

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 398 213**

51 Int. Cl.:

H04B 14/04 (2006.01)

H04L 27/18 (2006.01)

H04L 27/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.10.2003 E 03809944 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2012 EP 1563620**

54 Título: **Procesador de señal de modulación en capas de baja complejidad**

30 Prioridad:

25.10.2002 US 421331 P

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

14.03.2013

73 Titular/es:

**THE DIRECTV GROUP, INC. (100.0%)
2230 E. IMPERIAL HIGHWAY
EL SEGUNDO, CA 90245, US**

72 Inventor/es:

**CHEN, ERNEST, C.;
WANG, WEIZHENG;
ZHOU, GUANGCAI;
LIN, TUNG-SHENG y
SANTORU, JOSEPH**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 398 213 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

Procesador de señal de modulación en capas de baja complejidad

Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere a sistemas y a procedimientos para transmitir y recibir datos, y en particular a un sistema y a un procedimiento para transmitir y recibir datos con un equipo de baja complejidad.

2. Descripción de la técnica relacionada

10 Los sistemas de comunicación de señal digital se han usado en varios campos, incluyendo la transmisión de señal de TV digital, o bien terrestre o bien por satélite. A medida que evolucionan los servicios y sistemas de comunicación de señal digital, existe una demanda floreciente de un caudal de datos aumentado y de servicios añadidos. No obstante, es más difícil implementar o bien mejoras en sistemas antiguos o bien servicios nuevos cuando es necesario sustituir el hardware heredado existente, tal como transmisores y receptores. Los sistemas y servicios nuevos se encuentran en ventaja cuando los mismos pueden utilizar el hardware heredado existente. En el reino de las comunicaciones inalámbricas, este principio se ve resaltado adicionalmente por la limitada disponibilidad del espectro electromagnético. Por lo tanto, no es posible (o, por lo menos, no resulta práctico) transmitir meramente datos mejorados o adicionales a una nueva frecuencia.

15 El procedimiento convencional de aumentar la capacidad espectral es moverse a una modulación de orden superior, tal como de modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK) a modulación por desplazamiento de fase de ocho niveles (8PSK) o a modulación en amplitud en cuadratura de dieciséis niveles (16QAM). Desafortunadamente, los receptores de QPSK no pueden desmodular las señales de 8PSK o de 16QAM convencionales. Como resultado, los clientes heredados con receptores de QPSK deben mejorar sus receptores con el fin de seguir recibiendo cualquier señal transmitida utilizando una modulación 8PSK o 16QAM. La transmisión en capas se describe, por ejemplo, en COMBAREL L Y COL.: "HD-SAT MODEMS FOR THE SATELLITE BROADCASTING IN THE 20 GHZ FREQUENCY BAND", IEEE TRANSACTIONS ON CONSUMER ELECTRONICS, IEEE SERVICE CENTER, NUEVA YORK, NY, EE. UU., vol. 41, n.º 4, 1 de noviembre de 1995 (01-11-1995), páginas 991-999, XP000553474, ISSN: 0098-3063.

20 Es ventajoso que los sistemas y procedimientos de transmisión de las señales alojen un caudal de datos mejorado y aumentado sin requerir frecuencia adicional. También es ventajoso que las señales de caudal mejorado y aumentado para receptores nuevos sean compatibles con las versiones anteriores de los receptores heredados. Existe una ventaja adicional para los sistemas y procedimientos que permiten que las señales de transmisión se mejoren a partir de una fuente separada del transmisor heredado.

25 Se ha propuesto que una señal de modulación en capas, que transmite de forma no coherente señales de capa superior así como inferior, se emplee para cumplir estas necesidades. Tales sistemas de modulación en capas permiten un caudal de información más alto con la compatibilidad con versiones anteriores. No obstante, incluso cuando la compatibilidad con versiones anteriores no se requiere (tal como con un sistema completamente nuevo), la modulación en capas puede ser aún ventajosa debido a que esta requiere una potencia de pico de TWTA significativamente menor que aquella para los formatos de modulación 8PSK o 16QAM convencionales para un caudal dado.

30 No obstante, un obstáculo significativo asociado con la implementación de una modulación en capas es el requisito del uso de una rutina de corrección de errores en recepción (FEC) separada y la implementación de circuitería para cada capa. Este requisito aumenta la complejidad de los sistemas de transmisión y de recepción asociados y también aumenta el coste global. Lo que se necesita es un sistema y procedimiento para transmitir y recibir tales señales sin necesidad de múltiples codificadores/ descodificadores. La presente invención satisface esta necesidad.

Sumario de la invención

- 35 La invención se define en las reivindicaciones independientes.

En las reivindicaciones dependientes se exponen realizaciones particulares.

Breve descripción de los dibujos

Haciendo referencia a continuación a los dibujos en los que números de referencia similares representan partes correspondientes a través de su totalidad:

- 40 la figura 1 es un diagrama que ilustra una visión de conjunto de un sistema de distribución de vídeo por satélite único;
la figura 2 es un diagrama de bloques que muestra una configuración de enlace ascendente típica para un transpondedor de satélite único;

la figura 3A es un diagrama de un tren de datos representativo;
 la figura 3B es un diagrama de un paquete de datos representativo;
 la figura 4 es un diagrama de bloques que muestra una realización del modulador;
 la figura 5 es un diagrama de bloques de un receptor/ descodificador integrado;
 las figuras 6A – 6C son unos diagramas que ilustran la relación básica de capas de señal en una transmisión de modulación en capas;
 las figuras 7A – 7C son unos diagramas que ilustran una constelación de señal de una segunda capa de transmisión sobre la primera capa de transmisión después de la desmodulación de primera capa;
 la figura 8 es un diagrama que muestra un sistema para transmitir y recibir señales de modulación en capas;
 la figura 9 es un diagrama de bloques que representa una realización de un receptor/ descodificador mejorado capaz de recibir señales de modulación en capas;
 la figura 10A es un diagrama de bloques de una realización del sintonizador/ modulador mejorado y el descodificador de FEC;
 la figura 10B muestra otra realización del sintonizador/ modulador mejorado, en la que una sustracción de capas se realiza sobre la señal en capas recibida;
 las figuras 11A y 11B muestran los niveles de potencia relativa de ejemplos de realizaciones de la presente invención;
 las figuras 12A y 12B son unos diagramas de flujo que describen unas operaciones a modo de ejemplo que pueden usarse para transmitir y recibir señales de modulación en capas;
 la figura 13 presenta un diagrama de bloques de elementos destacados de un transmisor y receptor representativo que puede realizar las operaciones que se describen en la figura 12A y 12B;
 las figuras 14A y 14B son unos diagramas que muestran la relación de sincronismo de las señales de UL y de LL;
 las figuras 15A y 15B muestran unas etapas de proceso ilustrativas que pueden usarse para practicar otra realización de la invención;
 la figura 16 presenta un diagrama de bloques de elementos destacados de un transmisor y receptor alternativo que puede realizar las operaciones que se describen en las figuras 12A y 12B; y
 la figura 17 es un diagrama que muestra unos trenes de datos representativos que resultan de los procesos que se describen en las figuras 15A y 15B.

30 **Descripción detallada de realizaciones preferentes**

En la siguiente descripción, se hace referencia a los dibujos adjuntos que forman una parte del presente documento, y en la que se muestran, a modo de ilustración, varias realizaciones de la presente invención. Se entiende que pueden utilizarse otras realizaciones y que pueden hacerse cambios estructurales sin alejarse del alcance de la presente invención.

35 **Sistema de distribución de vídeo**

La figura 1 es un diagrama que ilustra una visión de conjunto de un sistema de distribución de vídeo por satélite único 100. El sistema de distribución de vídeo 100 comprende un centro de control 102 en comunicación con un centro de enlace ascendente 104 a través de tierra o de otro enlace 114 y con una estación receptora de abonado 110 a través de una red de telefonía conmutada pública (PSTN) o de otro enlace 120. El centro de control 102 proporciona material de programa (por ejemplo programas de vídeo, programas de audio y datos) al centro de enlace ascendente 104 y coordina con las estaciones receptoras de abonado 110 para ofrecer unos servicios tales como servicios de programa de pago por visión (PPV), incluyendo la facturación y el descifrado asociado de los programas de vídeo.

El centro de enlace ascendente 104 recibe material de programa e información de control de programa a partir del centro de control 102, y usando una antena de enlace ascendente 106 y el transmisor 105, transmite el material de programa y la información de control de programa al satélite 108. El satélite recibe y procesa esta información, y transmite los programas de vídeo y la información de control a la estación receptora de abonado 110 a través del enlace descendente 118 usando el transmisor o transpondedor 107. La estación de recepción de abonado 110 recibe esta información usando una unidad de exteriores (ODU) 112, que incluye una antena de abonado y un convertidor de bloque de bajo ruido (LNB).

En una realización, la antena de estación de recepción de abonado es una antena de banda Ku de forma ligeramente oval de 45,72 cm. La forma ligeramente oval se debe a la alimentación desplazada 22,5 grados del LNB (convertidor de bloque de bajo ruido) que se usa para recibir las señales reflejadas a partir de la antena de abonado. La alimentación desplazada coloca el LNB fuera de la trayectoria de tal modo que este no bloquea área superficial alguna de la antena. Esto minimiza la atenuación de la señal de microondas entrante.

El sistema de distribución de vídeo 100 puede comprender una pluralidad de satélites 108 con el fin de proporcionar una cobertura terrestre adicional, canales adicionales o un ancho de banda adicional por canal. En una realización de la invención, cada satélite comprende 16 transpondedores que se utilizan para recibir y transmitir material de programa y otros datos de control a partir del centro de enlace ascendente 104 y para proporcionar los mismos a las estaciones de recepción de abonado 110. Usando compresión de datos y técnicas de multiplexación con respecto a

las capacidades de canal, dos satélites 108 que funcionan de forma conjunta pueden recibir y radiodifundir sobre 150 canales de audio y vídeo convencionales (no HDTV) a través de 32 transpondedores.

5 A pesar de que la invención que se describe en el presente documento se describirá con referencia a un sistema de distribución de vídeo basado en satélite 100, la presente invención puede practicarse también con transmisión terrenal de información de programa, a través de radiodifusión, cable u otros medios. Además, las diferentes funciones asignadas de forma colectiva entre el centro de control 102 y el centro de enlace ascendente 104 tal como se describe anteriormente pueden volver a asignarse según se desee sin alejarse del alcance previsto de la presente invención.

10 A pesar de que lo anterior se ha descrito con respecto a una realización en la que el material de programa que se entrega al abonado 122 es material de programa de vídeo (y audio) (tal como una película), el procedimiento anterior puede usarse para entregar un material de programa que comprende puramente información de audio o, también, otros datos.

Configuración de enlace ascendente

15 La figura 2 es un diagrama de bloques que muestra una configuración de enlace ascendente típica para un único transpondedor de satélite 108, que muestra cómo el material de programa de vídeo se envía por enlace ascendente al satélite 108 por el centro de control 102 y el centro de enlace ascendente 104. La figura 2 muestra tres canales de vídeo (que podrían aumentarse respectivamente con uno o más canales de audio para música de alta fidelidad, información de banda sonora, o un programa de audio secundario para transmitir idiomas extranjeros), un canal de datos a partir de un subsistema de guía de programa 206 e información de datos informáticos a partir de una fuente de datos informáticos 208.

20 Los canales de vídeo se proporcionan mediante una fuente de programa de material de vídeo 200A–200C [a la que se hace referencia de forma colectiva a continuación en el presente documento como fuente o fuentes de vídeo 200]. Los datos a partir de cada fuente de programa de vídeo 200 se proporcionan a un codificador 202A–202C [al que se hace referencia de forma colectiva a continuación en el presente documento como codificador o codificadores 202]. Cada uno de los codificadores acepta una indicación de tiempo de programa (PTS) a partir del controlador 216. La PTS es una indicación de tiempo binaria de desbordamiento que se usa para garantizar que la información de vídeo está sincronizada de forma adecuada con la información de audio después de la codificación y descodificación. Una indicación de tiempo de PTS se envía con cada trama I de los datos codificados de MPEG.

30 En una realización de la presente invención, cada codificador 202 es un codificador del Grupo de Expertos de Imágenes en Movimiento de segunda generación (MPEG–2), pero pueden usarse otros descodificadores que implementan otras técnicas de codificación. El canal de datos puede estar sujeto a un esquema de compresión similar mediante un codificador (que no se muestra), pero usualmente tal compresión es o bien innecesaria, o bien se realiza por programas informáticos en la fuente de datos informáticos (por ejemplo, los datos fotográficos se comprimen típicamente en archivos *.TIF o archivos *.JPG antes de la transmisión). Después de la codificación por los codificadores 202, las señales se convierten en paquetes de datos por un empaquetador 204A–204F [al que se hace referencia de forma colectiva a continuación en el presente documento como empaquetador o empaquetadores 204] asociado con cada fuente 200.

40 Los paquetes de datos se ensamblan usando una referencia procedente del reloj de sistema 214 (SCR), y del gestor de acceso condicional 210, que proporciona la SCID a los empaquetadores 204 para su uso en la generación de los paquetes de datos. Estos paquetes de datos se multiplexan entonces para dar datos serie y se transmiten.

Formato y protocolo de tren de datos de radiodifusión

45 La figura 3A es un diagrama de un tren de datos representativo. El primer segmento de paquete 302 comprende una información procedente de un canal de vídeo 1 (datos que provienen de, por ejemplo, la primera fuente de programa de vídeo 200A). El siguiente segmento de paquete 304 comprende una información de datos informáticos que se obtuvo a partir de la fuente de datos informáticos 208. El siguiente segmento de paquete 306 comprende una información procedente de un canal de vídeo 5 (de una de las fuentes de programa de vídeo 200). El siguiente segmento de paquete 308 comprende una información de guía de programa tal como la información proporcionada por el subsistema de guía de programa 206. Tal como se muestra en la figura 3A, unos paquetes nulos 310 creados por el módulo de paquetes nulos 310 pueden insertarse en el tren de datos según se desee.

50 El tren de datos comprende, por lo tanto, una serie de paquetes a partir de una cualquiera de las fuentes de datos en un orden determinado por el controlador 216. El tren de datos se cifra por el módulo de cifrado 218, se modula por el modulador 220 (típicamente usando un esquema de modulación de QPSK), y se proporciona al transmisor 222, el cual radiodifunde el tren de datos modulado sobre un ancho de banda de frecuencia al satélite a través de la antena 106. El receptor 500 recibe estas señales y, usando la SCID, vuelve a ensamblar los paquetes para volver a generar el material de programa para cada uno de los canales.

55 La figura 3B es un diagrama de un paquete de datos. Cada paquete de datos (por ejemplo 302–316) tiene un largo de 147 bytes, y comprende un número de segmentos de paquete. El primer segmento de paquete 320 comprende

dos bytes de información que contiene la SCID y marcas. La SCID es un número único de 12 bits que identifica de forma única el canal de datos del paquete de datos. Las marcas incluyen 4 bits que se usan para controlar otras características. El segundo segmento de paquete 322 está constituido por un indicador de tipo de paquete de 4 bits y un contador de continuidad de 4 bits. El tipo de paquete identifica el paquete como uno de los cuatro tipos de datos (vídeo, audio, datos, o nulo). Cuando se combina con la SCID, el tipo de paquete determina cómo se usará el paquete de datos. El contador de continuidad se incrementa una vez para cada tipo de paquete y SCID. El siguiente segmento de paquete 324 comprende 127 bytes de datos de carga útil que, en los casos de los paquetes 302 o 306, representan una porción del programa de vídeo proporcionado por la fuente de programa de vídeo 200. El segmento de paquete final 326, son unos datos requeridos para realizar una corrección de errores en recepción.

La figura 4 es un diagrama de bloques que muestra una realización del modulador 220. El modulador 220 comprende opcionalmente un codificador 404 de corrección de errores en recepción (FEC) que acepta los primeros símbolos de señal 402 y añade una información redundante que se usa para reducir los errores de transmisión. Los símbolos codificados 405 se modulan por el modulador 406 de acuerdo con la primera portadora 408 para producir la señal modulada de capa superior 410. Los segundos símbolos 420 se proporcionan de forma similar al segundo codificador de FEC opcional 422 para producir los segundos símbolos codificados 422. Los segundos símbolos codificados 422 se proporcionan al segundo modulador 414, que modula las segundas señales codificadas de acuerdo con la segunda portadora 416 para producir una señal modulada de capa inferior 418. La señal modulada de capa superior 410 y la señal modulada de capa inferior 418 son, por lo tanto, no correlativas. La señal de capa superior 410, no obstante, debe ser una señal de una amplitud lo bastante más grande que la señal de capa inferior 418, para mantener las constelaciones de señal que se muestran en la figura 6 y la figura 7.

Receptor/ descodificador integrado

La figura 5 es un diagrama de bloques de un receptor/ descodificador integrado (IRD) 500 (a el que se hace referencia también a continuación en el presente documento alternativamente como receptor 500). El receptor 500 comprende un sintonizador/ modulador 504 acoplado comunicativamente con una ODU 112 que tiene uno o más LNB 502. El LNB 502 convierte la señal de enlace descendente de 12,2 a 12,7 GHz 118 procedente de los satélites 108 en, por ejemplo, una señal de 950–1450 MHz requerida por el sintonizador/ modulador 504 del IRD 500. El LNB 502 puede proporcionar una salida o bien doble o bien única. El LNB de única salida 502 tiene sólo un conector de RF, mientras que la salida doble LNB 502 tiene dos conectores de salida de RF y puede usarse para alimentar un segundo sintonizador 504, un segundo receptor 500, o alguna otra forma de sistema de distribución.

