

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 733 874**

51 Int. Cl.:

H04B 7/185 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2009** **E 09251841 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2019** **EP 2151930**

54 Título: **Interfaz de carga útil secundaria**

30 Prioridad:

04.08.2008 US 185717

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

03.12.2019

73 Titular/es:

ORIBTAL SCIENCES CORPORATION (100.0%)
21839 Atlantic Boulevard
Dulles, VA 20166, US

72 Inventor/es:

ATKINSON, LEONARD A.;
HOWARD, JONATHAN;
HUEBNER, RONALD E.;
ANHALT, DAVID;
PAPPAGEORGE, NICHOLAS J. y
SINGER, RICHARD A.

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 733 874 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

Interfaz de carga útil secundaria

Antecedentes de la invención

5 Esta invención se refiere a una interfaz de carga útil secundaria que permite que una carga útil secundaria se comunique utilizando un canal de comunicaciones de carga útil primaria.

Los satélites de comunicaciones, tales como los satélites geoestacionarios (OSG) y los satélites no OSG, se diseñan típicamente para facilitar la transmisión por guías de onda de comunicaciones o el tráfico de datos digitales procesados desde un lugar de la Tierra a otro. Como tal, la carga útil primaria de un satélite de comunicaciones proporciona un ancho de banda de comunicaciones muy alto.

10 Aunque típicamente se construyen con ese único propósito en mente, estos satélites pueden proporcionar plataformas para cargas útiles secundarias. Por ejemplo, los satélites de comunicaciones pueden proporcionar funciones de alimentación, control térmico y sistema de control de posición (ACS, por sus siglas en inglés), así como otros servicios, a cargas útiles secundarias, tales como, por ejemplo, cargas útiles de observación de la tierra o de monitoreo del clima. Algunos ejemplos de referencias con discusiones sobre cargas útiles secundarias son los documentos WO
15 2008/079844, US 2007/264929 y US 6,233,433. En particular, el documento WO 2008/079844 discute un sistema para superponer un panel de equipo de superposición para alojar una carga útil secundaria en un satélite y asegurar la carga útil secundaria durante el lanzamiento. El documento US 2007/264929 discute una arquitectura de sistema de comunicación satelital que incluye un sistema de multiplexación, desmultiplexación y enrutamiento común basado en polarización y/o frecuencia que minimiza la interferencia intencional. El documento US 6,233,433 discute una prueba
20 de repetidor de comunicaciones por satélite que permite probar múltiples transpondedores desde una única estación terrestre de prueba. Se puede proporcionar un sistema auxiliar de comunicaciones de alta velocidad en el satélite de comunicaciones para acomodar la carga útil secundaria. Sin embargo, otros factores pueden dificultar la implementación de dicha solución. Por ejemplo, aunque la carga útil secundaria en sí puede no consumir recursos significativos, el satélite de comunicaciones puede no ser capaz de manejar el tamaño, el peso y/o la potencia del sistema de comunicaciones auxiliar además de la carga útil secundaria.

Compendio de la invención

La invención está definida por las reivindicaciones independientes 1 y 9, exponiéndose realizaciones preferidas en las reivindicaciones dependientes. De acuerdo con la invención tal como se expone en la reivindicación 1, se proporciona una interfaz de carga útil secundaria para comunicaciones de carga útil que usa un canal de comunicaciones de carga
30 útil primaria, permitiendo que la carga útil secundaria tome prestada una parte del canal de comunicaciones de carga útil primaria. La interfaz de carga útil secundaria incluye una pluralidad de acopladores de entrada/salida que conectan el canal de comunicaciones de carga útil primaria a una carga útil secundaria, estableciendo la pluralidad de acopladores de entrada/salida un canal de comunicaciones de carga útil secundaria que está aislado del resto del canal de comunicaciones primario mediante acoplamiento a una ruta de transpondedor del canal de comunicaciones de carga útil primaria. El acoplamiento a la ruta de transpondedor del canal de comunicaciones de carga útil primaria puede ser entre multiplexores (304, 312) de entrada y salida del canal de comunicaciones de carga útil primaria. La pluralidad de acopladores de entrada/salida puede incluir, pero no se limita a, acopladores direccionales o divisores de potencia de radiofrecuencia (RF), puertos de datos de banda base aislados, puertos de RF dedicados, buses compartidos multiplexados con interfaces de colector abierto, controladores de transistores de colector abierto, puertos de datos optoacoplados, conmutadores, filtros, elementos resistivos o cualquier otro tipo de interfaz de señal.

La invención puede permitir que las operaciones de la carga útil secundaria se mantengan separadas de las operaciones de la carga útil primaria. Por ejemplo, la interrupción de las operaciones de la carga útil primaria debe evitarse si la carga útil secundaria funciona mal o falla. Además, si la carga útil secundaria es un activo estratégico que transmite y recibe datos confidenciales, el operador de la carga útil secundaria puede querer controlar de forma
45 segura la carga útil secundaria y las transmisiones de datos seguras hacia y desde la carga útil secundaria.

Por lo tanto, para hacer que la disposición de compartición sea aceptable para los operadores tanto de la carga útil primaria como de la secundaria, la pluralidad de acopladores de entrada/salida establece un canal de comunicaciones de carga útil secundaria aislado dentro del canal de comunicaciones de carga útil primaria. Por ejemplo, los acopladores direccionales pueden acoplarse a una ruta de transpondedor del canal de comunicaciones de carga útil primaria para establecer el canal de comunicaciones de carga útil secundaria. Del mismo modo, un puerto dedicado en un enrutador en una carga útil primaria (por ejemplo, una carga útil de procesamiento) puede usarse para establecer un canal de comunicaciones de carga útil secundaria aislado dentro del canal de comunicaciones de carga útil primaria.

Los acopladores de entrada/salida (incluido cualquier componente de interfaz) permiten que la carga útil secundaria comparta la infraestructura de comunicaciones de la carga útil primaria sin la intervención del centro de operaciones del satélite de comunicaciones. Los acopladores de entrada/salida también pueden garantizar la fiabilidad y la continuidad de las operaciones de la carga útil primaria independientemente del estado de la carga útil secundaria. Por ejemplo, los acopladores de entrada/salida pueden permitir que la carga útil primaria utilice el resto del canal de comunicaciones de la carga útil primaria mientras la carga útil secundaria se comunica con una estación terrestre.

Además, si la carga útil secundaria no se está comunicando con una estación terrestre, los acopladores de entrada/salida pueden permitir que se restituya a la carga útil primaria todo el canal de comunicaciones de la carga útil primaria. Por lo tanto, incluso si la carga útil secundaria funciona mal y ya no puede comunicarse, la carga útil primaria puede continuar comunicándose sin interrupción, con pleno acceso al canal de comunicaciones de la carga útil primaria. Como otro ejemplo más, si la operación de la carga útil primaria requiere el ancho de banda completo del canal de comunicaciones de la carga útil primaria, puede ser posible reservar o recuperar (por ejemplo, utilizando o pasando a través de los acopladores de entrada/salida) el ancho de banda disponible para la carga útil secundaria o utilizado por ésta. El uso de esta característica dependerá del acuerdo entre los operadores de las cargas útiles primaria y secundaria. En la implementación preferida, los acopladores de entrada/salida proporcionan resistencia a fallos de los servicios de comunicaciones de la carga útil primaria en el caso de un fallo de la carga útil secundaria o la interfaz de la carga útil secundaria.

Además del aislamiento del canal de comunicaciones de carga útil secundaria, la interfaz de carga útil secundaria incluye módulos de cifrado y descifrado y circuitería adicional para procesar datos para flujos de datos tanto de enlace descendente como de enlace ascendente. Para transmitir datos, la circuitería puede recibir primero datos cifrados del módulo de cifrado. La circuitería puede entonces codificar y modular los datos cifrados antes de inyectar los datos en el flujo de datos del enlace descendente a través del acoplador de salida. Para recibir datos, la circuitería puede recibir datos del flujo de datos del enlace ascendente a través del acoplador de entrada y demodular y procesar los datos antes de enviarlos al módulo de descifrado. Después de que el módulo de descifrado haya descifrado los datos, la interfaz de carga útil secundaria puede pasar los datos a la carga útil secundaria.

