo de tiempo sean utilizados para la comunicación convencional del Link 16.

Como tal, el enlace de datos para evitar colisiones de la presente descripción se sincroniza con los intervalos de tiempo de la red del Link 16. En realizaciones, el salto de frecuencia y/o la codificación de datos de los mensajes de prevención de colisión son también idénticos o coordinados con el salto de frecuencia y/o el esquema de modulación de datos que se implementa en la red del Link 16. Sin embargo, debe observarse que las realizaciones incorporan patrones de salto de frecuencia y/o esquemas de modulación de datos que se desvían de, y pueden no estar relacionados en gran parte con el o los saltos de frecuencia y los esquemas de modulación de datos que se implementan en la red del Link 16.

En realizaciones, se pueden intercambiar al menos dos mensajes de 768 bits dentro de cada retraso de propagación de 2 mseg de cada intervalo de tiempo del Link 16. Dado que los intervalos de tiempo del Link 16 son cada uno de

aproximadamente 7,8 mseg. de longitud, esto proporciona una tasa total de mensajes ICAS de aproximadamente 256 Hz, lo que satisface el requisito especificado del enlace de datos ICAS de intercambiar mensajes con hasta 10 nodos a una tasa de 20 Hz por nodo, es decir, a una tasa total de mensajes de 200 Hz.

5 En las realizaciones, a medida que algunas aeronaves se acercan mientras que otras divergen entre sí, los nodos de la red Link 16 colaboran para asignar dinámicamente oportunidades de transmisión a los nodos, para permitirles unirse y retirarse del enlace de datos para evitar colisiones, mejorando así la prevención de colisiones. En algunas de estas realizaciones, estas reasignaciones se implementan como una mejora de la funcionalidad de reasignación de intervalos de tiempo del Link 16.

10 Un primer aspecto general de la presente descripción es un procedimiento para evitar colisiones entre una aeronave protegida y una aeronave circundante. El procedimiento incluye proporcionar en la aeronave protegida y en cada una de las aeronaves circundantes un transceptor Link 16 y un módulo de enlace de datos para evitar colisiones en comunicación de datos con el transceptor Link 16, utilizando los transceptores Link 16 para establecer una red Link 16 que permite que la aeronave protegida intercambie mensajes Link 16 con todas las aeronaves circundantes, los mensajes Link 16 se transmiten en intervalos de tiempo del Link 16, determinando la aeronave protegida las posiciones de las aeronaves circundantes en relación con la aeronave protegida, designar como aeronaves cercanas todas las aeronaves circundantes que se encuentran dentro de las diez millas náuticas de la aeronave protegida, establecer un enlace de datos para evitar colisiones entre la aeronave protegida y al menos una de las aeronaves cercanas, intercambiar mensajes de enlace de datos a través del enlace de datos para evitar colisiones, los mensajes de enlace de datos son generados y procesados por los módulos de enlace de datos para evitar colisiones, y son transmitidos y recibidos por los transceptores Link 16, y detectan y evitan posibles amenazas de colisión al menos en parte basándose en los mensajes de enlace de datos intercambiados.

25 Los transceptores del Link 16 transmiten y reciben los mensajes del enlace de datos transmitiendo los mensajes del enlace de datos durante las porciones de retraso de propagación de los intervalos de tiempo del Link 16 que, de lo contrario, estarían reservados para los retrasos de propagación de los mensajes del Link 16 transmitidos durante los intervalos de tiempo del Link 16, de modo que cada intervalo de tiempo del Link 16 que contiene un mensaje de enlace de datos incrustado en la porción de retraso de propagación del mismo también puede contener un mensaje del Link 16.

30 En realizaciones, la aeronave protegida determina las posiciones de la aeronave circundante basándose al menos parcialmente en información de PPLI recibida de la aeronave circundante sobre la red Link 16.

En cualquiera de las realizaciones anteriores, el enlace de datos para evitar colisiones puede ser capaz de incluir al menos diez aeronaves cercanas.

35 Cualquiera de las realizaciones anteriores puede ser capaz de incorporar al menos dos mensajes de datos dentro de la porción de retraso de propagación de los intervalos de tiempo del Link 16.

40 En cualquiera de las realizaciones anteriores, los transceptores del Link 16 pueden ser capaces de intercambiar mensajes de datos integrados a una velocidad de al menos 200 Hz, permitiendo de este modo que la aeronave protegida intercambie mensajes de datos con diez aeronaves cercanas sobre el enlace de datos para evitar colisiones a una velocidad de 20 Hz por aeronave cercana.

45 En cualquiera de las realizaciones anteriores, los mensajes de datos pueden tener cada uno al menos 768 bits de longitud.

En cualquiera de las realizaciones anteriores, los intervalos de tiempo del Link 16 en los que están integrados los mensajes de datos pueden transmitirse por los transceptores del Link 16 a un nivel de potencia de no más de 1 Vatio.

50 Cualquiera de las realizaciones anteriores puede incluir además priorizar por el transceptor del Link 16 de la aeronave protegida de la aeronave cercana al menos parcialmente de acuerdo con las distancias relativas de la aeronave cercana a partir de la aeronave protegida. En algunas de estas realizaciones, la priorización de la aeronave cercana se realiza además de acuerdo con las velocidades estimadas a las que la aeronave cercana se acerca a la posición de la aeronave protegida. Y en cualquiera de estas realizaciones, si hay más de diez aeronaves cercanas, el enlace de datos para evitar colisiones se puede establecer entre la aeronave protegida y aquellas diez de las aeronaves cercanas que tienen las prioridades más altas.

60 Cualquiera de las realizaciones anteriores puede incluir además la aeronave protegida y la aeronave circundante que colaboran a través de la red del Link 16 para asignar oportunidades de transmisión de mensajes de enlace de datos a la aeronave circundante, permitiendo de este modo que la aeronave circundante se una y se retire del enlace de datos para evitar colisiones a medida que sus posiciones cambian con el tiempo.

65 Cualquiera de las realizaciones anteriores puede incluir además, para los intervalos de tiempo del Link 16 que contienen tanto un mensaje del Link 16 como un mensaje de datos, que codifica el mensaje del Link 16 mediante el uso de un protocolo del Link 16 de rendimiento mejorado modificado que incluye menos pulsos de preámbulo que se incluyen en los mensajes del Link 16 transmitidos en intervalos de tiempo que no incluyen un mensaje de enlace de datos. En algunas

de estas realizaciones, la información del Número de Pista de Origen ("STN" - Source Track Number) puede excluirse de los mensajes del Link 16 que se codifican usando el protocolo del Link 16 de rendimiento mejorado.

En cualquiera de las realizaciones anteriores, los mensajes de datos pueden incluir cifrado a nivel de software.