El sintonizador/ modulador 504 aísla un único transpondedor de 24 MHz digitalmente modulado, y convierte los datos modulados en un tren de datos digital. Siguen detalles adicionales con respecto a la desmodulación de la señal recibida.

El tren de datos digital se suministra entonces a un descodificador de corrección de errores en recepción (FEC) 506. Esto permite que el IRD 500 vuelva a ensamblar los datos transmitidos por el centro de enlace ascendente 104 (el cual aplicó la corrección de errores en recepción a la señal deseada antes de la transmisión a la estación de recepción de abonado 110) verificando que la señal de datos correcta se recibiera, y corrigiendo errores, si haber alguno. Los datos corregidos para errores pueden alimentarse a partir del módulo de descodificador de FEC 506 al módulo de transporte 508 a través de una interfaz paralela de 8 bits.

El módulo de transporte 508 realiza muchas de las funciones de procesamiento de datos realizadas por el IRD 500. El módulo de transporte 508 procesa los datos que se reciben a partir del módulo de descodificador de FEC 506 y proporciona los datos procesados al descodificador de MPEG de vídeo 514 y el descodificador de MPEG de audio 517. En una realización de la presente invención, el módulo de transporte, el descodificador de MPEG de vídeo y el descodificador de MPEG de audio se implementan en su totalidad en circuitos integrados. Este diseño fomenta la eficacia tanto de espacio como de potencia, y aumenta la seguridad de las funciones que se realizan en el interior del módulo de transporte 508. El módulo de transporte 508 también proporciona un paso para las comunicaciones entre el microcontrolador 510 y los descodificadores de MPEG de audio y de vídeo 514, 517. Según se expone más completamente a continuación en el presente documento, el módulo de transporte también colabora con el módulo de acceso condicional (CAM) 512 para determinar si se permite que la estación de recepción de abonado 110 acceda a cierto material de programa. Los datos a partir del módulo de transporte pueden suministrarse también al módulo de comunicación externa 526.

El CAM 512 funciona en asociación con otros elementos para descodificar una señal cifrada a partir del módulo de transporte 508. El CAM 512 puede usarse también para realizar un seguimiento de, y facturar, estos servicios. En una realización de la presente invención, el CAM 512 funciona como una tarjeta inteligente, que tiene unos contactos que interactúan de forma cooperativa con los contactos en el IRD 500 para pasar información. Con el fin de implementar el procesamiento que se realiza en el CAM 512, el IRD 500 y, específicamente, el módulo de transporte 508 proporciona una señal de reloj al CAM 512.

Los datos de vídeo se procesan por el descodificador de vídeo de MPEG 514. Usando la memoria de acceso aleatorio (RAM) de vídeo 536, el descodificador de vídeo de MPEG 514 descodifica los datos de vídeo comprimidos y envía los mismos a un codificador o procesador de vídeo 516 que, a su vez, convierte la información de vídeo

digital que se recibe a partir del módulo de MPEG de vídeo 514 en una señal de salida usable por un visualizador u otro dispositivo de salida. A modo de ejemplo, el procesador 516 puede comprender un codificador del Comité de Normas de TV Nacional (NTSC) o del Comité para Sistemas de Televisión Avanzados (ATSC). En una realización de la invención, se proporcionan señales tanto de S-Vídeo como de vídeo ordinario (NTSC o ATSC). Pueden utilizarse también otras salidas, y son ventajosas si se procesa programación de alta definición.

Los datos de audio se descodifican de forma similar por el descodificador de audio de MPEG 517. Los datos de audio descodificados pueden enviarse entonces a un convertidor de digital a analógico (D/A) 518. En una realización de la presente invención, el convertidor de D/A 518 es un convertidor de D/A doble, un canal para los canales derecho e izquierdo. Si se desea, pueden añadirse canales adicionales para su uso en el procesamiento de sonido ambiente o programas de audio secundarios (SAP). En una realización de la invención, el propio convertidor de D/A doble 518 separa la información de canal derecho e izquierdo, así como cualquier información de canal adicional. Pueden soportarse otros formatos de audio. Por ejemplo, otros formatos de audio tales como DOLBY DIGITAL AC-3 multicanal.

Una descripción de los procesos que se realizan en la codificación y descodificación de trenes de vídeo, en particular con respecto a la codificación/ descodificación de MPEG y JPEG, pueden encontrarse en el capítulo 8 de "Digital Television Fundamentals", de Michael Robin y Michel Poulin, McGraw-Hill, 1998.

El microcontrolador 510 recibe y procesa señales de órdenes a partir del control remoto 524, una interfaz de teclado de IRD 500, y/u otro dispositivo de entrada. El microcontrolador recibe órdenes para realizar sus operaciones a partir de una memoria de programación de procesador, que almacena de forma permanente tales instrucciones para realizar tales órdenes. La memoria de programación de procesador puede comprender una memoria de sólo lectura (ROM) 538, una memoria de sólo lectura programable electrónicamente borrable (EEPROM) 522 o un dispositivo de memoria similar. El microcontrolador 510 también controla los otros dispositivos digitales del IRD 500 a través de unas líneas de dirección y de datos (indicadas "A" y "D" respectivamente, en la figura 5).

El módem 540 se conecta con la línea telefónica del cliente a través del puerto de PSTN 120. El módem puede usarse para llamar al proveedor de programas y transmitir una información de compra de cliente para fines de facturación, y/u otra información. El módem 540 se controla por el microprocesador 510. El módem 540 puede datos de salida a otros tipos de puerto de E/S, incluyendo puertos de E/S de ordenador paralelos y serie convencionales.

La presente invención también comprende una unidad de almacenamiento local tal como el dispositivo de almacenamiento de vídeo 532, para almacenar datos de vídeo y/o de audio obtenidos a partir del módulo de transporte 508. El dispositivo de almacenamiento de vídeo 532 puede ser una unidad de disco duro, un disco compacto de lectura/ escritura o DVD, una RAM de estado sólido, o cualquier otro medio de almacenamiento. En una realización de la presente invención, el dispositivo de almacenamiento de vídeo 532 es una unidad de disco duro con una capacidad de lectura/ escritura en paralelo especializada, de tal modo que los datos pueden leerse desde el dispositivo de almacenamiento de vídeo 532 y escribirse en el dispositivo 532 al mismo tiempo. Para conseguir este logro, puede usarse una memoria intermedia adicional accesible por el almacenamiento de vídeo 532 o su controlador. Opcionalmente, puede usarse un procesador de almacenamiento de vídeo 530 para gestionar el almacenamiento y la recuperación de los datos de vídeo a partir del dispositivo de almacenamiento de vídeo 532. El procesador de almacenamiento de vídeo 530 puede comprender también una memoria para almacenar en memoria intermedia los datos que entran y salen del dispositivo de almacenamiento de vídeo 532. Alternativamente o en combinación con lo anterior, puede usarse una pluralidad de dispositivos de almacenamiento de vídeo 532. También alternativamente o en combinación con lo anterior, el microcontrolador 510 puede realizar también las operaciones que se requieren para almacenar y/o recuperar vídeo y otros datos en el dispositivo de almacenamiento de vídeo 532.

La entrada del módulo de procesamiento de vídeo 516 puede suministrarse directamente como una salida de vídeo a un dispositivo de visionado tal como un monitor de vídeo o de ordenador. Además, las salidas de vídeo y/o de audio pueden suministrarse a un modulador de RF 534 para producir una salida de RF y/o 8 banda lateral residual (BLR) adecuada como una señal de entrada a un sintonizador de televisión convencional. Lo anterior permite que el receptor 500 funcione con televisiones sin una salida de vídeo.

Cada uno de los satélites 108 comprende un transpondedor, que acepta información de programa a partir del centro de enlace ascendente 104, y retransmite esta información a la estación de recepción de abonado 110. Se usan técnicas de multiplexación conocidas, de tal modo que pueden proporcionarse múltiples canales al usuario. Estas técnicas de multiplexación incluyen, a modo de ejemplo, multiplexación de polarización y varias técnicas de multiplexación, estadísticas o de otro tipo, en el dominio del tiempo. En una realización de la invención, un único transpondedor que funciona en una única banda de frecuencia porta una pluralidad de canales identificados por una identificación de canal de servicio (SCID) respectiva.

Preferentemente, el IRD 500 también recibe y almacena una guía de programa en una memoria disponible para el microcontrolador 510. Típicamente, la guía de programa se recibe en uno o más paquetes de datos en el tren de datos a partir del satélite 108. Puede accederse a la guía de programa, y buscarse en la misma, mediante la ejecución de unas etapas de funcionamiento adecuadas implementadas por el microcontrolador 510 y almacenadas

en la ROM 538 del procesador. La guía de programa puede incluir datos para asignar números de canal de espectador a los transpondedores de satélite y a las identificaciones de canal de servicio (SCID), y también proporcionar una información de enumeración de programas de TV al abonado 122 que identifica los eventos de programa.

- 5 La funcionalidad implementada en el IRD 500 que se muestra en la figura 5 puede implementarse mediante uno o más módulos de hardware, uno o más módulos de software que definen instrucciones que se realizan mediante un procesador, o una combinación de ambos.

La presente invención prevé la modulación de señales a unos niveles de potencia diferentes y, de forma ventajosa, que las señales sean no coherentes a partir de cada capa. Además, pueden realizarse la codificación y modulación independiente de las señales. Se posibilita la compatibilidad con versiones anteriores de receptores heredados, tal como un receptor de modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK) y se proporcionan servicios nuevos a receptores nuevos. Un nuevo receptor típico de la presente invención usa dos desmoduladores y un remodulador, tal como se describirá en detalle a continuación en el presente caso.

10 En una realización compatible con versiones anteriores típica de la presente invención, la potencia de la señal de QPSK heredada se refuerza a un nivel de transmisión (y de recepción) más alto. Esto crea un "espacio" de potencia en el que puede funcionar una nueva señal de capa inferior. El receptor heredado no será capaz de distinguir la nueva señal de capa inferior, del ruido Gaussiano blanco aditivo y, por lo tanto, funciona de la forma usual. La selección óptima de los niveles de potencia de capa se basa en alojar el equipo heredado, así como los servicios y el caudal nuevos deseados.

15 La nueva señal de capa inferior está provista de una relación portadora – ruido térmico suficiente con el fin de funcionar de forma adecuada. La nueva señal de capa inferior y la señal heredada reforzada son no coherentes una con respecto a otra. Por lo tanto, la nueva señal de capa inferior puede implementarse a partir de un TWTA diferente e incluso a partir de un satélite diferente. El nuevo formato de señal de capa inferior es también independiente del formato heredado, por ejemplo, este puede ser QPSK o 8PSK, usando los código de FEC concatenados convencionales o usando un nuevo código avanzado tal como un código turbo, o un código de comprobación de paridad de baja densidad (LDPC). La señal de capa inferior puede ser incluso una señal analógica.

20 La señal en capas combinada se desmodula y se descodifica desmodulando en primer lugar la capa superior para eliminar la portadora superior. La señal en capas estabilizada puede tener entonces la capa superior descodificada por FEC y los símbolos de capa superior de salida se comunican al transporte de capa superior. Los símbolos de capa superior se emplean también en un remodulador para generar una señal de capa superior idealizada. La señal de capa superior idealizada se sustrae entonces de la señal en capas estable para revelar la señal de capa inferior. La señal de capa inferior se desmodula entonces y se descodifica por FEC y se comunica al transporte de capa inferior.

25 Las señales, sistemas y procedimientos que usan la presente invención pueden usarse para complementar una transmisión preexistente compatible con el hardware de receptor heredado en una aplicación compatible con versiones anteriores o como parte de una arquitectura de modulación en capas previamente planeada que proporciona una o más capas adicionales en una fecha actual o posterior.

Señales en capas

30 Las figuras 6A – 6C ilustran la relación básica de capas de señal en una transmisión de modulación en capas. La figura 6A ilustra una constelación de señal de primera capa 600 de una señal de transmisión que muestra los símbolos 602 o puntos de señal. Esta constelación de señal que se observa en la figura 6B ilustra la constelación de señal de segunda capa de símbolos 604 sobre la constelación de señal de primera capa 600 en la que las capas son coherentes. La figura 6C ilustra una segunda capa de señal 606 de una segunda capa de transmisión sobre la constelación de primera capa en la que las capas pueden ser no coherentes. La segunda capa 606 gira alrededor de la constelación de primera capa 602 debido a las frecuencias de modulación relativas de las dos capas en una transmisión no coherente. Tanto la primera como la segunda capa giran alrededor del origen, debido a la primera frecuencia de modulación de capa tal como se describe por la trayectoria 608.

35 Las figuras 7A – 7C son unos diagramas que ilustran una constelación de señal de una segunda capa de transmisión sobre la primera capa de transmisión después de la desmodulación de primera capa. La figura 7A muestra la constelación 700 antes del primer lazo de recuperación de portadora (CRL) y la figura 7B muestra la constelación 704 después del CRL. En el presente caso, los puntos de señal de la segunda capa son, en realidad, unos anillos 702. La figura 7C muestra una distribución de fases de la señal recibida con respecto a los nodos 602.

40 Frecuencias de modulación relativas dan lugar a que la constelación de segunda capa gire alrededor de los nodos de la constelación de primera capa. Después de la segunda CRL de capa, esta rotación se elimina. El radio de la constelación de segunda capa está determinado por su nivel de potencia. El espesor de los anillos 702 está determinado por la relación portadora – ruido (CNR) de la segunda capa. Debido a que las dos capas son no coherentes, la segunda capa puede usarse también para transmitir señales analógicas o digitales.

La figura 8 es un diagrama que muestra un sistema para transmitir y recibir señales de modulación en capas. Unas transmisores 107A, 107B separadas, tal como pueden encontrarse en cualquier plataforma adecuada, tales como los satélites 108A, 108B, se usan para transmitir de forma no coherente unas capas diferentes de una señal de la presente invención. Las señales de enlace ascendente se transmiten típicamente a cada satélite 108A, 108B desde uno o más transmisores 105 a través de una antena 106. Las señales en capas 808A, 808B (señales de enlace descendente) se reciben en unas antenas 112A, 112B de receptor, tales como parabólicas de satélite, cada una con un bloque de bajo ruido (LNB) 812A, 812B en el que las mismas se acoplan entonces con unos receptores/descodificadores integrados (IRD) 500, 802. Debido a que las capas de señal pueden transmitirse de forma no coherente, pueden añadirse unas capas de transmisión separadas en cualquier momento usando diferentes satélites 108A, 108B u otras plataformas adecuadas, tales como plataformas de gran altitud o situadas en tierra. Por lo tanto, cualquier señal compuesta, incluyendo nuevas capas de señal adicionales, será compatible con versiones anteriores de los receptores heredados 500, que descartarán las nuevas capas de señal. Para garantizar que las señales no interfieren, el nivel de ruido y de señal combinados para la capa inferior deben encontrarse en, o por debajo de, el ruido de fondo permitido para la capa superior.

Las aplicaciones de modulación en capas incluyen aplicaciones compatibles con versiones anteriores y no compatibles con versiones anteriores. "Compatible con versiones anteriores" en este sentido, describe sistemas en los que los receptores heredados 500 no se vuelven obsoletos por la capa o capas de señal adicionales. En su lugar, incluso si los receptores heredados 500 son incapaces de descodificar la capa o capas de señal adicionales, los mismos son capaces de recibir la señal modulada en capas y de descodificar la capa de señal original. En estas aplicaciones, la arquitectura de sistema anteriormente existente se ve alojada por la arquitectura de las capas de señal adicionales. "No compatible con versiones anteriores" describe una arquitectura de sistema que hace uso de la modulación en capas, si bien el esquema de modulación empleado es tal que el equipo anteriormente existente es incapaz de recibir y de descodificar la información en la capa o capas de señal adicionales.

Los IRD heredados 500 anteriormente existentes descodifican y hacen uso de datos sólo a partir de la capa (o capas) para cuya recepción de diseñaron, sin afectar por las capas adicionales. No obstante, tal como se describirá a continuación en el presente caso, las señales heredadas pueden modificarse para implementar de forma óptima las nuevas capas. La presente invención puede aplicarse a los servicios por satélite directos existentes que se radiodifunden a usuarios individuales con el fin de posibilitar características y servicios adicionales con receptores nuevos sin afectar de forma adversa a los receptores heredados y sin requerir un ancho de banda de señal adicional.

Desmodulador y descodificador

La figura 9 es un diagrama de bloques que representa una realización de un IRD mejorado 802 capaz de recibir unas señales de modulación en capas. El IRD mejorado 802 incluye una trayectoria de realimentación 902 en la que los símbolos descodificados de FEC se realimentan a un sintonizador/ modulador modificado mejorado 904 y a un módulo de transporte 908.

La figura 10A es un diagrama de bloques de una realización del sintonizador/ modulador mejorado 904 y el descodificador de FEC 506. La figura 10A muestra una recepción en la que una sustracción de capas se realiza sobre una señal en la que la portadora superior se ha desmodulado. La capa superior de la señal combinada recibida 1016 a partir del LNB 502, que puede contener un formato de modulación heredado, se proporciona a y se procesa por un desmodulador de capa superior 1004 para producir la señal desmodulada estable 1020. La señal desmodulada 1020 se alimenta a un descodificador de FEC acoplado comunicativamente 1002, el cual descodifica la capa superior para producir los símbolos de capa superior que se emiten a un transporte de capa superior. Los símbolos de capa superior se usan también para generar una señal de capa superior idealizada. Los símbolos de capa superior pueden producirse a partir del descodificador 1002 después de una descodificación de Viterbi ($BER < 10^{-3}$ aproximadamente) o después de una descodificación de Reed–Solomon (RS) ($BER < 10^{-9}$ aproximadamente), en unas operaciones de descodificación típicas que conocen los expertos en la técnica. Los símbolos de capa superior se proporcionan a través de la trayectoria de realimentación 902 desde el descodificador de capa superior 1002 a un recodificador/ remodulador 1006 que produce de forma efectiva una señal de capa superior idealizada. La señal de nivel superior idealizada se sustrae de la señal de capa superior desmodulada 1020.