En algunas realizaciones, la interfaz de carga útil secundaria puede diseñarse de modo que las interacciones de control y telemetría con los operadores de la carga útil primaria y/o el satélite principal (que pueden ser iguales o diferentes) estén limitadas. Por ejemplo, las interacciones de control pueden limitarse a las conexiones de alimentación. Como otro ejemplo, las interacciones de telemetría pueden limitarse a puntos de telemetría discretos que proporcionen información sobre el estado básico de la interfaz de carga útil secundaria. Como resultado, la carga útil secundaria aún puede ser controlada de forma segura por su operador sin la participación del centro de operaciones de la carga útil primaria y/o el satélite principal. Este enfoque proporciona la segregación de señales entre un estado cifrado y un estado no cifrado (por ejemplo, una interfaz "rojo/negro") como lo requieren algunos sistemas de cifrado.

Por lo tanto, de acuerdo con la presente invención, se proporciona una interfaz de carga útil secundaria para comunicaciones de carga útil secundaria utilizando un canal de comunicaciones de carga útil primaria. Esta interfaz puede incluir una pluralidad de acopladores de entrada/salida para conectar el canal de comunicaciones de carga útil primaria a una carga útil secundaria, y la circuitería para permitir que la carga útil secundaria se comunique con una estación terrestre utilizando el canal de comunicaciones de carga útil primaria.

También se proporcionan métodos para permitir las comunicaciones por parte de una carga útil secundaria.

Breve descripción de los dibujos

Otras características de la invención, su naturaleza y diversas ventajas serán evidentes al considerar la siguiente descripción detallada, tomada en conjunto con los dibujos adjuntos, en los cuales los caracteres de referencia similares se refieren a partes similares en todos ellos, y en los cuales:

la Figura 1 es una representación de un sistema de comunicaciones que incluye un satélite de comunicaciones y estaciones terrestres de acuerdo con una realización de la presente invención;

la Figura 2 es un diagrama de bloques general de una realización de una carga útil secundaria que utiliza el canal de comunicaciones de carga útil primaria y los servicios del satélite principal de acuerdo con una realización de la presente invención;

la Figura 3 es un diagrama de bloques de una realización del canal de comunicaciones de carga útil primaria de un satélite de comunicaciones, acoplado con una interfaz de carga útil secundaria de acuerdo con una realización de la presente invención;

la Figura 4 es un diagrama de bloques de una interfaz de carga útil secundaria ejemplar de acuerdo con una realización de la presente invención; y

la Figura 5 es una representación esquemática de un acoplador direccional de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción detallada

Típicamente, los satélites de comunicaciones convencionales están dedicados a proporcionar un único servicio. Las excepciones que llevan cargas útiles secundarias han proporcionado un sistema de comunicaciones auxiliar dedicado para cargas útiles secundarias. Sin embargo, en algunos casos, puede ser deseable agregar una carga útil secundaria a un satélite de comunicaciones, pero es posible que el satélite no pueda acomodar un sistema de comunicaciones

auxiliar debido a su tamaño, peso y/o restricciones de potencia, aunque pueda acomodar la carga útil secundaria en sí.

5 La presente invención proporciona una interfaz de carga útil secundaria para permitir comunicaciones de carga útil secundaria utilizando el canal de comunicaciones de carga útil primaria. Por ejemplo, la carga útil secundaria puede ser un sensor de observación de la Tierra que necesite comunicarse con una estación terrestre. La carga útil secundaria puede acoplarse a una ruta de transpondedor del canal de comunicaciones de carga útil primaria para establecer un canal de comunicaciones de carga útil secundaria dentro del canal de comunicaciones de carga útil primaria.

10 Gracias a que se permite el acoplamiento al canal de comunicaciones de carga útil primaria, se evita la necesidad de un canal de comunicaciones de carga útil secundaria dedicado. Una carga útil secundaria que no requiere su propio canal de comunicaciones dedicado puede ser más pequeña, más liviana y menos costosa, y consumirá menos energía. Además, si la carga útil secundaria es operada por una entidad diferente al operador del satélite de comunicaciones, el operador no solo puede cobrar una cantidad por alojar la carga útil secundaria, sino que también puede obtener ingresos adicionales al cobrar cantidades por el uso del canal de comunicaciones de la carga útil primaria por la carga útil secundaria.

15 La Figura 1 es una representación de un sistema de comunicaciones que incluye satélites de comunicaciones y estaciones terrestres de acuerdo con una realización de la presente invención. El sistema 100 de comunicaciones puede incluir satélites 102 y 112 de comunicaciones, estaciones terrestres 104 y 106 de enlace ascendente, y estaciones terrestres 108 y 110 de enlace descendente. El satélite 102 de comunicaciones puede alojar una carga útil primaria que difunda diversos datos recibidos desde la estación terrestre 104 de enlace ascendente o mediante enlace cruzado entre los satélites 112 y 102 de comunicaciones. Por ejemplo, la carga útil primaria puede proporcionar la radiodifusión por satélite de datos de audio recibidos desde la estación terrestre 104 de enlace ascendente a la estación terrestre 108 de enlace descendente (por ejemplo, un receptor móvil o de plataforma fija). Como otro ejemplo, la carga útil primaria puede proporcionar datos de televisión recibidos desde la estación terrestre 104 de enlace ascendente a la estación terrestre 108 de enlace descendente. La estación terrestre 104 de enlace ascendente y la estación terrestre 108 de enlace descendente pueden colocarse juntas o separarse dependiendo del requisito de la misión.

20 Además de la carga útil primaria, el satélite 102 de comunicaciones puede alojar una carga útil secundaria que maneje la transmisión de datos al mismo conjunto o a un conjunto diferente de estaciones terrestres (por ejemplo, estaciones terrestres 106 y 110). Por ejemplo, la estación terrestre 106 de enlace ascendente puede ser una estación de enlace ascendente que transmita datos (por ejemplo, datos seguros) a la carga útil secundaria en el satélite 102 de comunicaciones. Después de recibir los datos de la estación terrestre 106 de enlace ascendente, la carga útil secundaria puede transmitir los datos a la estación terrestre 110 de enlace descendente para la verificación en bucle de la señalización de control. Como en el caso de las estaciones terrestres de enlace ascendente y enlace descendente de la carga útil primaria, la estación terrestre 106 de enlace ascendente y la estación terrestre 110 de enlace descendente pueden colocarse juntas o separarse. En algunos casos, la carga útil secundaria puede compartir las estaciones terrestres de enlace ascendente y enlace descendente de la carga útil primaria, y luego filtrar y transmitir sus datos a otra ubicación para su posterior procesamiento.

25 Las Figuras 2 y 3 son diagramas de bloques de una realización del canal de comunicaciones de carga útil primaria del satélite 102 de comunicaciones, acoplado con una interfaz de carga útil secundaria de acuerdo con una realización de la presente invención. El canal 200 de comunicaciones de carga útil primaria puede incluir un sistema 202 de antena de carga útil primaria. En algunas realizaciones, el sistema 202 de antena de carga útil primaria puede incluir un reflector, que refleje y/o reúna las ondas electromagnéticas transmitidas en cualquier dirección entre el satélite de comunicaciones y las estaciones terrestres.

30 Las ondas electromagnéticas recibidas en el sistema 202 de antena de carga útil primaria pueden filtrarse mediante unos filtros 300 de entrada antes de enviarse al receptor 302 de banda ancha. El canal 200 de comunicaciones de carga útil primaria puede enviar entonces los datos al multiplexor 304 de entrada, lo que puede permitir que los datos se distribuyan a las cargas útiles en el satélite de comunicaciones a través de diversas rutas de transpondedor. Un transpondedor puede incluir uno y, en algunos casos, múltiples canales como resultado de la compresión y multiplexación de datos. Se puede usar cualquier banda de frecuencias en el sistema 200 de comunicaciones de carga útil primaria.