Cualquiera de las realizaciones anteriores puede incluir además transmitir mensajes de datos adicionales en intervalos de tiempo del Link 16 que no incluyen mensajes del Link 16, pero en cambio se llenan con mensajes de datos, aumentando así una velocidad de intercambio de mensajes de datos sobre el enlace de datos para evitar colisiones. En algunas de estas realizaciones, cada uno de los intervalos de tiempo del Link 16 que se llenan con mensajes de datos es capaz de contener al menos siete mensajes de datos.

Un segundo aspecto general de la presente descripción es un sistema de prevención de colisiones que permite a una aeronave protegida evitar colisiones con la aeronave circundante, en donde cada una de las aeronaves circundantes está transportando y operando un aparato compatible. El sistema incluye un transceptor del Link 16 y un módulo de datos para evitar colisiones en comunicación de datos con el transceptor del Link 16. El transceptor del Link 16 es capaz de intercambiar mensajes del Link 16 con la aeronave circundante, estableciendo de este modo una red del Link 16 con todas las aeronaves circundantes, estando contenidos los mensajes del Link 16 en intervalos de tiempo del Link 16. El transceptor del Link 16 es capaz de determinar las posiciones de la aeronave circundante en relación con la aeronave protegida basándose en los mensajes del Link 16 intercambiados, por lo que toda aeronave circundante que se ubique dentro de diez millas náuticas de la aeronave protegida se designa como aeronave cercana. El transceptor del Link 16 y el enlace de datos ICAS son capaces de establecer un enlace de datos para evitar colisiones que incluye la aeronave protegida y al menos una de las aeronaves cercanas, por lo que la aeronave protegida es capaz de intercambiar mensajes de datos con la al menos una aeronave cercana sobre el enlace de datos para evitar colisiones, generándose y procesándose los mensajes de datos por el módulo de enlace de datos para evitar colisiones y siendo transmitidas y recibidas por el transceptor del Link 16. Y el módulo de datos para evitar colisiones es capaz de detectar y evitar amenazas de colisión potenciales, en base al menos parcialmente a los mensajes de enlace de datos intercambiados. El transceptor del Link 16 es capaz de transmitir y recibir los mensajes de datos durante las porciones de retraso de propagación de los intervalos de tiempo del Link 16 que de otro modo estarían reservadas para los retrasos de propagación de los mensajes del Link 16 contenidos dentro de los intervalos de tiempo del Link 16, de manera que cada intervalo de tiempo del Link 16 que contiene un mensaje de datos integrado en la porción de retraso de propagación del mismo también puede contener un mensaje del Link 16.

En realizaciones, al menos dos mensajes de datos de 768 bits pueden integrarse dentro de la porción de retraso de propagación de los intervalos de tiempo del Link 16.

En cualquiera de las realizaciones anteriores, el transceptor del Link 16 puede incluir un transmisor de un usuario que es capaz de transmitir los mensajes de datos a la aeronave cercana.

En cualquiera de las realizaciones anteriores, el transceptor del Link 16 puede configurarse además para priorizar las aeronaves cercanas de acuerdo con sus distancias relativas desde la aeronave protegida y sus índices de acercamiento estimados con la aeronave protegida, y si hay más de diez aeronaves cercanas, establecer el enlace de datos entre la aeronave protegida y las diez aeronaves cercanas que tienen las prioridades más altas.

Y en cualquiera de las realizaciones anteriores, el transceptor del Link 16 puede configurarse para codificar mensajes del Link 16 que se transmiten durante intervalos de tiempo que también incluyen un mensaje de datos usando un protocolo del Link 16 de rendimiento mejorado modificado que incluye menos pulsos de preámbulo que los que se incluyen en los mensajes del Link 16 convencionales, y no incluye información de Número de Pista de Origen ("STN" - Source Track Number).

Las características y ventajas descritas en la presente memoria no son inclusivas y, en particular, muchas características y ventajas adicionales resultarán evidentes para un experto en la técnica en vista de los dibujos, la memoria descriptiva y las reivindicaciones. Además, cabe señalar que el lenguaje utilizado en la memoria descriptiva se ha seleccionado principalmente con fines instructivos y de legibilidad, y no para limitar el alcance del objeto de la invención.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una ilustración gráfica de una arquitectura de canal Link 16 típica de la técnica anterior;

La Figura 2 es una ilustración gráfica de un intervalo de tiempo del Link 16 de la técnica anterior;

La Figura 3 es un diagrama de bloques simplificado del transceptor del Link 16, módulo de datos ICAS y ordenador de control de aeronave de acuerdo con una realización de la presente descripción;

la Figura 4 es una ilustración gráfica de una realización de la presente ilustración implementada para evitar colisiones entre aeronaves militares amigas;

La Figura 5 es una ilustración gráfica de un intervalo de tiempo del Link 16 modificado en una realización de la presente descripción en la que dos mensajes ICAS se transmiten durante el segmento de retraso de propagación del Link 16 del intervalo de tiempo; y

- 5 La Figura 6 es un diagrama de flujo que resume una realización del procedimiento de la presente descripción.

Descripción detallada

10 La presente descripción es un sistema y un procedimiento para evitar colisiones entre aeronaves militares amigas que cumple con la especificación Auto-ICAS de proporcionar un enlace de datos que permite velocidades de intercambio de mensajes de 768 bits por enlace a una velocidad de al menos 20 Hz entre hasta 10 aeronaves que están dentro de un intervalo de 10 Nm entre sí, al tiempo que se minimiza el consumo de espacio, peso, potencia y costo. El enlace de datos para evitar colisiones se denomina en el presente documento enlace de datos "ICAS". Sin embargo, un experto en la técnica se dará cuenta de que la presente descripción no está limitada únicamente al programa ICAS del gobierno de EE. UU. y que las realizaciones pueden desviarse de algunos de los requisitos de la especificación US ICAS.

15 Específicamente, la presente descripción aprovecha el hecho de que prácticamente toda aeronave militar de los Estados Unidos, y muchas aeronaves militares de la OTAN y otros aliados de los EE. UU. se intercomunican usando sistemas de comunicación compatibles con Link 16. En lugar de requerir que cada aeronave participante esté equipada con un transpondedor ICAS separado que esté dedicado a un enlace de datos para evitar colisiones, la presente descripción usa el hardware existente del Link 16 como hardware transceptor para el enlace de datos ICAS.

20 Link 16 es un sistema de red inalámbrico táctico generalizado que utilizan los sistemas terrestres, aéreos y navales de primera línea en los Estados Unidos, la OTAN y otras naciones aliadas para permitir que múltiples usuarios compartan datos de conciencia situacional. Entre otras ventajas, Link 16 incluye características de "unidad de datos segura" (SDU - Secure Data Unit) que comprenden tanto medidas de seguridad de transmisión (medidas de seguridad física como salto de frecuencia pseudoaleatorio) como medidas de seguridad de comunicaciones (como cifrado de mensajes), y por lo tanto es altamente resistente a interferencias, suplantación de identidad y otras interferencias hostiles.