Con el fin de que la sustracción deje una pequeña señal de capa inferior clara, la señal de capa superior debe reproducirse con precisión. La señal modulada puede haberse distorsionado, por ejemplo, por la no linealidad de amplificador de tubo de ondas progresivas (TWTA) u otras distorsiones no lineales o lineales en el canal de transmisión. Los efectos de distorsión se estiman a partir de la señal recibida después del hecho de o a partir de características de TWTA que pueden descargarse en el IRD en las asignaciones de AM – AM y/o de AM – PM 1018, que se usan para eliminar la distorsión.

Un restador 1012 sustrae entonces de la señal desmodulada estable 1020 la señal de capa superior idealizada. Esto deja la señal de segunda capa de potencia inferior. El restador 1012 puede incluir una memoria intermedia o función de retardo para retener la señal desmodulada estable 1020 mientras que la señal de capa superior idealizada se está construyendo. La señal de segunda capa se desmodula por el desmodulador de nivel inferior 1010 y se descodifica por FEC por el descodificador 1008 de acuerdo con su formato de señal para producir los símbolos de

capa inferior, que se proporcionan al módulo de transporte 508.

La figura 10B muestra otra realización en la que una sustracción de capas se realiza sobre la señal en capas recibida. En el presente caso, el desmodulador de capa superior 1004 produce la señal de portadora superior 1022 (así como la salida de señal desmodulada estable 1020). Una señal de portadora superior 1022 se proporciona al remodulador 1006. El remodulador 1006 proporciona la señal modulada de nuevo al asignador de distorsión no lineal 1018, el cual produce de forma efectiva una señal de capa superior idealizada. A diferencia de la realización que se muestra en la figura 10A, en la presente realización, la señal de capa superior idealizada incluye la portadora de capa superior para la sustracción con respecto a la señal combinada recibida 416.

Otros procedimientos equivalentes de sustracción de capas se les ocurrirán a los expertos en la técnica y la presente invención no debería limitarse a los ejemplos que se proporcionan en el presente caso. Además, los expertos en la técnica entenderán que la presente invención no se limita a dos capas; pueden incluirse capas adicionales. Unas capas superiores idealizadas se producen a través de una nueva modulación a partir de sus respectivos símbolos de capa y se restan. La sustracción puede realizarse sobre o bien la señal combinada recibida o bien una señal desmodulada. Por último, no es necesario que todas las capas de señal sean transmisiones digitales; la capa más baja puede ser una transmisión analógica.

El siguiente análisis describe la desmodulación y descodificación de dos capas a modo de ejemplo. Será evidente para los expertos en la técnica que pueden desmodularse y descodificarse capas adicionales de una forma similar. La señal combinada entrante se representa como:

$$s_{UL}(t) = f_U \left(M_U \exp(j\omega_U t + \theta_U) \sum_{m=-\infty}^{\infty} S_{Um} p(t - mT) \right) + f_L \left(M_L \exp(j\omega_L t + \theta_L) \sum_{m=-\infty}^{\infty} S_{Lm} p(t - mT + \Delta T_m) \right) + n(t)$$

en la que, M_U es la magnitud de la señal de QPSK de capa superior y M_L es la magnitud de la señal de QPSK de capa inferior y $M_L \ll M_U$. La fase y las frecuencias de señal para las señales de capa superior e inferior son ω_U , θ_U y ω_L , θ_L , respectivamente. La desalineación de sincronismo de símbolos entre las capas superior e inferior es ΔT_m . $p(t - mT)$ representa la versión desplazada en el tiempo del filtro de conformación de pulsos $p(t)$ 414 que se emplea en la modulación de señal. Los símbolos de QPSK S_{Um} y S_{Lm} son unos elementos de:

$$\left\{ \exp(j \frac{n\pi}{2}), n = 0,1,2,3 \right\}. f_U(\cdot) \text{ y } f_L(\cdot) \text{ indican la función de distorsión de los TWTA para las respectivas}$$

señales.

Ignorando $f_U(\cdot)$ y $f_L(\cdot)$ y el ruido $n(t)$, lo siguiente representa la salida del desmodulador 1004 para el descodificador de FEC 1002 después de eliminar la portadora superior:

$$s'_{UL}(t) = M_U \sum_{m=-\infty}^{\infty} S_{Um} p(t - mT) + M_L \exp\{j(\omega_L - \omega_U)t + \theta_L - \theta_U\} \sum_{m=-\infty}^{\infty} S_{Lm} p(t - mT + \Delta T_m)$$

Debido a la magnitud de la diferencia entre M_U y M_L , el descodificador de capa superior 402 descarta la componente de M_L de la $s'_{UL}(t)$.

Después de sustraer de $s_{UL}(t)$ la capa superior en el restador 1012, queda lo siguiente:

$$s_L(t) = M_L \exp\{j(\omega_L - \omega_U)t + \theta_L - \theta_U\} \sum_{m=-\infty}^{\infty} S_{Lm} p(t - mT + \Delta T_m)$$

Cualquier efecto de distorsión, tal como los efectos de no linealidad de TWTA, se estiman para la sustracción de señal. En una realización típica de la presente invención, las frecuencias de capa superior e inferior son

sustancialmente iguales. Pueden obtenerse unas mejoras significativas en la eficacia del sistema usando un desplazamiento de frecuencia entre capas.

5 Usando la presente invención, la modulación compatible con versiones anteriores en dos capas con QPSK dobla la capacidad de tasa de 6/7 actual añadiendo un TWTA aproximadamente 6,2 dB por encima de una potencia de TWTA existente. Nuevas señales de QPSK pueden transmitirse desde un transmisor separado, por ejemplo, desde un satélite diferente. Además, no existe necesidad alguna de amplificadores de tubo de ondas progresivas lineales (TWTA) como con 16QAM. Asimismo, no se impone penalización por error de fase alguna sobre modulaciones de orden superior tal como 8PSK y 16QAM.

Aplicaciones compatibles con versiones anteriores

10 La figura 11A muestra los niveles de potencia relativa 1100 de realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención. La figura 11A no se ha dibujado a escala. La presente realización dobla la capacidad de 6/7 de tasa previamente existente usando un TWTA 6,2 dB por encima de una potencia radiada isótropa equivalente (EIRP) de TWTA previamente existente y un segundo TWTA 2 dB por debajo de la potencia de TWTA previamente existente. La presente realización usa unas capas de QPSK superior e inferior que son no coherentes. Una tasa de códigos de 15 6/7 se usa también para ambas capas. En la presente realización, la señal de la señal de QPSK heredada 1102 se usa para generar la capa superior 1104 y una nueva capa de QPSK es la capa inferior 1110. La CNR de la señal de QPSK heredada 1102 es de aproximadamente 7 dB. En la presente invención, la potencia de la señal de QPSK heredada 1102 se refuerza en aproximadamente 6,2 dB, llevando el nuevo nivel de potencia a aproximadamente 13,2 dB como la capa superior 1104. El ruido de fondo 1106 de la capa superior es de aproximadamente 6,2 dB. La nueva capa de QPSK inferior 1110 tiene una CNR de aproximadamente 5 dB. El ruido y la señal total de la capa inferior se mantienen a, o por debajo de, el ruido de fondo tolerable 1106 de la capa superior. La capa superior 1104 reforzada en potencia de la presente invención es también muy robusta, lo que la hace resistente al desvanecimiento por lluvia. Debería observarse que la invención puede extenderse a múltiples capas con tasas de 20 códigos, codificación y modulaciones mixtas.

25 En una realización alternativa de la presente aplicación compatible con versiones anteriores, una tasa de códigos de 2/3 puede usarse para las capas tanto superior como inferior 1104, 1110. En el presente caso, la CNR de la señal de QPSK heredada 1102 (con una tasa de códigos de 2/3) es de aproximadamente 5,8 dB. La señal heredada 1102 se refuerza de aproximadamente 5,3 dB a aproximadamente 11,1 dB (4,1 dB por encima de la señal de QPSK heredada 1102 con una tasa de códigos de 2/3) para formar la capa de QPSK superior 1104. La nueva capa de QPSK inferior 1110 tiene una CNR de aproximadamente 3,8 dB. El ruido y la señal total de la capa inferior 1110 se mantienen a, o por debajo de, aproximadamente 5,3 dB, el ruido de fondo tolerable 1106 de la capa de QPSK superior. En el presente caso, la capacidad global se mejora en 1,55 y la tasa eficaz para los IRD heredados será 7/9 la de antes de implementar la modulación en capas.

35 En una realización adicional de una aplicación compatible con versiones anteriores de la presente invención, las tasas de códigos entre las capas superior e inferior 1104, 1110 pueden mezclarse. Por ejemplo, la señal de QPSK heredada 502 puede reforzarse de aproximadamente 5,3 dB a aproximadamente 12,3 dB con la tasa de códigos sin cambios a 6/7 para crear la capa de QPSK superior 1104. La nueva capa de QPSK inferior 1110 puede usar una tasa de códigos de 2/3 con una CNR de aproximadamente 3,8 dB. En el presente caso, la capacidad total en relación con la señal heredada 1102 es de aproximadamente 1,78. Además, los IRD heredados no adolecerán de 40 disminución de tasa.

Aplicaciones no compatibles con versiones anteriores

45 Tal como se analiza anteriormente, la presente invención puede usarse también en las aplicaciones "no compatibles con versiones anteriores". En una primera realización a modo de ejemplo, se usan dos capas de QPSK 1104, 1110, cada una a una tasa de códigos de 2/3. La capa de QPSK superior 504 tiene una CNR de aproximadamente 4,1 dB por encima de su ruido de fondo 1106 y la capa de QPSK inferior 1110 también tiene una CNR de aproximadamente 4,1 dB. El nivel de ruido y código total de la capa de QPSK inferior 1110 es de aproximadamente 5,5 dB. El CNR total para la señal de QPSK superior 1104 es de aproximadamente 9,4 dB, meramente 2,4 dB por encima de la tasa heredada de señal de QPSK de 6/7. La capacidad es de aproximadamente 1,74 en comparación con la tasa heredada de 6/7.

50 La figura 11B muestra los niveles de potencia relativa de una realización alternativa en la que las capas tanto superior como inferior 1104, 1110 se encuentran por debajo del nivel de señal heredada 1102. Las dos capas de QPSK 1104, 1110 usan una tasa de códigos de 1/2. En el presente caso, la capa de QPSK superior 1104 se encuentra aproximadamente 2,0 dB por encima de su ruido de fondo 1106 de aproximadamente 4,1 dB. La capa de QPSK inferior tiene una CNR de aproximadamente 2,0 dB y un nivel de ruido y código total a, o por debajo de, 4,1 dB. La capacidad de la presente realización es de aproximadamente 1,31 en comparación con la tasa heredada de 6/7.

Modulación/ desmodulación en capas de baja complejidad

Haciendo referencia de nuevo al sintonizador/ modulador mejorado 904 y el decodificador 506 que se ilustran en la

figura 10A, se observa que el descodificador 506 incluye un descodificador de FEC de capa superior 1002 y un descodificador de nivel inferior 1008. Cuando las señales de capa superior e inferior (UL + LL) 1016 se introducen en el IRD 802, la señal de capa superior (UL) se desmodula por el desmodulador de capa superior 1104 y se descodifica por el descodificador de capa superior 1002. Para extraer las señales de capa inferior (LL), los símbolos de capa superior (UL) se vuelven a codificar entonces, y la señal se vuelve a modular por el remodulador 1006. Un módulo de procesador de señal 1018 altera entonces la señal de UL introduciendo unos efectos que se producen por el amplificador del transpondedor de satélite y vuelve a normalizar la amplitud, creando de este modo una señal de UL reconstituida idealizada. Esta señal de UL reconstituida se sustrae de la señal de UL + LL compuesta mediante el restador 1012, produciendo la señal de LL. La señal de LL se descodifica entonces usando un desmodulador 1010 y un descodificador 1008, optimizado preferentemente para la señal de LL.

Los codificadores avanzados, tal como codificadores turbo y codificadores de LDPC, son unos códigos de corrección de errores en recepción sumamente eficaces que han vuelto a descubrirse o que son de desarrollo reciente. Los mismos pueden proporcionar un funcionamiento cuasi-libre de errores a unas relaciones portadora – ruido más bajas que otros códigos de FEC.

No obstante, los codificadores avanzados proporcionan un rendimiento C/N mejorado a costa de un procesamiento adicional. Lo anterior, a su vez, significa que el descodificador avanzado requiere más recursos sobre el ASIC de receptor/ procesador, aumentando de ese modo el coste de la microplaca. Además, tal como se muestra en la figura 10A, se requieren *dos* descodificadores para desmodular la señal transmitida – uno para la señal de UL y uno para la señal de LL. Los requisitos de procesamiento de señal y la complejidad global de la microplaca de receptor pueden reducirse significativamente si se elimina esta redundancia de descodificador.

La presente invención aprovecha el hecho de que las señales de UL y de LL se descodifican usando una trayectoria serie, en la que la UL se descodifica a partir de la señal de UL + LL compuesta, entonces la señal de LL se descodifica a partir de la señal de (UL + LL) – UL. En una realización, el descodificador funciona en primer lugar sobre la señal de UL extraída y entonces sobre la señal de LL. Escalonando los tiempos de procesamiento y otros factores, el funcionamiento del descodificador puede programarse en primer lugar para la UL, entonces para la LL, y así sucesivamente.

Considérese, por ejemplo, un único canal de de datos de alta tasa que proporciona 50 Mbit/s (un valor bien dentro del estado de la técnica). El desmodulador y el descodificador para este canal puede, por diseño, sustentar una tasa continua de 50 Mbit/s. Considérense a continuación dos capas: una UL con una tasa de datos de aproximadamente 30 Mbit/s y una LL con una tasa de datos de aproximadamente 20 Mbit/s. Si estas dos capas fueran una única señal, se usaría un único descodificador para manejar la totalidad de la tasa de datos de 50Mbit/s. El problema se vuelve uno de programar el funcionamiento del descodificador para la UL o LL, no si el descodificador podría manejar la tasa de datos agregada. Se identifican y se describen a continuación varias realizaciones diferentes que ofrecen ahorros adicionales.

Las figuras 12A y 12B son unos diagramas de flujo que describen unas operaciones a modo de ejemplo que pueden usarse para transmitir y recibir señales de modulación en capas. La figura 12A describe unas operaciones de transmisión a modo de ejemplo, mientras que la figura 12B describe unas operaciones de recepción a modo de ejemplo. Las figuras 12A y 12B se analizarán con referencia adicional a la figura 13 y la figura 14. La figura 13 presenta un diagrama de bloques de elementos destacados de un transmisor y receptor representativo que puede realizar las operaciones que se describen en las figuras 12A y 12B, mientras que la figura 14 presenta un diagrama que muestra la relación de sincronismo de las señales de UL y de LL.

Haciendo referencia en primer lugar a la figura 12A, la señal de capa superior y la señal de capa inferior se combinan para formar una señal de entrada 1301, tal como muestra el bloque 1202. En el bloque 1204, las señales de capa superior y de capa inferior combinadas se codifican. Lo anterior puede lograrse, por ejemplo, usando el codificador que se muestra en la figura 13. A continuación, se asignan símbolos a las señales de capa superior e inferior codificadas. Lo anterior puede lograrse mediante el asignador de símbolos de UL 1304 y el asignador de símbolos de LL 1306. La señal de UL, en forma de símbolos de UL, se retarda entonces mediante el elemento de retardo 1308. Lo anterior se muestra en el bloque 1206. Tal como será evidente, la señal de capa superior se retarda una cantidad de tiempo necesaria para que un receptor de la señal codificada transmitida vuelva a modular y vuelva a codificar una señal de capa superior desmodulada, de tal modo que la señal de capa inferior puede desmodularse de forma incoherente.

La señal de capa superior se asigna entonces a la constelación deseada y se modula por el asignador/ modulador 1310. De forma similar, la señal de capa inferior se asigna y se modula por el asignador modulador 1312. Lo anterior se muestra en los bloques 1208 y 1210. Las señales de capa superior y de capa inferior moduladas se envían por enlace ascendente a partir del centro de enlace ascendente 104 a través de los transmisores de enlace ascendente 1314, 1316, el enlace ascendente 116, y se envían por enlace descendente a un IRD 500 en la estación de recepción 110 a través del transpondedor de enlace descendente 1318 y el enlace descendente 118.

La figura 12B presenta unas etapas a modo de ejemplo que pueden usarse para recibir, desmodular y descodificar la señal transmitida. La señal transmitida se desmodula para producir la señal de capa superior, tal como se muestra

en el bloque 1212. Lo anterior puede realizarse mediante el desmodulador de capa superior 1320 que se muestra en la figura 13. La señal de entrada se retarda entonces, tal como se muestra en el bloque 1214. Lo anterior puede realizarse mediante el elemento de retardo 1330. La señal de entrada retardada se desmodula entonces para producir la señal de capa inferior, tal como se muestra en el bloque 1216.

5 La señal de entrada se desmodula extrayendo la señal de capa inferior a partir de la señal de capa superior con un diferenciador 1328. La señal de capa superior se reconstituye volviendo a codificar y volviendo a modular la señal de capa superior desmodulada y descodificada mediante el desmodulador de capa superior 1320 y el descodificador 1324. Lo anterior se logra mediante el codificador 1326, y el modulador 1327.