35 El canal 200 de comunicaciones de carga útil primaria puede transmitir datos alimentando los datos a un componente de conmutación de redundancia de amplificador de alta potencia del canal 200 de comunicaciones primario, que puede incluir redes 306 y 308 de conmutación y un amplificador 310. Por ejemplo, los datos pueden alimentarse a los amplificadores 310 a través de una red 210 de conmutación. Los amplificadores 310 pueden incluir cualesquiera amplificadores de alta potencia adecuados, tales como, por ejemplo, tubos de ondas progresivas o amplificadores de potencia de estado sólido. La salida de los amplificadores 310 se puede aplicar luego al multiplexor 312 de salida a través de la red 308 de conmutación para la transmisión al sistema 202 de antena de carga útil primaria. Para los canales de enlace descendente pueden proporcionarse canales de ancho de banda de 36 MHz, que están disponibles

en muchos satélites comerciales. Después de que se hayan recibido los datos en el sistema 202 de antena de carga útil primaria, el sistema de antena puede transmitir los datos a la estación terrestre.

La carga útil secundaria 218 se puede acoplar al canal 200 de comunicaciones de carga útil primaria a través de la interfaz 220 de carga útil secundaria (véase la Figura 2). La interfaz 220 de carga útil secundaria puede acoplarse a la ruta del transpondedor entre el multiplexor 304 de entrada y la red 306 de conmutación. La interfaz 220 de carga útil secundaria puede incluir cualquier número adecuado de puertos (por ejemplo, uno o más puertos). Acoplándose a la ruta del transpondedor, la interfaz 220 de carga útil secundaria puede establecer un canal de comunicaciones de carga útil secundaria dentro del canal de comunicaciones de carga útil primaria existente del satélite de comunicaciones. El canal de comunicaciones de carga útil secundaria puede permitir la transmisión de datos de gran ancho de banda de la carga útil secundaria 218 a una estación terrestre utilizando el canal de comunicaciones de carga útil primaria (por ejemplo, un canal de comunicaciones de banda C comercial).

Los componentes principales de la interfaz 220 de carga útil secundaria pueden incluir una circuitería 314, un módulo 316 de cifrado, un módulo 318 de descifrado, un módulo 320 de unidad de interfaz de carga útil/criptografía (CIU, por sus siglas en inglés), y unos acopladores 322 y 324 de entrada/salida. Opcionalmente, el módulo 316 de cifrado, el módulo 318 de descifrado y el módulo CIU 320 pueden integrarse en la interfaz 220 de carga útil secundaria en cualquier punto adecuado, dependiendo de los requisitos de seguridad de la carga útil secundaria. Por ejemplo, el módulo 316 de cifrado, el módulo 318 de descifrado y el módulo CIU 320 pueden incorporarse dentro de la circuitería 314. Como otro ejemplo, mostrado en la Figura 3, el módulo 316 de cifrado, el módulo 318 de descifrado y el módulo CIU 320 pueden integrarse en línea entre la circuitería 314 y la carga útil secundaria 218. Una vez que se haya establecido un canal de comunicaciones de carga útil secundaria, el módulo 316 de cifrado, el módulo 318 de descifrado y el módulo CIU 320 pueden permitir al operador de la carga útil secundaria 218 controlar la carga útil secundaria 218 y proteger los datos sin intervención ni participación del centro de operaciones del satélite de comunicaciones.

Refiriéndonos ahora a la Figura 4, se muestra un diagrama de bloques de una interfaz de carga útil secundaria ejemplar de acuerdo con una realización de la presente invención. La interfaz 220 de carga útil secundaria puede servir de interfaz para múltiples cargas útiles secundarias (por ejemplo, cargas útiles secundarias 218). Se entenderá que, aunque en la Figura 2 se muestran dos cargas útiles secundarias que se han de acoplar a la interfaz 220 de carga útil secundaria, se puede acoplar cualquier número de cargas útiles secundarias, desde una hasta un número máximo determinado por otras restricciones (por ejemplo, tales como espacio, peso de lanzamiento y potencia disponible).

En el flujo de transmisión del enlace descendente, las cargas útiles secundarias 218 pueden transmitir datos y señales de reloj a la interfaz 220 de carga útil secundaria. Estos datos y señales de reloj pueden ser bien señales asimétricas, bien señales diferenciales (por ejemplo, señales diferenciales de bajo voltaje (LVDS, por sus siglas en inglés)). En algunas realizaciones, la interfaz 220 de carga útil secundaria puede incluir un módulo de cifrado (por ejemplo, el módulo 316 de cifrado), que puede ser capaz de soportar diversas velocidades de transmisión de datos. Por ejemplo, los datos diferenciales se pueden cifrar llevando los datos a altas velocidades a través de un sistema LVDS de gran ancho de banda al módulo de encriptación 316 (por ejemplo, Tipo 1 COMSEC MEU-121 certificado por NSA). Además, los datos asimétricos se pueden cifrar llevando los datos a través de un sistema asimétrico al módulo 316 de cifrado. Dependiendo de los requisitos de seguridad de las cargas útiles secundarias, cada carga secundaria puede tener su propio módulo de cifrado o múltiples cargas útiles secundarias pueden compartir un solo módulo de cifrado. En algunas realizaciones, se puede usar un módulo CIU (por ejemplo, el módulo CIU 320 de la Figura 3) para una interconexión con cualquier equipo criptográfico requerido para la carga útil secundaria (por ejemplo, para proporcionar control y estado del "lado rojo").

Después de que los datos hayan sido cifrados por el módulo 316 de cifrado, la interfaz de carga útil secundaria puede enviar los datos a la circuitería 314 (por ejemplo, un módem de interfaz de carga útil secundaria). La circuitería 314 puede entonces realizar una disposición en tramas, una corrección de errores hacia adelante (FEC, por sus siglas en inglés) y una codificación de banda base, y finalmente modular los datos en la señal portadora utilizando un formato compatible con el canal de comunicaciones de carga útil primaria. Por ejemplo, el módulo 400 de disposición de datos en tramas puede codificar bits de datos para obtener paquetes de datos. En algunas realizaciones, el módulo 400 de disposición de datos en tramas puede agregar el conocimiento del protocolo de transmisión y la información de gestión asociada con el canal de comunicaciones de carga útil primaria.

Una vez que los datos se han dispuesto en tramas para obtener paquetes de datos, el codificador FEC 402 puede codificar los paquetes de datos utilizando la corrección de errores hacia adelante (FEC). Por lo tanto, los errores que se introducen durante la transmisión de datos pueden ser corregidos.

La FEC de los paquetes de datos ayuda a mejorar el rendimiento y reducir la potencia de transmisión requerida del satélite de comunicaciones. Como resultado, se reduce la demanda global al sistema de energía del satélite de comunicaciones. Como alternativa, se puede aumentar la velocidad de transmisión binaria mientras se mantienen el mismo nivel de potencia y el mismo margen de enlace. Se puede utilizar cualquier forma adecuada de FEC para mejorar el rendimiento del sistema y reducir el consumo de energía, tal como, por ejemplo, la codificación de bloques, la codificación convolucional, la codificación concatenada y los esquemas de codificación turbo.

Los paquetes de datos se envían luego al codificador 404 de banda base. El codificador 404 de banda de base puede realizar cualquier procesamiento o formateo final de los paquetes de datos antes de la modulación. Por ejemplo, el codificador 404 de banda de base puede convertir los paquetes de datos de no retorno a cero (NRZ, por sus siglas en inglés) a NRZ-Mark (NRZ-M) para la resolución de ambigüedad de la modulación por desplazamiento de fase binaria (BPSK, por sus siglas en inglés) y la modulación por desplazamiento de fase cuaternaria (QPSK, por sus siglas en inglés). Como otro ejemplo, el codificador 404 de banda base puede incluir un conmutador para la QPSK de desplazamiento.

Después de que se haya realizado la codificación de banda base apropiada en los paquetes de datos, la circuitería 314 puede enviar los paquetes de datos codificados al modulador 406. El modulador 406 puede modular los paquetes de datos codificados a una señal portadora utilizando cualquier medio adecuado de modulación de información (por ejemplo, analógico o digital) tal como, por ejemplo, modulación de amplitud (AM, por sus siglas en inglés), modulación de frecuencia (FM, por sus siglas en inglés), modulación por desplazamiento de frecuencia (MDF), modulación de fase (MF), modulación por desplazamiento de fase (PSK, por sus siglas en inglés), QPSK, modulación de amplitud en cuadratura (QAM, por sus siglas en inglés), banda ultraancha (UWB, por sus siglas en inglés) o acceso múltiple por división de código (CDMA, por sus siglas en inglés).