25 La información se transmite en una red del Link 16 en intervalos de tiempo (*timeslots*) de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA - Time Division Multiple Access) que se repiten cada trama, o "época". El número total de intervalos de tiempo incluidos en una red del Link 16 se puede dividir en subconjuntos que representan subredes virtuales, también denominadas "subredes". Cada subred se distingue de acuerdo con el subconjunto de los intervalos de tiempo del Link 16 que pertenecen a la subred, así como por los participantes que comparten el subconjunto de intervalos de tiempo. Las subredes del Link 16 también se diferencian por sus patrones de salto de frecuencia. Múltiples subredes en una red pueden estar "apiladas" o "en multi-red" permitiendo que los intervalos de tiempo se usen de manera redundante, con los datos transmitidos en cada red en diferentes frecuencias (FDMA) y posiblemente también con diferente codificación (CDMA).

30 En la Figura 1A se muestra una red del Link 16 típica. Los bloques 10 en el anillo 12 son intervalos de tiempo. A cada participante 14 se le proporciona transmitir, recibir y retransmitir asignaciones de intervalos de tiempo por un planificador de red (no mostrado) antes del inicio de una misión. La columna 16 a la derecha del anillo 12 ilustra la capacidad del Link 16 para operar en múltiples redes (mostradas como anillos apilados en la columna 16), permitiendo a los usuarios formar subredes o submallas que operan en paralelo usando acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA - Frequency Division Multiple Access), y en algunos casos también acceso múltiple por división de código (CDMA - Code Division Multiple Access).

35 Cada terminal participante (nodo) del Link 16 se inicializa con un identificador único, conocido como Número de Pista de Origen (STN - Source Track Number), junto con un número de identificación SDU (SDU-ID) y asignaciones de intervalos de tiempo que indican qué intervalos de tiempo se utilizarán para transmitir y recibir por ese nodo. Los intervalos de tiempo también se pueden asignar para la transmisión de información por nodos de retransmisión designados en la red. Además de las comunicaciones generales, los nodos en una red del Link 16 intercambian continuamente mensajes de Ubicación e Identificación Precisa de Participantes (PPLI - Precise Participant Location and Identification). Detalles de la construcción de estos mensajes PPLI se pueden encontrar en MIL-STD-6016. Durante la comunicación normal del Link 16, los nodos se identifican entre sí, incluyendo tanto información STN como SDU-ID en los datos que se transmiten durante los intervalos de tiempo.

40 Con referencia a la Figura 2, cada intervalo de tiempo del Link 16 200 tiene una duración de 1 segundo dividida por 128, es decir, aproximadamente 7,8 mseg. (7,8125 mseg, para ser preciso). Sin embargo, debido a los retrasos de propagación a la velocidad de luz sobre el intervalo completo de 300 Nm de una red del Link 16, es necesario incluir un retraso de propagación 202 al final de cada intervalo de tiempo 200 que dura aproximadamente 2 mseg. En consecuencia, los datos que se transmiten dentro de un intervalo de tiempo del Link 16 200 se restringen a un período inicial de solo aproximadamente 5,8 mseg. 204 dentro del intervalo de tiempo 200. No se transmite información dentro del período final 202 de aproximadamente 2 mseg.

45 Con referencia a la Figura 3, la presente descripción proporciona una mejora del protocolo del Link 16 que permite que el hardware del Link 16 existente cumpla con los requisitos de transpondedor 302 de la especificación de enlace de datos para prevención de colisión Auto-ICAS, sin degradar la capacidad de los sistemas del Link 16 para realizar

sus tareas de comunicación normales. Las realizaciones incluyen un módulo de prevención de colisión dedicado 304, también denominado en el presente documento genéricamente como un módulo de enlace de datos “ICAS” 304, que está en comunicación de datos con el hardware del Link 16 300, y que genera y procesa los mensajes de datos ICAS que se transmiten y reciben por el hardware del Link 16 300 usando el protocolo del Link 16 modificado. En algunas realizaciones, el módulo de enlace de datos de colisión 304 es distinto del sistema de radio del Link 16 300, que, por ejemplo, puede ser un “Terminal Multired Concurrente de un Sistema de Radio Táctico Conjunto del Sistema de Distribución de Información Multifunción” de 4 canales (MIDS-JTRS CMN4 - (Multifunction Information Distribution System Joint Tactical Radio System Concurrent Multi-Netting terminal), mientras que en otras realizaciones, el módulo de enlace de datos de colisión 304 está incorporado en el sistema de radio del Link 16 300.

La potencia de transmisión para el Link 16 es normalmente 200 Vatios, y con referencia a la figura 4, el Link 16 requiere soporte de comunicación entre nodos 400, 402 que están separados por hasta 400 Nm 404. Con frecuencia, un terminal del Link 16, tal como un JTRS-4 también incluye un transmisor de 1 Vatio que puede usarse para comunicarse con nodos cercanos al tiempo que se reduce la interferencia con nodos más distantes. Sin embargo, a diferencia del Link 16, el requisito de datos de comunicación ICAS se aplica solo a aeronaves 406 que se ubican dentro de 10 Nm 408 entre sí.

Con referencia a la Figura 5, para las aeronaves 406 que se ubican dentro de 10 Nm entre sí, el retraso de propagación 500 es muy pequeño (aproximadamente 62 usec), de modo que la mayor parte del retraso de propagación de intervalos de tiempo del Link 16 no tiene ninguna utilidad. La presente descripción aprovecha este hecho y hace uso de los retrasos de propagación vacíos 202 de otro modo para contener los mensajes ICAS 502 que se intercambian entre aeronaves cercanas a través del enlace de datos ICAS, mientras que permiten los 5,8 mseg anteriores. 204 del intervalo de tiempo 200 para usarse para la comunicación convencional del Link 16. En realizaciones, los mensajes de ICAS 500 son cada uno de 768 bits de longitud, y en algunas de estas realizaciones los mensajes incluyen cifrado a nivel de software.

Como tales, los datos de prevención de colisiones 502 de la presente descripción se sincronizan con los intervalos de tiempo 200 de la red del Link 16. En realizaciones, el salto de frecuencia y/o codificación de datos de los mensajes 502 de prevención de colisión son también idénticos o coordinados con el salto de frecuencia y/o el esquema de modulación de datos que se implementa en las cargas útiles de mensajes del Link 16 204. Sin embargo, debe observarse que las realizaciones incorporan patrones de salto de frecuencia y/o esquemas de modulación de datos que se desvían de, y pueden no estar relacionados en gran parte con el o los saltos de frecuencia y los esquemas de modulación de datos que se implementan en las cargas útiles de mensajes del Link 16 204.