10 El elemento de retardo 1330 retarda la señal de capa inferior una cantidad aproximadamente equivalente a la cantidad que la señal de capa superior se retardó mediante el bloque 1308. El uso de unos elementos de retardo 1308 y 1330 representa el tiempo que se requiere para volver a codificar y volver a modular la señal de capa superior y para extraer la señal de capa inferior.

La figura 14A es un diagrama que muestra el sincronismo relativo de la señal de capa superior y la señal de capa inferior. Los bloques 1401 de la señal de capa superior combinada en periodos de tiempo sucesivos (indicados

15
$$\begin{matrix} U_1, U_2, \dots, U_N \\ L_1, L_2, \dots, L_N \end{matrix}$$
) se codifican de acuerdo con un periodo de codificación T para producir un tren de datos 1402.

La señal de capa superior U_1, U_2, \dots, U_N se retarda antes de modularse, enviarse por enlace ascendente y enviarse

por enlace descendente, de tal modo que el tren de datos recibido se vuelve
$$\begin{matrix} U_0, U_1, \dots, U_{N-1} \\ L_1, L_2, \dots, L_N \end{matrix}$$
. La señal de

20 capa superior se desmodula entonces, produciendo un tren de datos 1406. Esta señal de capa superior se descodifica, se vuelve a codificar y se modula por el descodificador 1324, el codificador 1326 y el modulador 1327, y se proporciona al diferenciador 1328 para extraer la señal de nivel inferior. Debido a que la señal de capa inferior se retarda mediante el elemento de retardo 1330, la relación de sincronismo de las señales de nivel inferior y superior desmoduladas es tal como se muestra en el tren de datos 1408, con las señales de nivel inferior y superior otra vez en una relación de sincronismo adecuada.

25 Debido a que la señal de capa superior descodificada se usa también para desmodular y descodificar la capa inferior, las operaciones anteriores requieren que la señal de capa superior deba ser descodificable por su propio derecho a partir de las señales de capa superior e inferior combinadas codificadas. Para conseguir lo anterior, unos datos de sincronismo tales como unos bloques de inicialización (IB) que tienen unos datos de capa inferior conocidos predeterminados, pueden insertarse en por lo menos alguno de los bloques de señal

30
$$\begin{matrix} U_1, U_2, \dots, U_N \\ L_1, L_2, \dots, L_N \end{matrix}$$
. Estos IB pueden insertarse de forma periódica o de forma no periódica. Asimismo, el

desmodulador de capa inferior 1332 puede buscar también estos bloques para fines de sincronismo y de sincronización.

35 La inclusión de los IB disminuye el caudal en una pequeña cantidad. Por ejemplo, si los IB incluyen un bloque de 10K de datos y los datos se transmiten a una tasa de 25 MHz, cada bloque tendría una longitud de aproximadamente 0,5 milisegundos, transmitido cada 25 milisegundos. Lo anterior indica que la inclusión de los IB da como resultado una reducción del caudal de un 2 %.

40 La figura 14B es un diagrama que presenta la relación de sincronismo de las señales de UL y de LL en otra realización de la presente invención. En la presente realización, la mayoría de los bloques 1401 son según se describió en la figura 14A. No obstante, parte de la porción de la señal de capa superior y la señal de capa inferior se codifican por separado, produciendo unos bloques separados 1418, 1420 de los datos. Unos bloques de datos codificados por separado que tienen unos datos de sincronismo en forma de IB pueden insertarse de vez en cuando en el tren de datos 1410, o bien de forma periódica o bien de forma no periódica. Debido a que la señal de capa superior se codifica por separado a partir de la señal de capa inferior, la señal de capa superior es descodificable por sí misma, y no requiere que unos datos de capa inferior conocidos se inserten en los IB como era el caso con la realización que se ilustra en la figura 14A. En una realización, por uniformidad en el sincronismo de bloques, la longitud de palabra de código de IB es 1/2 la de la palabra de código que se describe en la figura 14A. Debido a que

45 la palabra de código para los datos de capa superior y los datos de capa inferior es más pequeña de lo que era en el caso de la realización que se ilustra en la figura 14A, la presente realización puede dar como resultado unos errores ligeramente más grandes, si bien la tasa de códigos puede reducirse para dar cuenta, si se desea, de la palabra de código más pequeña. A diferencia de la realización que se muestra en la figura 14A, la presente realización

50 garantiza que tanto la señal de capa superior como la señal de capa inferior porten carga útil para maximizar el caudal espectral.

Las figuras 15A y 15B son unos diagramas que muestran unas etapas de proceso ilustrativas que pueden usarse para practicar otra realización de la invención. Las figuras 15A y 15B se analizan junto con las figuras 16 y 17. La figura 16 presenta un diagrama de bloques de elementos destacados de un transmisor y receptor representativo que puede realizar las operaciones que se describen en las figuras 12A y 12B. En la presente realización, la señal de capa superior y la señal de capa inferior se codifican por separado y de forma multiplexada, tal como se muestra en el bloque 1502. Lo anterior puede lograrse usando el multiplexor 1604 para aplicar la señal de capa superior y la señal de capa inferior a un único codificador tal como el codificador 1302 que se muestra en la figura 16. Al igual anteriormente, se asignan los símbolos de capa superior y de capa inferior, y la capa superior, y la señal de capa superior y la señal de capa inferior se asigna y se modula, tal como se muestra en los bloques 1504 y 1506. Lo anterior puede lograrse, por ejemplo, mediante los asignadores/ moduladores 1310 y 1312. El resultado se trasmite, tal como se muestra en los bloques 1508 y 1510. Lo anterior puede lograrse mediante los transmisores de enlace ascendente 1314 y el transpondedor de enlace descendente 1318.

Pasando a la figura 15B, la señal de entrada codificada recibida se desmodula para producir una señal de capa superior codificada y una señal de capa inferior codificada. Lo anterior se muestra en los bloques 1512 y 1514. Estas etapas de desmodulación pueden realizarse, por ejemplo, mediante los desmoduladores 1320 y 1322. La señal de capa superior codificada y la señal de capa inferior codificada se codifican entonces de forma multiplexada, tal como se muestra en el bloque 1516. Lo anterior puede realizarse, por ejemplo, usando alternativamente el conmutador 1602 o el multiplexor para aplicar las señales codificadas desmoduladas al descodificador 1324.

En la presente realización, el mismo código puede usarse para las señales de capa superior e inferior, y un único descodificador 1324 en el IRD 500 se multiplexa entre las señales de capa superior y de capa inferior combinadas codificadas, preferentemente con un ciclo de trabajo de 1/2. Asimismo, la presente realización incluye un almacenamiento de memoria intermedia para descodificar en la cantidad de 3/4 de un bloque para símbolos de 4 bits de capa superior, y un bloque para los símbolos de capa inferior.

El presente proceso se ilustra en la figura 17, que muestra unos trenes de datos representativos a partir de los procesos anteriores. El tren de datos 1702 muestra las señales de capa superior e inferior llegando al receptor. Las señales de capa superior e inferior llegan a unos bloques separados 1704 y 1708, cada uno de los cuales se codificó por separado por el codificador 1302. La señal de capa superior se desmodula simplemente, dando como resultado el tren de datos 1710. La señal de capa superior se descodifica entonces. Debido a que la señal de capa superior se codificó por separado, lo anterior se puede conseguir con la señal de capa superior sola. La señal de capa superior descodificada se vuelve a modular y se vuelve a codificar entonces, dando como resultado el tren de datos 1712. El resultado se usa para desmodular la capa inferior, con los resultados que se muestran en el tren de datos 1714. Las capas superior e inferior desmoduladas en este punto se entrelazan una con otra, y se proporcionan al descodificador 1324. Los resultados pueden desentrelazarse mediante a desentrelazador y pueden aplicarse también a un descodificador Reed-Solomon o similar.

La técnica de modulación en capas (LM) que se describe anteriormente requiere típicamente el uso de los transpondedores de satélite 108A, 108B que tienen una salida de potencia más grande que los asociados con las técnicas de modulación ordinarias. Típicamente, la capa de señal superior 402 debe modularse por una portadora de una potencia sustancialmente más alta que la de la capa de señal inferior 420. Asimismo, las aplicaciones compatibles con versiones anteriores (BWC) típicamente requieren más potencia que las aplicaciones no de BWC para la capa de señal superior 402.

Conclusión

Esto concluye la descripción de las realizaciones preferentes de la presente invención. La descripción anterior de la realización preferente de la invención se ha presentado para los fines de ilustración y de descripción. No se pretende ser exhaustivo o limitar la invención a la forma precisa descrita. Muchas modificaciones y variaciones son posibles a la luz de la enseñanza anterior. Por ejemplo, se observa que las configuraciones de enlace ascendente que se muestran y se describen en la divulgación anterior pueden implementarse mediante uno o más módulos de hardware, uno o más módulos de software que definen instrucciones que se realizan mediante un procesador, o una combinación de ambos.

Se pretende que el alcance de la invención esté limitado no por la presente descripción detallada, sino más bien por las reivindicaciones adjuntas a la misma. La memoria descriptiva, ejemplos y datos anteriores proporcionan una descripción completa de la fabricación y el uso de la composición de la invención. Debido a que muchas realizaciones de la invención pueden fabricarse sin alejarse del alcance de la invención, la invención reside en las reivindicaciones adjuntas a continuación en el presente documento.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de transmisión de una señal codificada que tiene una señal de datos de capa superior y una señal de datos de capa inferior, que comprende las etapas de:
 - 5 combinar la señal de datos de capa superior y la señal de datos de capa inferior;
 - codificar la señal de datos de capa superior y la señal de datos de capa inferior combinadas;
 - retardar la señal de datos de capa superior;
 - modular la señal de datos de capa superior retardada;
 - modular la señal de datos de capa inferior;
 - transmitir la señal de datos de capa superior retardada; y
 - 10 transmitir la señal de datos de capa inferior.

2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa de codificar la señal de datos de capa superior y la señal de datos de capa inferior combinadas comprende además la etapa de insertar unos datos de sincronismo en la señal de datos de capa superior y la señal de datos de capa inferior combinadas codificadas, incluyendo los datos de sincronismo unos datos de señal de capa inferior predeterminados.

- 15 3. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa de codificar la señal de datos de capa superior y la señal de datos de capa inferior combinadas comprende además la etapa de insertar unos datos de sincronismo en por lo menos una porción de la señal de datos de capa superior y en la señal de datos de capa inferior.

4. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la señal de datos de capa superior es retardada una cantidad de tiempo necesaria para que un receptor de la señal codificada transmitida vuelva a modular y vuelva a codificar una señal de datos de capa superior desmodulada.

- 20 5. Un aparato para transmitir una señal codificada que tiene una señal de datos de capa superior y una señal de datos de capa inferior, que comprende:
 - 25 un codificador (1302), para codificar una señal de datos de capa superior y una señal de datos de capa inferior combinadas;
 - un elemento (1308) de retardo, acoplado comunicativamente con el codificador (1302), para retardar la señal de datos de capa superior;
 - un primer modulador (1310), para modular la señal de datos de capa superior retardada;
 - un segundo modulador (1312), para modular la señal de datos de capa inferior;
 - 30 un transmisor (1314), acoplado comunicativamente con el primer modulador (1310), para transmitir la señal de datos de capa superior retardada; y
 - un segundo transmisor (1316), acoplado comunicativamente con el segundo modulador (1312), para transmitir la señal de datos de capa inferior.

6. El aparato de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el codificador (1302) inserta unos datos de sincronismo en la señal de datos de capa superior y la señal de datos de capa inferior combinadas codificadas, incluyendo los datos de sincronismo unos datos de señal de capa inferior predeterminados.

7. El aparato de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el codificador inserta unos datos de sincronismo en por lo menos una porción de la señal de datos de capa superior y en la señal de datos de capa inferior.

8. El aparato de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la señal de datos de capa superior es retardada una cantidad de tiempo necesaria para que un receptor de la señal codificada transmitida vuelva a modular y vuelva a codificar una señal de datos de capa superior desmodulada.

- 40 9. Un procedimiento de descodificación de una señal de entrada codificada que tiene una señal modulada de capa superior y una señal modulada de capa inferior, que comprende las etapas de:
 - 45 desmodular la señal de entrada codificada para producir una señal de capa superior;
 - retardar la señal de entrada;
 - desmodular la señal de entrada retardada para producir una señal de capa inferior, en el que la etapa de desmodular la señal de entrada retardada para producir una señal de capa inferior comprende las etapas de:
 - 50 volver a codificar y volver a modular la señal de capa superior; y
 - extraer la señal de capa inferior a partir de la señal de entrada sustrayendo de la señal de entrada la señal de capa superior codificada de nuevo y modulada de nuevo;
 - combinar la señal de capa superior y la señal de capa inferior; y
 - descodificar la señal de capa superior y la señal de capa inferior combinadas.

10. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, en el que:
 - la señal de entrada codificada incluye unos datos de sincronismo que tienen unos datos de señal de capa

inferior predeterminados; y

la señal de capa superior y la señal de capa inferior combinadas se descodifican de acuerdo con los datos de sincronismo.

11. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, en el que:

5 por lo menos una porción de la señal de entrada codificada incluye una señal de capa superior y una señal de capa inferior codificadas por separado; y
la por lo menos una porción de la señal de entrada codificada es descodificada de acuerdo con los datos de sincronismo.

10 12. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la señal de entrada se retarda una cantidad de tiempo necesaria para volver a codificar y volver a modular la señal de capa superior.

13. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, que además comprende la etapa de desentrelazar la señal de capa superior y la señal de capa inferior combinadas descodificadas.

14. Un aparato para descodificar una señal de entrada codificada que tiene una señal modulada de capa superior y una señal modulada de capa inferior, que comprende:

15 un desmodulador (1320) para desmodular la señal (1016) de entrada para producir una señal de capa superior; un elemento de retardo (1330), acoplado comunicativamente con la señal (1016) de entrada para retardar la señal de entrada;

20 un segundo desmodulador (1332) para desmodular la señal de entrada retardada para producir una señal de capa inferior, acoplado el segundo desmodulador (1332) comunicativamente con el elemento de retardo (1330);

un combinador (1322) para combinar la señal de capa superior y la señal de capa inferior, acoplado el combinador (1322) comunicativamente con el primer desmodulador (1320) y el segundo desmodulador (1332);

un descodificador (1324), acoplado comunicativamente con el combinador (1332), el descodificador (1324) para descodificar la señal de capa superior y la señal de capa inferior combinadas;

25 un codificador (1326) acoplado comunicativamente con el descodificador (1324), el codificador (1325) para volver a codificar la señal de capa superior;

un modulador (1327), acoplado comunicativamente con el codificador (1326), el modulador (1327) para volver a modular la señal de capa superior; y

30 un módulo diferenciador (1328), acoplado comunicativamente con el modulador (1327) y el segundo desmodulador (1332), para extraer la señal de capa inferior a partir de la señal (1016) de entrada sustrayendo de la señal (1016) de entrada la señal de capa superior codificada de nuevo y modulada de nuevo.

15. El aparato de acuerdo con la reivindicación 14, en el que:

la señal de entrada codificada incluye unos datos de sincronismo insertados que tienen unos datos de señal de capa inferior predeterminados; y

35 la señal de capa superior y la señal de capa inferior combinadas son descodificadas de acuerdo con los datos de sincronismo.

16. El aparato de acuerdo con la reivindicación 14, en el que:

40 por lo menos una porción de la señal de entrada codificada incluye una señal de capa superior y una señal de capa inferior codificadas por separado; y

la por lo menos una porción de la señal de entrada codificada es descodificada de acuerdo con los datos de sincronismo.

17. El aparato de acuerdo con la reivindicación 16, en el que la señal de entrada es retardada una cantidad de tiempo necesaria para volver a codificar y volver a modular la señal de capa superior.

18. Un procedimiento de transmisión de una señal codificada que tiene una señal de datos de capa superior y una señal de datos de capa inferior, que comprende las etapas de:

45 codificar por separado y de forma multiplexada la señal de datos de capa superior y la señal de datos de capa inferior;

modular la señal de datos de capa superior codificada por separado;

modular la señal de datos de capa inferior codificada por separado;

50 transmitir la señal de datos de capa superior modulada y codificada por separado; y

transmitir la señal de datos de capa inferior modulada y codificada por separado.

19. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 18, en el que la señal de datos de capa superior y la señal de datos de capa inferior son codificadas mediante el mismo código.

20. Un procedimiento de descodificación de una señal de entrada codificada que tiene una señal modulada de capa superior y una señal modulada de capa inferior, que comprende las etapas de:

desmodular la señal de entrada para producir una señal de capa superior codificada;
desmodular la señal de entrada para producir una señal de capa inferior codificada, en el que la etapa de desmodular la señal de entrada para producir una señal de capa inferior codificada comprende las etapas de:

5 volver a codificar y volver a modular la señal de capa superior; y
extraer la señal de capa inferior a partir de la señal de entrada sustrayendo de la señal de entrada la señal de capa superior codificada de nuevo y modulada de nuevo;
10 aplicar de forma multiplexada la señal de capa superior codificada y la señal de capa inferior codificada a un descodificador de señal.

21. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 20, que además comprende la etapa de desentrelazar la señal de capa superior y la señal de capa inferior combinadas descodificadas.

22. Un aparato para transmitir una señal codificada que tiene una señal de datos de capa superior y una señal de datos de capa inferior, que comprende:

15 un multiplexor (1604) para aplicar por separado y de forma multiplexada la señal de datos de capa superior y la señal de datos de capa inferior a un codificador (1302);
un modulador (1310), acoplado comunicativamente con el codificador (1302), para modular la señal de datos de capa superior codificada por separado;
un segundo modulador (1312), acoplado comunicativamente con el codificador (1302), para modular la señal de datos de capa inferior codificada por separado;
20 un transmisor (1314), acoplado comunicativamente con el modulador (1310), el transmisor para transmitir la señal de datos de capa superior modulada y codificada por separado; y
un segundo transmisor (1316), acoplado con el segundo modulador (1312), el segundo transmisor (1316) para transmitir la señal de datos de capa inferior modulada y codificada por separado.

