

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 806 703**

51 Int. Cl.:

H04L 1/00 (2006.01)

G01S 1/68 (2006.01)

G01S 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.03.2014 PCT/CA2014/000166**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.09.2014 WO14134707**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.03.2014 E 14760801 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2020 EP 2965479**

54 Título: **Procedimientos y sistemas para la detección mejorada de mensajes de navegación electrónica**

30 Prioridad:

05.03.2013 US 201313786059

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

18.02.2021

73 Titular/es:

**EXACTEARTH LTD. (100.0%)
260 Holiday Inn Drive, Unit 30 Building B,
Cambridge, ON N3C 4E8, CA**

72 Inventor/es:

RANDHAWA, BALJINDER, S.;
MACIKUNAS, ARUNAS, G.;
BROWNING, MARGARET, J.;
MILLER, PHILIP, L. y
SHORT, CHRISTOPHER, M.

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 806 703 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

Procedimientos y sistemas para la detección mejorada de mensajes de navegación electrónica

5 CAMPO

Las realizaciones descritas se refieren a la navegación electrónica y, más particularmente, a procedimientos y sistemas para mejorar la detectabilidad de mensajes de navegación electrónica.

10 INTRODUCCIÓN

La navegación electrónica es un concepto desarrollado por la Organización Marítima Internacional (OMI) para mejorar la prevención y seguridad de las operaciones de transporte marítimo comercial facilitando una mejor comunicación y organización de datos entre barcos e instalaciones costeras.

15

La navegación electrónica ha sido definida como la "recopilación armonizada, integración, intercambio, presentación y análisis de la información marina a bordo y en tierra por medios electrónicos para mejorar la navegación de atracadero a atracadero y los servicios relacionados para la prevención y seguridad en el mar y la protección del medio ambiente marino."

20

Como tal, la navegación electrónica incorpora y se extiende sobre una serie de tecnologías, incluyendo el sistema de identificación automática (AIS), el sistema de información y visualización de cartas electrónicas (ECDIS), los sistemas integrados del puente/sistemas integrados de navegación (IBS/INS), la ayudas automáticas con trazado del rumbo por radar (ARPA), los sistemas de identificación y seguimiento de largo alcance (LRIT), los servicios para el tráfico de buques (VTS) y el sistema mundial de socorro y seguridad marítima (SMSSM).

25

La solicitud de patente de Estados Unidos US2009/0.161.797 describe un sistema y procedimiento de detección de señales de AIS en el espacio y la decodificación de estas señales.

30 La solicitud de patente europea EP2.651.046 describe procedimientos y sistemas para validar posiciones notificadas en señales de mensaje de AIS.

Según un aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de generación de un mensaje de navegación electrónica según la reivindicación 1.

35

Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de recuperación de datos de mensajes a partir de una señal de navegación electrónica según la reivindicación 7.

Según otro aspecto de la presente invención, se proporcionan un transpondedor y un receptor según las reivindicaciones 13 y 14, respectivamente.

40

Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema de mensajería de navegación electrónica según la reivindicación 15.

45 Las características opcionales se establecen en las reivindicaciones dependientes.

DIBUJOS

Para una mejor comprensión de las diversas realizaciones descritas en esta invención y para mostrar con más claridad cómo se pueden poner en práctica, a continuación, se hará referencia, a modo de ejemplo únicamente, a los dibujos adjuntos en los que:

50

La FIG. 1 es un diagrama esquemático simplificado de un ejemplo para aspectos satelitales del sistema de navegación electrónica;

55

la FIG. 2 es un diagrama de bloques de sistema de un transmisor de navegación electrónica de ejemplo para el sistema de la FIG. 1;

60

la Fig. 3 es un diagrama de bloques de sistema de un receptor de navegación electrónica de ejemplo para el sistema de la FIG. 1;

la FIG. 4 es un diagrama que ilustra la estructura de datos de una señal de mensaje de navegación electrónica de

ejemplo;

la FIG. 5A es un diagrama de flujo para un procedimiento de ejemplo de una generación de un mensaje de navegación electrónica con detectabilidad mejorada;

5

la Fig. 5B es un diagrama de flujo para otro procedimiento de ejemplo de generación de un mensaje de navegación electrónica con detectabilidad mejorada;

la Fig. 6A es un diagrama de flujo para un procedimiento de ejemplo de recepción y procesamiento de un mensaje de navegación electrónica con detectabilidad mejorada; y

10

la FIG. 6B es un diagrama de flujo para una estrategia de decodificación de protección contra errores complementaria a la estrategia de codificación de la FIG. 5B.