En realizaciones, como se ilustra en la figura 5, al menos dos mensajes de 768-bits 502 se pueden intercambiar dentro de cada retraso de propagación de 2 mseg 202 de cada intervalos de tiempo del Link 16 200. Dado que los intervalos de tiempo del Link 16 200 son cada uno de aproximadamente 7,8 mseg de longitud, esto proporciona una tasa total de mensajes ICAS de aproximadamente 256 Hz, que satisface el requisito especificado de datos ICAS de mensajes de intercambio con hasta 10 nodos a una velocidad de 20 Hz por nodo, es decir, a una tasa de mensajes total de 200 Hz.

En realizaciones, y con referencia de nuevo a las Figuras 3 y 4, cada uno de los transceptores 300 de la aeronave participante 400 utiliza la información de SDU-ID y la información PPLI del Link 16 para determinar cuál de las aeronaves circundantes 402, 406, 410 está a menos de 10 Nm distante 408. En realizaciones, a medida que algunas aeronaves 400, 410 se acercan mientras que otras 400, 412 divergen entre sí, los nodos de la red del Link 16 colaboran para asignar dinámicamente oportunidades de transmisión a los nodos, para permitirles unirse y retirarse de los enlaces de datos para evitar colisiones, mejorando así la prevención de colisiones. En algunas de estas realizaciones, estas reasignaciones se implementan como una mejora de la funcionalidad de reasignación de intervalos de tiempo del Link 16.

En algunas de estas realizaciones, los mensajes PPLI se usan además para determinar las tasas de cercanía aproximada para las aeronaves cercanas 406, 410, y en algunas de estas realizaciones, la información de distancia y tasa de cercanía se usa para priorizar las aeronaves cercanas 406, 410, de modo que el módulo de enlace de datos ICAS 304 puede priorizar la comunicación ICAS con la aeronave 410 que representa los mayores riesgos de colisión. En el caso de que más de 10 aeronaves estén ubicadas dentro de 10 Nm entre sí, esta priorización puede usarse para asegurar que en un momento dado aquellas aeronaves 410 que presentan la mayor amenaza de colisión estén incluidas en el enlace de datos ICAS.

La información que se determina mediante el módulo de enlace de datos ICAS 304 con respecto a la aeronave cercana 410 que son “de interés” se pasa entonces al ordenador central de la aeronave 306, en realizaciones a través de una comunicación 1553 MUX 308 a 25 Hz.

La Figura 6 es un diagrama de flujo que resume una realización del procedimiento de la presente descripción. El procedimiento descrito requiere que todos los nodos participantes deben estar equipados 600 con transceptores del Link 16 y módulos de enlace de datos ICAS, en donde un protocolo del Link 16 modificado se implementa en los transceptores del Link 16 para permitirles llevar a cabo el procedimiento descrito. Se establece una red del Link 16 602 que incluye toda la aeronave participante, y basándose al menos en parte en mensajes PPLI del Link 16 intercambiados, cada una de las aeronaves determina las posiciones relativas de la otra aeronave 604. Cada una de las aeronaves establece entonces un enlace de datos ICAS que incluye hasta 10 de las aeronaves cercanas 606, e intercambia mensajes de datos dentro del enlace de datos ICAS al incorporar los mensajes de datos dentro de las porciones de propagación de los intervalos de propagación del Link 16 608, permitiendo así que los mensajes de datos sean transmitidos y recibidos por los

transceptores del Link 16 dentro de los intervalos de tiempo del Link 16 que también contienen cargas útiles de mensajes del Link 16 204. A continuación, la aeronave puede detectar colisiones potenciales basándose al menos en parte en los mensajes de datos intercambiados y, por lo tanto, evitar las colisiones 610.

5 En realizaciones, la presente descripción se implementa en un terminal de “sistema de radio táctico conjunto” Link 16 300, o “MIDS-JTRS CMN4”, que puede ser un JTRS de cuatro canales, o “JTRS-4” que transmite y recibe usando una antena “de hoja” 302. En algunas realizaciones, una potencia de transmisión inferior tal como el modo de transmisión JTRS de 1-watio se usa para transmitir mensajes de datos ICAS.

10 Las realizaciones implementan además un esquema de codificación de pulsos del Link 16 “que aprovecha aún más la proximidad de los nodos que participan en el enlace de datos ICAS. En algunas de estas realizaciones, el esquema de codificación LET incluye menos pulsos de preámbulo en cada mensaje del Link 16 en comparación con el número especificado por el estándar actual del Link 16. Las realizaciones omiten además la información STN de 15 bits de los intervalos de tiempo, pero continúan incluyendo información de ID de SDU en los intervalos de tiempo para garantizar
15 que la garantía de la información del Link 16 se mantiene para los mensajes de enlace de datos ICAS.

Y en algunas realizaciones se pueden transmitir mensajes ICAS adicionales en intervalos de tiempo dedicados, por ejemplo, hasta 7 mensajes ICAS por intervalo de tiempo, para superar la especificación de enlace de datos ICAS especificada y comunicarse con más de 10 nodos, y/o para comunicarse a una velocidad de datos de más de 20 Hz por nodo.

20 Si bien la presente descripción hace referencia específica al Link 16 y al estándar de auto ICAS para evitar colisiones, será evidente para los expertos en la técnica que el procedimiento descrito para evitar colisiones no se limita al Link 16, ni a auto ICAS, sino que generalmente es aplicable para evitar colisiones entre aeronaves que están vinculadas por una red de comunicación basada en intervalos de tiempo (TDMA) en donde los intervalos de
25 tiempo incluyen porciones de retraso de propagación.