23. El aparato de acuerdo con la reivindicación 22, en el que la señal de datos de capa superior y la señal de datos de capa inferior son codificadas mediante el mismo código.

25 24. Un aparato para descodificar una señal de entrada codificada que tiene una señal modulada de capa superior y una señal modulada de capa inferior, que comprende:

30 un primer desmodulador (1320) para desmodular la señal de entrada para producir una señal de capa superior codificada;
un segundo desmodulador (1332) para desmodular la señal de entrada para producir una señal de capa inferior codificada;
un multiplexor (1602), acoplado comunicativamente con el primer desmodulador (1320) y el segundo desmodulador (1332), el multiplexor (1602) para aplicar de forma multiplexada la señal de capa superior codificada y la señal de capa inferior codificada a un descodificador de señal (1324);
35 un codificador (1326), acoplado comunicativamente con el descodificador (1324), para volver a codificar la señal de capa superior;
un modulador (1327), acoplado comunicativamente con el codificador (1326), el modulador (1327) para volver a modular la señal de capa superior codificada de nuevo;
un extractor (1328), acoplado comunicativamente con el modulador (1327) y el segundo desmodulador (1332), el extractor para extraer la señal de capa inferior a partir de la señal de entrada sustrayendo de la señal de
40 entrada la señal de capa superior codificada de nuevo y modulada de nuevo.