QAM es un esquema de modulación que transmite datos modulando la amplitud y la fase de los componentes en fase (I) y cuadratura (Q) de una señal portadora. La QAM de 16 símbolos incluye 16 puntos de constelación representados en el plano I-Q, donde cada punto de constelación contiene 4 bits de información, lo que resulta en una densidad espectral de velocidad de transmisión binaria de 4 bps/Hz. Debido a que cada símbolo se representa como un número complejo, el modulador 406 puede transmitir los datos codificados modulando la amplitud y la fase de dos ondas sinusoidales portadoras (que están desfasadas 90 °) con las partes real (I) e imaginaria (Q) de cada símbolo. El modulador 406 puede enviar entonces el símbolo con las dos portadoras en la misma frecuencia. Este enfoque es deseable porque los datos se transmiten fácilmente como dos señales de modulación de impulsos en amplitud (PAM, por sus siglas en inglés) en portadoras en cuadratura y, por lo tanto, pueden demodularse fácilmente.

Usando los canales de ancho de banda de 36 MHz (ver Figura 3) provistos por el canal de comunicaciones de carga útil primaria, se pueden lograr velocidades de transmisión de datos de enlace descendente de hasta 144 Mbps (límite de Nyquist) con 16-QAM. Además, los canales de ancho de banda de 36 MHz pueden admitir velocidades de transmisión de datos de enlace descendente de hasta 72 Mbps con modulación QPSK. Del mismo modo, los canales de ancho de banda de 36 MHz pueden admitir velocidades de transmisión de datos de enlace descendente de hasta 108 Mbps con modulación 8PSK.

Un oscilador 408 de cristal con compensación de temperatura (TCXO, por sus siglas en inglés) puede proporcionar a la interfaz 220 de carga útil secundaria un estándar de frecuencia preciso que admite una señal de reloj altamente estable para un circuito integrado digital. Por lo tanto, el TCXO 408 puede servir de generador de reloj digital. Se entenderá que el TCXO 408 puede proporcionar cualquier frecuencia de referencia requerida por el satélite de comunicaciones para la estabilidad y el ruido de fase. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 4, el TCXO 408 se puede configurar a 10 MHz.

En algunas realizaciones, el TCXO 408 puede ayudar a estabilizar las frecuencias para la QAM de 16 símbolos del modulador 406. Por ejemplo, la frecuencia de referencia proporcionada por el TCXO 408 puede enviarse al bucle 410 de enganche de fase (PLL, por sus siglas en inglés), que puede generar frecuencias locales de oscilador que son mucho más altas que la frecuencia de referencia. En el ejemplo mostrado en la Figura 4, el PLL 410 puede generar frecuencias locales de oscilador de 3,78 GHz estables a partir de la referencia de frecuencia proporcionada por el TCXO 408 de 10 MHz. Las frecuencias locales de oscilador de 3,78 GHz pueden luego enviarse al amplificador separador 412 antes de ser transmitidas al modulador 406 para la estabilización de frecuencia. El PLL 410 puede derivar las frecuencias locales de oscilador utilizando cualquier enfoque adecuado, tal como, por ejemplo, mediante multiplicación de frecuencia, directamente mediante osciladores, mediante un oscilador controlado numéricamente, o por otro medio especificado por el canal de comunicaciones de carga útil primaria.

La interfaz 220 de carga útil secundaria puede incluir cualquier número adecuado de acopladores de entrada/salida para conectar el canal de comunicaciones de carga útil primaria a la carga útil secundaria 218. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 4, los acopladores 322 y 324 de entrada/salida pueden ser acopladores direccionales que realicen un acoplamiento de entrada y de salida con la ruta del transpondedor del canal de comunicaciones de carga útil primaria para establecer un canal de comunicaciones de carga útil secundaria dentro del canal de comunicaciones. Al acoplarse al canal de comunicaciones de carga útil primaria y utilizar la infraestructura de comunicaciones existente, se evita la necesidad de un canal de comunicaciones de carga útil secundaria dedicado.

En algunas realizaciones, el canal de comunicaciones de carga útil secundaria puede estar aislado del resto del canal de comunicaciones de carga útil primaria. Como resultado, el canal de comunicaciones de carga útil secundaria aislado puede permitir que un operador controle de manera segura la carga útil secundaria 218 a través del canal de comunicaciones de carga útil secundaria. En el ejemplo mostrado en la Figura 3, la interfaz 220 de carga útil secundaria utiliza acopladores 322 y 324 de entrada/salida débiles (por ejemplo, -20dB) para lograr la integración y el aislamiento del canal de comunicaciones de carga útil secundaria. Los expertos en la materia apreciarán que se pueden usar implementaciones altamente fiables de acopladores de entrada/salida, tales como, por ejemplo, conmutadores

altamente fiables (por ejemplo, conmutadores de estado sólido, conmutadores electromecánicos u otros conmutadores RF o FI), circuladores para acoplamiento de radiofrecuencia/frecuencia intermedia (RF/FI), o dispositivos de tres estados altamente fiables o colector abierto o puertos dedicados para acoplamiento de señales de banda base.

5 Los acopladores 322 y 324 de entrada/salida incluyen conductores metálicos y dieléctricos y preferiblemente son intrínsecamente inmunes a la degradación inducida por radiación (por ejemplo, se consideran "resistentes a las radiaciones"). Por lo tanto, se puede esperar que los acopladores 322 y 324 de entrada/salida funcionen de manera fiable en los entornos de radiación severa de los satélites geosíncronos. Por el contrario, los conmutadores electrónicos (por ejemplo, matrices de conmutadores mecánicos y diodos pin) pueden ser vulnerables a los efectos inducidos por la radiación, tales como los efectos de un solo evento, los cierres de un solo evento y los efectos de la dosis ionizante total y/o el fallo mecánico debido a contaminación o rotura. Dicha degradación puede comprometer o degradar catastróficamente el rendimiento de estos conmutadores electrónicos y, como resultado, puede comprometer la viabilidad del canal de comunicaciones de carga útil primaria y las misiones de carga útil tanto para la carga útil primaria como para la secundaria. Además, los conmutadores electrónicos tampoco son fiables porque los conmutadores pueden no abrirse o no cerrarse. En algunos casos, los conmutadores electrónicos pueden incluso funcionar en estados indeterminados (ambos cerrados o ambos abiertos). Sin embargo, los acopladores 322 y 324 de entrada/salida no incluyen partes móviles ni conmutadores mecánicos, y por lo tanto funcionan de manera más fiable.

La Figura 5 muestra cómo un acoplador puede configurar adecuadamente dos líneas de transmisión adyacentes para lograr el aislamiento. Las características del acoplador 500 pueden estar determinadas por su configuración geométrica y/o estructural. El acoplador 500 separa las señales basándose en la dirección de propagación de la señal. Por ejemplo, parte de la señal que fluye hacia el puerto 502 de entrada aparece en el puerto acoplado 504. De manera similar, parte de la señal que fluye hacia el puerto acoplado 504 está completamente acoplada al puerto 502 de entrada. Sin embargo, el puerto acoplado 504 y el puerto 506 de salida están aislados de manera tal que cualquier señal que fluya hacia el puerto 506 de salida no aparecerá en el puerto acoplado 504, pero estará completamente acoplada al puerto 502 de entrada. En la configuración que se muestra en la Figura 5, el puerto aislado 508 se termina con una carga adaptada.

Con referencia de nuevo a la Figura 4, ahora se analizará la funcionalidad de los acopladores para aislar el canal de comunicaciones de carga útil secundaria. En el lado del enlace descendente, una parte de la potencia para los paquetes de datos que se están transmitiendo al acoplador 322 de salida (por ejemplo, el puerto acoplado 504 de la Figura 5) aparecerá en el canal de salida (por ejemplo, el puerto 502 de entrada de la Figura 5). En particular, dado que en este ejemplo el acoplador 322 de salida tiene una pérdida de acoplamiento de -20 dB, el 1% de la potencia de entrada aparecerá en el canal de salida. Los datos alimentados al acoplador 322 de salida (por ejemplo, el puerto 506 de salida de la Figura 5), sin embargo, estarán aislados de la circuitería 314. De manera similar, en el lado del enlace ascendente, una parte de la potencia para los datos recibidos del canal de entrada del acoplador 324 de entrada (por ejemplo, el puerto 502 de entrada) aparecerá en la circuitería 314 (por ejemplo, el puerto acoplado 504). Sin embargo, el puerto acoplado del acoplador 324 de entrada estará aislado del puerto de salida. La combinación de los acopladores 322 y 324 de entrada/salida crea un canal de comunicaciones de carga útil secundaria aislado. Además, la salida está aislada de la entrada, lo que reduce la autointerferencia al enlace ascendente desde el enlace descendente. La capacidad de aislar el control y la salida de las cargas útiles secundarias 218 de los operadores de la carga útil primaria puede ser importante, especialmente si las cargas útiles secundarias son activos estratégicos.