La descripción anterior de las realizaciones de la presente descripción se ha presentado con fines de ilustración y descripción. Todas y cada una de las páginas de este envío, y todo su contenido, independientemente de cómo se caracterice, identifique o numere, se considera una parte sustancial de esta solicitud a todos los efectos,
30 independientemente de la forma o ubicación dentro de la solicitud.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para impedir colisiones entre una aeronave protegida y una aeronave circundante, comprendiendo el procedimiento:
 - proporcionar en la aeronave protegida y en cada una de las aeronaves circundantes un transceptor del Link 16 y un módulo de enlace de datos para impedir colisiones en comunicación de datos con el transceptor del Link 16;
 - usar los transceptores del Link 16 para establecer una red del Link 16 que permite que la aeronave protegida intercambie mensajes del Link 16 con todas las aeronaves circundantes, transmitiéndose los mensajes en intervalos de tiempo (*timeslots*) del Link 16;
 - determinación, por la aeronave protegida, de las posiciones de la aeronave circundante en relación con la aeronave protegida;
 - designar como aeronave cercana toda aeronave circundante que esté ubicada dentro de diez millas náuticas de la aeronave protegida;
 - establecer un enlace de datos para evitar colisiones entre la aeronave protegida y al menos una de las aeronaves cercanas;
 - intercambiar mensajes de enlace de datos sobre el enlace de datos para evitar colisiones, generándose y procesarse los mensajes de enlace de datos mediante módulos de enlace de datos para evitar colisiones, y siendo transmitidos y recibidos por los transceptores del Link 16; y
 - detectar e impedir potenciales amenazas de colisión al menos parcialmente basadas en mensajes de enlace de datos intercambiados;
 - en donde los transceptores del Link 16 transmiten y reciben los mensajes de enlace de datos transmitiendo los mensajes de enlace de datos durante las porciones de retraso de propagación de los intervalos de tiempo del Link 16 que de otro modo estarían reservados para retrasos de propagación de los mensajes del Link 16 transmitidos durante los intervalos de tiempo del Link 16, de manera que cada intervalo de tiempo del Link 16 que contiene un mensaje de enlace de datos integrado en la porción de retraso de propagación del mismo también puede contener un mensaje del Link 16.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en donde la aeronave protegida determina las posiciones de la aeronave circundante basándose al menos parcialmente en información de PPLI recibida de la aeronave circundante a través de la red del Link 16.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, en donde al menos dos mensajes de enlace de datos se pueden integrar dentro de la porción de retraso de propagación de los intervalos de tiempo del Link 16.
4. El procedimiento de la reivindicación 1, en donde los transceptores del Link 16 pueden intercambiar mensajes de enlace de datos integrados a una velocidad de al menos 200 Hz, permitiendo de este modo que la aeronave protegida intercambie mensajes de enlace de datos con diez aeronaves cercanas a través del enlace de datos para impedir colisiones a una velocidad de 20 Hz por aeronave cercana.
5. El procedimiento de la reivindicación 1, en donde los intervalos de tiempo del Link 16 en los que están integrados los mensajes de enlace de datos son transmitidos por los transceptores del Link 16 a un nivel de potencia de no más de 1 Vatio.
6. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además priorizar mediante el transceptor del Link 16 de la aeronave protegida de la aeronave cercana al menos parcialmente de acuerdo con las distancias relativas de la aeronave cercana desde la aeronave protegida.
7. El procedimiento de la reivindicación 6, en donde la priorización de la aeronave cercana está además de acuerdo con las velocidades estimadas a las que la aeronave cercana se acerca a la posición de la aeronave protegida.
8. El procedimiento de la reivindicación 6, en donde si hay más de diez aeronaves cercanas, el enlace de datos para impedir colisiones se establece entre la aeronave protegida y las diez aeronaves más cercanas que tienen las prioridades más altas.
9. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además la aeronave protegida y la aeronave circundante que colaboran a través de la red del Link 16 para asignar oportunidades de transmisión de mensajes de enlace de datos a la aeronave circundante, permitiendo de este modo que la aeronave circundante se una y se retire del enlace de datos para impedir colisiones según sus posiciones cambian con el tiempo.
10. El procedimiento de la reivindicación 1, en donde para los intervalos de tiempo del Link 16 que contienen tanto un mensaje del Link 16 como un mensaje de enlace de datos, el mensaje del Link 16 se codifica usando un protocolo Link 16 de rendimiento mejorado modificado que incluye menos pulsos de preámbulo que los que se incluyen en los mensajes del Link 16 transmitidos en intervalos de tiempo que no incluyen un mensaje de enlace de datos.

11. El procedimiento de la reivindicación 1, en donde los mensajes de enlace de datos incluyen cifrado a nivel de software.
- 5 12. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además transmitir mensajes de enlace de datos adicionales en intervalos de tiempo del Link 16 que no incluyen mensajes del Link 16, sino en cambio se llenan con mensajes de enlace de datos, aumentando así una tasa de intercambio de mensajes de enlace de datos sobre el enlace de datos para impedir colisiones.
- 10 13. El procedimiento de la reivindicación 12, en donde cada uno de los intervalos de tiempo del Link 16 que se llenan con mensajes de enlace de datos es capaz de contener al menos siete mensajes de enlace de datos.
14. Un sistema de prevención de colisiones que permite a una aeronave protegida impedir colisiones con una aeronave circundante, en donde cada una de las aeronaves circundantes transporta y opera un aparato compatible, comprendiendo el sistema:
15 un transceptor del Link 16; y
un módulo de enlace de datos para impedir colisiones en comunicación de datos con el transceptor del Link 16;
20 el transceptor del Link 16 puede intercambiar mensajes del Link 16 con la aeronave circundante, estableciendo de este modo una red del Link 16 con todas las aeronaves circundantes, estando contenidos los mensajes del Link 16 en intervalos de tiempo del Link 16;
el transceptor del Link 16 puede determinar las posiciones de la aeronave circundante en relación con la aeronave protegida basándose en los mensajes del Link 16 intercambiados, por lo que todas las
25 aeronaves circundantes que se encuentran dentro de las diez millas náuticas de la aeronave protegida se designan como aeronaves cercanas;
el transceptor del Link 16 y el enlace de datos de ICAS pueden establecer un enlace de datos para impedir colisiones que incluye la aeronave protegida y al menos una de las aeronaves cercanas, por lo que la aeronave protegida es capaz de intercambiar mensajes de enlace de datos con la al menos una aeronave
30 cercana sobre el enlace para impedir colisiones, siendo los mensajes de enlace de datos generados y procesados por el módulo de enlace de datos para impedir colisiones siendo y transmitidos y recibidos por el transceptor del Link 16; y
siendo capaz el módulo de enlace de datos para evitar colisiones de detectar y evitar posibles amenazas de colisión, al menos en parte basándose en los mensajes de enlace de datos intercambiados;
35 en donde el transceptor del Link 16 puede transmitir y recibir los mensajes de enlace de datos durante las porciones de retraso de propagación de los intervalos de tiempo del Link 16 que de otro modo estarían reservados para los retrasos de propagación de los mensajes del Link 16 contenidos dentro de los intervalos de tiempo del Link 16, de manera que cada intervalo de tiempo del Link 16 que contiene un
40 mensaje de enlace de datos integrado en la porción de retraso de propagación del mismo también puede contener un mensaje del Link 16.
15. El sistema de la reivindicación 14, en donde el transceptor del Link 16 se configura además para:
45 priorizar la aeronave cercana de acuerdo con sus distancias relativas desde la aeronave protegida y sus velocidades estimadas de aproximación con la aeronave protegida; y
si hay más de diez aeronaves cercanas, establecer el enlace de datos entre la aeronave protegida y aquellas diez aeronaves cercanas que tienen las prioridades más altas.
- 50 16. El sistema de la reivindicación 14, en donde el transceptor del Link 16 está configurado para codificar mensajes del Link 16 que se transmiten durante intervalos de tiempo que también incluyen un mensaje de enlace de datos usando un protocolo del Link 16 de rendimiento mejorado modificado que incluye menos pulsos de preámbulo que los que se incluyen en los mensajes del Link 16 convencionales, y no incluye información de Número de Pista de Origen ("STN" - Source Track Number).