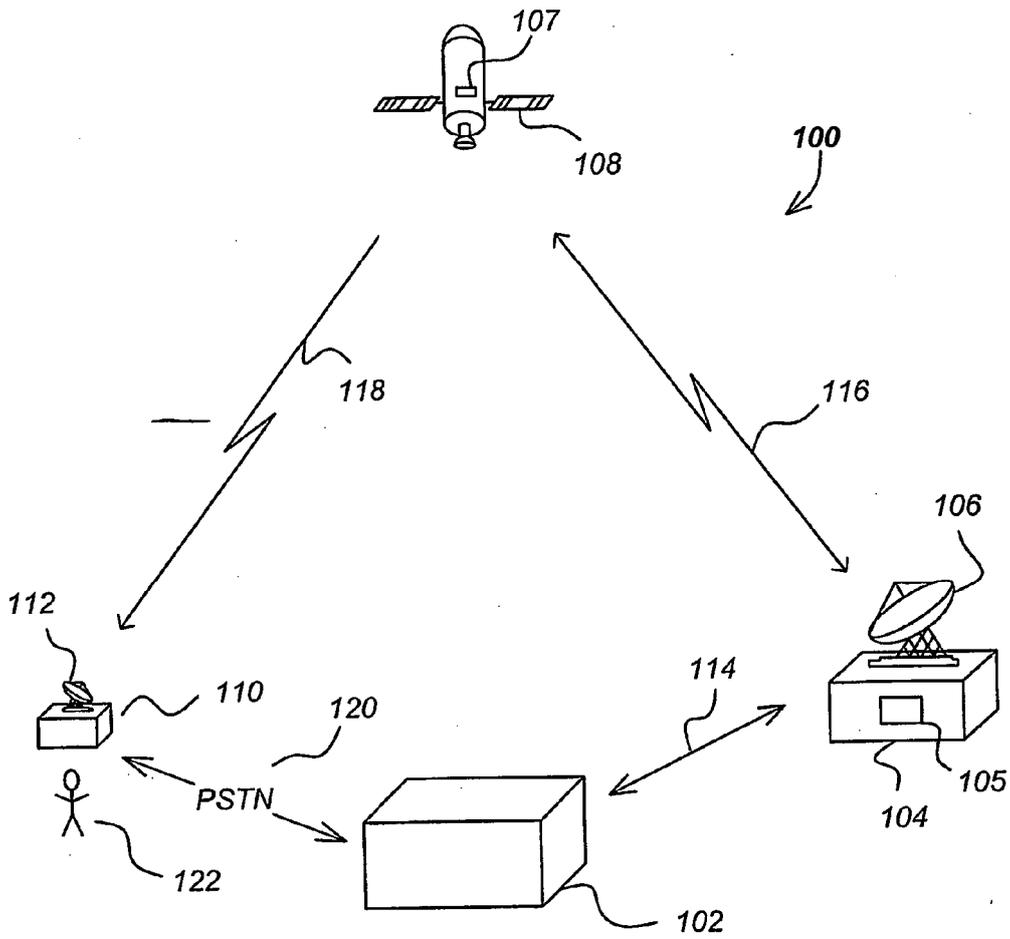


FIG. 1

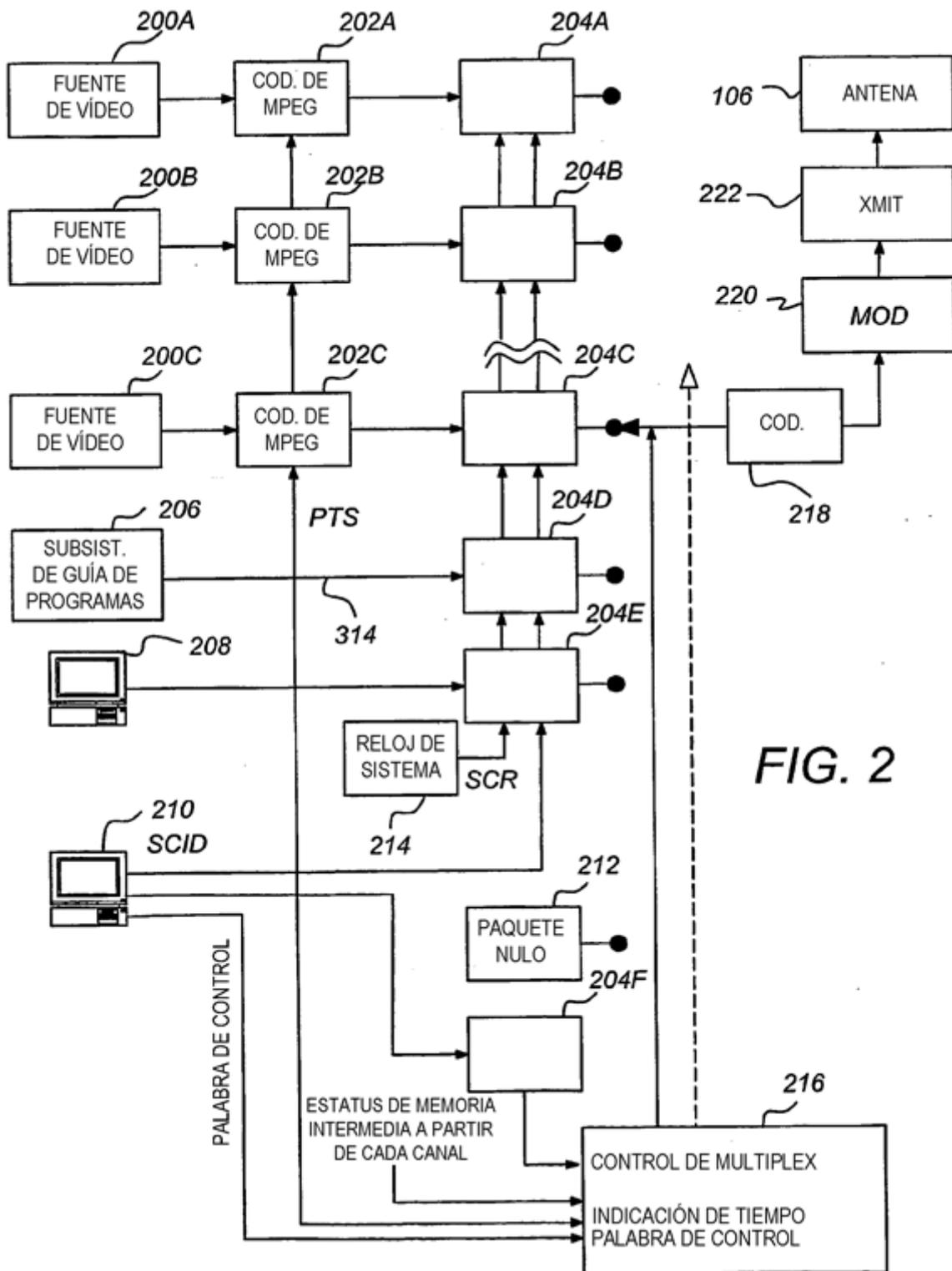


FIG. 2

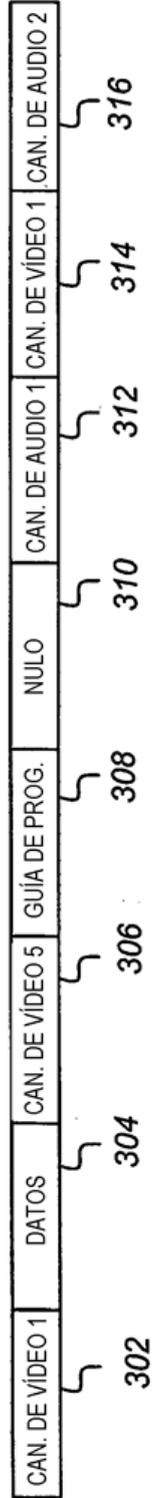


FIG. 3A

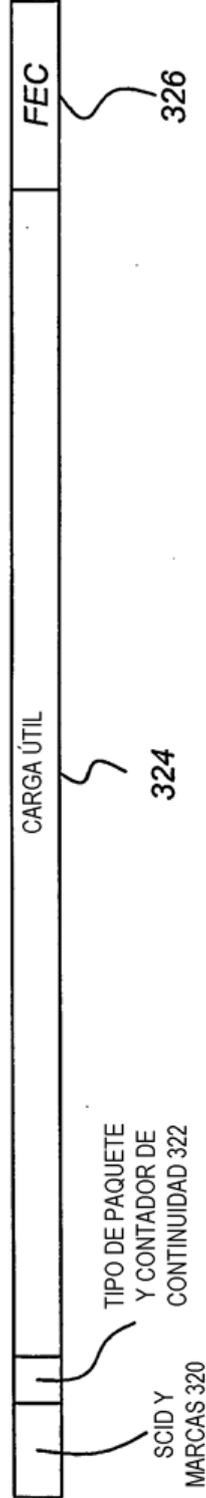


FIG. 3B

220 ↘

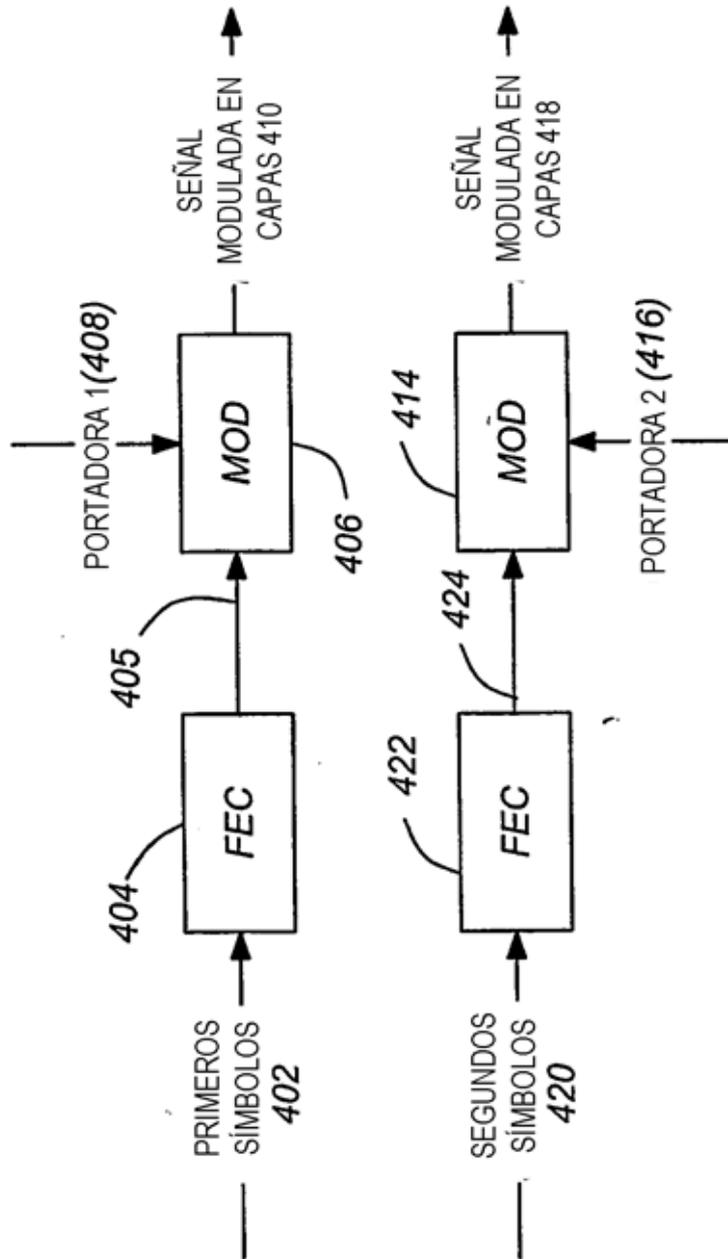


FIG. 4

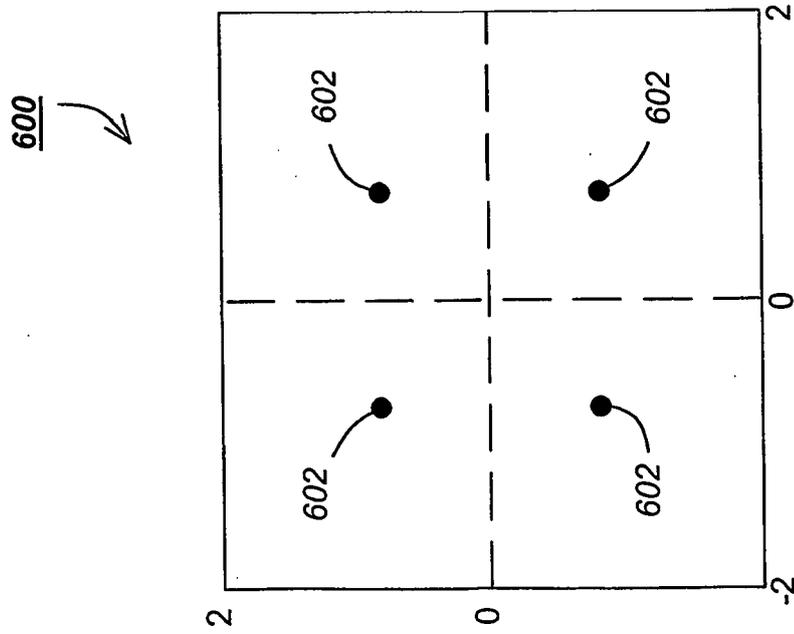


FIG. 6A

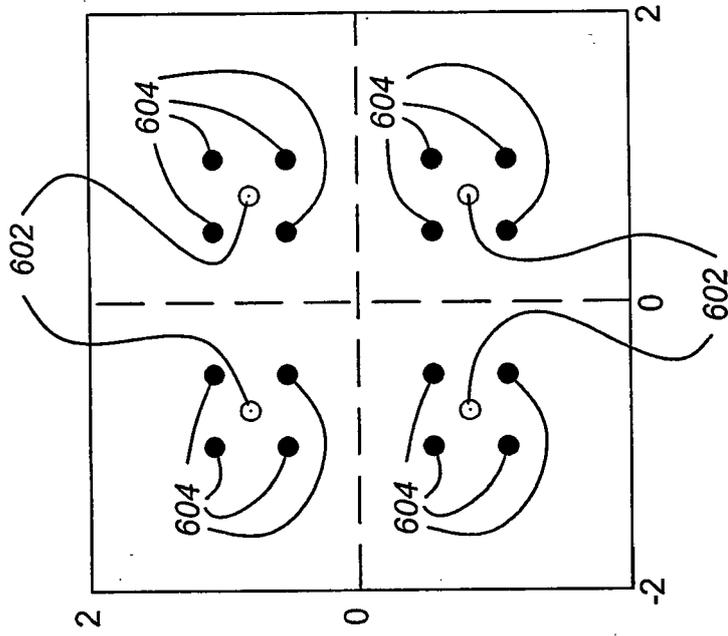


FIG. 6B

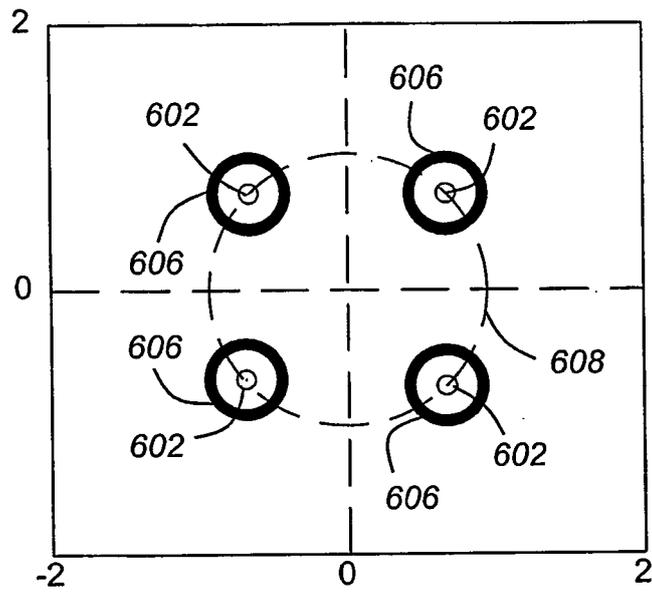


FIG. 6C

