

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 421 336**

51 Int. Cl.:

H04B 7/185 (2006.01)

G08G 3/00 (2006.01)

G01S 1/68 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.09.2010 E 10178715 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2013 EP 2302821**

54 Título: **Sistemas y métodos para la decodificación de señales de un sistema de identificación automática**

30 Prioridad:

25.09.2009 US 567104

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

30.08.2013

73 Titular/es:

**COM DEV INTERNATIONAL LTD. (100.0%)
155 Sheldon Drive
Cambridge Ontario N1R 7H6, CA**

72 Inventor/es:

**PEACH, ROBERT y
CHEN, WEIGUO**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 421 336 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

Sistemas y métodos para la decodificación de señales de un sistema de identificación automática

5 Campo

Las realizaciones descritas en el presente documento se refieren a sistemas y métodos para la decodificación de señales de un Sistema de Identificación Automática. Más particularmente, las realizaciones descritas en el presente documento se refieren a sistemas y métodos para la supervisión de naves que envían señales del Sistema de Identificación Automática mediante la recepción de las señales con un satélite en órbita terrestre baja y extrayendo segmentos de mensaje contenidos en él.

Antecedentes

15 El Sistema de Identificación Automática (AIS) es un sistema de comunicaciones marítimas diseñado para comunicaciones de corto alcance (típicamente 20-30 millas náuticas) de barco a barco y barco a costa. El sistema AIS usa canales en banda estrecha (es decir un ancho de banda de 25 kHz) en Muy Alta Frecuencia (VHF) centrados en 161,975 MHz y 162,025 MHz, con un posible canal adicional en 157,375 MHz y un método de comunicación denominado Acceso Múltiple por División de Tiempo Auto Organizado (SOTDMA).

20 El sistema AIS soporta un cierto número de tipos diferentes de señal. La señal AIS principal enviada por un barco es un informe de posición que proporciona información que pertenece a la identificación, localización, curso, velocidad y otros detalles del barco. Una señal de informe de posición incluye típicamente un campo de entrada, una secuencia de entrenamiento, un marcador de inicio, un campo de segmento de mensaje, una Secuencia de Comprobación de Trama (FCS), un campo de marcador final y un campo de memoria intermedia. Es el campo de segmento de mensaje el que contiene información que pertenece al barco desde el que se envió la señal AIS, tal como el MMSI (Identidad del Servicio Móvil Marítimo) y la longitud y latitud de la localización del barco. El campo de segmento de mensaje puede incluir también otra información relativa al barco que incluye el estado de navegación, velocidad de viraje, rumbo verdadero, etc., así como otra información tal como una marca de tiempo que indica cuando se obtuvo la información.

35 El sistema AIS también incluye el uso de un receptor, permitiendo a un barco recibir señales AIS emitidas por barcos alrededor de él y extraer los segmentos de mensaje contenidos en él. Cada minuto, cada canal de VHF se divide en 2250 ranuras de tiempo, cada una de las cuales pueda alojar una transmisión AIS (es decir una señal AIS), de 26,67 ms. Las ranuras de tiempo se sincronizan con precisión con el Tiempo Universal Coordinado (UTC) que se usa típicamente en el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), y cada unidad AIS reserva ranuras de tiempo para transmisiones AIS futuras desde el barco. Otras unidades AIS dentro del alcance pueden mantener por lo tanto un mapa de ranuras reservadas y evitar la transmisión durante estos intervalos. La característica de organización automática evita colisiones de señal en los cortos alcances implicados en transmisiones de superficie.

40 El uso del AIS es ahora obligatorio en todos los barcos de más de 300 toneladas dedicados a viajes internacionales, y se está extendiendo también a otros navíos. Se concibió originalmente como una ayuda a la navegación y a la seguridad y también tiene aplicaciones de seguridad potenciales para supervisión del tráfico marítimo. La detección de la señal AIS se podría conseguir usando estaciones de costa/de tierra, pero el alcance limitado de las señales VHF requeriría que tales estaciones de costa/tierra estuviesen situadas en muchas localizaciones a lo largo de la costa, incluso podrían supervisar solamente la región costera inmediata.

50 La Solicitud de Patente de Estados Unidos publicada como US 2009/0161797 describe un sistema y método de detección de señales AIS en el espacio y decodificación de estas señales. El sistema incluye un receptor para la recepción de una pluralidad de señales AIS y para procesamiento de éstas para producir unos datos de entrada digitales que se pueden procesar adicionalmente a continuación para identificar una o más señales de mensaje AIS candidatas basados en los desplazamientos Doppler, determinar las estimaciones de los desplazamientos Doppler correspondientes y estimaciones de tiempo de las señales de mensajes AIS candidatas, separar y decodificar estas señales candidatas para obtener segmentos de mensaje correspondientes y validar estos segmentos de mensaje para un formateo AIS apropiado.

Sumario

60 La invención se define en la reivindicación independiente a la que se dirige ahora la referencia. Las características preferidas se establecen en las reivindicaciones dependientes. Las realizaciones descritas en el presente documento se refieren a métodos y sistemas para la extracción de segmentos de mensaje del sistema de identificación automática (AIS) para al menos una señal AIS recibida por un satélite mediante la generación y procesamiento de múltiples versiones de al menos una señal AIS.

65 En un amplio aspecto se proporciona un método de extracción de segmentos de mensaje del sistema de identificación automática (AIS) desde al menos una señal AIS recibida por un satélite. El método incluye: (a) la

recepción de al menos una señal AIS desde al menos una antena de satélite; (b) la generación de múltiples versiones de la al menos una señal AIS recibida mediante la variación de uno o más parámetros de detección de la señal AIS cuando se generan cada una de las múltiples versiones; (c) la extracción de segmentos de mensaje contenidos dentro de cada una de las múltiples versiones de la al menos una señal AIS usando el al menos un receptor AIS; (d) la clasificación de los segmentos de mensaje por tiempo de recepción; y (e) el borrado de cualquier segmento de mensaje duplicado.

En otra característica de ese aspecto de la invención que genera múltiples versiones de la al menos una señal AIS, incluye la variación de al menos uno de entre (i) un parámetro de al menos una señal AIS y (ii) un parámetro del al menos un receptor AIS. Los parámetros de la al menos una señal AIS pueden incluir la frecuencia y amplitud de la al menos una señal AIS. Los parámetros del al menos un receptor AIS pueden incluir la frecuencia central, la respuesta de frecuencia y el ancho de banda de un filtro pasa banda interno a al menos un receptor AIS. Los parámetros de la al menos una señal AIS y del al menos un receptor AIS se pueden variar de una forma predeterminada o en una forma adaptativa en base al número de segmentos de mensaje extraídos.

En otra característica de ese aspecto, la generación de múltiples versiones de la al menos una señal AIS incluye: (b.1) la división de al menos una señal AIS en un número predeterminado de señales AIS equivalentes y (b.2) el filtrado de cada una de las señales AIS equivalentes usando un filtro pasa banda separado para producir las múltiples versiones de la al menos una señal AIS. El número de filtros pasa banda y el ancho de banda de cada uno de los filtros pasa banda se puede seleccionar de acuerdo con

$$B_C = B + (N - 1) * (B - B_D) = N * B - (N - 1) * B_D$$

donde B_D es el ancho de banda mínimo para extraer segmentos de mensaje, B es el ancho de banda de cada filtro pasa banda, B_C es el ancho de banda del canal AIS y N es el número de filtros pasa banda. El ancho de banda de cada filtro pasa banda puede estar entre aproximadamente 10 kHz y aproximadamente 14 kHz. En algunos casos el número de filtros pasa banda es de 7 y el ancho de banda de cada filtro pasa banda es aproximadamente de 12 kHz.

En otra característica de ese aspecto, la primera y segunda señales AIS se reciben desde una primera y segunda antenas respectivamente, y la generación de múltiples versiones de la al menos una señal AIS incluye: (b.1) la división de la primera señal AIS en un número predeterminado de primeras señales AIS equivalentes; (b.2) la división de la segunda señal AIS en un número predeterminado de segundas señales AIS equivalentes; (b.3) desplazamiento de fase de cada una de las segundas señales AIS equivalentes en una cantidad diferente para producir una pluralidad de señales AIS desplazadas en fase y (b.4) la combinación de cada una de las primeras señales AIS equivalentes con una de las señales AIS desplazadas en fase para producir las múltiples versiones de la al menos una señal AIS. La cantidad de cada desplazamiento de fase puede estar predeterminada. El número predeterminado puede ser cuatro y la cantidad de desplazamiento de fase puede ser 0°, 90°, 180° y 270°. El número predeterminado puede ser ocho y la cantidad de desplazamiento de fase puede ser 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° y 315°. La cantidad de cada desplazamiento de fase se puede determinar adaptativamente en base al número de segmentos de mensaje extraídos de cada una de las múltiples versiones de la al menos una señal AIS.

En otra característica de ese aspecto, la generación de múltiples versiones de la al menos una señal AIS incluye adicionalmente el ajuste de la amplitud de al menos una de las primeras señales AIS equivalentes y de las señales AIS desplazadas en fase previamente a la combinación de cada una de las primeras señales AIS equivalentes con una de las señales AIS desplazadas en fase.

En otra característica de ese aspecto, la generación de múltiples versiones de la al menos una señal AIS incluye: (b.1) la generación de una señal AIS que representa los segmentos de mensaje extraídos y (b.2) la resta de la señal AIS que representa los segmentos de mensaje extraídos de la al menos una señal AIS para generar una versión de la al menos una señal AIS. La generación de múltiples versiones de la al menos una señal AIS puede incluir adicionalmente la repetición de las etapas (b.1) a (b.2) hasta que el número de mensajes nuevos extraídos caiga por debajo de un umbral predeterminado.

En otra característica de ese aspecto, la primera y segunda señales AIS recibidas desde la primera y segunda antenas, respectivamente, y la generación de múltiples versiones de la al menos una señal AIS incluye: (b.1) la división de la primera señal AIS en un primer número predeterminado de primeras señales AIS equivalentes; (b.2) la división de la segunda señal AIS en el primer número predeterminado de segundas señales AIS equivalentes; (b.3) el filtrado de cada una de las primeras señales AIS equivalentes usando un filtro pasa banda separado para producir una pluralidad de primeras señales AIS filtradas; (b.4) el filtrado de cada una de las segundas señales AIS equivalentes usando un filtro pasa banda separado para producir una pluralidad de segundas señales AIS filtradas; (b.5) la división de cada una de las primeras señales AIS filtradas en un segundo número predeterminado de primeras señales AIS filtradas equivalentes y (b.6) la división de cada una de las segundas señales AIS filtradas en el segundo número predeterminado de segundas señales AIS filtradas equivalentes; (b.7) la aplicación de al menos uno de entre un desplazamiento de fase y un desplazamiento de amplitud a cada una de las segundas señales AIS filtradas equivalentes para producir una pluralidad de señales AIS desplazadas, donde se aplican diferentes

desplazamientos de fase y amplitud a cada una de las segundas señales AIS filtradas equivalentes correspondientes a una segunda señal AIS filtrada particular y (b.8) la combinación de cada una de las primeras señales AIS filtradas equivalentes con una de las señales AIS desplazadas para producir las múltiples versiones de la al menos una señal AIS.

5 En otra característica de ese aspecto, la primera y segunda señales AIS se reciben desde una primera y segunda antenas, respectivamente, y la generación de múltiples versiones de la al menos una señal AIS incluye: (b.1) la división de la primera señal AIS en un primer número predeterminado de primeras señales AIS equivalentes; (b.2) la división de la segunda señal AIS en el primer número predeterminado de segundas señales AIS equivalentes; (b.3) la aplicación de al menos uno de entre un desplazamiento de fase y un desplazamiento de amplitud a cada una de las segundas señales AIS equivalentes para producir una pluralidad de señales AIS desplazadas, donde se aplican diferentes desplazamientos de fase y amplitud a cada una de las segundas señales AIS equivalentes; (b.4) la combinación de cada una de las primeras señales AIS equivalentes con una de las señales AIS desplazadas para producir una pluralidad de señales AIS combinadas; (b.5) la división de cada una de las señales AIS combinadas en un segundo número predeterminado de señales AIS combinadas equivalentes y (b.6) el filtrado de cada una de las señales AIS combinadas equivalentes usando un filtro pasa banda separado para producir las múltiples versiones de la al menos una señal AIS.

20 Breve descripción de los dibujos

Para una mejor comprensión de las realizaciones de los sistemas y métodos descritos en el presente documento, y para mostrar más claramente cómo se puede llevar a efecto, se hará referencia, a modo de ejemplo, a los dibujos adjuntos en los que:

- 25 La FIG. 1 es un esquema de un sistema de procesamiento AIS que incluye un satélite LEO y una estación de tierra;
- la FIG. 2 es un diagrama de bloques de un sistema LEO de acuerdo con una realización;
- la FIG. 3 es un diagrama de flujo de un método para la extracción de segmentos de mensaje desde señales AIS recibidas por un satélite LEO de acuerdo con una primera realización;
- 30 la FIG. 4 es un diagrama de bloques de una unidad decodificadora de ejemplo para la implementación del método de la FIG. 3;
- 35 la FIG. 5 es un diagrama de flujo de un método para la extracción de segmentos de mensaje desde señales AIS recibidas por un satélite LEO de acuerdo con una segunda realización;
- la FIG. 6 es un diagrama de bloques de una unidad decodificadora de ejemplo para la implementación del método de la FIG. 5;
- 40 la FIG. 7 es un diagrama de flujo de un método para la extracción de segmentos de mensaje desde señales AIS recibidas por un satélite LEO de acuerdo con una tercera realización;
- la FIG. 8 es un diagrama de bloques de una unidad decodificadora de ejemplo para la implementación del método de la FIG. 7;
- 45 la FIG. 9 es un diagrama de flujo de un método para la extracción de segmentos de mensaje desde señales AIS recibidas por un satélite LEO de acuerdo con una cuarta realización; y
- 50 la FIG. 10 es un diagrama de bloques de una unidad decodificadora de ejemplo para la implementación del método de la FIG. 9.

Se apreciará que por simplicidad y claridad de ilustración, los elementos mostrados en las figuras no se han dibujado necesariamente a escala. Por ejemplo, las dimensiones de algunos de los elementos pueden estar exageradas con relación a otros elementos por claridad. Adicionalmente, cuando se considera apropiado, se pueden repetir los números de referencia entre las figuras para indicar elementos correspondientes o análogos.

Descripción detallada

60 Se apreciará que se exponen numerosos detalles específicos para proporcionar una comprensión global de las realizaciones de ejemplo descritas en el presente documento. Sin embargo, se comprenderá por los expertos en la materia que las realizaciones descritas en el presente documento se pueden poner en práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, no se han descrito en detalle métodos, procedimientos y componentes bien conocidos, de modo que no se oscurezcan las realizaciones descritas en el presente documento. Adicionalmente, esta descripción no se ha de considerar como limitativa en ninguna forma del alcance de las realizaciones descritas en el presente documento, sino que por el contrario describe simplemente la implementación de varias realizaciones

descritas en el presente documento.

Las señales AIS se pueden detectar también usando satélites en Órbita Terrestre Baja (LEO). Sin embargo, el amplio campo de visión (FOV) de los satélites LEO significa que los satélites LEO pueden recibir señales de un gran número de barcos a la vez, particularmente cuando el satélite LEO pasa sobre áreas de alto volumen de navegación, lo que da como resultado típicamente un gran número de señales AIS que colisionan o solapan entre sí. Adicionalmente, el amplio FOV de un satélite LEO significa que los barcos en el FOV pueden variar ampliamente entre sí y a grandes distancias el método de comunicación SOTDMA no es efectivo en la evitación de colisiones de señales. Los retardos de propagación también afectan a la sincronización precisa de tiempos.

Por lo tanto, un problema encontrado en la detección AIS basada en satélites LEO es que muchas de las señales AIS enviadas por barcos colisionarán o se solaparán entre sí. Por ejemplo, se estima que puede haber 2000 barcos en el FOV de un satélite LEO en áreas de elevado tráfico. Cada barco enviará típicamente 10 informes de posición AIS por minuto de modo que, para 2000 barcos, un satélite LEO recibirá 20.000 señales AIS por minuto. Este es un gran número comparado con el número de ranuras de tiempo disponibles (es decir 4500 a través de ambos canales VHF) y como resultado muchas señales AIS colisionarán entre sí. Por lo tanto, aunque la detección de las señales AIS por un satélite LEO puede proporcionar un medio de supervisión de una gran región de tráfico de navegación, la viabilidad de este enfoque dependerá grandemente de su capacidad para decodificar las señales AIS en presencia de un gran número de señales solapadas.