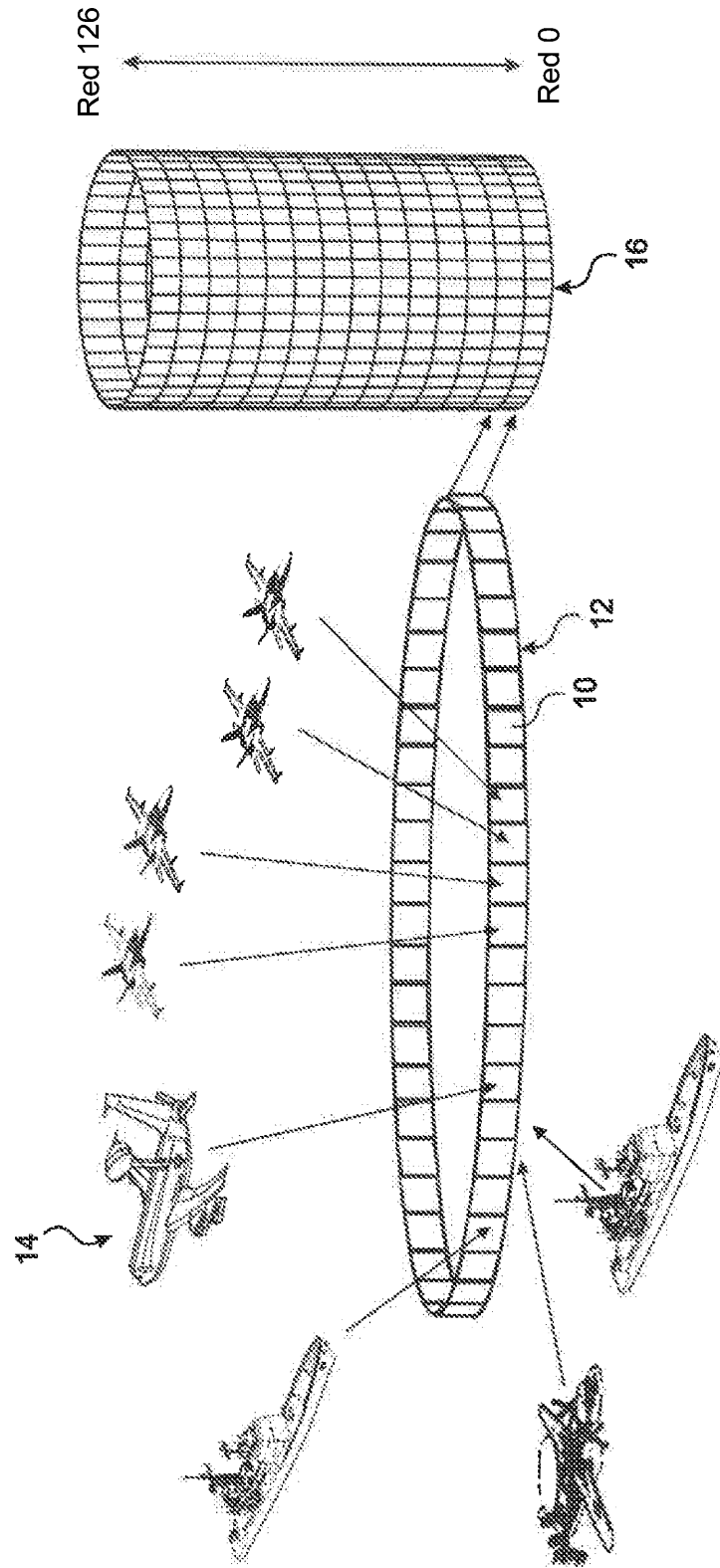


Figure 1

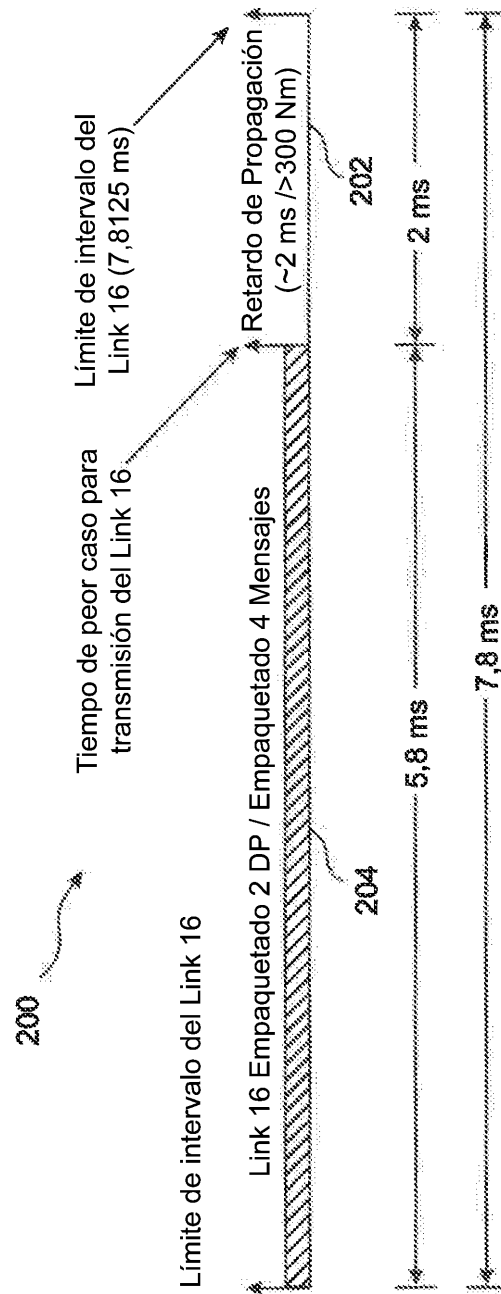


Figura 2