Además, dado que esta implementación de acoplamiento no tiene una repercusión neta en cuanto a la fiabilidad en los servicios de comunicaciones de la carga útil primaria, esta implementación representa un enfoque sólido para garantizar la fiabilidad y la continuidad de la misión de la carga útil primaria. Por ejemplo, el acoplamiento débil permite que la carga útil primaria utilice el resto del canal de comunicaciones de carga útil primaria (por ejemplo, cualquier ancho de banda no utilizado por la carga útil secundaria 218) mientras la carga útil secundaria 218 se comunica con la estación terrestre. Por lo tanto, si la carga útil secundaria solo utiliza una fracción del canal de comunicaciones de carga útil primaria con su enlace ascendente y su enlace descendente, el usuario final del servicio primario puede utilizar el resto del canal. Como otro ejemplo, el acoplamiento débil de los acopladores 322 y 324 de entrada/salida puede permitir que la carga útil primaria use todo el canal de comunicaciones de carga útil primaria cuando la carga útil secundaria 218 no se esté comunicando con la estación terrestre (por ejemplo, la falta de comunicación puede deberse bien a una terminación planificada, bien a un mal funcionamiento o un fallo imprevisto). Por lo tanto, cuando la interfaz de carga útil secundaria 220 se apaga, puede reanudarse el tráfico normal en la ruta del transpondedor del canal de comunicaciones de carga útil primaria y puede devolverse la capacidad total a la carga útil primaria. Como otro ejemplo más, en respuesta a la determinación de que la carga útil primaria requiere un ancho de banda adicional que está siendo utilizado actualmente por las cargas útiles secundarias 218 o está disponible para las mismas, la interfaz 220 de carga útil secundaria (por ejemplo, utilizando los acopladores 322 y 324 de entrada/salida) puede deshabilitar las comunicaciones de las cargas útiles secundarias para reservar o recuperar el ancho de banda completo del canal de comunicaciones primario. El uso de esta característica dependerá de los acuerdos entre los operadores de las cargas útiles primaria y secundaria, pero la característica puede ser técnicamente compatible.

Con referencia ahora al flujo de enlace ascendente, después de que se hayan recibido datos del canal de comunicaciones de carga útil secundaria a través del acoplador 324 de entrada, la circuitería 314 puede desmodular, procesar y decodificar la señal acoplada. Debido a que en este ejemplo el acoplador 324 de entrada tiene una pérdida de acoplamiento de -20 dB, una porción muy pequeña de la potencia de entrada (1%) aparecerá en la circuitería 314.

Por lo tanto, se puede usar un amplificador 414 con bajo nivel de ruidos (LNA, por sus siglas en inglés) en la circuitería 314 para amplificar la potencia de los datos recibidos. El LNA 414 es un componente activo que es capaz de aumentar la potencia mientras agrega el menor ruido y la menor distorsión posibles. Además, el LNA 414 no perjudicará la ruta del transpondedor del canal de comunicaciones de carga útil primaria.

5 La señal amplificada se alimentará entonces al demodulador vectorial 416. Para la demodulación I/Q generalizada, el demodulador vectorial 416 puede multiplicar la señal con componentes de señal ortogonal (por ejemplo, seno y coseno) para producir dos señales de banda base (por ejemplo, I (t) y Q (t)). Debido a que en el proceso de traducción de frecuencia pueden introducirse variaciones de frecuencia debidas a la temperatura o al envejecimiento, es deseable un oscilador estable. Esta referencia puede ser proporcionada por las frecuencias locales de oscilador de 3,78 GHz
10 estables recibidas del PLL 410 y amplificadas por el amplificador separador 418.

La circuitería 314 puede entonces enviar tanto I (t) como Q (t) al filtro 420 de paso de banda (BPF, por sus siglas en inglés) y al BPF 422. Los BPF 420 y 422 pueden entonces procesar I (t) y Q (t) de manera tal que se eliminen los términos de frecuencia fuera un cierto intervalo de frecuencias y se extraigan los componentes que están en fase (o en cuadratura). Después de que I (t) y Q (t) se hayan filtrado, I (t) puede pasarse a través del convertidor analógico-digital (A/D) 424, y Q (t) puede pasarse a través del convertidor A/D 426. Finalmente, I (t) y Q (t) pueden fusionarse y demodularse mediante el demodulador 428. El demodulador 428 puede usar cualquier esquema de demodulación adecuado complementario al esquema de modulación usado por el modulador 406, tal como, por ejemplo, QPSK, QAM, PSK, etc. La circuitería 314 puede entonces enviar los datos demodulados al decodificador 430 de banda base, que puede realizar la operación opuesta del codificador 404 de banda base.

20 El módulo 318 de descifrado (por ejemplo, un descifrador MCU-110) puede recibir los datos decodificados y realizar el descifrado para que los datos puedan enrutarse a la carga útil secundaria 218. Si las velocidades de transmisión de datos del enlace ascendente son aproximadamente de 1 Mbps, un bus RS-422 (mostrado en la Figura 3) puede proporcionar la interfaz entre el módulo 318 de descifrado y la carga útil secundaria 218. De manera similar al módulo 316 de cifrado, los expertos en la materia apreciarán que, dependiendo de los requisitos de seguridad de las cargas
25 útiles secundarias, cada carga útil secundaria puede tener su propio módulo de descifrado, o múltiples cargas útiles secundarias pueden compartir un único módulo de descifrado.

En algunas realizaciones, la interfaz 220 de carga útil secundaria puede diseñarse de manera tal que las interacciones de control y telemetría con los operadores del satélite de comunicaciones sean limitadas (por ejemplo, los servicios 230 de satélite principal de la Figura 2). Por ejemplo, las interacciones de control con el satélite de comunicaciones pueden limitarse a las conexiones que proporcionan energía a la interfaz 220 de carga útil secundaria. Como se muestra en la Figura 4, la conexión Vsuministro permite suministrar energía a la fuente 432 de alimentación. Además, Vretorno puede proporcionar una señal de control de potencia para el satélite de comunicaciones. Como otro ejemplo, las interacciones de telemetría con el satélite de comunicaciones pueden limitarse a puntos de telemetría discretos que proporcionen información sobre el estado básico de la interfaz 220 de carga útil secundaria. Los puntos de telemetría adecuados pueden incluir, pero no se limitan a, por ejemplo, el bloqueo de portadora (por ejemplo, bloqueo de portadora U/L), bloqueo de bit (por ejemplo, bloqueo de bit U/L), bloqueo de descifrado (por ejemplo, bloqueo de descifrado U/L), temperatura, latido y bloqueo de trama. El módulo 434 de estado del optoacoplador puede proporcionar estos puntos de telemetría al satélite de comunicaciones.

40 Los requisitos de ancho de banda para el control continuo y las interacciones de telemetría entre la interfaz 220 de carga útil secundaria y el satélite de comunicaciones pueden variar según la velocidad de transmisión de datos requerida. Por ejemplo, para una velocidad de transmisión de datos de 2,0 Mbps, el requisito de ancho de banda depende de la densidad espectral de velocidad de transmisión binaria del esquema de modulación implementado. Por lo tanto, una parte del ancho de banda del canal proporcionado por el canal de comunicaciones de carga útil primaria puede usarse para soportar los canales de enlace ascendente. Como resultado de este diseño, aunque algunas de
45 las operaciones de cargas útiles secundarias 218 (por ejemplo, interacciones de control y telemetría) estén conectadas a los servicios de comunicaciones del satélite de comunicaciones, la carga útil secundaria aún puede ser controlada de forma segura por el operador de la carga útil secundaria sin intervención del centro de operaciones del satélite de comunicaciones. Los expertos en la materia apreciarán que la interfaz 220 de carga útil secundaria puede ampliarse a cualquier interfaz de sistemas de carga útil-a-comunicaciones donde la carga útil secundaria pueda utilizar una
50 fracción o la totalidad de un canal de comunicaciones compartido por otros servicios.