Un segundo problema encontrado en la detección AIS basada en satélites LEO es que las señales AIS recibidas por un satélite LEO están sometidas a muchas fuentes de ruido e interferencia además de las posibles colisiones con otras señales AIS. Tal interferencia puede impedir la detección de una señal AIS o producir errores en el mensaje codificado. Debido a la naturaleza esencialmente aleatoria de estos efectos de interferencia, el conjunto de los segmentos de mensaje AIS que se decodifica con éxito a partir de cualquier conjunto de datos depende de los ajustes de los parámetros del receptor AIS. En consecuencia, casi cualquier modificación de los ajustes de los parámetros de un receptor AIS dará como resultado un conjunto modificado de segmentos de mensaje extraídos para un conjunto dado de datos de entrada.

En consecuencia, el rendimiento (es decir el incremento en el número de segmentos de mensaje decodificados) de cualquier receptor AIS se puede mejorar generando múltiples versiones de la señal AIS recibida original donde cada versión corresponde a un conjunto particular de ajustes de los parámetros del receptor. Cada versión de la señal AIS se procesa a continuación mediante un receptor o receptores AIS estándar. Los elementos de mensaje decodificados generados por el receptor o receptores AIS se pueden combinar a continuación para proporcionar un grupo final de segmentos de mensaje decodificados. En consecuencia, las realizaciones descritas en el presente documento se refieren a métodos y sistemas para la extracción de segmentos de mensaje a partir de señales AIS recibidas por un satélite LEO donde se generan y procesan múltiples versiones de las señales AIS recibidas.

Se hace referencia a la FIG. 1, que muestra un sistema de procesamiento AIS **10** que incluye un satélite LEO **12** y una estación de tierra **14** para la recepción y decodificación de señales AIS de acuerdo con una realización. La FIG. 1 ilustra numerosos barcos **16** que tienen un transpondedor AIS **18** para la transmisión de señales AIS que se reciben por el satélite LEO **12**.

Típicamente un barco **16** dado transmitirá señales AIS a través de dos canales VHF de banda estrecha (es decir 25 kHz). Los ejemplos de canales VHF AIS incluyen AIS1 a 161,975 MHz, AIS2 a 162,025 MHz y USAIS a 157,375 MHz. Para transmitir la señal, la unidad de transmisión del transpondedor AIS **18** emplea una modulación por Desplazamiento de Fase Mínimo Gaussiano (GMSK) de 9,6 kbps, que es comúnmente conocido que implica que la señal AIS estará contenida dentro de un ancho de banda de 14 kHz. El satélite LEO **12** está equipado con al menos una antena VHF y recibe la señal AIS transmitida por el barco **16**. El satélite LEO **12** viaja a una elevada velocidad y consecuentemente la señal AIS recibida por el satélite LEO **12** está sometida a un desplazamiento Doppler. Por ejemplo, un satélite LEO en una órbita circular a 700 km viaja a 7500 m/s dando como resultado un desplazamiento Doppler de hasta +/- 3,64 kHz.

Las señales AIS recibidas por el satélite LEO **12** tendrán un intervalo de amplitudes, dependiendo de la localización del barco **16** y su posición angular, tal como se ve por el satélite LEO **12**. En general, la antena de transmisión usada en el transpondedor AIS **18** de un barco **16** dado no radia directamente hacia arriba, y esto crea un agujero de recepción directamente bajo el satélite LEO **12**. Sin embargo, en la mayor parte del FOV del satélite LEO **12**, los patrones de radiación de la antena de transmisión del transpondedor AIS **18** tienden a equilibrar la intensidad de señal reducida producida por el alcance incrementado y el intervalo de las amplitudes de señal recibidas es relativamente modesto, y es más probablemente menor de 10 dB para la mayor parte del FOV del satélite LEO **12**. Desafortunadamente, el diferencial de amplitud entre señales AIS solapadas ha de ser muy grande para que tenga éxito una decodificación convencional (>10 dB).

En algunas realizaciones, las señales AIS recibidas se procesan en el satélite LEO **12** mediante una unidad decodificadora de a bordo. Específicamente, la unidad decodificadora a bordo genera múltiples versiones de todas las señales AIS recibidas y decodifica y extrae a continuación los segmentos de mensaje contenidos en ellas. Los

segmentos de mensaje extraídos se envían a continuación en el enlace descendente a la estación de tierra **14**. En otras realizaciones, el satélite LEO **12** procesa previamente todas las señales AIS recibidas para crear datos de entrada digitales, que se envían en el enlace descendente a la estación de tierra **14** en donde los datos de entrada digitales se procesan mediante una unidad decodificadora.

5 En realizaciones alternativas, puede haber más de un satélite LEO **12** que reciba y procese previamente, o detecte y decodifique, las señales AIS. Además, o alternativamente, se pueden usar una o más estaciones de tierra **14** para decodificar las señales AIS procesadas previamente. En otra alternativa, el procesamiento requerido para la detección y decodificación se puede separar entre el satélite LEO **12** y la estación de tierra **14**; este esquema se
10 puede extender también a los casos en los que hay más de un satélite LEO **12** y una estación de tierra **14**, un satélite LEO **12** y más de una estación de tierra **14**, o más de un satélite LEO **12** y más de una estación de tierra **14**. En consecuencia, en estos casos, los datos se pueden transmitir entre el satélite o satélites LEO y la estación o estaciones de tierra para procesamiento en una variedad de formas. Por simplicidad, las realizaciones descritas en el presente documento lo son con relación a un sistema con un satélite LEO **12** y una estación de tierra **14**, pero la
15 metodología de procesamiento se puede extender a varios satélites y/o varias estaciones de tierra. Se puede concebir también que se podrían emplear enlaces entre satélites (ISL) entre una constelación de satélites LEO. Sin embargo, este es un enfoque muy costoso y complejo y, en la práctica, es probable que se emplee la distribución de datos a través de la red terrestre.

20 Se hace referencia a la FIG. 2 donde se ilustra un diagrama de bloques de un satélite LEO **12** con una unidad decodificadora de a bordo. El satélite LEO **12** incluye una unidad receptora **202**, una unidad decodificadora **204**, una unidad de procesamiento interno **206** y una unidad transmisora **208**.

La unidad receptora **202** recibe la pluralidad de señales AIS desde los barcos **16** y las envía a la unidad
25 decodificadora **204** para decodificación y extracción. Típicamente la unidad receptora **202** incluye una o más antenas (no mostradas) de Muy Alta Frecuencia (VHF) configuradas para recibir señales AIS. En una realización cada antena se configura para recibir señales AIS transmitidas en los canales AIS1, AIS2 y USAIS. En otras realizaciones, las antenas se pueden configurar para recibir señales AIS transmitidas a través de los canales AIS1 y AIS2 y un canal AIS de Satélite dedicado a ser asignado. En algunas realizaciones, las antenas están espacialmente
30 separadas entre sí de modo que reciben diferentes versiones de la misma señal. En otras realizaciones, las antenas se polarizan de una forma diferente. Ejemplo, una antena puede tener una polarización circular derecha, y otra antena puede tener una polarización circular izquierda. Típicamente, la antena del transmisor del transpondedor AIS **18** de un barco **16** dado transmite señales AIS con una polarización lineal vertical, que implica generalmente que las transmisiones desde localizaciones particulares tienen polarizaciones claramente bien definidas. En realizaciones
35 con antenas polarizadas de modo diferente, esta polarización se manifiesta por sí misma como un desplazamiento de fase y posiblemente un desplazamiento de amplitud entre las señales AIS recibidas por las múltiples antenas.

En algunas realizaciones, la unidad receptora **202** procesa previamente las señales AIS recibidas antes de
40 suministrarlas a la unidad decodificadora **204**. Por ejemplo, la unidad receptora **202** puede convertir las señales AIS recibidas en señales de datos digitales en banda base, previamente suministradas a la unidad decodificadora **204**. Esta conversión realizada por la unidad receptora **202** puede conseguirse de numerosas formas e incorpora operaciones estándar en procesamiento de señales.

La unidad decodificadora **204** recibe las señales AIS desde la unidad receptora **202** y procesa las señales AIS para
45 extraer los segmentos de mensaje contenidos en ellas. La unidad decodificadora **204** implementa uno o más de los métodos descritos en presente documento para la extracción de segmentos de mensaje de las señales AIS recibidas por la unidad receptora **202** del satélite LEO. Los métodos de ejemplo para la extracción de segmentos de mensaje a partir de las señales AIS recibidas por un satélite LEO se describirán con referencia a las FIGS. 3, 5, 7 y 9. En
50 cada uno de los métodos de ejemplo descritos a continuación, se generan múltiples versiones de las señales AIS recibidas y cada versión de las señales AIS se procesa por un receptor AIS para extraer los segmentos de mensaje contenidos en ellas. Los elementos de mensaje resultantes se combinan a continuación para proporcionar los datos de salida finales. Con la creación de múltiples versiones de las señales AIS recibidas, correspondiente cada una a un parámetro del receptor AIS diferente, es posible incrementar el número total de segmentos de mensaje extraídos. Las unidades decodificadoras **204** de ejemplo para la implementación de los métodos descritos se explicarán con
55 referencia a las FIGS. 4, 6, 8 y 10.

La unidad de procesamiento interno **206** recibe la pluralidad de segmentos de mensaje extraídos por la unidad
60 decodificadora **204**, pone los segmentos de mensaje en orden de tiempo y borra cualquier mensaje duplicado. Debido al hecho de que cada uno de los métodos procesa múltiples variantes de la misma señal AIS, se detectarán muchos segmentos de mensaje múltiples veces. En consecuencia, los segmentos de mensaje se clasifican en orden de tiempo de modo que se pueda eliminar cualquier duplicado. Como se ha descrito anteriormente, el segmento de mensaje de una señal de informe de posición AIS incluye típicamente una marca de tiempo que proporciona información sobre cuando se generó la señal. Esta marca de tiempo, sin embargo, no es suficiente típicamente para clasificar con precisión los elementos de mensaje. En consecuencia, la clasificación de tiempo realizada por la
65 unidad de procesamiento interno **206** se basa típicamente en el tiempo de recepción de la señal tal como se determina por la unidad decodificadora **204**.

La unidad decodificadora **204** tendrá típicamente una referencia de tiempo (es decir reloj) que puede o no derivarse del GPS (Sistema de Posicionamiento Global). Cada segmento de mensaje extraído por la unidad decodificadora **204** será marcado con una marca de tiempo que indica el tiempo en el que se decodificó. Esto facilitará a continuación la clasificación de los segmentos de mensaje por la unidad de procesamiento interno **206**. Típicamente es el receptor AIS en sí el que marca los tiempos de cada uno de los segmentos de mensaje. Donde hay múltiples receptores AIS que funcionan en paralelo, la referencia de tiempo (es decir el reloj) de cada uno de los receptores AIS estará típicamente sincronizada. Donde sólo hay un único receptor AIS que procesa múltiples señales AIS (o múltiples versiones de la misma señal AIS) en serie, la marca de tiempo puede ser una medida de la desviación desde el comienzo de la señal AIS, y la referencia de tiempo (es decir, reloj) se pueda reponer cada vez que se procesa una nueva señal AIS (una nueva versión de la señal AIS).

Dado que los segmentos de mensaje decodificados o extraídos pueden incluir información clasificada que se debe mantener segura, se puede emplear también un cifrado por la unidad de procesamiento interno **206** previamente a suministrar los segmentos de mensaje clasificados y filtrados a la unidad transmisora **208**. En estos casos, la unidad de procesamiento interno **206** puede incluir un módulo de cifrado (no mostrado) para el cifrado de los segmentos de mensaje clasificados y filtrados.

La unidad de procesamiento interno **206** se puede implementar en software o en un ordenador personal o en un procesador dedicado.

La unidad transmisora **208** recibe los segmentos de mensaje clasificados y filtrados desde la unidad de procesamiento interno **206** y los transmite o los envía en el enlace descendente a la estación de tierra **14**. La unidad transmisora **208** incluye típicamente un modulador (no mostrado), un transmisor (no mostrado) y una antena transmisora (no mostrada). El modulador modula los segmentos de mensaje sobre una señal portadora para la transmisión a la estación de tierra **14**. El modulador puede emplear varias técnicas de modulación, tales como modulación por desplazamiento de fase (PSK) que modula los datos del segmento de mensaje sobre la portadora de tal forma que la secuencia de ceros y unos que componen los elementos de mensaje se representan por desplazamientos de fase en la señal portadora. Ejemplos de técnicas PSK adecuadas incluyen el PSK en cuadratura o un PSK de orden superior tal como un 8-PSK. El PSK en cuadratura usa cuatro posibles valores de fase y puede transmitir por lo tanto dos bits de datos por símbolo en la portadora. El 8-PSK usa ocho valores de fase y por ello puede transmitir tres bits de datos por símbolo en la portadora.

El modulador se puede implementar mediante circuitos digitales o analógicos. En una implementación digital, las modulaciones se realizan típicamente en el dominio digital con un mapeador de constelación. La salida del mapeador de constelación se puede pasar a continuación a través de un filtro de conformación de pulsos digitales seguido por un conversor digital a analógico para convertir la señal digital modulada en una señal analógica modulada para un procesamiento adicional.

Para reducir los errores de transmisión entre el satélite LEO **12** y la estación de tierra **14**, el modulador se puede configurar para implementar una Corrección de Error Directa (FEC), usando, por ejemplo códigos Reed-Solomon, códigos convolucionales, turbo códigos, o códigos de comprobación de paridad de baja densidad. La corrección de error directa es cuando se añaden datos redundantes, también conocidos como códigos de corrección de error, a un mensaje previamente a la transmisión. Esto permite que el receptor detecte y corrija errores sin necesidad de solicitar al remitente datos adicionales.

La señal o señales moduladas se reciben a continuación por el transmisor que las convierte a un intervalo de frecuencia requerida para transmisión, y amplifica estas señales de modo que tengan la intensidad de señal requerida necesaria para la transmisión a la estación de tierra **14**. El transmisor puede incluir también un filtro de salida para limitar las señales fuera de banda generadas por la amplificación para controlar la interferencia potencial con usuarios en bandas de frecuencia contiguas.

Se hace referencia ahora a la FIG. 3, donde se ilustra un diagrama de flujo de un método **300** para la extracción de segmentos de mensaje de las señales AIS recibidas por un satélite LEO de acuerdo con una primera realización. Este método se basa en variaciones aleatorias en el proceso de detección para mejorar el número de segmentos de mensaje extraídos de las señales AIS recibidas. Las señales AIS recibidas por un satélite LEO se contaminan típicamente por una variedad de procesos de ruido e interferencia, así como por otras transmisiones AIS solapadas. Estos efectos reducen en general la probabilidad de decodificar con éxito el segmento de mensaje. La probabilidad de decodificar un segmento de mensaje particular depende sin embargo de los ajustes de los parámetros del receptor AIS con relación a las variaciones de la señal AIS. Típicamente, los ajustes más apropiados para una señal AIS particular no pueden determinarse por adelantado.

Cuando se recibe la señal para procesamiento, uno de los parámetros de calidad más importantes de la señal es la relación señal a ruido (SNR) que es la relación de la potencia de la señal a la potencia del ruido desde el transmisor, el trayecto de propagación y el circuito de recepción. Además del ruido, la interferencia en el trayecto de propagación (es decir señales que colisionan) y las interferencias espurias generadas por el receptor u otros equipos en un satélite, también afectarán directamente a la detección de la señal AIS. El impacto total del ruido y las

interferencias se describe típicamente por una relación señal a ruido más interferencia (SNIR). La SNIR es igual a la potencia de la señal dividida por la suma de las potencias del ruido y la potencia de la interferencia. La decodificación fiable requiere algún margen de nivel de señal con relación a los niveles del ruido y de la interferencia, por lo tanto, la mayor parte de los receptores AIS tienen un umbral de señal a ruido más interferencia.