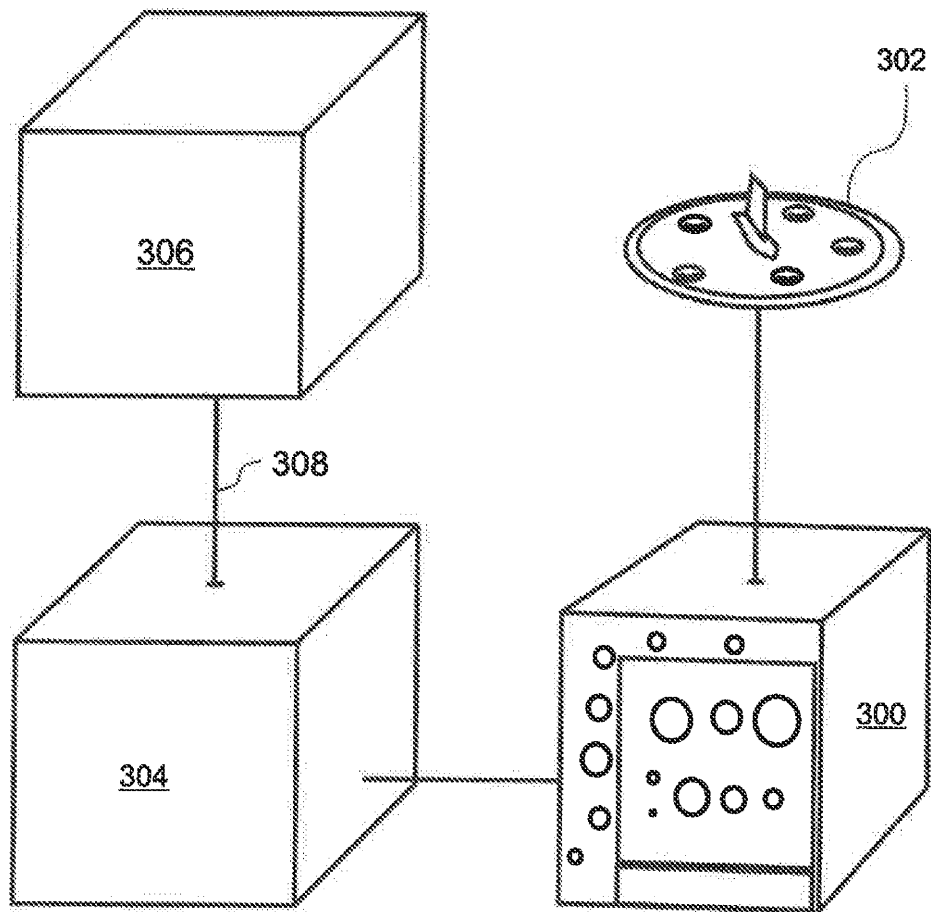


Figura 3

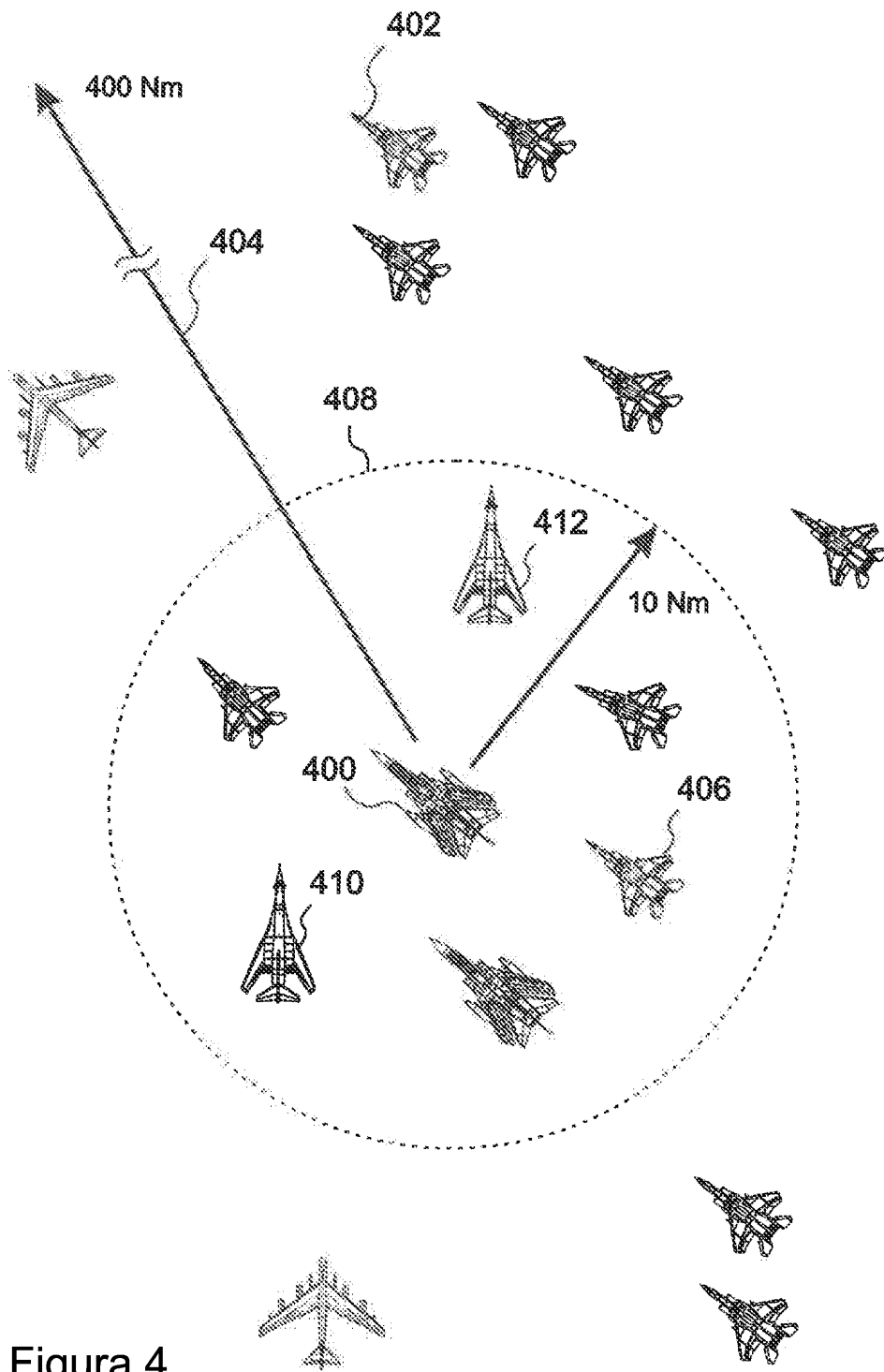


Figura 4