Se entenderá que lo anterior es solo ilustrativo de los principios de la invención y que la invención se puede poner en práctica mediante formas de realización distintas de las descritas, que se presentan con fines de ilustración y no de limitación, y la presente invención está limitada solamente por las reivindicaciones que siguen.

REIVINDICACIONES

1. Una interfaz (220) de carga útil secundaria para comunicaciones de carga útil secundaria que utiliza un canal de comunicaciones de carga útil primaria, comprendiendo la interfaz (220) de carga útil secundaria:
 - 5 un primer acoplador (324) y un segundo acoplador (322) dispuestos para acoplar un canal de comunicaciones de carga útil secundaria desde una carga útil secundaria (218) a una ruta de transpondedor del canal de comunicaciones de carga útil primaria;
 - un módulo (318) de descifrado dispuesto para descifrar una señal de entrada a la carga útil secundaria (218); y
 - un módulo (316) de cifrado dispuesto para cifrar una señal de salida de la carga útil secundaria (218),
 - 10 en donde el primer acoplador (324) está dispuesto para recibir el canal de comunicaciones de carga útil primaria como una entrada y está acoplado al segundo acoplador (322) para proporcionar una ruta de transmisión del canal de comunicaciones primario desde el primer acoplador (324) al segundo acoplador (322)
 - en donde el primer acoplador (324) está dispuesto para separar una parte del canal de comunicaciones de carga útil primaria recibido en el primer acoplador como una señal de entrada al módulo (318) de descifrado,
 - 15 en donde el segundo acoplador (322) está dispuesto para recibir una señal de salida desde el módulo (316) de cifrado y combinarla con el canal de comunicaciones de carga útil primaria recibido desde el primer acoplador (324) como una salida en el segundo acoplador (322).
2. La interfaz de carga útil secundaria según la reivindicación 1, en donde el primer acoplador (324) y el segundo acoplador (322) están configurados para permitir que todo el canal de comunicaciones de carga útil primaria se restituya a la carga útil primaria cuando la carga útil secundaria no se esté comunicando con la estación terrestre.
- 20 3. La interfaz (220) de carga útil secundaria según la reivindicación 1, en donde la carga útil secundaria (218) está alojada en un satélite de comunicaciones.
4. La interfaz (220) de carga útil secundaria según la reivindicación 1, que comprende además una circuitería (314) entre los módulos (316, 318) de cifrado y descifrado y los acopladores primero y segundo (322, 324), comprendiendo la circuitería (314) un módulo de disposición de datos en tramas para disponer en tramas bits de datos cifrados recibidos desde el módulo (316) de cifrado para obtener paquetes de datos.
- 25 5. La interfaz (220) de carga útil secundaria según la reivindicación 4, en donde la circuitería (314) comprende un modulador para modular los paquetes de datos a un formato adecuado para el canal de comunicaciones de carga útil primaria.
6. La interfaz (220) de carga útil secundaria según la reivindicación 5, en donde el formato comprende señales de modulación de amplitud en cuadratura.
- 30 7. La interfaz (220) de carga útil secundaria según la reivindicación 1, en donde el primer y el segundo acopladores (322, 324) permiten que la carga útil primaria use el resto del canal de comunicaciones de carga útil primaria mientras la carga útil secundaria (218) se está comunicando con la estación terrestre.
8. La interfaz (220) de carga útil secundaria según la reivindicación 1, en donde los acopladores primero y segundo (322, 324) permiten además que todo el canal de comunicaciones de carga útil primaria se restituya a la carga útil primaria deshabilitando las comunicaciones de la carga útil secundaria (218).
- 35 9. Un método para comunicaciones de carga útil con una carga útil secundaria (218) que usa un canal de comunicaciones de carga útil primaria y una interfaz (220) de carga útil secundaria, comprendiendo la interfaz de carga útil secundaria un primer acoplador (324), un segundo acoplador (322), un módulo (318) de descifrado dispuesto para descifrar una señal de entrada a la carga útil secundaria, y un módulo (316) de cifrado dispuesto para cifrar una señal de salida de la carga útil secundaria (218), comprendiendo el método:
 - 40 acoplamiento a una ruta de transpondedor del canal de comunicaciones de carga útil primaria para establecer un canal de comunicaciones de carga útil secundaria utilizando el primer acoplador (324) y el segundo acoplador (322), en donde el primer acoplador (324) recibe el canal de comunicaciones de carga útil primaria como entrada y está acoplado al segundo acoplador (322) para proporcionar una ruta de transmisión del canal de comunicaciones primario desde el primer acoplador (324) al segundo acoplador (322), en donde el primer acoplador (324) separa una parte del canal de comunicaciones de carga útil primaria recibido en el primer acoplador (324) como una señal de entrada al módulo (318) de descifrado, en donde el segundo acoplador (322) recibe una señal de salida de un módulo (316) de cifrado y la combina con el canal de comunicaciones de carga útil primaria recibido desde el primer acoplador (324) como salida
 - 50 en el segundo acoplador (322); y
 - permisión de una comunicación de la carga útil secundaria (218) con una estación terrestre utilizando el canal de comunicaciones de carga útil secundaria.

10. El método según la reivindicación 9, en donde la carga útil secundaria (218) está alojada en un satélite de comunicaciones.
11. El método según la reivindicación 9, en donde la permisión comprende:
recibir datos de la carga útil secundaria (218);
- 5 modular los datos a un formato adecuado para el canal de comunicaciones de carga útil primaria; y
transmitir los datos modulados a la estación terrestre.
12. El método según la reivindicación 9, en donde la permisión comprende:
recibir datos de la estación terrestre;
demodular los datos; y
- 10 transmitir los datos demodulados a la carga útil secundaria.
13. El método según la reivindicación 9, que comprende además:
deshabilitar las comunicaciones de la carga útil secundaria (218) para recuperar todo el canal de comunicaciones de carga útil primaria para una carga útil primaria.
- 15 14. El método según la reivindicación 9, que comprende además controlar de forma segura la carga útil secundaria (218) a través de la interfaz de comunicaciones de carga útil secundaria.
15. El método según la reivindicación 14, que comprende además:
limitar las interacciones de control con el satélite de comunicaciones a las conexiones que proporcionan energía a la interfaz de carga útil secundaria.
16. El método según la reivindicación 14, que comprende además:
- 20 limitar las interacciones de telemetría con el satélite de comunicaciones a puntos de telemetría discretos que comprenden al menos uno de los siguientes: bloqueo de portadora, temperatura, latido y bloqueo de trama.