5 Cuando el nivel de la señal recibida cae por debajo de este umbral, entonces el número de errores de decodificación se incrementa rápidamente. En consecuencia, cuando la calidad de la señal recibida está próxima al umbral de ruido más interferencia de la señal del receptor AIS, el éxito o fallo en la detección de un segmento de mensaje es especialmente sensible a los ajustes del receptor AIS.

10 En consecuencia, el número de segmentos de mensaje extraídos de las señales AIS recibidas se puede mejorar mediante el procesamiento de la misma señal AIS múltiples veces, cada vez con diferentes ajustes de los parámetros. Los parámetros del receptor AIS, que incluyen los parámetros de RF (radiofrecuencia) y DSP (procesador de señal digital), o los parámetros de la señal, o ambos, se pueden variar de una manera sistemática o aleatoria. Los parámetros del receptor AIS y los parámetros de la señal AIS se denominarán colectivamente en el
15 presente documento como los parámetros de detección de la señal AIS.

En (302), se recibe una señal AIS desde la unidad receptora 202. En algunas realizaciones, la señal AIS se procesa repetidamente a través de un único receptor AIS, cada vez con un conjunto diferente de parámetros de detección de la señal AIS. En estas realizaciones, la señal recibida se digitaliza típicamente y se almacena en un módulo de
20 memoria para su uso en iteraciones posteriores del método 300. En otras realizaciones, la señal AIS se procesa concurrentemente por una pluralidad de receptores AIS, cada uno con un conjunto diferente de parámetros de detección de la señal AIS. En estas realizaciones, la señal AIS se puede enviar directamente a los receptores AIS para procesamiento sin almacenamiento primero de la señal AIS en un módulo de memoria. Una vez que la señal AIS se recibe, el método prosigue hacia (304).

25 En (304), se ajustan uno o más parámetros de detección de la señal AIS. Como se ha descrito anteriormente, los parámetros de detección de la señal AIS incluyen tanto los parámetros de la señal AIS en sí, tales como la frecuencia y la amplitud (nivel), como los parámetros del receptor AIS usados para decodificar la señal AIS.

30 Los parámetros del receptor AIS en particular que se pueden ajustar se basan en el receptor AIS específico usado para decodificar la señal AIS recibida. La mayor parte de los receptores AIS incluyen un filtro pasa banda interno que filtra la señal de entrada previamente al procesamiento. Típicamente, la frecuencia central, ancho de banda y respuesta de frecuencia del filtro son ajustables. En algunas realizaciones, la frecuencia central se varía a través del
35 intervalo esperado de posibles desplazamientos Doppler en las señales AIS recibidas. Como se ha descrito anteriormente, el satélite LEO 12 viaja a alta velocidad, tal como 7500 m/s, por ejemplo, y consecuentemente las señales AIS recibidas por el satélite LEO 12 están sometidas típicamente a desplazamientos Doppler de hasta +/- 3,64 kHz. Un ajuste a la frecuencia central del filtro tiene esencialmente el mismo efecto que el ajuste de la frecuencia de la señal AIS en sí. En consecuencia, sólo uno de estos ajustes está hecho típicamente mediante iteración del método.

40 En algunas realizaciones, el ancho de banda del filtro interno se varía entre el ancho de banda mínimo requerido para descodificar una señal AIS (por ejemplo 9 kHz) y el ancho de banda de un canal completo (por ejemplo 25 kHz). Típicamente, la respuesta de frecuencia del filtro interno se ajusta al espectro de la señal AIS. Sin embargo, en algunas realizaciones, la respuesta de frecuencia se pueda ajustar para tener en cuenta el desvanecimiento en
45 frecuencias particulares.

Algunos de los receptores AIS permiten también el ajuste del umbral de detección, que se puede describir como el valor de comparación usado en la etapa de detección del símbolo. La etapa de detección del símbolo se puede describir como una operación inversa a la modulación. El receptor AIS realiza típicamente recuperaciones de
50 portadora y tiempos en la señal y a continuación demodula la señal a la forma en banda base. En banda base, cada símbolo o conjunto de símbolos se decodifica mediante la comparación de la "función objetivo" de la forma de onda contra el umbral de detección. La "función objetivo" de la forma de onda, puede ser, por ejemplo, la amplitud de la forma de onda, la potencia integrada a través de un periodo del símbolo o los errores cuadráticos medios entre la forma de onda y el patrón de símbolos bajo ensayo. La determinación de qué símbolos corresponden a qué bits o combinaciones de bits se basa típicamente en sí la "función objetivo" de la forma de onda está o no por encima o por
55 debajo del umbral de detección. En consecuencia, el ajuste del umbral de detección cambia las probabilidades de perder una detección y realizar una falsa detección. Donde la "función objetivo" es la amplitud de la forma de onda, el umbral de detección se puede variar a través del intervalo de amplitud de las señales AIS para conseguir cierto rendimiento tal como una tasa constante de falsas alarmas (CFAR).

60 En algunas realizaciones, los parámetros de detección de la señal AIS se ajustan en una forma fija o predeterminada. Por ejemplo, puede haber una lista predeterminada de conjuntos de parámetros de detección de la señal AIS que se aplica secuencialmente. En otras realizaciones, los parámetros de detección de la señal AIS se pueden ajustar en una forma adaptativa. Por ejemplo, los parámetros a ser ajustados y sus valores se pueden
65 seleccionar en base al número de segmentos de mensaje extraídos usando los valores de parámetros previos.

Una vez que uno o más parámetros se han ajustado, el método **300** prosigue a (**306**).

En (**306**) la señal AIS se decodifica mediante un receptor AIS usando el conjunto de parámetros definido en (**304**). El proceso de decodificación involucra típicamente el acondicionamiento de la señal AIS recibida de acuerdo con los parámetros de detección de la señal AIS definidos en (**304**) y la extracción de la pluralidad de segmentos de mensaje contenidos dentro de la señal AIS usando un receptor AIS. Una vez que se han extraído los segmentos de mensaje, el método **300** prosigue hacia (**308**).

En (**308**) se determina si se cumple al menos una condición de parada. Si se cumple al menos una condición de parada, entonces finaliza el método. Si ninguna de las condiciones de parada se cumple entonces el método prosigue de vuelta a (**304**) en donde se ajustan de nuevo los parámetros de detección de la señal AIS.

Como se ha descrito anteriormente, los parámetros de detección de la señal AIS se pueden ajustar en una forma predeterminada, o se pueden ajustar en una forma adaptativa. Cuando los parámetros de detección de la señal AIS se ajustan de una forma predeterminada, la condición de parada puede ser que todos los conjuntos de parámetros ya se hayan usado o ensayado. En donde, sin embargo, los parámetros de detección de la señal AIS se ajustan en una forma dinámica, una condición de parada se puede satisfacer cuando (i) se ha usado o ensayado un número predeterminado de conjuntos de parámetros o (ii) se satisfacen ciertos criterios relativos al rendimiento (por ejemplo, el número de nuevos segmentos de mensaje extraídos cae por debajo de un umbral predeterminado).

Se hace referencia ahora a la FIG. 4, donde se ilustra un diagrama de bloques de una unidad decodificadora **400** de ejemplo para la implementación del método **300** de la FIG. 3. La unidad decodificadora **400** incluye una unidad de acondicionamiento de señal **402**, un receptor AIS **404**, una unidad de procesamiento intermedio **406** y una unidad de control **408**.

La unidad de acondicionamiento de señal **402** recibe la señal AIS desde la unidad receptora **202** y acondiciona o modifica la señal AIS recibida, previamente a proporcionarla al receptor AIS **404**. La salida de señal mediante la unidad de acondicionamiento de señal **402** se denomina como la señal AIS acondicionada. En algunas realizaciones, la unidad de acondicionamiento de señal **402** puede alterar la frecuencia y amplitud (nivel) de la señal AIS. En otras realizaciones, la unidad de acondicionamiento de señal **402** puede modificar también el ruido, la fase y los tiempos de la señal AIS.

La unidad de acondicionamiento de señal **402** se puede implementar usando componentes analógicos o digitales, dependiendo de si la señal AIS recibida está en la forma digital o analógica. Por ejemplo, donde la señal AIS recibida está en forma analógica, la unidad de acondicionamiento de señal **402** puede incluir un mezclador con un oscilador local (LO) sintonizable para convertir la señal AIS recibida a una frecuencia central diferente; y uno o más amplificadores o atenuadores para el ajuste del nivel de potencia de la señal AIS. Donde, sin embargo, la señal AIS recibida está en forma digital, el ajuste de frecuencia se puede realizar mediante un oscilador controlado digitalmente (NCO) y el ajuste del nivel de potencia se puede implementar usando una operación de escalado digital. Será evidente para un experto en la materia que estas implementaciones son solamente ejemplos y que la unidad de acondicionamiento de señal **402** se puede implementar usando otros componentes o técnicas.

En algunas realizaciones, la unidad de acondicionamiento de señal **402** realiza el acondicionamiento de la señal AIS de acuerdo con una señal de control generada por la unidad de control **408**. Por ejemplo, la unidad de control **408** puede generar una señal de control del acondicionamiento de señal que dicta qué parámetros de la señal (es decir frecuencia y amplitud (nivel)) se debería ajustar o modificar por la unidad de acondicionamiento de señal **402**. En algunas realizaciones, la señal de control de acondicionamiento de la señal se varía una vez en cada iteración de modo que cada vez que la señal se pasa a través de la unidad de acondicionamiento de señal **402** se ajustan o modifican diferentes parámetros de la señal. Sin embargo, en otras realizaciones, la señal de control se puede variar más o menos frecuentemente. Por ejemplo, la señal de acondicionamiento de señal se puede variar sólo una vez cada dos iteraciones, o puede permanecer la misma a todo lo largo del proceso de decodificación.

En otras realizaciones, la unidad de acondicionamiento de señal **402** se programa previamente con un número fijo que ajustes del parámetro de señal y la unidad de acondicionamiento de señal **402** ejecuta secuencialmente los ajustes de parámetros de la señal.

El receptor AIS **404** recibe la señal AIS acondicionada desde la unidad de acondicionamiento de señal **402** y extrae uno o más segmentos de mensaje contenidos en ella. El receptor AIS **404** puede ser un receptor estándar, tal como el EURONAV™ AI3000 o el Smart Radio Holdings Limited™ SR 162 Professional AIS Receiver; o un receptor propietario, tal como el descrito en la Solicitud de Patente Publicada de Estados Unidos N° 2008/0304597 de Peach.

En algunas realizaciones, el receptor AIS **404** extrae los uno o más segmentos de mensaje de acuerdo con la señal de control del receptor AIS generada por la unidad de control **408**. Por ejemplo, la señal de control del receptor AIS puede especificar el valor del parámetro del receptor (es decir la frecuencia central del filtro, el ancho de banda del filtro, la respuesta de frecuencia del filtro y el umbral de detección) a ser usados por el receptor AIS **404** en la extracción de los segmentos de mensaje. En algunas realizaciones, la señal de control del receptor AIS se varía una

vez en cada iteración de modo que cada vez que se pasa la señal AIS acondicionada a través del receptor AIS **404**, se usa un conjunto diferente de valores de parámetros del receptor. Sin embargo, en otras realizaciones, la señal de control se puede variar más o menos frecuentemente.

- 5 En otras realizaciones, el receptor AIS **404** se programa previamente con un número fijo de conjuntos de parámetros del receptor AIS y el receptor AIS **404** aplica secuencialmente los conjuntos de parámetros del receptor AIS. En estas realizaciones, el receptor AIS **404** recibiría típicamente una señal de control de tiempos desde la unidad de control **408** que notificaría al receptor AIS **404** cuándo conmutar al siguiente conjunto de parámetros del receptor.
- 10 En otras realizaciones más, los valores de los parámetros del receptor AIS se pueden programar previamente parcialmente en el receptor AIS **404** y pueden dictarse parcialmente por la señal de control del receptor AIS. Por ejemplo, un conjunto inicial de valores de parámetros del receptor se pueden cargar dentro del receptor AIS **404** y la señal de control del receptor AIS puede proporcionar sólo cambios a los valores de los parámetros del receptor AIS preconfigurados. Como se ha descrito anteriormente, con referencia la FIG. 3, los parámetros del receptor AIS
- 15 particulares que se pueden ajustar se basan en el receptor AIS **404** específico y pueden incluir la frecuencia central del filtro, el ancho de banda del filtro, la respuesta de frecuencia del filtro y el umbral de detección.

La unidad de procesamiento intermedio **406** recibe los segmentos de mensaje extraídos por el receptor AIS **404** y los procesa previamente. En algunas realizaciones, el procesamiento previo implica simplemente contar el número de segmentos de mensaje y almacenarlos en un módulo de memoria (no mostrado) de la unidad de procesamiento intermedio **406**. Este procesamiento simple se implementa típicamente cuando se aplica un número fijo, predefinido de conjuntos de parámetros a la unidad de acondicionamiento de señal **402** y al receptor AIS **404**.

20

En otras realizaciones, la unidad de procesamiento intermedio **406** puede borrar también cualquier mensaje repetido. Esto se puede llevar a cabo añadiendo los nuevos segmentos de mensaje a los segmentos de mensaje previamente extraídos, clasificando los segmentos de mensaje en orden cronológico y borrando (o filtrando) cualquier segmento de mensaje duplicado. La lista filtrada de segmentos de mensaje puede almacenarse a continuación en un módulo de memoria (no mostrado) de la unidad de procesamiento intermedio **406**. A través del proceso de clasificación y borrado, la unidad de procesamiento intermedio **406** puede determinar también cuántos de los segmentos de mensaje recibidos son nuevos (es decir no se habían extraído en una iteración previa del método). La unidad de procesamiento intermedio **406** puede proporcionar entonces esta información a la unidad de control **408**.

25

30

Típicamente, la unidad de procesamiento intermedio **406** almacena la lista de segmentos de mensaje hasta que recibe una señal desde la unidad de control **408** para exportar los segmentos de mensaje extraídos a la unidad de procesamiento interno **206**. La unidad de procesamiento intermedio **406** se puede implementar en un ordenador personal o un procesador delicado.

35

La unidad de control **408** controla la operación de la unidad de acondicionamiento de señal **402**, del receptor AIS **404** y de la unidad de procesamiento intermedio **406**. Específicamente, en una realización, la unidad de control **408** genera señales de acondicionamiento de señal y de control del receptor AIS para la unidad de acondicionamiento de señal **402** y el receptor AIS **404**, respectivamente, que dicta los valores de los parámetros a ser usados por las unidades respectivas. Por ejemplo, la señal de control de acondicionamiento de señal puede indicar si se debería ajustar la frecuencia o amplitud (nivel) de la señal AIS mediante la unidad de acondicionamiento de señal **402** y en qué cantidad. La señal de control del receptor AIS, por otro lado, puede especificar valores para todos los parámetros ajustables del receptor AIS **404** o puede especificar solamente un parámetro o parámetros específicos a ser ajustados y en qué cantidad. En algunas realizaciones, al comienzo de cada iteración, la unidad de control **408** modifica al menos uno de los valores de los parámetros de detección de la señal AIS e incidentalmente al menos una de las señales de control.

40

45

50

En algunas realizaciones, la unidad de control **408** modifica los valores de los parámetros de detección de la señal AIS en una forma predeterminada. Por ejemplo, la unidad de control **408** se puede configurar con una lista de conjuntos de parámetros y la unidad de control **408** puede trabajar secuencialmente a través de los conjuntos de parámetros en la lista hasta que o bien (i) todos los conjuntos de parámetros se han agotado; o bien (ii) cuando el número de nuevos segmentos de mensaje extraídos cae por debajo de un umbral predeterminado. En otras realizaciones, la unidad de control **408** puede modificar los valores de los parámetros en una forma adaptativa. Por ejemplo, la unidad de control **408** puede recibir información desde la unidad de procesamiento intermedio **406** sobre cuántos segmentos de mensaje se extrajeron usando un conjunto particular de parámetros y puede incrementar el número de valores de los parámetros en la proximidad de un número alto y disminuir el número de valores en la proximidad de un número bajo.