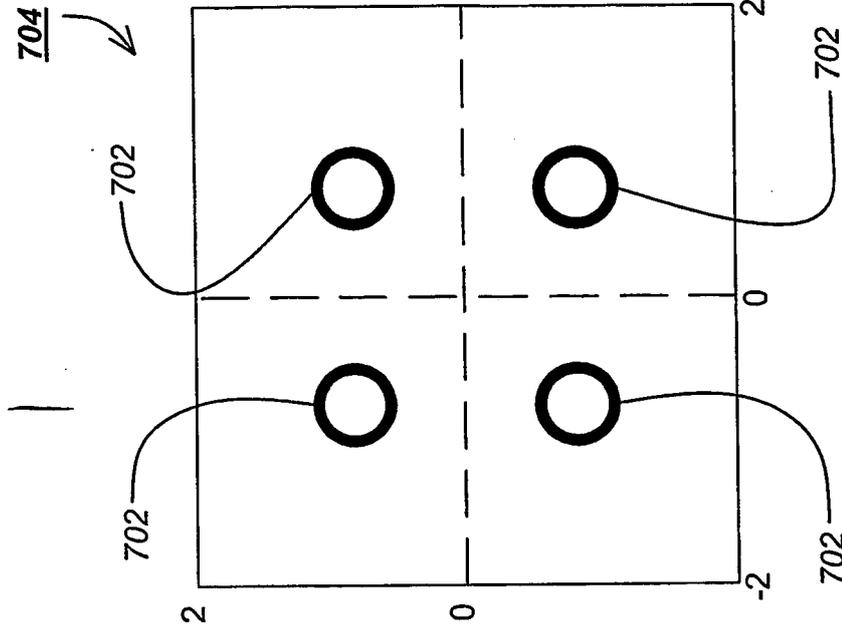


FIG. 7B

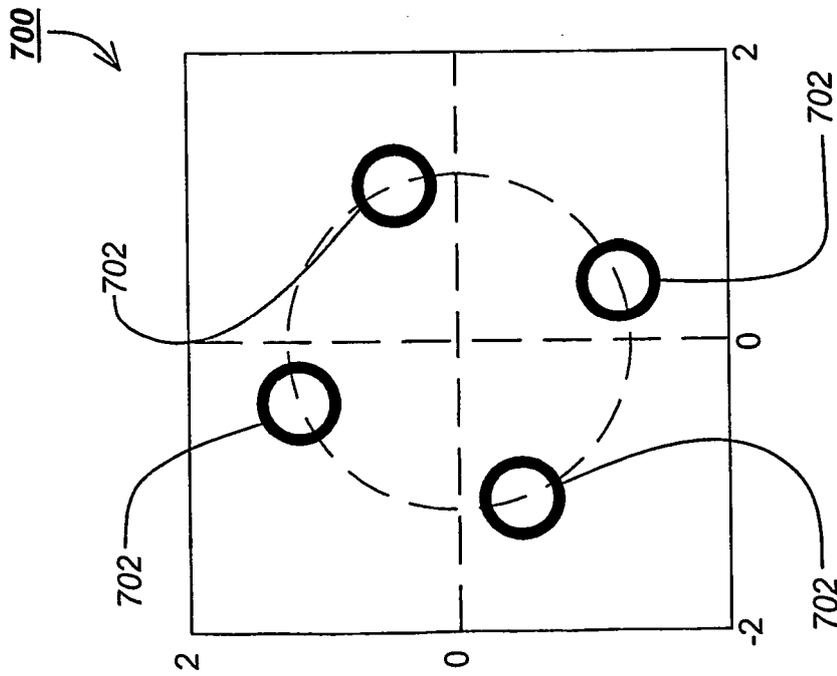


FIG. 7A

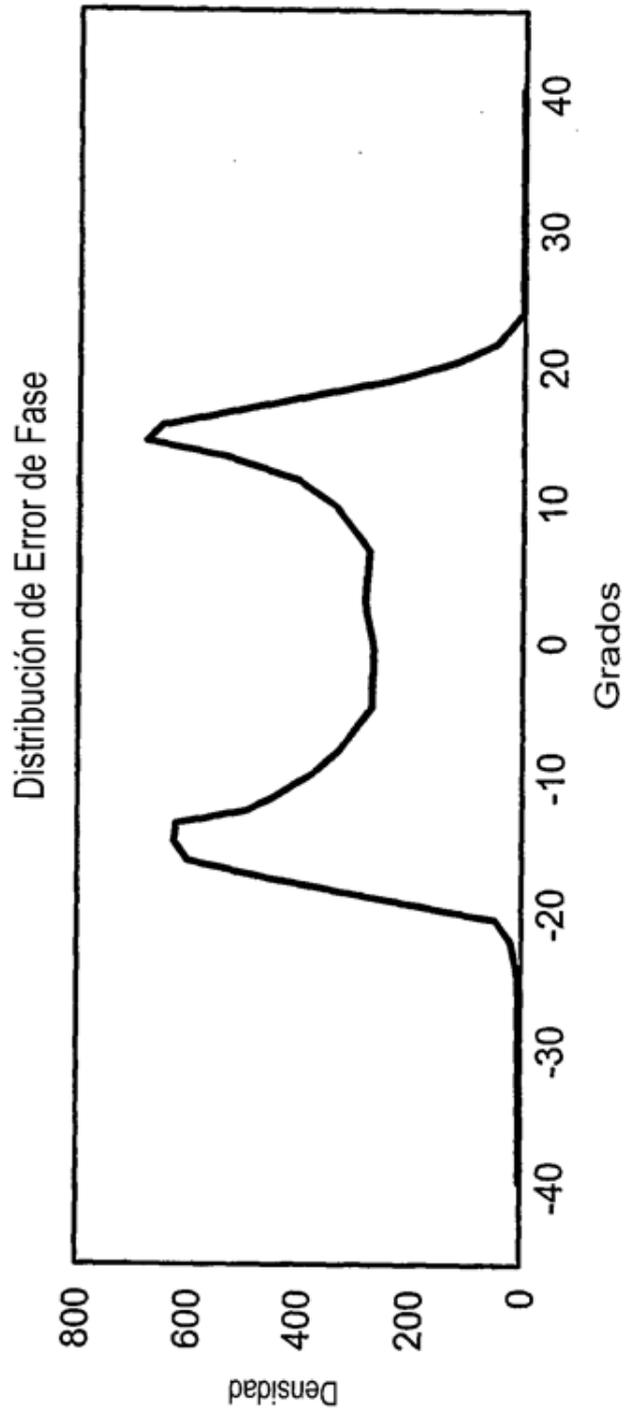


FIG. 7C

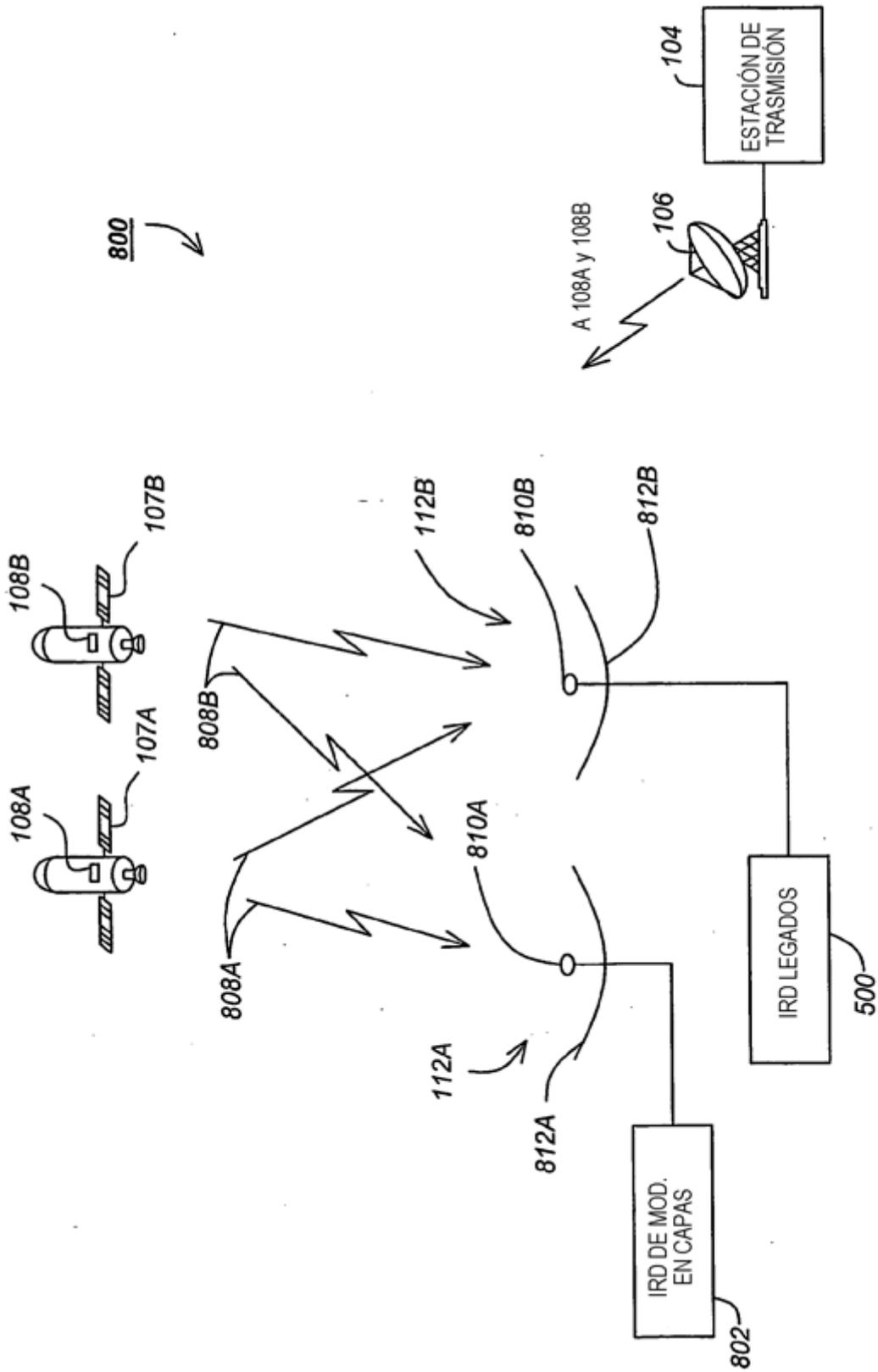


FIG. 8

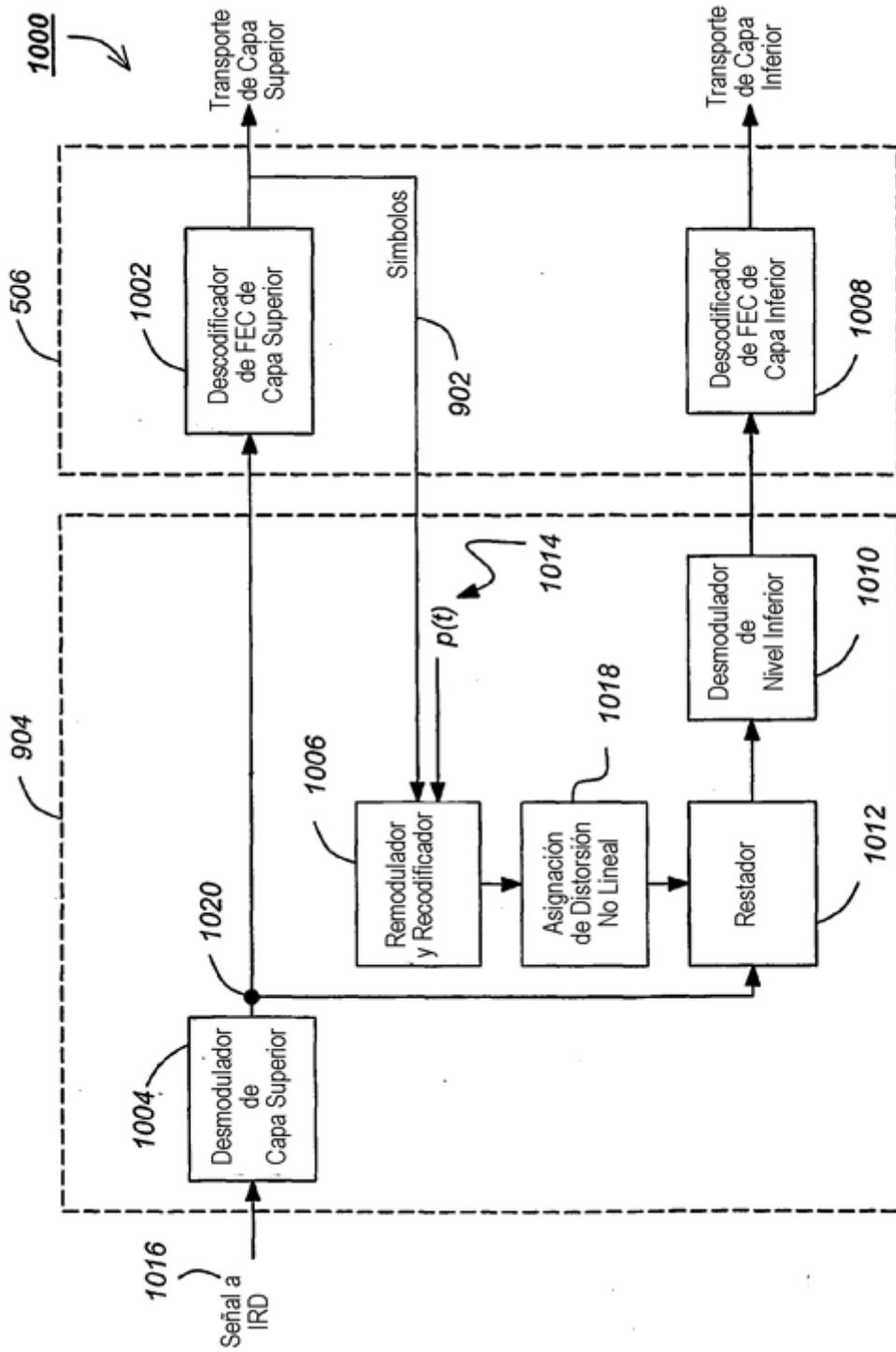


FIG. 10A

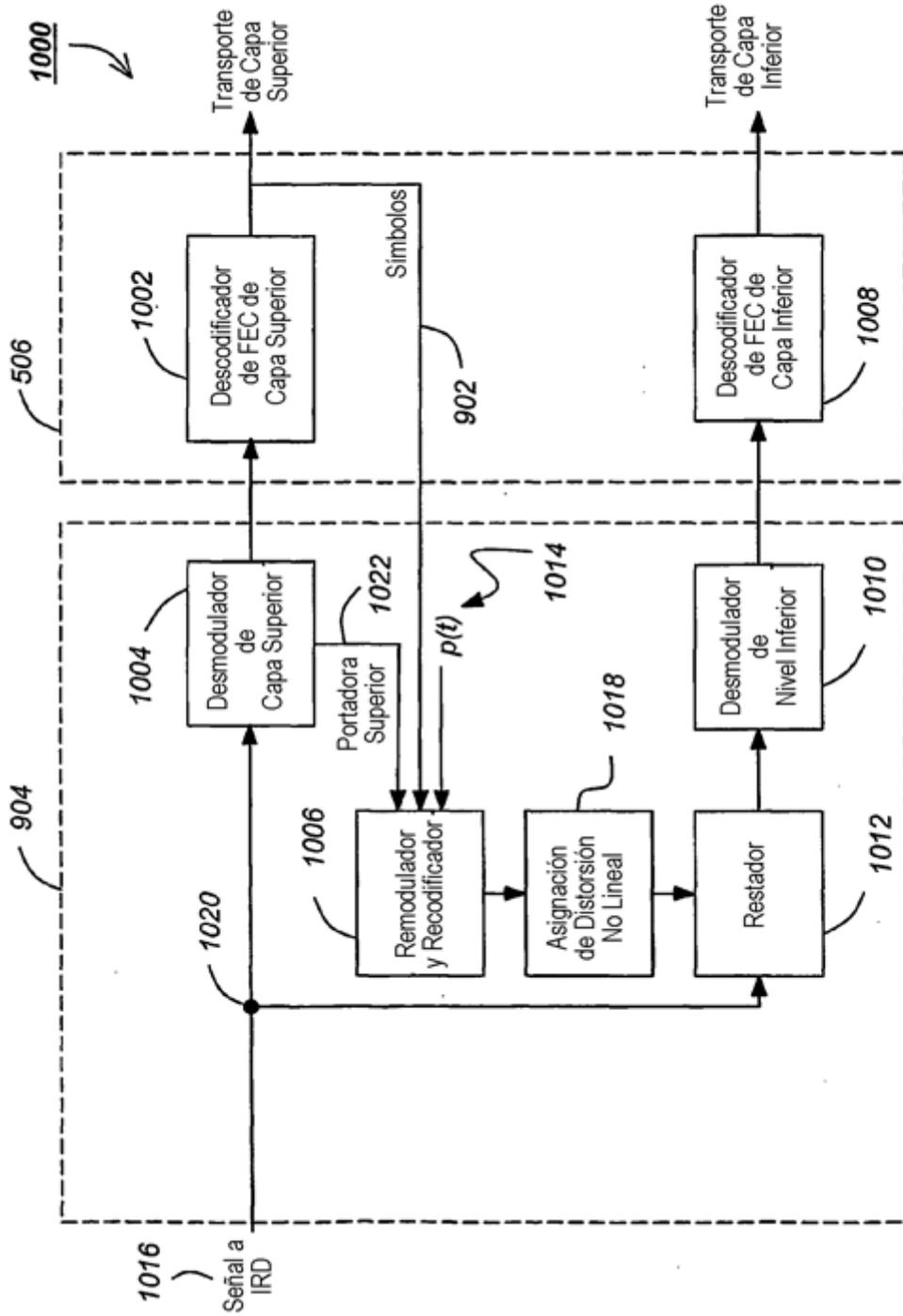


FIG. 10B

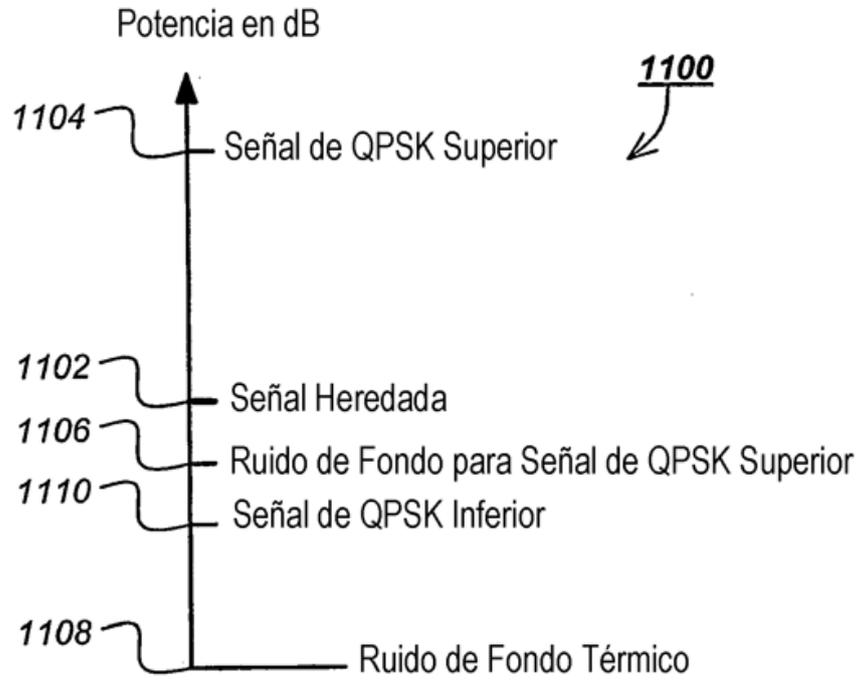


FIG. 11A

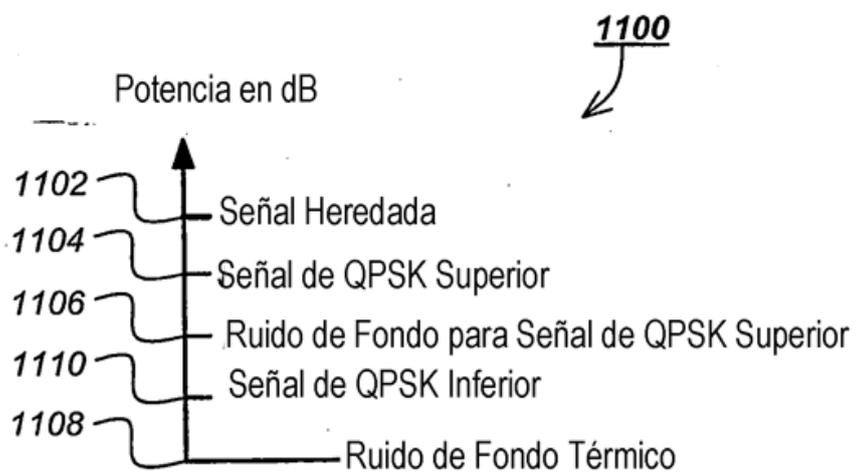


FIG. 11B

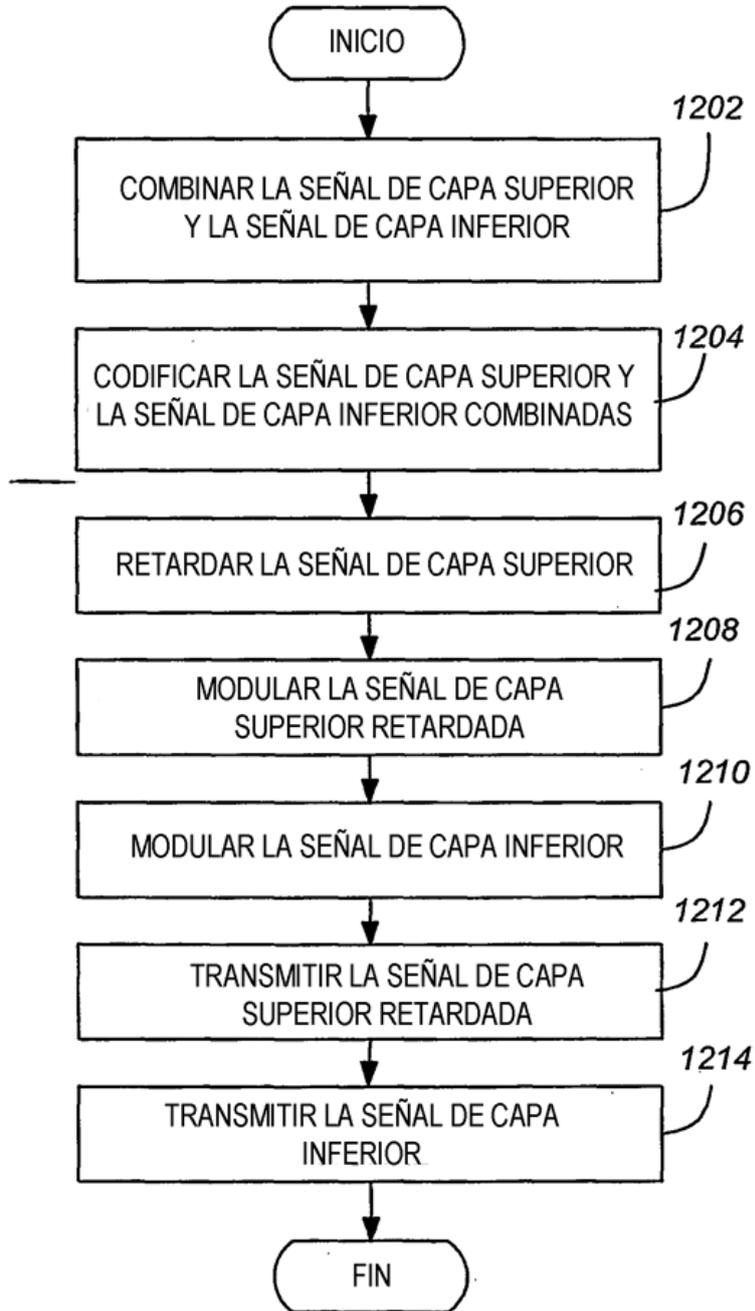