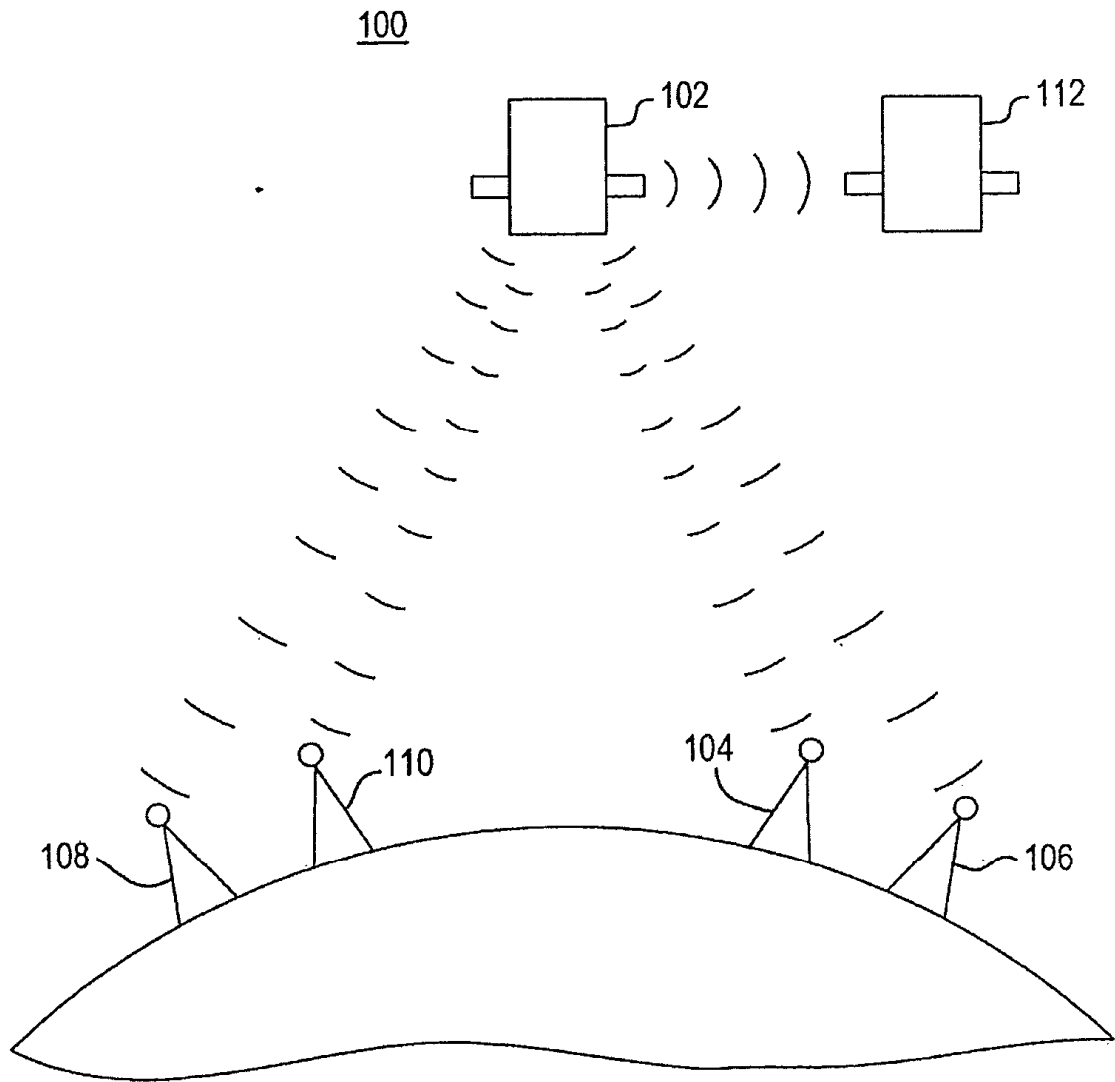


FIG. 1

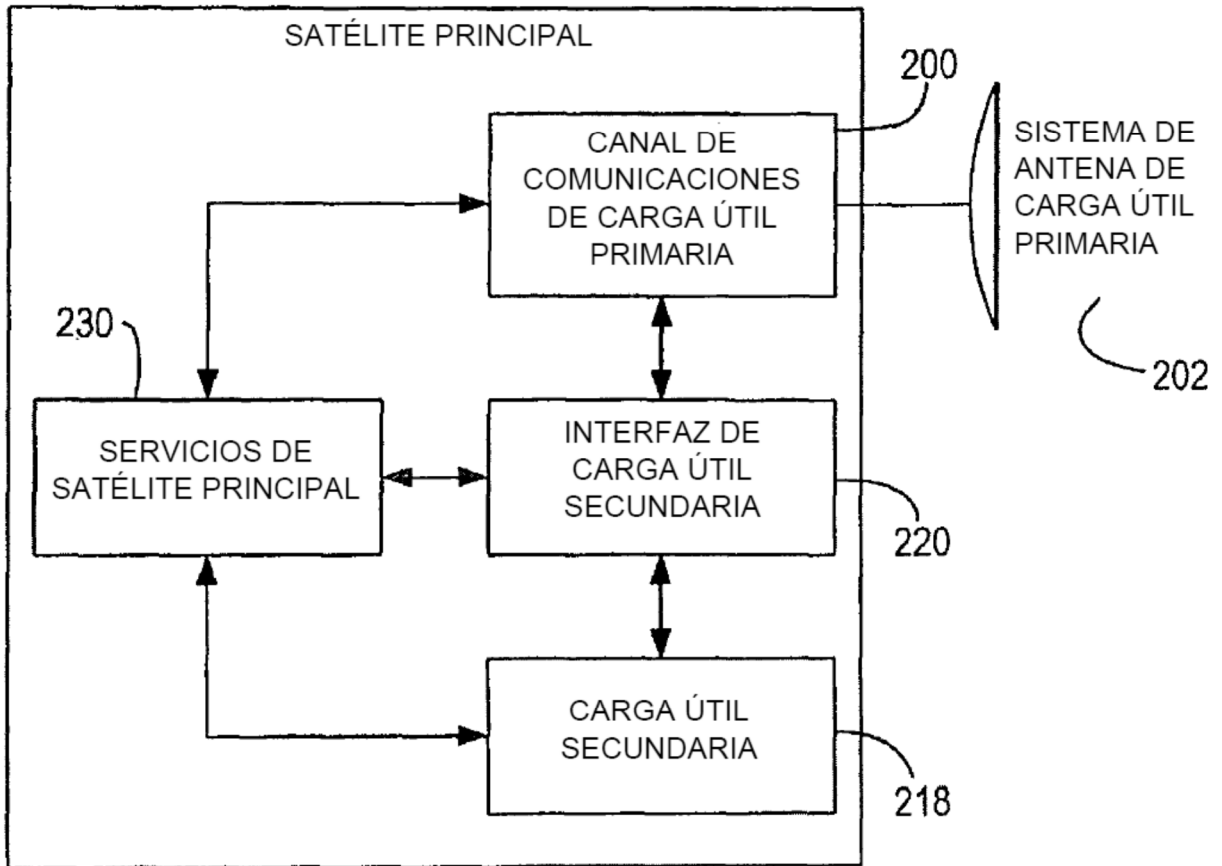


FIG. 2

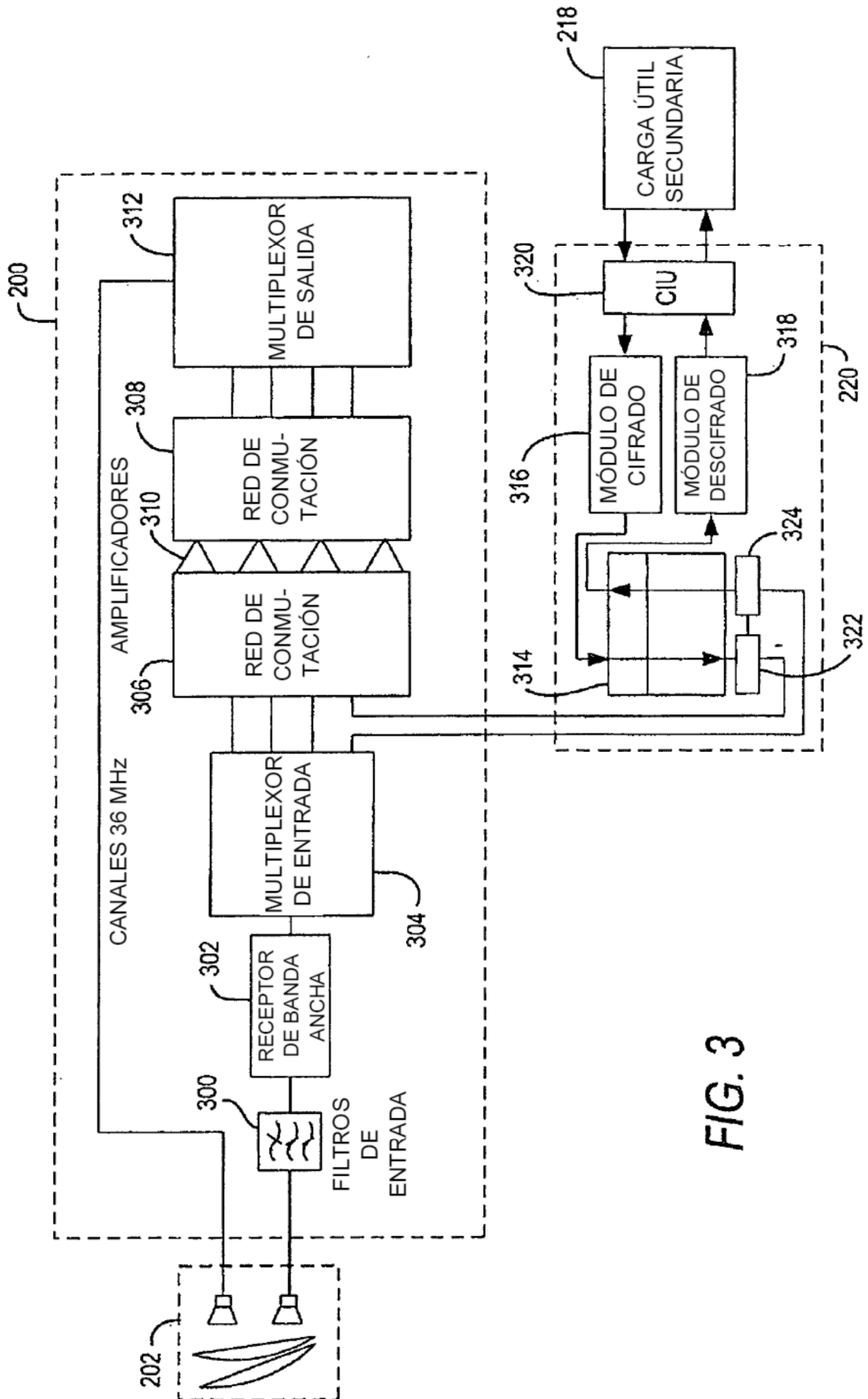