55

60

Generalmente los parámetros particulares serán capaces de tomar (o ser ajustados a) intervalos específicos de valores. Si valores particulares de un parámetro dado tienen éxito en la extracción de nuevos segmentos de mensaje, entonces se pueden usar valores adicionales en esta zona. A la inversa, si valores particulares no tienen éxito (por ejemplo, no producen un número alto de segmentos de mensaje), entonces el número de valores usados en esta zona se puede reducir. En algunos casos, si se encuentra que las variaciones de un parámetro particular

65

tienen un pequeño efecto en el número de decodificaciones con éxito entonces el parámetro se puede fijar o limitar a un único valor solamente.

5 En ambas realizaciones, se pueden modificar en cada iteración uno o más de los valores de los parámetros de
 10 detección de la señal AIS. En un sistema adaptativo, es probable que se varíe en cada iteración el número de
 parámetros de detección de la señal AIS múltiple. Sin embargo, debido a los recursos limitados típicamente
 disponibles en los satélites LEO, es importante concentrarse sobre los parámetros de detección de la señal AIS más
 significativos (es decir aquellos parámetros que tendrán el mayor efecto sobre la detección de la señal AIS). Los
 parámetros más significativos incluyen típicamente el desplazamiento de frecuencia, ancho de banda del filtro y
 amplitud de la señal (nivel).

15 La unidad de control **408** controla también típicamente la unidad de procesamiento intermedio **406** a través de una
 señal de control. En una realización, la unidad de control **408** determina si se cumplen una o más condiciones de
 parada predeterminadas en base a la información recibida desde la unidad de procesamiento intermedio **406**. Si se
 20 cumplen una o más condiciones de parada predeterminadas, la unidad de control **408** envía una señal de control a
 la unidad de procesamiento intermedio **406** para pasar todos los segmentos de mensaje extraídos a la unidad de
 procesamiento interno **206**. Sin embargo, si no se cumple ninguna de las condiciones de parada predeterminadas,
 entonces la unidad de control **408** lo notifica a la unidad de acondicionamiento de señal **402** para que procese
 adicionalmente la señal AIS.

25 Como se ha descrito anteriormente, donde se ajustan de una forma predeterminada los parámetros de detección de
 la señal AIS, la condición de parada puede ser que todos los conjuntos de parámetros predeterminados se hayan
 aplicado. Donde, sin embargo, los valores de parámetros de detección de la señal AIS se ajustan en una forma
 dinámica, una condición de parada se puede satisfacer cuando (i) se han usado o ensayado un número
 30 predeterminado de conjuntos de parámetros; o (ii) se cumple un cierto criterio relativo al rendimiento (por ejemplo, el
 número de nuevos segmentos de mensaje extraídos cae por debajo del umbral predeterminado).

La unidad de control **408** se puede implementar en un ordenador personal o en un procesador dedicado.

35 Se hace referencia ahora a la FIG. 5, donde se ilustra un diagrama de flujo de un método **500** para la extracción de
 segmentos de mensaje de las señales AIS recibidas por los satélites LEO de acuerdo con una segunda realización.
 Esta realización implica el paso de las señales AIS recibidas a través de un banco de filtros donde cada filtro pasa
 banda del banco de filtros se configura para una banda de frecuencias diferente. En algunas realizaciones, tal como
 la mostrada en la FIG. 6, la salida de cada filtro se pasa a un receptor AIS separado para su procesamiento. En
 40 otras realizaciones, las salidas se almacenan y se pasan secuencialmente a través de un único receptor AIS para su
 procesamiento. Este método **500** hace posible restringir el ancho de banda de la señal vista por cada receptor AIS
 en tanto que aún se capturan todas las señales posibles.

45 En (**502**) se recibe una señal AIS desde la unidad receptora **202**. Una vez que se ha recibido la señal, el método **500**
 prosigue hacia (**504**).

En (**504**) la señal AIS recibida en (**502**) se reparte o divide en una pluralidad de señales AIS equivalentes. Una vez
 que la señal AIS se ha repartido o dividido en una pluralidad de señales AIS equivalentes, el método **500** prosigue
 50 hacia (**506**).

En (**506**), cada una de las señales equivalente se filtra en paralelo mediante un filtro pasa banda separado y distinto
 para producir una pluralidad de señales AIS filtradas. Los filtros pasa banda se configuran para solaparse en una
 cantidad al menos igual al ancho de banda mínimo requerido para una decodificación con éxito. Esto asegura que al
 menos uno de los filtros pasa banda producirá una señal que se pueda detectar por un receptor AIS. Aunque el
 55 ancho de banda efectivo de una señal GMSK AIS es aproximadamente de 14 kHz, los presentes inventores han
 observado que no se requieren los 14 kHz completos para una decodificación con éxito. Típicamente, los 9-10 kHz
 centrales serán suficientes. La colocación de un filtro de este ancho de banda en la parte frontal de un receptor AIS
 no afecta típicamente a la decodificación, sino que bloqueará la cantidad más grande posible de energía espectral
 de las señales que interfieren.

60 En una realización, el ancho de banda de los filtros se selecciona para conseguir la reducción más alta en el ancho
 de banda con un número modesto de filtros. En algunos casos, el ancho de banda de los filtros y el número de filtros
 se selecciona usando la ecuación (1) en donde B_D es el ancho de banda mínimo requerido para una decodificación
 con éxito, B es el ancho de banda de cada filtro individual, B_C es el ancho de banda del canal y N el número de
 filtros.

$$B_C = B + (N - 1) * (B - B_D) = N * B - (N - 1) * B_D \quad (1)$$

65 Como se ha descrito anteriormente, el ancho de banda mínimo requerido para una decodificación con éxito B_D es de
 9-10 kHz y el ancho de banda del canal B_C es de 24 kHz. Para los cálculos siguientes el ancho de banda requerido
 mínimo B_D para una decodificación con éxito se fija en 10 kHz. El ancho de banda B de cada filtro debe ser mayor

que el ancho de banda mínimo requerido B_D para una decodificación con éxito y es típicamente menor que o igual al ancho de banda de un receptor AIS estándar (es decir 25 kHz). Aunque el ancho de banda B de cada filtro puede ser mayor de 25 kHz, si el ancho de banda B de cada filtro es mayor de 25 kHz, el banco de filtros no proporcionaría ningún beneficio, dado que el receptor AIS reduciría el ancho de banda más que el banco de filtros.

5 Usando la ecuación (1), si el ancho de banda B de cada filtro se selecciona para ser 12 kHz, entonces N es igual a siete. Por lo tanto, siete filtros cubrirían el ancho de banda de 24 kHz. Sin embargo, si el ancho de banda B de cada filtro se redujera a 11 kHz, entonces N sería igual a trece. Un examen de la ecuación (1) revela que el número de filtros se aproximaría al infinito si el ancho de banda B de cada filtro se aproxima al ancho de banda mínimo B_D para una descarga con éxito. En consecuencia, el efecto del ancho de banda del filtro sobre el número de filtros se debería considerar con cuidado cuando se selecciona el ancho de banda del filtro.

Después de que se hayan filtrado las señales AIS equivalentes, el método **500** prosigue hacia (**508**).

15 En (**508**) cada una de las señales filtradas se decodifica por un receptor AIS para producir una pluralidad de segmentos de mensaje. En algunas realizaciones, cada señal filtrada se procesa o decodifica en paralelo por un receptor AIS separado. En otras realizaciones, los datos de la señal filtrada se guardan y se procesan o decodifican secuencialmente por un único receptor AIS.

20 Se hace referencia ahora a la FIG. 6, donde se ilustra un diagrama de bloques de una unidad decodificadora **600** para la implementación del método **500** de la FIG. 5. La unidad decodificadora **600** incluye un divisor de potencia **602**, un banco de filtros **604** compuesto por una pluralidad de filtros pasa banda **606a** a **606g** y una pluralidad de receptores AIS **608a** a **608g**.

25 El divisor de potencia **602** recibe la señal AIS desde la unidad receptora **202** (que incluye típicamente un amplificador de bajo ruido) y divide la señal AIS recibida en una pluralidad de señales equivalentes. Cada señal AIS equivalente se suministra a un filtro pasa banda **606a** a **606g** del banco de filtros **604**. Los divisores de potencia son bien conocidos en la técnica y se pueden implementar en una variedad de formas. En una realización, el divisor de potencia **602** se implementa usando un repartidor de potencia de RF estándar. Sin embargo, será evidente para un experto en la materia que el divisor de potencia **602** se puede implementar usando otros componentes o técnicas.

30 Cada filtro **606a** a **606g** del banco de filtros **604** recibe una de las señales AIS equivalentes desde el divisor de potencia **602** y filtra la señal AIS recibida para producir una señal AIS filtrada correspondiente. El ancho de banda de cada filtro **606a** a **606g** y el número de filtros se puede seleccionar de acuerdo con los métodos descritos con referencia a la FIG. 5 (por ejemplo mediante el uso de la ecuación (1)).

35 El banco de filtros **604** se puede implementar en una forma analógica o digital dependiendo del formato de la señal AIS recibida. Por ejemplo, cuando la señal AIS recibida está en forma digital, el banco de filtros **604** se puede implementar usando un banco de filtros digitales discretos, bancos de filtros basados en FFT (transformada de Fourier rápida) polifásica o filtros basados en FFT simple.

40 Cada receptor AIS **608a** a **608g** recibe una señal AIS filtrada producida por uno de los filtros pasa banda **606a** a **606g** y extrae los segmentos de mensaje contenidos en ella. Cada receptor AIS **608a** a **608g** puede ser un receptor estándar, tal como el EURONAV™ AI3000 o el Smart Radio Holdings Limited™ SR 162 Professional AIS Receiver; o un receptor propietario, tal como el descrito en la Solicitud de Patente Publicada de Estados Unidos N° 2008/0304597 de Peach.

45 Se hace referencia ahora a la FIG. 7, donde se ilustra un diagrama de flujo del método **700** para la extracción de segmentos de mensaje de las señales AIS recibidas por un satélite LEO de acuerdo con una tercera realización. En esta realización, se reciben múltiples señales AIS mediante una pluralidad de antenas y se combinan a continuación previamente al procesamiento por uno o más receptores AIS. En teoría, todas las señales AIS se deberían recibir por cada antena, pero las diferentes señales AIS tendrán diferentes amplitudes y fases cuando se reciben por las diferentes antenas. Esto permite elegir combinaciones lineales de las señales recibidas que cancelarán ciertas señales AIS en tanto que preservan otras. Específicamente, combinaciones de las señales con desplazamientos de fase controlados formarán nuevos haces compuestos que favorecerán las señales desde algunas direcciones, en tanto atenuarán señales desde otras direcciones.

50 En (**702**) se recibe una pluralidad de señales AIS desde la unidad receptora **202**. En una realización, se reciben dos señales AIS desde dos antenas diferentes de la unidad receptora **202**. Las dos señales AIS se denominan como la primera y la segunda señales AIS. Una vez que se haya recibido la pluralidad de señales, el método **700** prosigue hacia (**704**).

55 En (**704**) cada una de las señales AIS recibidas en (**702**) se reparte o divide en un número predeterminado de señales AIS equivalentes. Por ejemplo, donde hay dos señales AIS, y el número predeterminado de señales AIS equivalente es 4, la primera y segunda señales AIS se dividen ambas en 4 señales AIS equivalentes. Una vez que se han repartido o dividido las señales AIS en una pluralidad de señales AIS equivalentes, el método **700** prosigue

hacia **(706)**.

En **(706)**, cada señal AIS de un conjunto de señales AIS equivalentes se desplaza en fase en una cantidad diferente para producir una pluralidad de señales AIS desplazadas en fase. Por ejemplo, donde hay dos señales AIS, y cada
5 señal se divide en cuatro señales AIS equivalentes, cada una de las cuatro señales AIS equivalentes correspondientes a una de las señales AIS recibidas (por ejemplo la segunda señal AIS) se desplaza en fase en una cantidad diferente.

En principio, si es conocida la localización particular desde la que se transmitió una señal, es posible predecir la
10 amplitud y fase de las señales recibidas por cada una de las antenas. En base a tal análisis, es posible entonces elegir combinaciones lineales de las señales recibidas por la pluralidad de antenas que discriminen contra localizaciones particulares y favorezcan otras localizaciones. Sin embargo, tal análisis es complejo y no produce típicamente resultados significativamente mejores que la combinación de las señales AIS recibidas en un número de combinaciones fijo. Esto es especialmente verdad cuando los haces compuestos formados por el conjunto de
15 combinaciones fijas cubren el área de interés completa.

En consecuencia, en las realizaciones descritas en el presente documento se aplica un número fijo o predeterminado de desplazamientos de fase. En algunas realizaciones, no sólo está predeterminado el número de desplazamientos de fase, sino que también está predeterminada la cantidad de cada desplazamiento de fase. Por
20 ejemplo, en una realización se aplican desplazamientos de fase de 0° , 90° , 180° y 270° . En esta realización uno de los desplazamientos de fase estará dentro de los 45° del desplazamiento de fase ideal. En otra realización, se aplican desplazamientos de fase de 0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° y 315° . En esta realización, uno de los desplazamientos de fase estará dentro de los $22,5^\circ$ del desplazamiento de fase ideal. La ventaja principal del uso del conjunto fijo de combinaciones es que una de las combinaciones estará probablemente claramente próxima al valor
25 óptimo sin necesidad de ningún conocimiento a priori acerca de la señal AIS original. La desventaja principal, sin embargo, es la potencia de procesamiento extra requerida para decodificar múltiples señales.

En otras realizaciones, los desplazamientos de fase se seleccionan adaptativamente o dinámicamente. Por ejemplo,
30 se puede supervisar el número de segmentos de mensaje producidos por cada combinación de fases y se pueden seleccionar los desplazamientos de fase en favor de aquellos desplazamientos de fase que produzcan más segmentos de mensaje. En algunas realizaciones, en ausencia de otra información, los desplazamientos de fase se seleccionan inicialmente para que estén uniformemente separados (por ejemplo, si hay cuatro desplazamientos de fase se seleccionan para que sean de 0° , 90° , 180° y 270°). El número de segmentos de mensaje producidos por estos desplazamientos de fase se pueden supervisar entonces y se puede incrementar el número de
35 desplazamientos de fase en una zona con éxito y disminuir en las zonas con menos éxito.

Por ejemplo, en una realización, cada desplazamiento de fase se considera que está en el centro del sector. En un ejemplo de desplazamiento en 4 fases anterior, cada sector comenzaría con un ángulo de 90° . El tamaño de cada sector se ajustaría entonces inversamente en base al número de segmentos de mensaje producidos por cada
40 desplazamiento de fase, hasta un cierto valor máximo (por ejemplo 180°). Puede haber también restricciones adicionales en que la suma de los ángulos de los sectores debe ser 360° , y uno de los nuevos desplazamientos de fase debe caer en el centro del más exitoso de los sectores previos.

El funcionamiento real depende también típicamente de la disposición de las antenas en la unidad receptora **202**. Si
45 las antenas se instalan a lo largo de una línea, cada desplazamiento de fase asociado con un haz producido por una combinación específica apuntará a un cierto ángulo a lo largo de la línea de instalación. En consecuencia, un conjunto de desplazamientos de fase formará un conjunto de haces apuntando a un conjunto de ángulos a lo largo de la línea con buenos solapes. Si hay un haz particular que recibe un número alto de señales AIS (por ejemplo hay un gran cantidad de barcos que caen dentro de ese haz) y una baja tasa de extracción de segmentos de mensaje, el
50 haz se puede trasladar en un desplazamiento para reducir el número de barcos cubiertos por el haz e incrementar la tasa de extracción de segmentos de mensaje. Si, sin embargo, las antenas se instalan a lo largo de dimensiones diferentes, hay una mayor flexibilidad en el ajuste del apunte del haz mediante el desplazamiento de fase. Las combinaciones de diferentes orientaciones y polarizaciones de las antenas crearán variedades adicionales de características de haces compuestos.
55

Después de que se hayan aplicado los desplazamientos de fase a un conjunto de señales AIS equivalentes, el método **700** puede proseguir hacia **(708)** o **(710)** dependiendo de si las amplitudes de las señales AIS han de ser modificadas previamente a la combinación de las señales. Las amplitudes de las señales AIS han de ser modificadas, el método **700** prosigue hacia **(708)**. En caso contrario, el método prosigue hacia **(710)**.
60

Por ejemplo, cuando la unidad receptora **202** tiene dos antenas polarizadas linealmente en ángulos rectos entre sí, las amplitudes de las señales recibidas por las antenas serán típicamente $\cos(\phi)$ y $\sin(\phi)$ en las que ϕ es el ángulo entre la primera antena y el plano de polarización de la señal AIS. En este caso, las amplitudes de cada par de señales AIS se ajustarán para que sean $\cos(\theta)$ y $\sin(\theta)$ donde θ se varía en cuatro saltos de 45° u ocho saltos de
65 $22,5^\circ$, dependiendo del número de salidas de los combinadores de potencia. Específicamente, se aplicará un valor particular de θ a cada par de salidas de los combinadores de potencia. Generalmente la variación de θ en un

intervalo de 180° (en oposición a un intervalo de 360°) es suficiente, debido a que un ángulo de $\theta+180^\circ$ corresponde a la misma orientación de polarización que θ , solamente con un signo de inversión trivial.