FIG. 12A

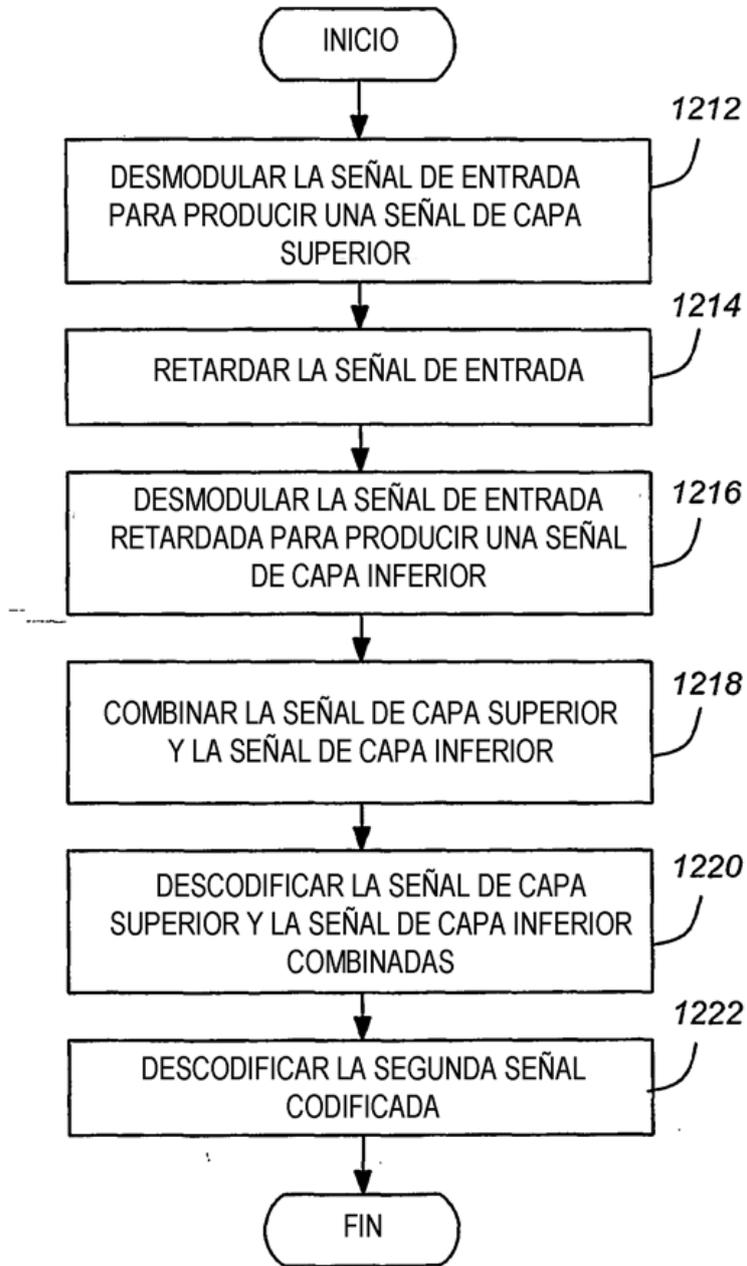


FIG. 12B

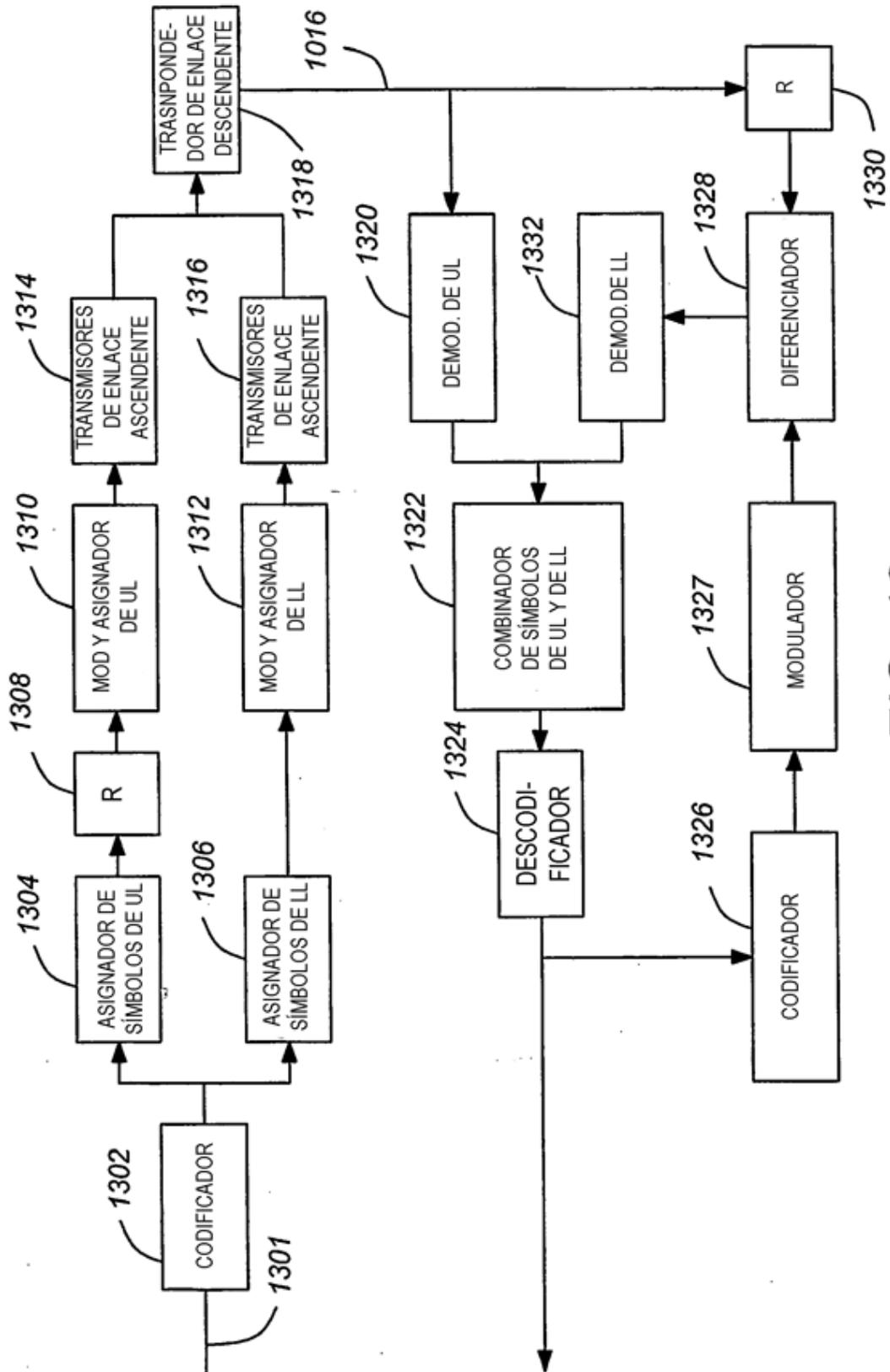


FIG. 13

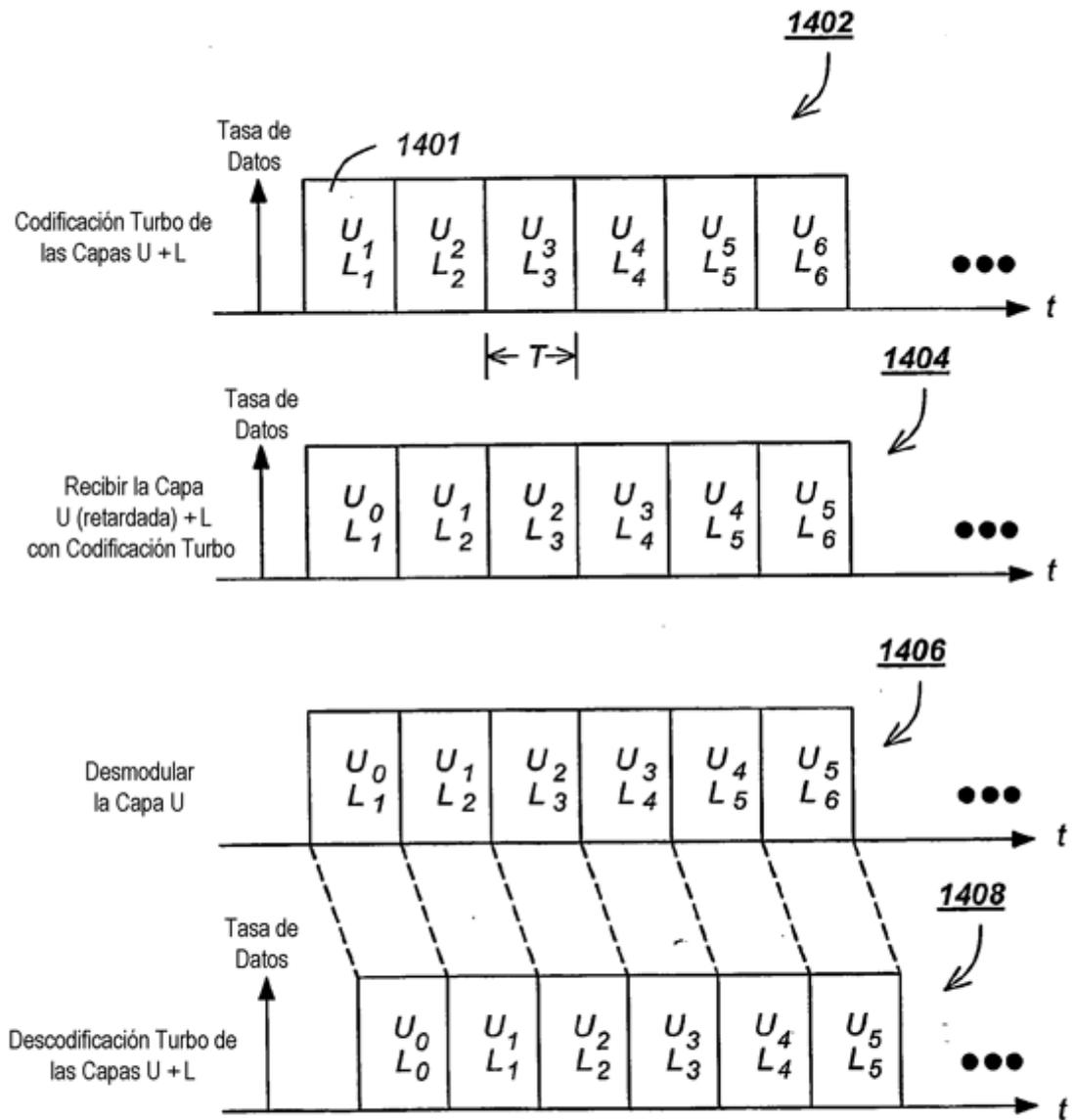


FIG. 14A

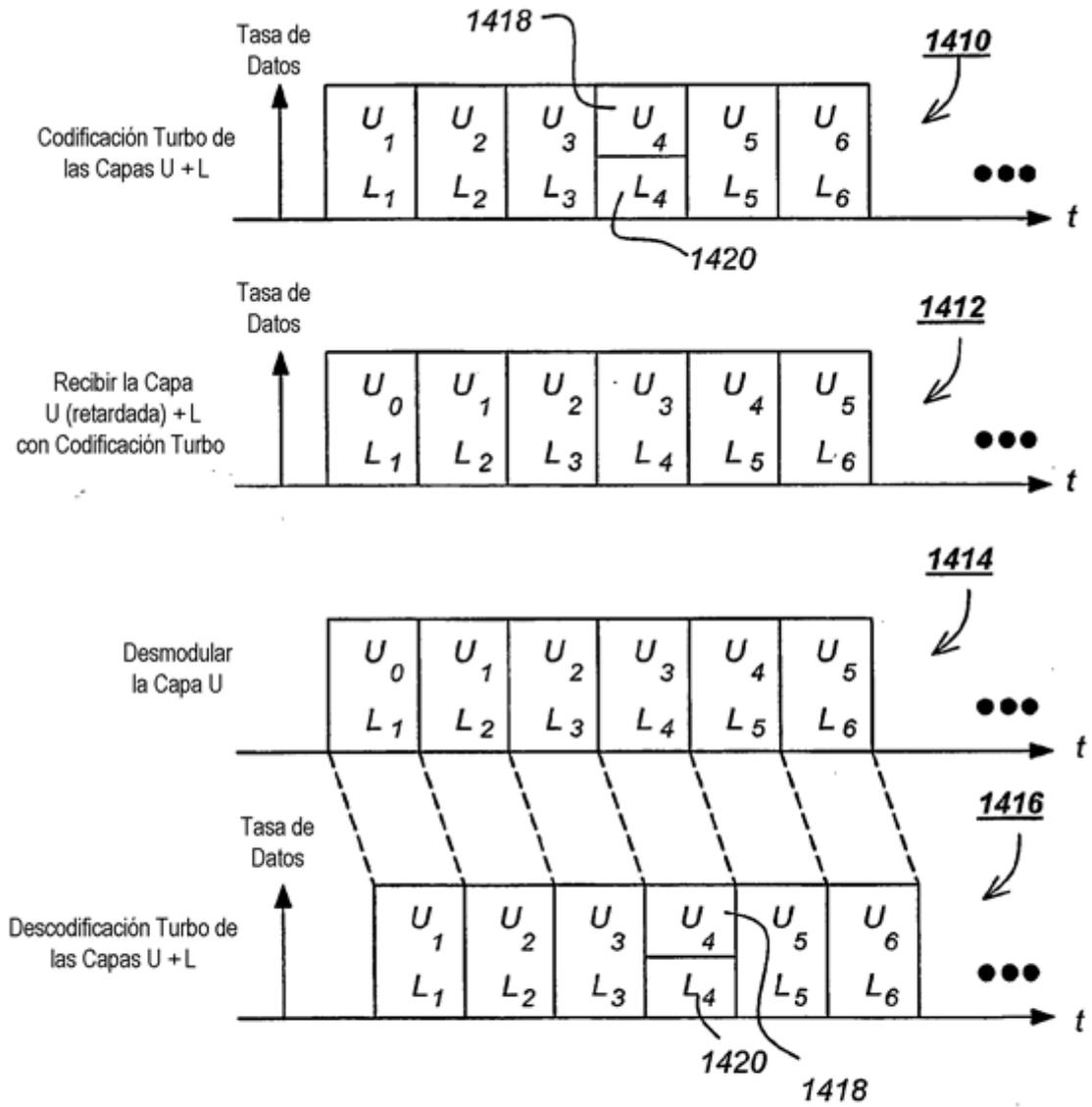


FIG. 14B

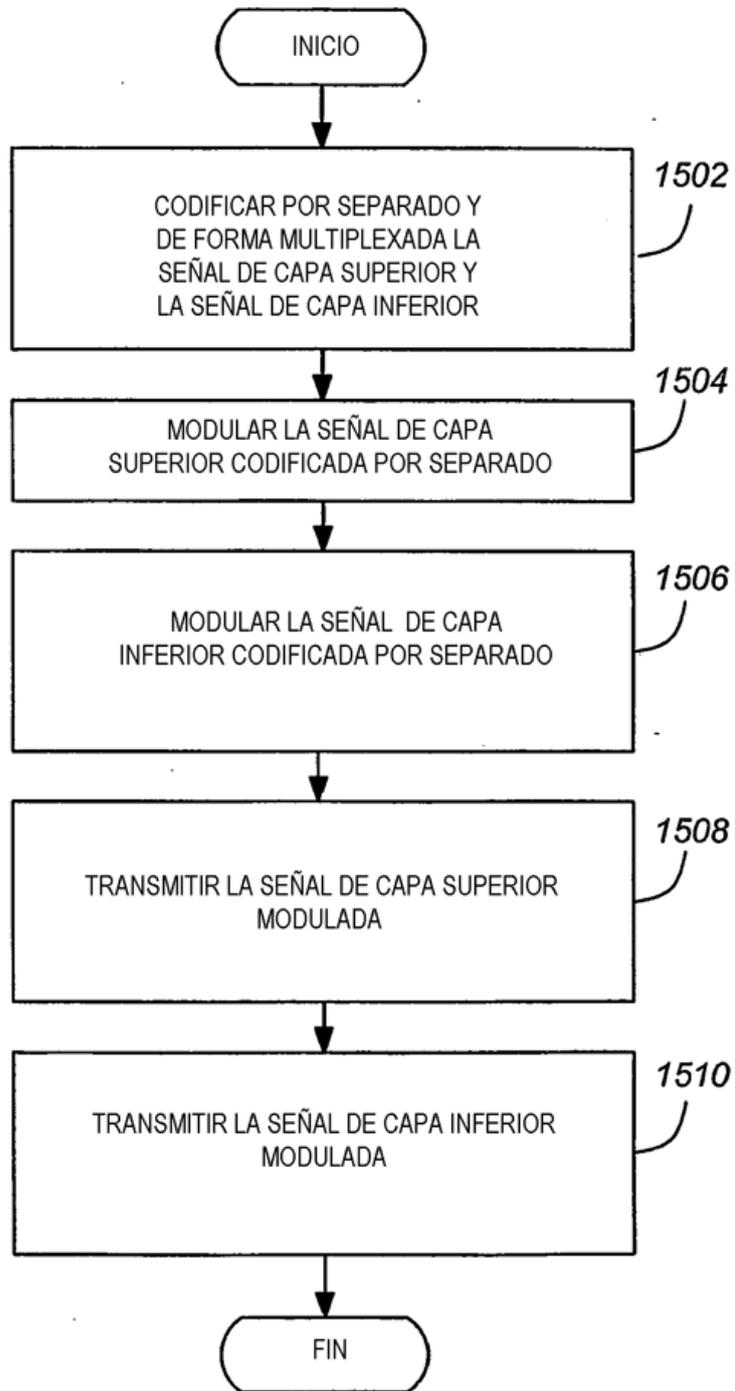


FIG. 15A

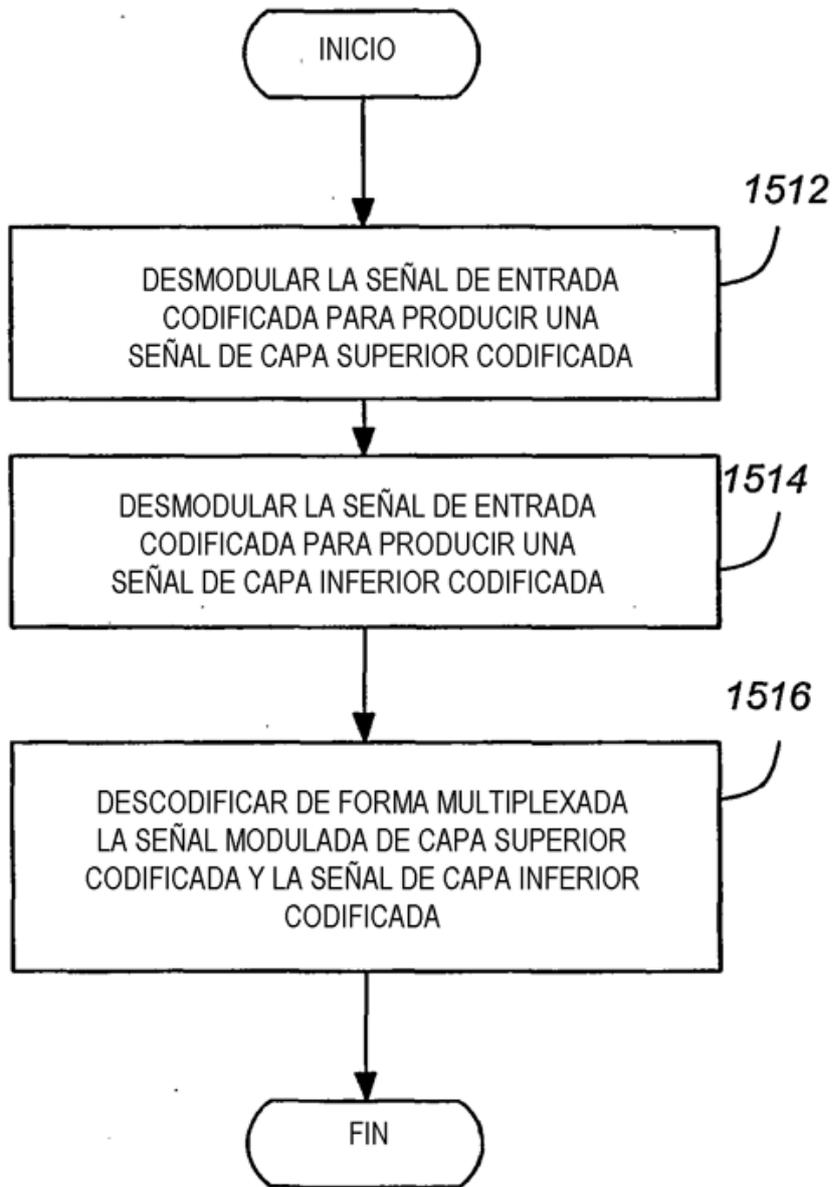


FIG. 15B

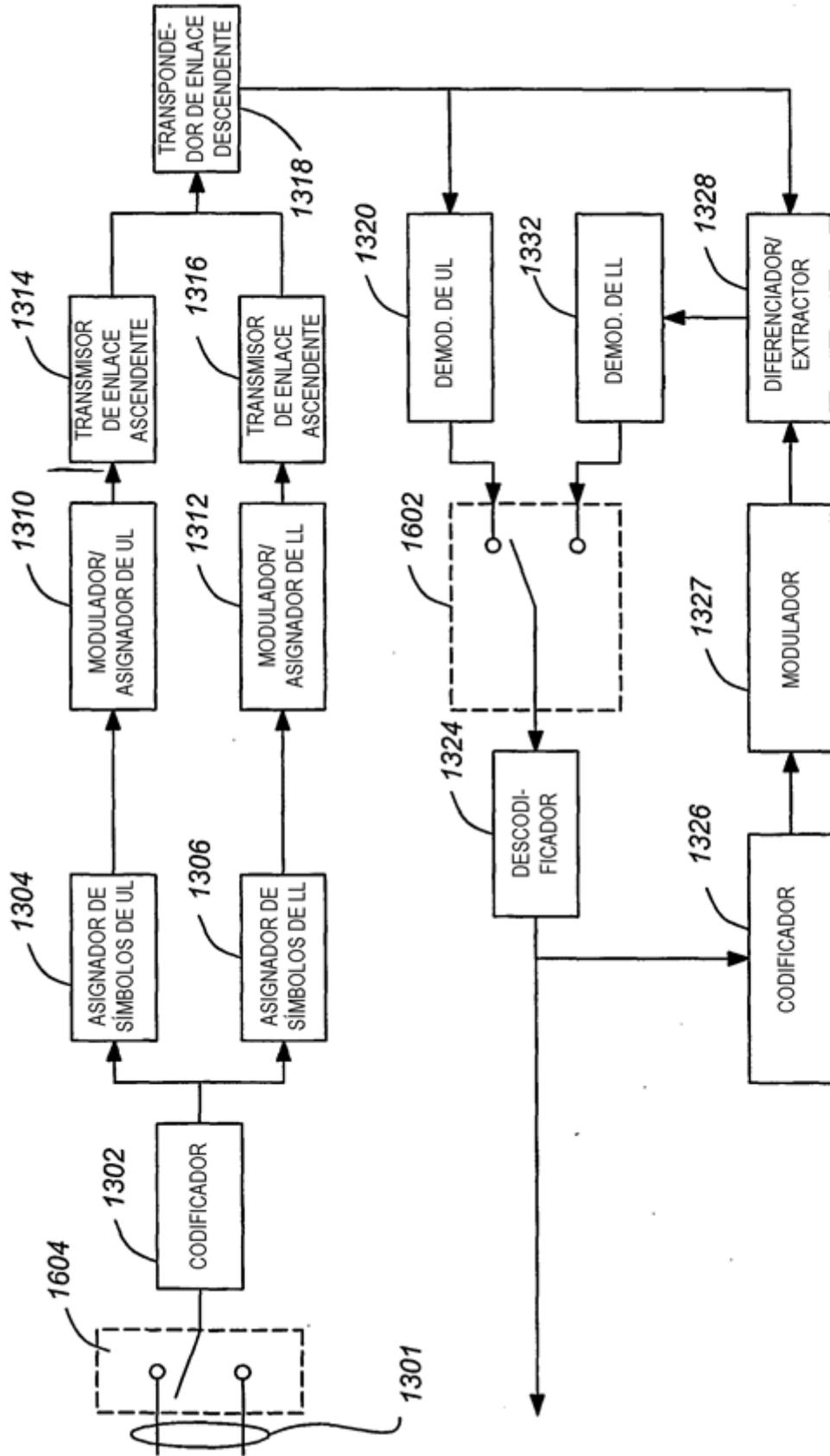


FIG. 16

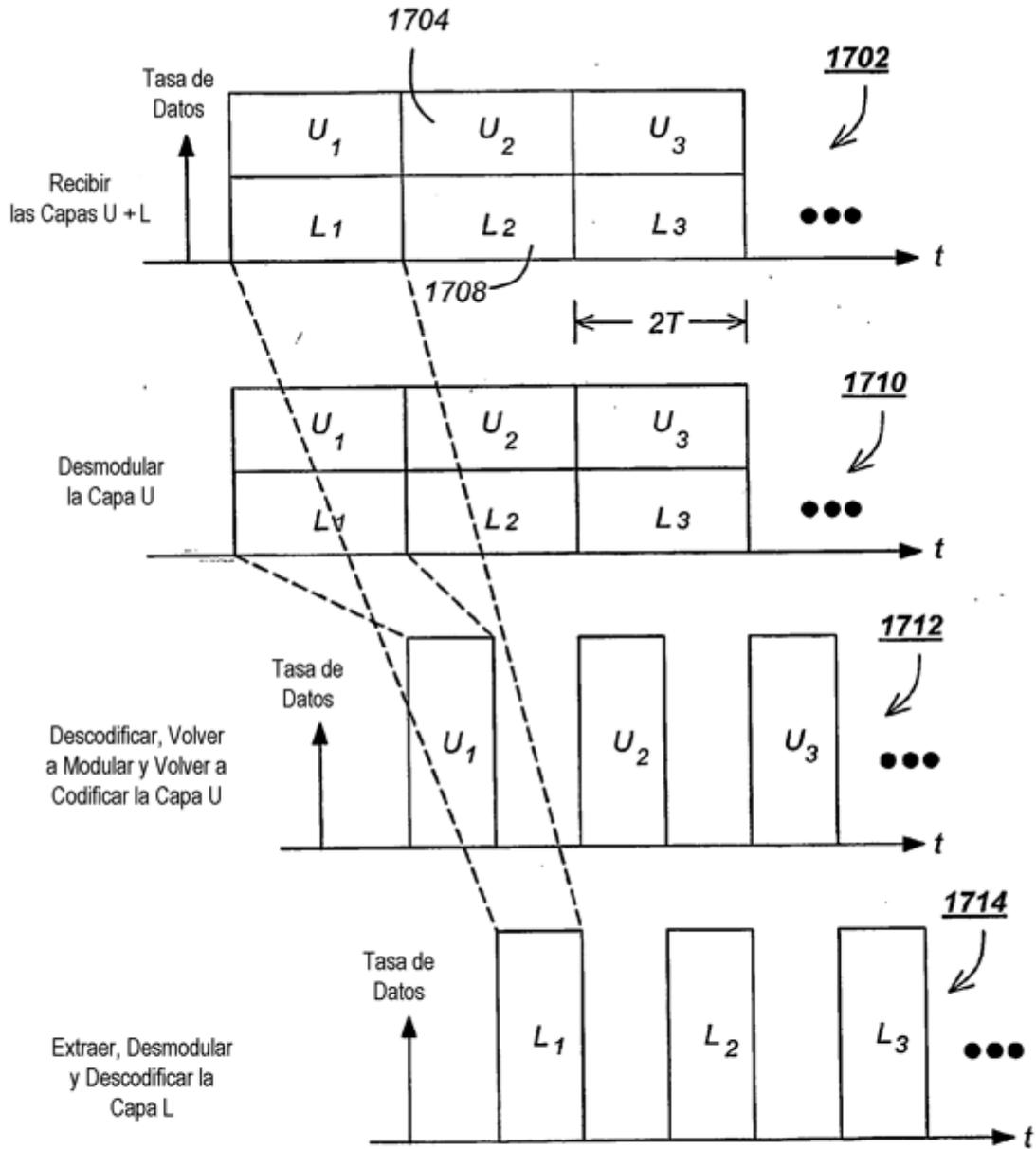


FIG. 17