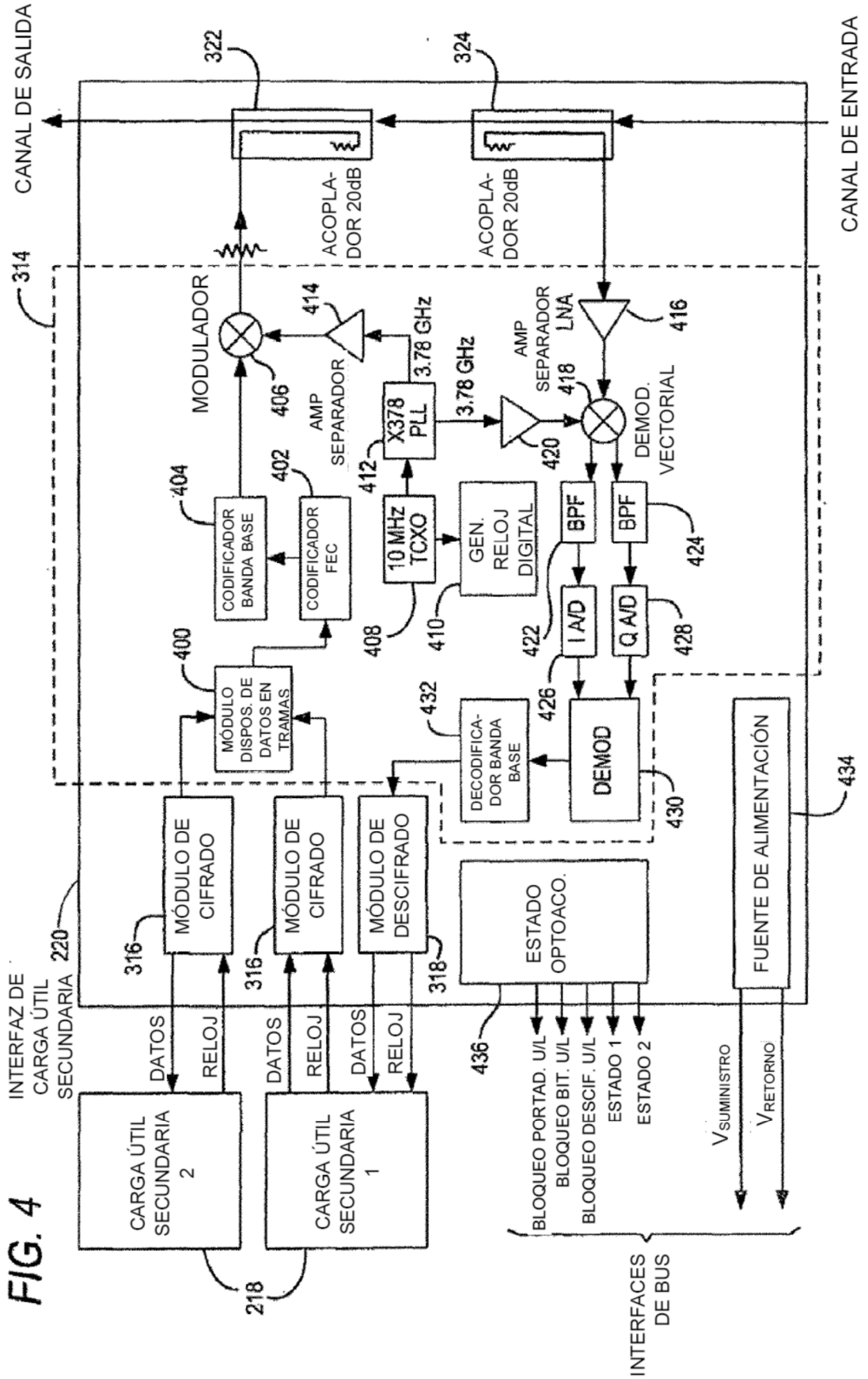


FIG. 3



500

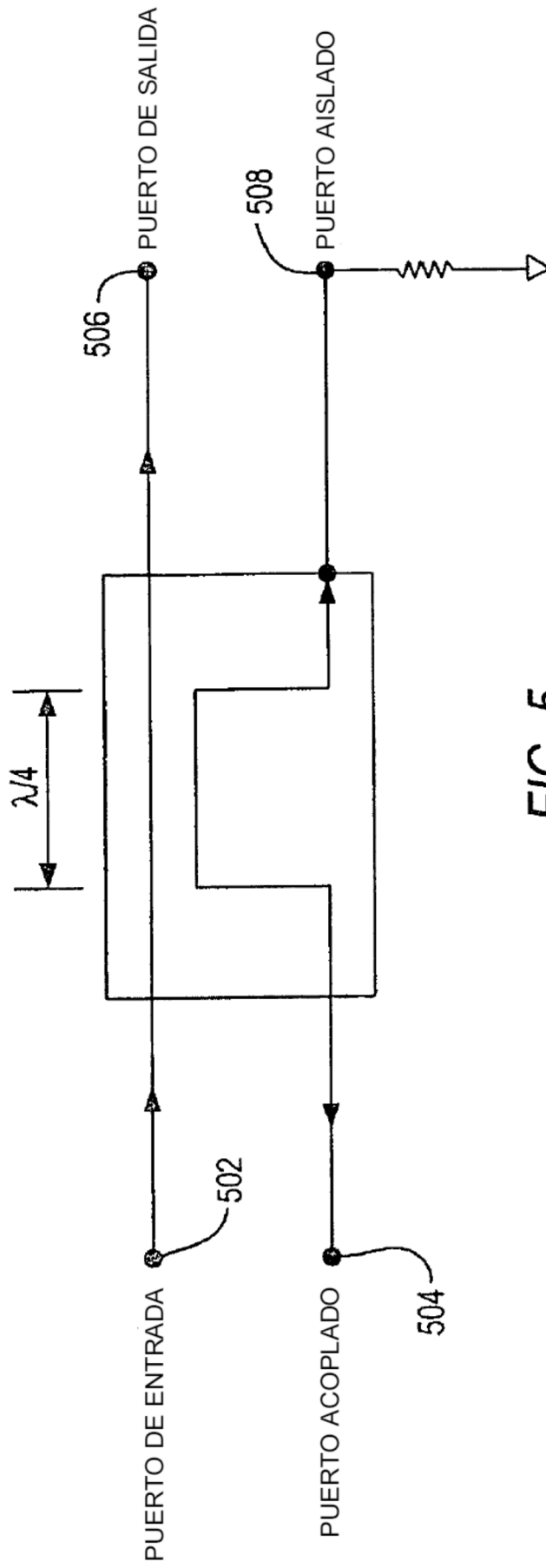


FIG. 5