5 Donde, sin embargo, la unidad receptora **202** tiene dos antenas polarizadas circularmente, las amplitudes de las señales recibidas por las dos antenas serán típicamente similares. En consecuencia, en este caso no hay típicamente ningún ajuste de las amplitudes de las señales AIS y el método **700** prosigue directamente hacia (**710**).

10 En (**708**), las amplitudes de una o más señales AIS equivalentes y señales AIS desplazadas en fase se modifican para maximizar la cancelación de señales no deseadas cuando se combinan las señales. Por ejemplo, como se ha descrito anteriormente, donde la unidad receptora **202** tiene dos antenas polarizadas linealmente, las amplitudes de cada par de señales AIS se pueden ajustar para que sean $\cos(\theta)$ y $\sin(\theta)$ donde θ se varía en cuatro saltos de 45° u ocho saltos de 22,5°, dependiendo del número de salidas desde el combinador de potencia. En algunas realizaciones, se aplica tanto un desplazamiento de fase como un ajuste de la amplitud a las señales AIS. En otras realizaciones, se aplica o bien un desplazamiento de fase o un ajuste de la amplitud a la señal AIS, pero no ambas. Por ejemplo, típicamente donde la unidad receptora **202** tiene dos antenas polarizadas linealmente en ángulos rectos entre sí, hay un ajuste de la amplitud, pero no desplazamiento de fase.

20 En (**710**), las señales AIS equivalentes y las señales AIS desplazadas en fase se combinan para formar una pluralidad de señales AIS combinadas. Por ejemplo, en una realización, cada señal AIS equivalente correspondiente a la primera señal AIS se combina con una de las señales AIS desplazadas en fase correspondientes a la segunda señal AIS. Será evidente para un experto en la materia que son posibles otras combinaciones de señales.

25 En (**712**), cada señal combinada se procesa o decodifica por un receptor AIS para producir una pluralidad de segmentos de mensaje contenidos en ella. En algunas realizaciones, las señales AIS combinadas se procesan o decodifican en paralelo por una pluralidad de receptores AIS (es decir un receptor AIS para cada señal combinada). En otras realizaciones las señales AIS combinadas se almacenan y se pasan secuencialmente a través de un único receptor AIS.

30 Se hace referencia ahora a la FIG. 8, donde se ilustra un diagrama de bloques de una unidad decodificadora **800** para la implementación del método **700** de la FIG. 7. La unidad decodificadora **800** incluye una pluralidad de divisores de potencia **802a** y **802b** (típicamente uno para cada antena), una pluralidad de desplazadores de fase **804a** a **804d**, una pluralidad de combinadores de potencia **806a** a **806d** y uno o más receptores AIS **808a** a **808d**.

35 Cada divisor de potencia **802a** y **802b** recibe una señal AIS desde una de las antenas de la unidad receptora **202** y divide la señal AIS recibida en una pluralidad de señales AIS equivalentes. En una realización, uno de los divisores de potencia (por ejemplo el segundo divisor de potencia **802b**) suministra a cada uno de los desplazadores de fase **804a** a **804d** una señal AIS, y uno de los divisores de potencia (por ejemplo el primer divisor de potencia **802a**) suministra a cada uno de los combinadores de potencia **806a** a **806d** la otra señal AIS. Los divisores de potencia son bien conocidos en la técnica y se pueden implementar en una variedad de formas. En una realización, cada uno de los divisores de potencia **802a** y **802b** se pueden implementar usando un repartidor de RF estándar. Cuando las señales AIS recibidas están en formato digital los divisores de potencia **802a** y **802b** se pueden implementar digitalmente en software. Sin embargo, será vidente para un experto en la materia que estas implementaciones son sólo un ejemplo, y que los divisores de potencia **802a** y **802b** se pueden implementar usando otros componentes o técnicas.

45 Cada desplazador de fase **804a** a **804d** recibe una copia de una de las señales AIS y aplica un desplazamiento de fase diferente a la señal AIS recibida para producir una señal AIS desplazada en fase correspondiente. En algunas realizaciones, cada desplazador de fase aplica un desplazamiento de fase predeterminado a la señal AIS recibida. Por ejemplo, en una realización, tal como la realización mostrada en la FIG. 8, hay cuatro desplazamientos de fase **804a** a **804d** que proporcionan desplazamientos de fase de 0°, 90°, 180° y 270°, respectivamente. En esta realización, uno de los desplazamientos de fase estará dentro de los 45° del desplazamiento de fase ideal. En otra realización, hay ocho desplazamientos de fase que proporcionan desplazamientos de fase de 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° y 315°. En esta realización, uno de los desplazamientos de fase estará dentro de los 22,5° del desplazamiento de fase ideal. Será vidente para un experto en la materia que el número de desplazamientos de fase se puede incrementar o disminuir sin afectar al funcionamiento de la unidad decodificadora **800**. De modo similar se pueden usar valores diferentes de desplazamientos de fase sin afectar al funcionamiento de la unidad decodificadora **800**.

60 En otras realizaciones, los desplazamientos de fase aplicados por los desplazadores de fase **804a** a **804d** se pueden ajustar adaptativamente o dinámicamente. Por ejemplo, como se ha descrito anteriormente, la unidad decodificadora **800** puede supervisar el número de segmentos de mensaje extraídos por cada combinación de fases y puede favorecer entonces las combinaciones de fases que producen más segmentos de mensaje.

65 Los desplazadores de fase **804a** a **804d** se pueden implementar en forma digital o analógica dependiendo de si las señales AIS recibidas están en forma digital o analógica. Por ejemplo, cuando las señales AIS recibidas están en forma analógica, los desplazadores de fase **804a** a **804d** se pueden implementar con diferentes longitudes de cable

coaxial. Cuando las señales AIS recibidas están en forma digital los desplazadores de fase **804a** a **804b** se pueden implementar digitalmente en software. Sin embargo, será claro para un experto en la materia que éstas son implementaciones de ejemplo solamente y los desplazadores de fase **804a** a **804d** se pueden implementar usando otros componentes y técnicas conocidos.

5 Cada uno de los combinadores de potencia **806a** al **806d** recibe una señal AIS desde uno de los divisores de potencia (por ejemplo el primer divisor de potencia **802a**) y una versión desplazada en fase de la otra señal AIS desde uno de los desplazadores de fase **804a** a **804d** y combina las señales recibidas para producir una señal AIS combinada.

10 Los combinadores de potencia **806a** al **806d** se pueden implementar en forma digital o analógica dependiendo de si las señales AIS recibidas están en forma digital o analógica. Por ejemplo, cuando las señales AIS recibidas están en forma analógica, los combinadores de potencia **806a** al **806d** se pueden implementar usando componentes de RF (radiofrecuencia) estándar tales como componentes de salida con conectores de 50 Ω . Cuando las señales AIS recibidas están en forma digital los combinadores de potencia **806a** al **806b** se pueden implementar digitalmente en software. Sin embargo, será evidente para un experto en la materia que éstas son solamente implementaciones de ejemplo, y que los combinadores de potencia **806a** al **806d** se pueden implementar usando otros componentes y técnicas.

20 Cada una de las señales combinadas se procesa a continuación por un receptor AIS. En algunas realizaciones, tal como la mostrada en la FIG. 8, hay una pluralidad de receptores AIS **808a** a **808d** y cada receptor AIS recibe una de las señales AIS combinadas generadas por uno de los combinadores de potencia **806a** al **806d** y extrae los segmentos de mensaje contenidos en ellas. En otras realizaciones, puede haber un único receptor y las señales AIS combinadas se almacenan en un módulo de memoria (no mostrado) y se pasan secuencialmente a través del receptor AIS. Cada receptor AIS **808a** a **808d** puede ser un receptor estándar, tal como el EURONAV™ A13000 o el Smart Radio Holdings Limited™ SR 162 Professional AIS Receiver; o un receptor propietario, tal como el descrito en la Solicitud de Patente Publicada de Estados Unidos N° 2008/0304597 de Peach.

30 En algunas realizaciones, el sistema **800** puede incluir también una pluralidad de atenuadores o amplificadores (no mostrados) para aplicar una ponderación de amplitud a las señales recibidas previamente a combinarlas. En una realización, hay un atenuador o amplificador para cada una de las señales producidas por los divisores de potencia **802a** y **802b** y cada amplificador se sitúa entre un divisor de potencia **802a** u **802b** y un desplazador de fase **804a** a **804d** o un combinador de potencia **806a** a **806d**. Los atenuadores o amplificadores se pueden implementar en forma analógica o digital dependiendo de si las señales AIS recibidas están en forma digital o analógica.

35 La unidad decodificadora **800** de la FIG. 8 debería ser vista como una generalización de la realización descrita en el presente documento para la disposición de dos antenas. Cuando hay más de dos antenas, la unidad decodificadora combinaría las salidas de las diversas antenas en varias combinaciones de fase en una forma similar a la descrita para la realización de dos antenas descrita con referencia a la FIG. 8.

40 Se hace referencia ahora a la FIG. 9, donde se ilustra un método **900** para la extracción de segmentos de mensaje de señales AIS recibidas por un satélite LEO de acuerdo con una cuarta realización. Este método **900** usa una técnica de cancelación sucesiva de interferencias para generar múltiples versiones de las señales AIS recibidas. Específicamente, se detectan y registran las señales AIS más fuertes. Se restan entonces réplicas de estas señales de la señal de entrada para generar una nueva señal de entrada. En la nueva señal, las señales más débiles que no se detectaron en el primer paso debido a la interferencia de las señales más fuertes, se pueden detectar entonces. Este procedimiento se puede usar recursivamente, generando una nueva señal en cada iteración mediante la resta de réplicas de los segmentos de mensaje detectados más recientemente.

50 (En **902**) se recibe una señal AIS de la unidad receptora **202** y se guarda en un módulo de memoria. Una vez que se ha recibido la señal AIS, el método **900** prosigue hacia **904**).

55 En **904**, las señales AIS guardadas se recuperan del módulo de memoria y se resta una señal AIS que representa los segmentos de mensaje previamente extraídos de la señal AIS guardada produciendo una señal AIS modificada. La señal AIS modificada se guarda entonces en el módulo de memoria para uso en una iteración posterior del método. Una vez que la señal AIS, que representa el segmento de mensaje previamente extraído, se ha restado de la señal AIS guardada, el método **900** prosigue hacia **906**).

60 En **906**, la señal AIS modificada generada en **904** se procesa por un receptor AIS para extraer la pluralidad de segmentos de mensaje contenidos en ella. Una vez se han extraído los segmentos de mensaje, el método prosigue hacia **908**).

65 En **908**, se construye una versión de la señal AIS original que corresponde a los segmentos de mensaje extraídos en **906**. Además de los segmentos de mensaje en sí, se requiere típicamente la información siguiente para generar una versión precisa de la señal AIS original que corresponda a los segmentos de mensaje extraídos: la amplitud de la señal, la frecuencia de la señal (incluyendo el desplazamiento Doppler), la fase y tiempos, y el índice de

modulación. En algunas realizaciones, esta información se determina usando un modelo de ajuste por mínimos cuadrados. Por ejemplo, se puede estimar los parámetros de señal iniciales tales como la amplitud, frecuencia, fase y tiempos (y a veces el desplazamiento Doppler) por el receptor AIS y a continuación se pueden ajustar los parámetros usando un modelo de ajuste por mínimos cuadrados no lineal. Esto implicará el ajuste de los valores de los parámetros de la señal hasta que existan unas diferencias en mínimos cuadrados más pequeñas entre la señal ideal y los datos originales. Esto se puede implementar usando un método de optimización estándar que emplea un procedimiento iterativo. Los métodos de ejemplo para la implementación del modelo de ajuste por mínimos cuadrados se describen en Simon Haykin, Adaptive Filter Theory (3ª Edición) (Prentice Hall, 2005). Una vez que se ha construido la versión de la señal AIS original que corresponde a los segmentos de mensaje extraídos, el método **900** prosigue hacia **(910)**.

En **(910)**, se determina si se satisface al menos una condición de parada. Si se satisface al menos una condición de parada, entonces el método **900** finaliza. Si, sin embargo, no se satisface ninguna de las condiciones de parada entonces el método **900** prosigue de vuelta hacia **(904)** donde la señal AIS generada en **(908)** se resta de la señal AIS guardada y la señal resultante se procesa a continuación mediante un receptor AIS para extraer los segmentos de mensaje contenidos en ella.

En algunas realizaciones, la condición de parada se basa en el número de segmentos de mensaje extraídos en la iteración. Por ejemplo, el método **900** puede detenerse cuando número de segmentos de mensaje extraídos en una iteración particular cae por debajo de un umbral predeterminado. Dado que el número de nuevos segmentos de mensaje extraídos en cada iteración sucesiva disminuirá muy rápidamente, es probable que sólo se ejecuten dos iteraciones del método.

Se hace referencia ahora a la FIG. 10, donde se ilustra un diagrama de bloques de una unidad decodificador **1000** de ejemplo para la implementación del método **900** de la FIG. 9. La unidad decodificador **1000** incluye una unidad de extracción de señal **1002**, un receptor de AIS **1004** y una unidad de modelado de la señal **1006**.

La unidad de extracción de señal **1002** recibe una señal AIS de la unidad receptora **202** y una señal de extracción desde la unidad de modelado de señal **1006**. La unidad de extracción de señal **1002** resta la señal de extracción de la señal AIS para producir una señal AIS modificada. Si la unidad de extracción de señal **1002** no recibe una señal de extracción desde la unidad de modelado de señal **1006** entonces la unidad de extracción de señal **1002** no realiza cambios en la señal AIS recibida y la señal AIS modificada es igual a la señal AIS recibida. Esto sucede típicamente la primera vez que se pasa la señal AIS a través de la unidad decodificadora **1000** (es decir antes de que se haya extraído cualquier segmento de mensaje de la señal AIS).

La unidad de extracción de señal **1002** también almacena típicamente una copia de la señal AIS modificada para procesamiento adicional en iteraciones sucesivas del método. En consecuencia, la unidad de extracción de señal **1002** puede incluir una unidad de memoria para el almacenamiento de la señal AIS modificada.

La unidad de extracción de señal **1002** se puede implementar en forma digital o analógica, dependiendo de si la señal AIS recibida está en forma digital o analógica. Por ejemplo, donde la señal AIS recibida está en forma analógica, la unidad de extracción de señal **1002** puede incluir un combinador de dos vías para realizar la resta. Sin embargo, será evidente para un experto en la materia que la unidad de extracción de señal **1002** se puede implementar usando otros componentes o técnicas.

El receptor AIS **1004** recibe la señal AIS modificada de la unidad de extracción de señal **1002** y detecta o extrae los segmentos de mensaje contenidos en ella. El receptor AIS **1004** puede ser un receptor estándar, tal como el EURONAV™ A13000 o el Smart Radio Holdings Limited™ SR 162 Professional AIS Receiver; o un receptor propietario, tal como el descrito en la Solicitud de Patente Publicada de Estados Unidos N° 2008/0304597 de Peach.