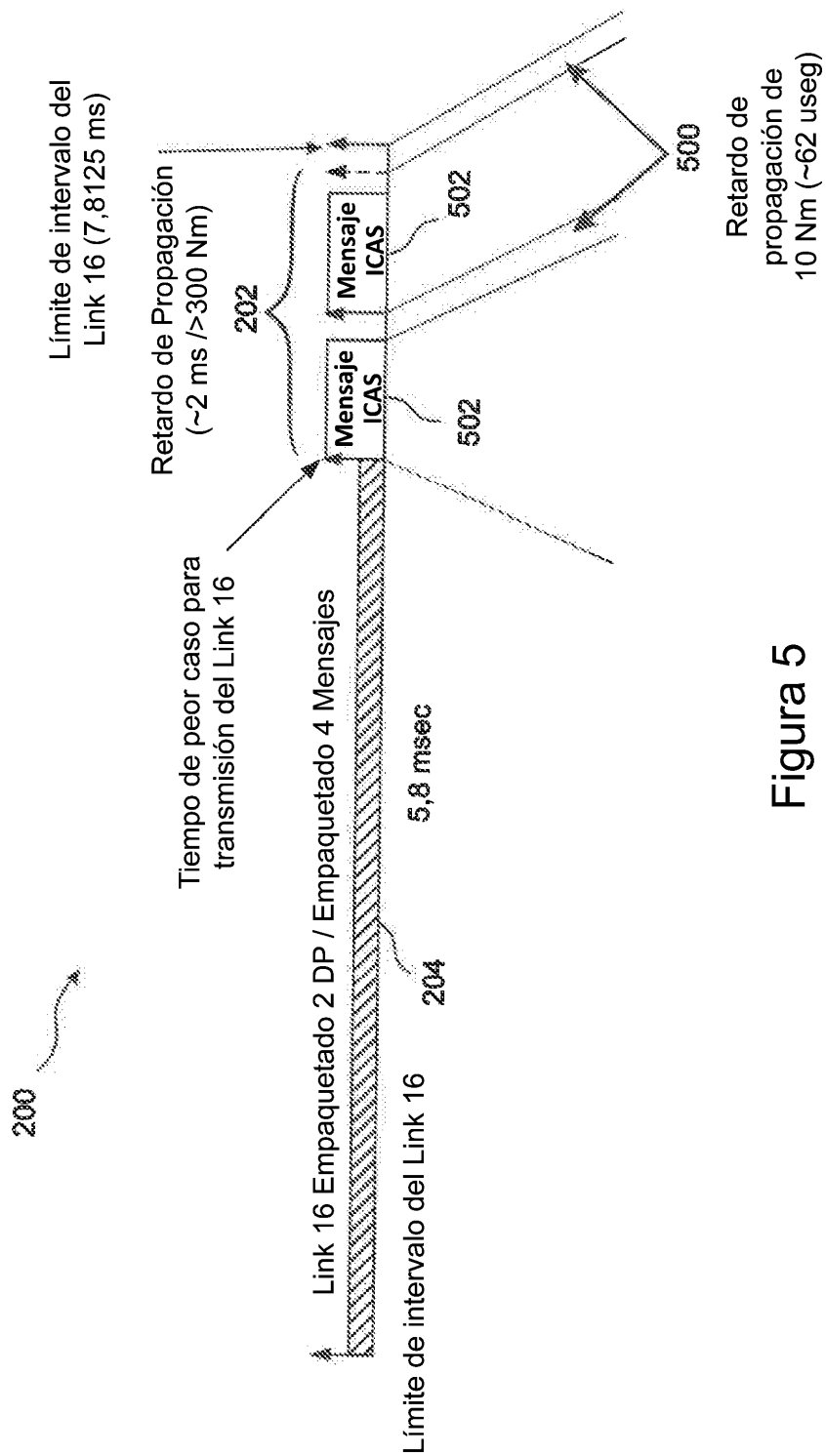


Figura 5

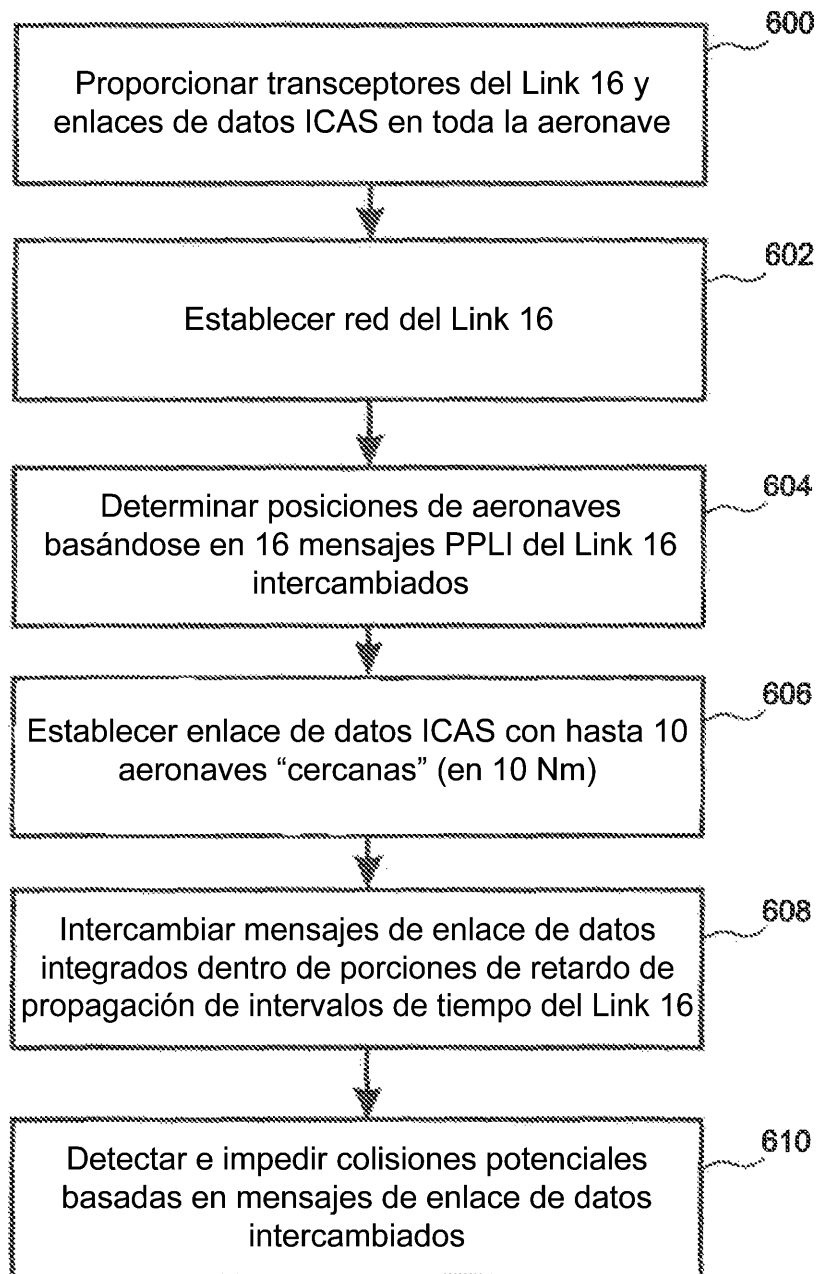


Figura 6