La unidad de modelado de señal **1006** recibe los segmentos de mensaje extraídos del receptor AIS **1004**, determina los parámetros de la señal AIS original para cada uno de los segmentos de mensaje y reconstruye y produce la salida de una versión regenerada de la señal AIS original correspondiente a los segmentos de mensaje extraídos. Como se ha descrito anteriormente, típicamente se requiere la siguiente información adicional para generar una versión precisa de la señal AIS original correspondiente a los segmentos de mensaje extraídos: la amplitud de la señal, la frecuencia de la señal (incluyendo el desplazamiento Doppler), la fase y tiempos y el índice de modulación. En algunas realizaciones, esta información se determina usando un modelo de ajuste por mínimos cuadrados. Por ejemplo, los parámetros de señal iniciales tales como la amplitud, frecuencia, fase y tiempos (y a veces el desplazamiento Doppler) se pueden estimar por el receptor AIS y a continuación se pueden ajustar los parámetros usando un modelo de ajuste por mínimos cuadrados. Esto implica el ajuste de los valores de los parámetros de la señal hasta que existan las diferencias de mínimos cuadrados más pequeñas entre la señal ideal y los datos originales. Esto se puede implementar usando un método de optimización estándar que emplee un procedimiento iterativo.

La unidad de modelado de señal **1006** se puede implementar usando componentes digitales o analógicos, o una combinación de componentes digitales y analógicos. Por ejemplo, los ajustes de los parámetros se pueden

implementar usando circuitos digitales y se puede usar a continuación un transmisor AIS estándar para generar una versión analógica de la señal AIS original. Sin embargo, en la mayor parte de los casos, la señal AIS original se generaría digitalmente. En algunas realizaciones, una única unidad realiza tanto las funciones de la unidad de extracción de señal **1002** como las funciones de la unidad de modelado de señal **1006**.

5 La versión reconstruida de la señal AIS original que corresponde a los segmentos de mensaje extraídos generados por la unidad de modelado de señal **1006** se envía a la unidad de extracción de señal **1002** donde se restan de la señal AIS original. La señal AIS modificada se reprocessa o decodifica a continuación por un receptor AIS **1004** en un intento de identificar segmentos de mensaje adicionales.

10 Será evidente para un experto en la materia que cada uno de los métodos descritos en el presente documento se puede implementar por separado o en combinación. En una realización, se pueden combinar el segundo y el tercer métodos **500** y **700** descritos en el presente documento, realizando primero el filtrado de la pluralidad de señales AIS recibidas mediante la pluralidad de antenas y combinando a continuación las señales filtradas en un número de combinaciones de amplitud y fase. Por ejemplo, si hay dos señales AIS recibidas por dos antenas, cada una de las señales recibidas se repartiría en N señales, cada grupo de N señales se suministraría entonces a bancos de filtros de N canales idénticos. Los pares de salidas correspondientes de los bancos de filtros se combinarían entonces en M posibles combinaciones de amplitud y fase para producir NxM variaciones de la señal AIS. Las señales AIS se pueden procesar a continuación secuencialmente por un receptor de señal AIS o en paralelo por una pluralidad de receptores AIS.

15 En otra realización, se pueden combinar el segundo y tercer métodos **500** y **700** mediante la combinación primero de la pluralidad de señales AIS y a continuación el filtrado de las señales combinadas. Específicamente la pluralidad de señales AIS recibidas por la pluralidad de antenas se pueden combinar en M diferentes combinaciones de amplitud y fase, y a continuación cada una de estas combinaciones se puede suministrar a un banco de filtros de N canales separado, produciendo NxM variaciones de la señal AIS. Las señales AIS se pueden procesar entonces secuencialmente por un receptor de señal AIS, o en paralelo por una pluralidad de receptores AIS.

20 Cualquiera de estas realizaciones puede implementar entonces el primero o cuarto métodos **300** y **900** en el receptor o receptores AIS posteriores.

25 En tanto que la descripción anterior proporciona ejemplos de las realizaciones, se apreciará que algunas características y/o funciones de las realizaciones descritas son susceptibles de modificaciones sin separarse del espíritu y principios de funcionamiento de las realizaciones descritas. En consecuencia, lo que se ha descrito anteriormente se ha pretendido que sea ilustrativo de la invención y no limitativo y se comprenderá por los expertos en la materia que se pueden realizar otras variantes y modificaciones sin separarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas a la misma.

35

REIVINDICACIONES

1. Un método de extracción de un sistema de identificación automática, AIS, de segmentos de mensaje desde al menos una señal AIS recibida por un satélite (12), comprendiendo el método:

- 5 (a) el engaño de (302, 502, 702, 902) al menos una señal AIS desde al menos una antena de satélite;
 (b) la generación de múltiples versiones de la al menos una señal AIS recibida mediante la variación de uno o más parámetros de detección de la señal AIS cuando se generan cada una de las múltiples versiones;
 10 (c) la extracción de segmentos de mensaje contenidos dentro de cada una de las múltiples versiones de la al menos una señal AIS usando el al menos un receptor AIS;
 (d) la clasificación de los segmentos de mensaje por tiempo de recepción; y
 (e) el borrado de cualquier segmento de mensaje duplicado.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, donde la generación de múltiples versiones de la al menos una señal AIS comprende la variación (304) de al menos uno de entre (i) un parámetro de al menos una señal AIS; y (ii) un parámetro del al menos un receptor AIS.

3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, donde los parámetros de la al menos una señal AIS comprenden la frecuencia y amplitud de la al menos una señal AIS.

4. El método de acuerdo con la reivindicación 2, donde los parámetros del al menos un receptor AIS comprenden la frecuencia central, la respuesta de frecuencia y el ancho de banda de un filtro pasa banda interno a al menos un receptor AIS.

5. El método de acuerdo con la reivindicación 2, donde los parámetros de la al menos una señal AIS y del al menos un receptor AIS se varían de una forma predeterminada o donde los parámetros de la al menos una señal AIS y del al menos un receptor AIS se varían de una forma adaptativa en base al número de segmentos de mensaje extraídos.

6. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, donde la generación de múltiples versiones de la al menos una señal AIS comprende:

- 35 (b.1) el reparto (504) de al menos una señal AIS en un número predeterminado de señales AIS repartidas; y
 (b.2) el filtrado (506) de cada una de las señales AIS repartidas usando un filtro pasa banda separado para producir las múltiples versiones de la al menos una señal AIS.

7. El método de acuerdo con la reivindicación 6, donde el número de filtros pasa banda y el ancho de banda de cada uno de los filtros pasa banda se selecciona de acuerdo con

$$B_C = B + (N - 1) * (B - B_D) = N * B - (N - 1) * B_D$$

en donde B_D es el ancho de banda mínimo para extraer segmentos de mensaje, B es el ancho de banda de cada filtro pasa banda, B_C es el ancho de banda del canal AIS y N es el número de filtros pasa banda.

8. El método de acuerdo con la reivindicación 7, donde el ancho de banda de cada filtro pasa banda está entre aproximadamente 10 kHz y aproximadamente 14 kHz.

9. El método de acuerdo con la reivindicación 8, donde el número de filtros pasa banda es de 7 y el ancho de banda de cada filtro pasa banda es aproximadamente de 12 kHz.

10. El método de acuerdo con la reivindicación 1, donde la primera y segunda señales AIS se reciben desde una primera y segunda antenas respectivamente, y la generación de múltiples versiones de la al menos una señal AIS comprende:

- 55 (b.1) la división (704) de la primera señal AIS en un número predeterminado de primeras señales AIS divididas;
 (b.2) la división (704) de la segunda señal AIS en un número predeterminado de segundas señales AIS divididas;
 (b.3) el desplazamiento de fase (706) de cada una de las segundas señales AIS divididas en una cantidad diferente para producir una pluralidad de señales AIS desplazadas en fase; y
 60 (b.4) la combinación (710) de cada una de las primeras señales AIS divididas con una de las señales AIS desplazadas en fase para producir las múltiples versiones de la al menos una señal AIS.

11. El método de acuerdo con la reivindicación 10, donde la cantidad de cada desplazamiento de fase está predeterminada.

12. El método de acuerdo con la reivindicación 11, donde el número predeterminado es cuatro y la cantidad de desplazamientos de fase es 0°, 90°, 180° y 270°, o donde el número predeterminado es ocho y la cantidad de desplazamientos de fase es 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° y 315°.
- 5 13. El método de acuerdo con la reivindicación 10, donde la cantidad de cada desplazamiento de fase se determina adaptativamente en base al número de segmentos de mensaje extraídos de cada una de las múltiples versiones de la al menos una señal AIS.
- 10 14. El método de acuerdo con la reivindicación 10, donde la generación de múltiples versiones de la al menos una señal AIS comprende adicionalmente el ajuste (708) de la amplitud de al menos una de las primeras señales AIS divididas y de las señales AIS desplazadas en fase previamente a la combinación de cada una de las primeras señales AIS divididas con una de las señales AIS desplazadas en fase.
- 15 15. El método de acuerdo con la reivindicación 1, donde la generación de múltiples versiones de la al menos una señal AIS comprende una cancelación de interferencias sucesiva, donde la cancelación sucesiva de interferencias comprende, en al menos un paso sucesivo:
- 20 (b.1) la generación (908) de una señal AIS que representa los segmentos de mensaje extraídos;
 (b.2) la resta (904) de la señal AIS que representa los segmentos de mensaje extraídos de la al menos una señal AIS para generar una versión de la al menos una señal AIS;
 (c.1) la extracción de segmentos de mensaje adicionales contenidos dentro de la versión de la al menos una señal AIS usando el al menos un receptor AIS;
 (d.1) la clasificación de los segmentos de mensaje adicionales por tiempo de recepción; y
 25 (e.1) el borrado de cualquier segmento de mensaje duplicado en los segmentos de mensaje adicionales.
16. El método de acuerdo con la reivindicación 15, donde la generación de múltiples versiones de la al menos una señal AIS comprende adicionalmente la repetición (910) de las etapas (b.1) a (e.1) hasta que un número de mensajes nuevos extraídos caiga por debajo de un umbral predeterminado.
- 30 17. El método de acuerdo con la reivindicación 1, donde una primera y segunda señales AIS recibidas desde la primera y segunda antenas, respectivamente, y la generación de múltiples versiones de la al menos una señal AIS comprende:
- 35 (b.1) la división de la primera señal AIS en un primer número predeterminado de primeras señales AIS divididas;
 (b.2) la división de la segunda señal AIS en el primer número predeterminado de segundas señales AIS divididas;
 (b.3) el filtrado de cada una de las primeras señales AIS divididas usando un filtro pasa banda separado para producir una pluralidad de primeras señales AIS filtradas;
 40 (b.4) el filtrado de cada una de las segundas señales AIS divididas usando un filtro pasa banda separado para producir una pluralidad de segundas señales AIS filtradas;
 (b.5) la división de cada una de las primeras señales AIS filtradas en un segundo número predeterminado de primeras señales AIS filtradas divididas;
 45 (b.6) la división de cada una de las segundas señales AIS filtradas en el segundo número predeterminado de segundas señales AIS filtradas divididas;
 (b.7) la aplicación de al menos uno de entre un desplazamiento de fase y un desplazamiento de amplitud a cada una de las segundas señales AIS filtradas divididas para producir una pluralidad de señales AIS desplazadas, donde se aplican diferentes desplazamientos de fase y amplitud a cada una de las segundas
 50 señales AIS filtradas divididas correspondientes a una segunda señal AIS filtrada particular; y
 (b.8) la combinación de cada una de las primeras señales AIS filtradas divididas con una de las señales AIS desplazadas para producir las múltiples versiones de la al menos una señal AIS.
18. El método de acuerdo con la reivindicación 1, donde una primera y segunda señales AIS se reciben desde una primera y segunda antenas, respectivamente, y la generación de múltiples versiones de la al menos una señal AIS comprende:
- 55 (b.1) la división de la primera señal AIS en un primer número predeterminado de primeras señales AIS divididas;
 60 (b.2) la división de la segunda señal AIS en el primer número predeterminado de segundas señales AIS divididas;
 (b.3) la aplicación de al menos uno de entre un desplazamiento de fase y un desplazamiento de amplitud a cada una de las segundas señales AIS divididas para producir una pluralidad de señales AIS desplazadas, donde se aplican diferentes desplazamientos de fase y amplitud a cada una de las segundas
 65 señales AIS divididas;
 (b.4) la combinación de cada una de las primeras señales AIS divididas con una de las señales AIS

desplazadas para producir una pluralidad de señales AIS combinadas;

(b.5) la división de cada una de las señales AIS combinadas en un segundo número predeterminado de señales AIS combinadas divididas y

5 (b.6) el filtrado de cada una de las señales AIS combinadas divididas usando un filtro pasa banda separado para producir las múltiples versiones de la al menos una señal AIS.

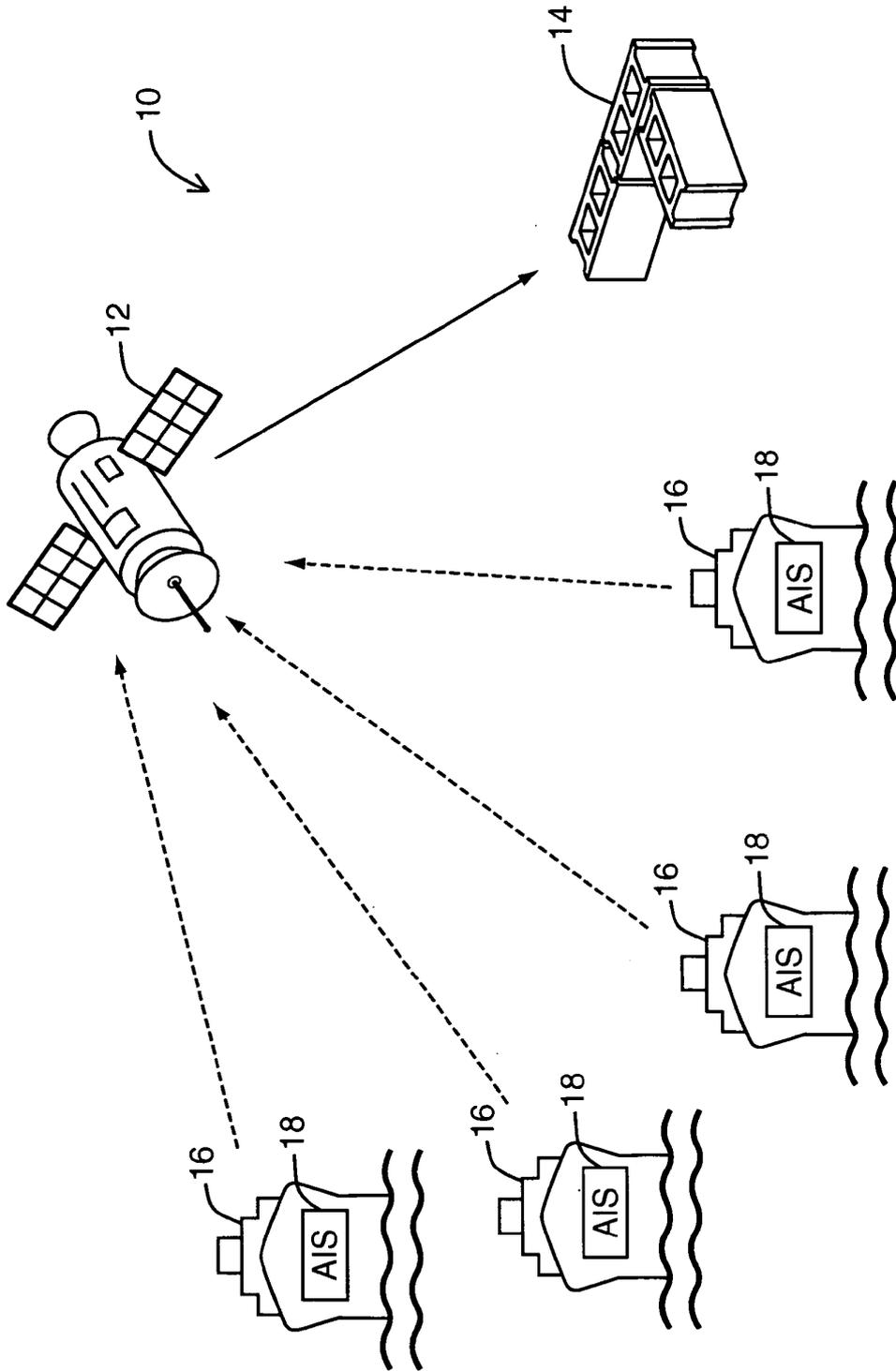


FIG. 1

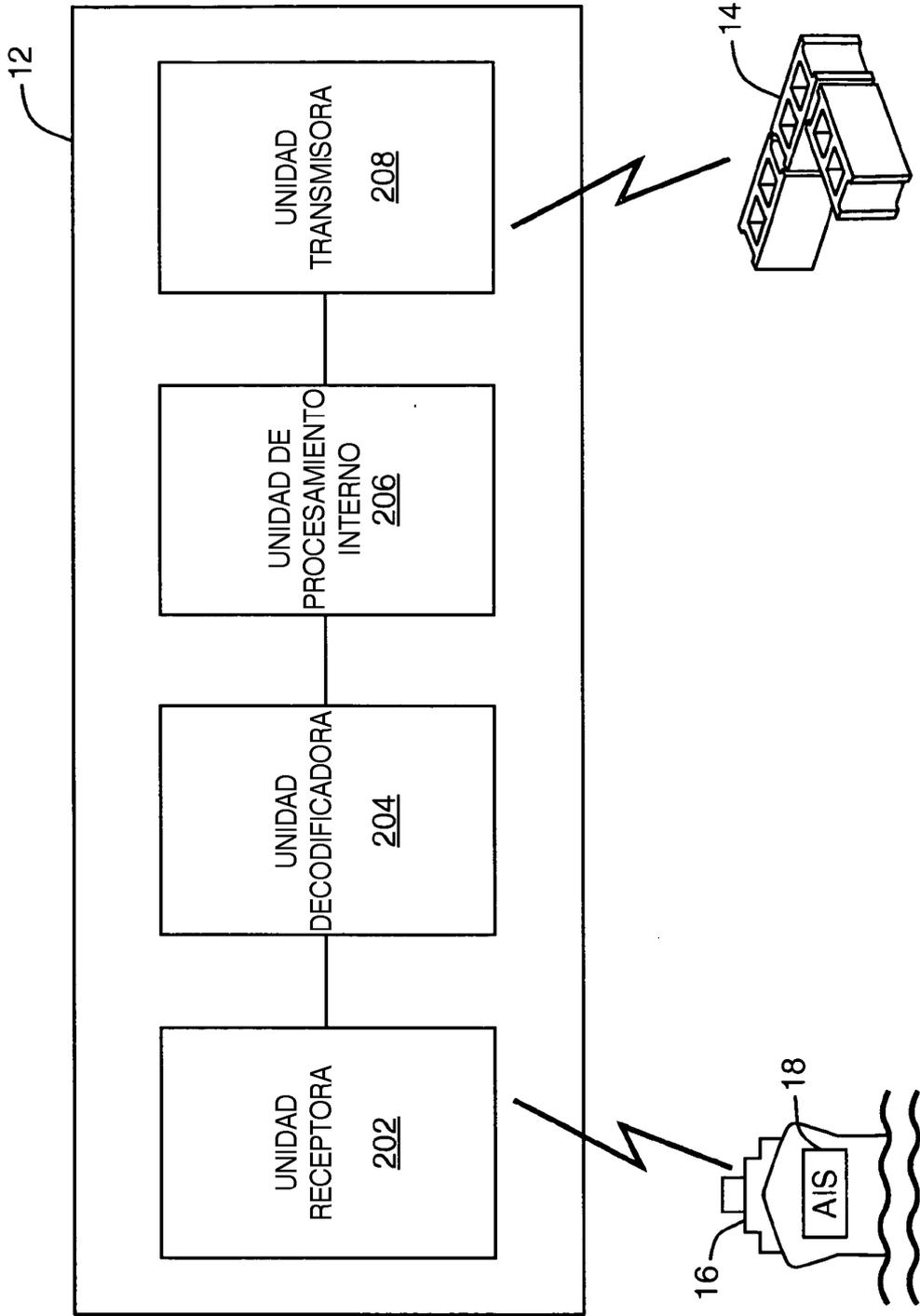


FIG. 2

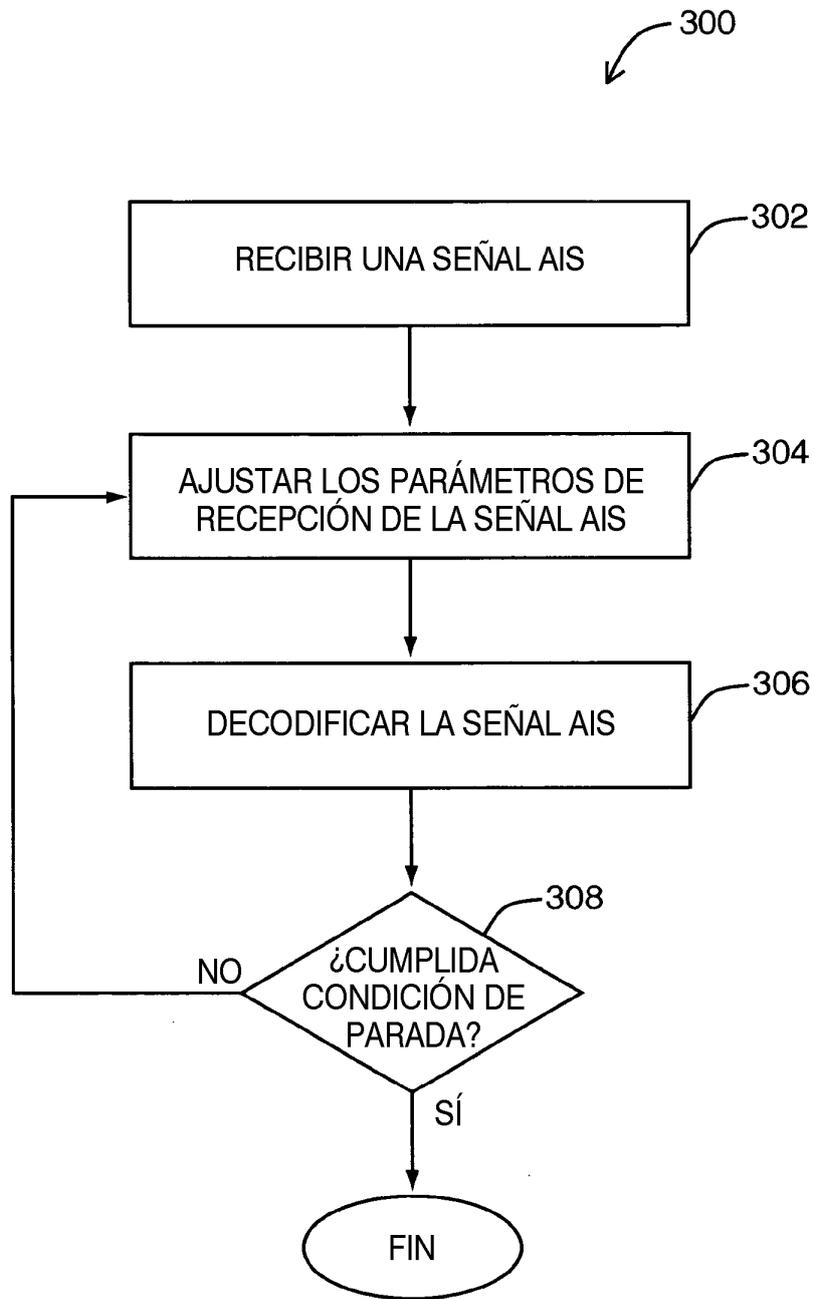


FIG. 3

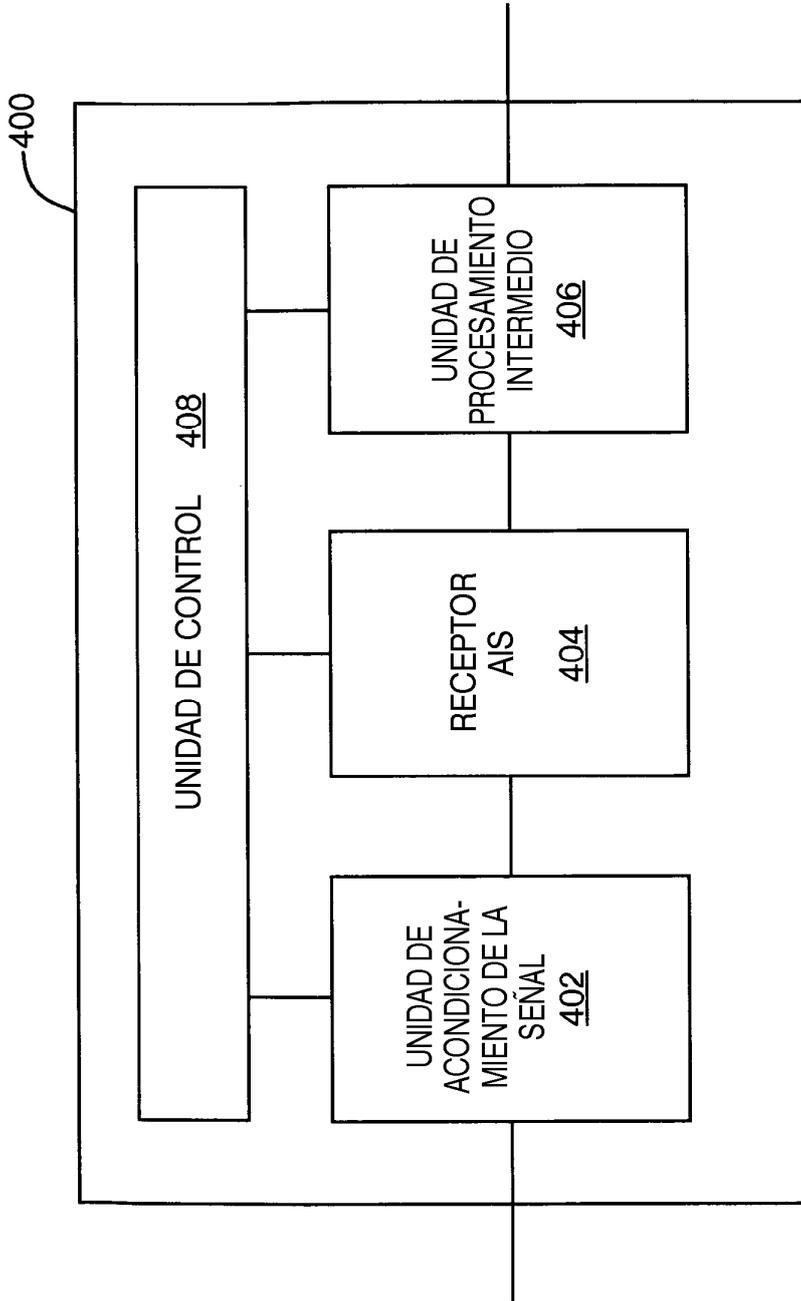


FIG. 4

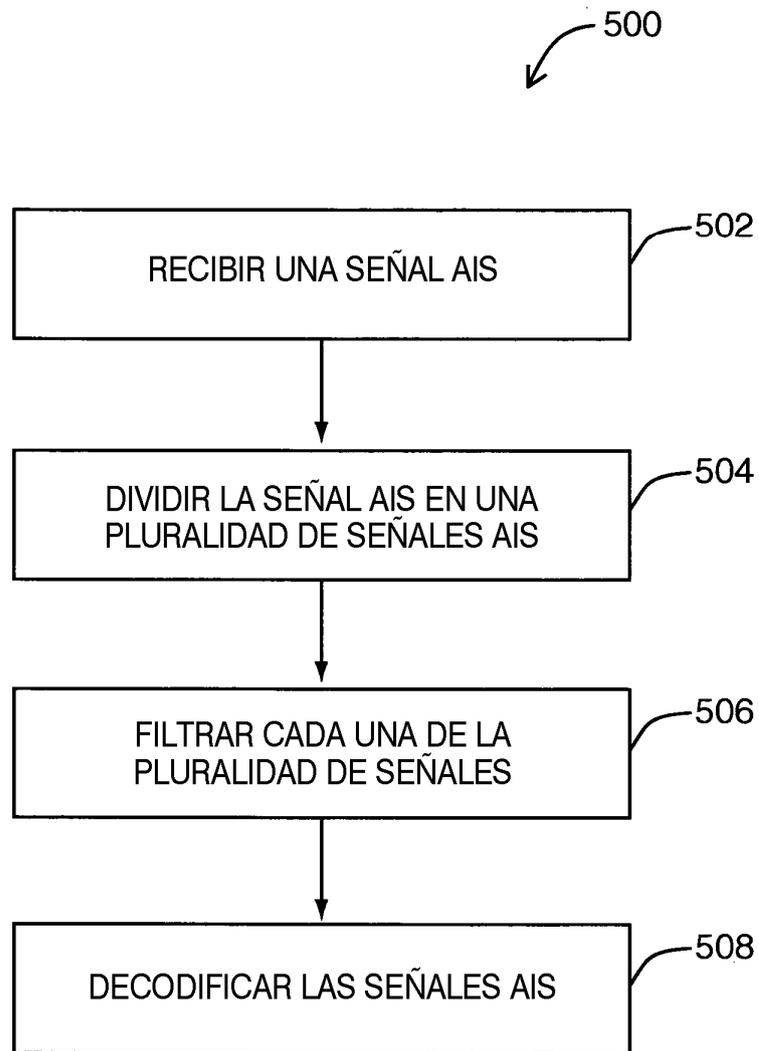


FIG. 5

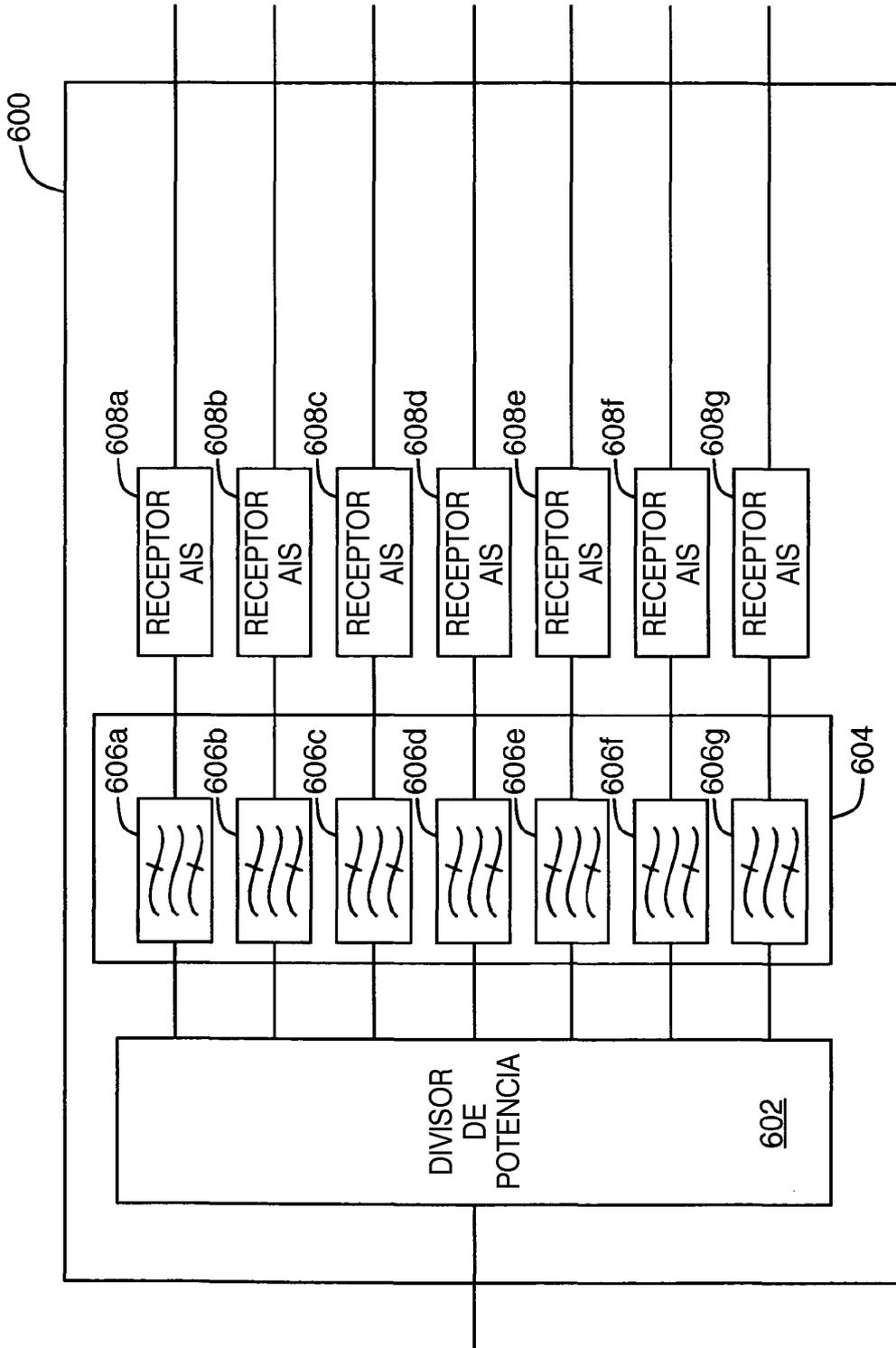


FIG. 6

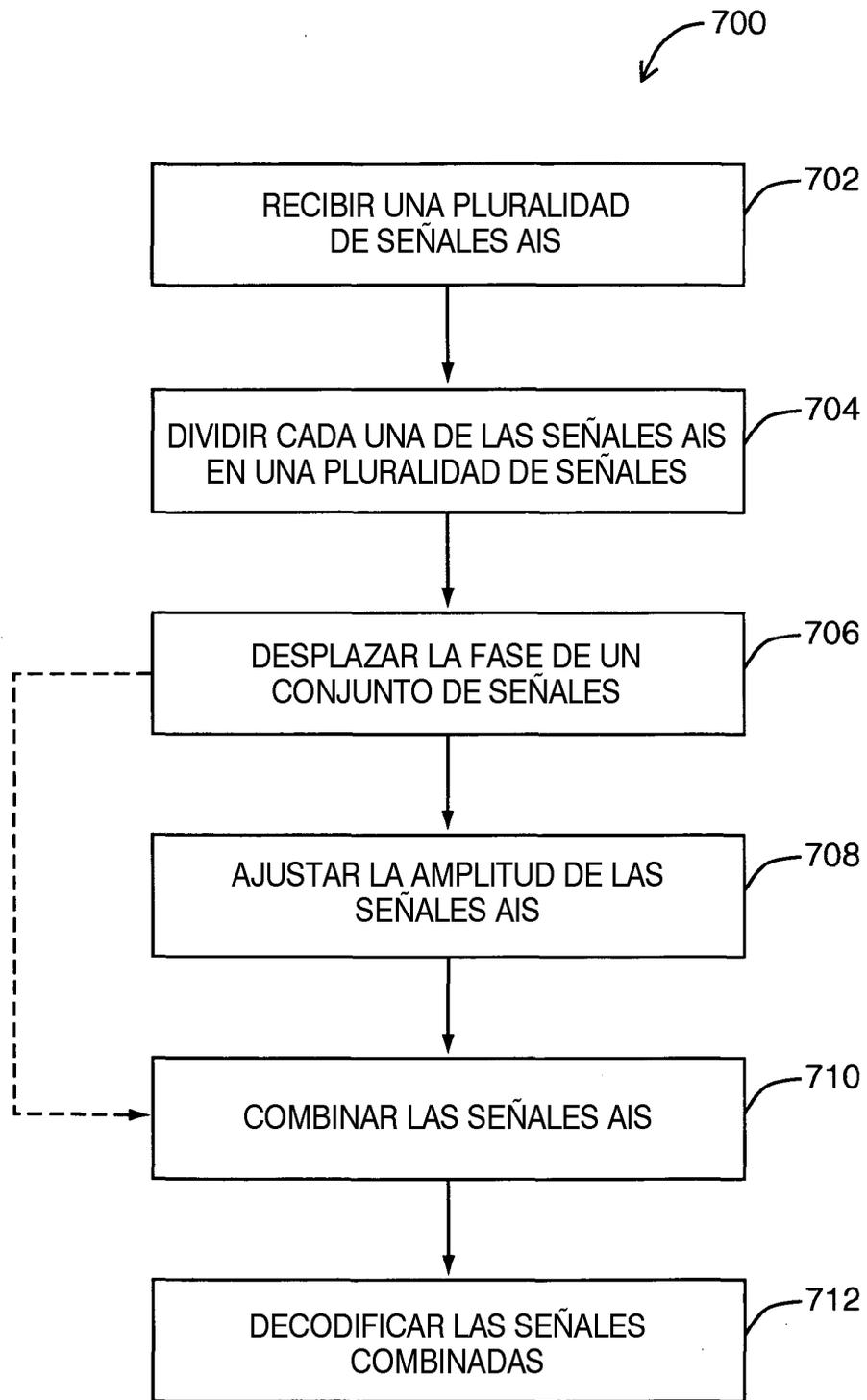


FIG. 7

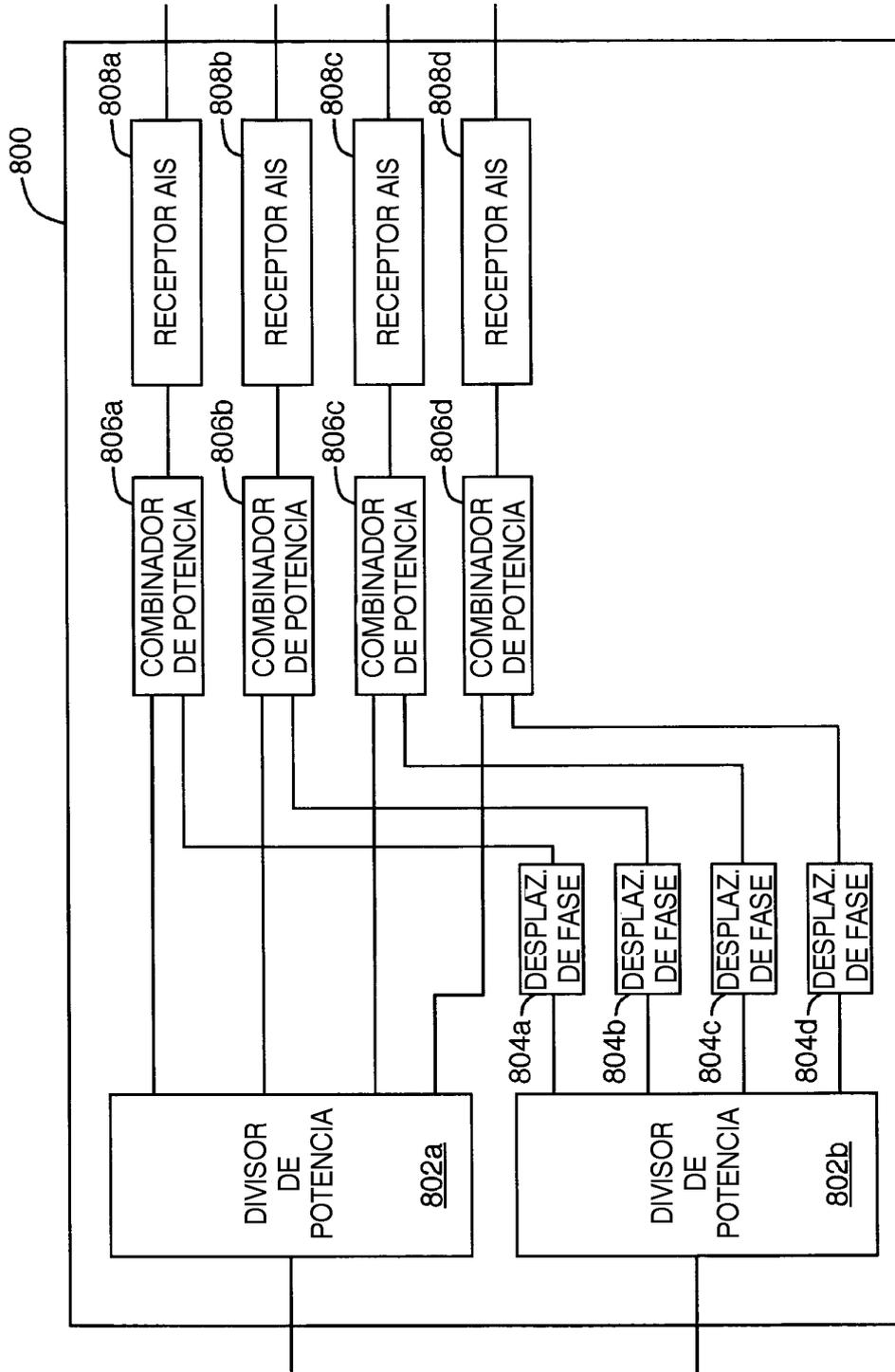


FIG. 8

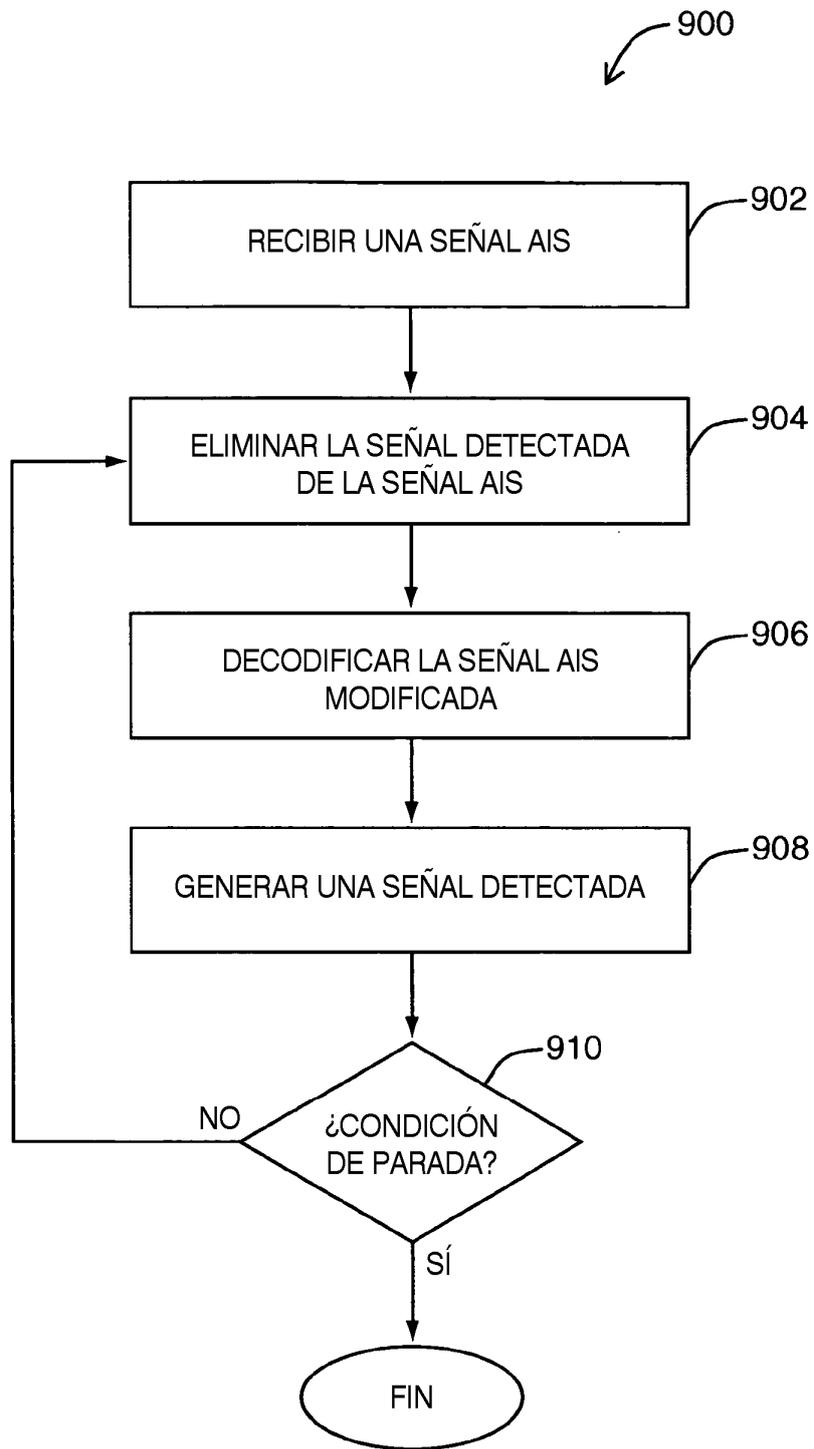


FIG. 9

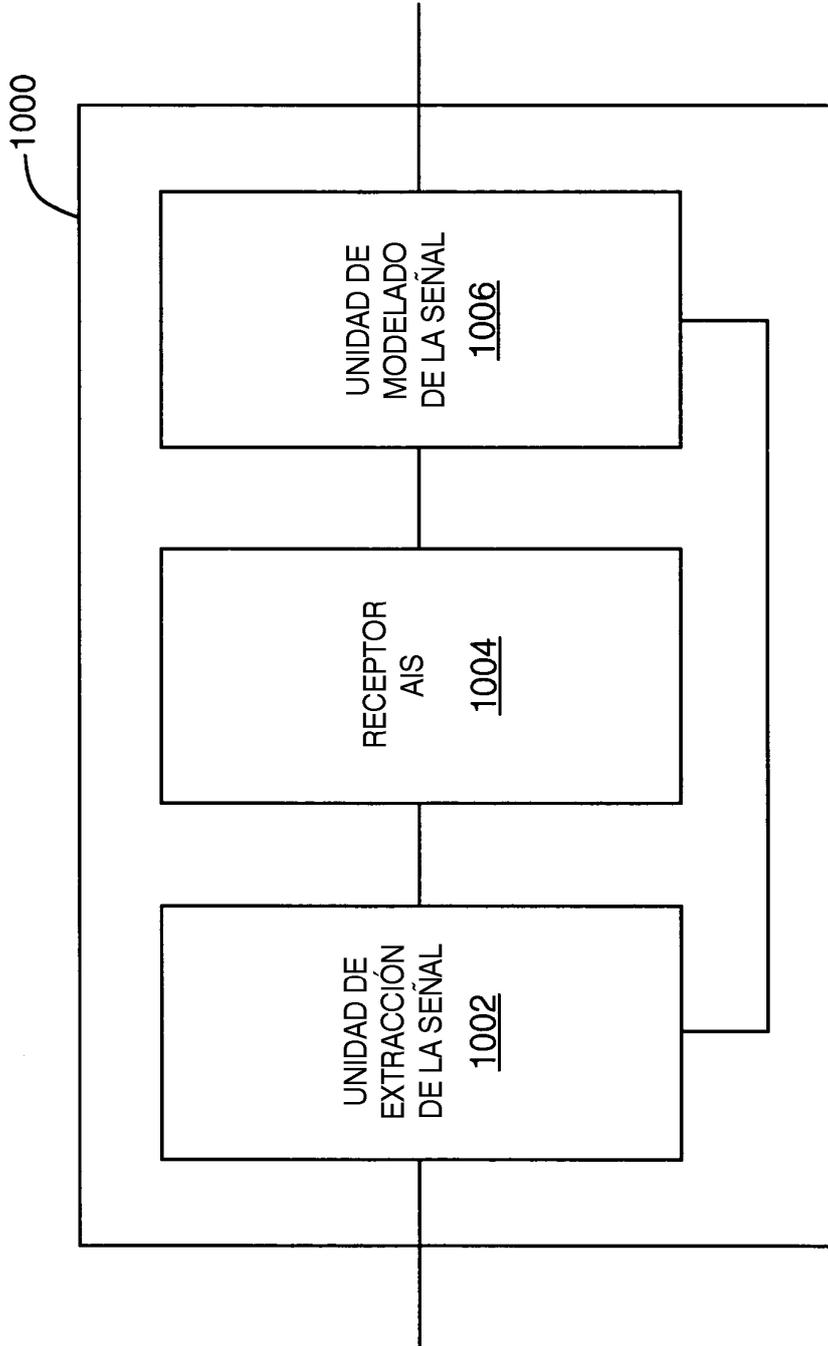


FIG. 10