15 DESCRIPCIÓN DE DIVERSAS REALIZACIONES

La mensajería entre barcos y otras estaciones es un requisito básico de la navegación electrónica. En parte debido al uso obligatorio del AIS en el transporte marítimo comercial, los desarrolladores de la navegación electrónica han seleccionado el AIS como la plataforma de mensajería para la navegación electrónica.

20

El AIS es un sistema de comunicaciones y de prevención de colisiones basado en radiofrecuencia (RF) para grandes buques de la clase SOLAS (Seguridad de la Vida Humana en el Mar). El AIS está diseñado para comunicaciones de corto alcance (típicamente 20-30 millas náuticas) entre barcos y de barco a costa. El sistema AIS usa canales de banda estrecha (es decir, 25 kHz de anchura de banda) de muy alta frecuencia (VHF), a 161,975 MHz y 162,025 MHz, por ejemplo, y - al menos en el caso de transmisores de Clase A - un procedimiento de comunicación llamado acceso múltiple por división de tiempo autoorganizado (SOTDMA). La ITU también ha reservado canales adicionales para el uso del AIS para soportar navegación electrónica, y en algunos casos también se pueden usar otros esquemas de organización (por ejemplo, los transmisores de clase B pueden usar acceso múltiple por división de tiempo con detección de portadora (CSTDMA)). Se apreciará que también pueden usarse sistemas de mensajería distintos del AIS con la navegación electrónica. Además, ciertos aspectos (por ejemplo, el esquema de modulación) del AIS y la navegación electrónica pueden ser modificados en el futuro.

25

30

[0015] Los barcos que emplean el AIS emiten detalles clave cada pocos segundos sobre su identificación, posición actual, rumbo y velocidad, permitiendo a los barcos seleccionar una derrota segura, incluso cuando las condiciones impiden el contacto visual.

35

El sistema AIS soporta varios tipos diferentes de señal. Convencionalmente, la señal de AIS principal enviada por un barco es un informe de posición que proporciona información relativa a la identificación del barco, la ubicación, la derrota, la velocidad y otros detalles. El AIS también incluye el uso de un receptor, lo que permite un barco recibir señales de AIS emitidas por los buques a su alrededor. Cada minuto, cada canal de VHF es dividido en 2.250 franjas de tiempo, cada una de las cuales puede tener cabida para una transmisión de AIS de 26,67 ms (es decir, una señal de AIS). Las franjas de tiempo se sincronizan con precisión al tiempo universal coordinado (UTC), por lo general usando el sistema de posicionamiento global (GPS), y cada conjunto de AIS reserva franjas de tiempo para futuras transmisiones de AIS desde el barco. Otros conjuntos de AIS dentro del alcance pueden, por lo tanto, mantener un mapa de franjas reservadas y evitar transmitir durante estos intervalos. Esta característica autoorganizativa evita colisiones de señales en los cortos alcances implicados en las transmisiones de superficie.

40

45

Desde 2004, la IMO ha requerido que haya transpondedores de AIS a bordo de todos los buques que excedan de 300 toneladas brutas o los buques de pasajeros de cualquier tamaño. Más de 100.000 barcos en todo el mundo han instalado estos transpondedores a un costo combinado de varios cientos de millones de dólares, lo que hace del AIS uno de los despliegues de tecnología marítima más exitosos de todos los tiempos. Además, la tecnología de AIS se está desplegando cada vez más en buques más pequeños y también se está instalando en buques y aeronaves de ayudas a la navegación (AtoN) y búsqueda y rescate (SAR). Desde el despliegue del AIS, la IMO ha comenzado el procedimiento de definición de la navegación electrónica. La navegación electrónica usa el sistema de comunicación de AIS para facilitar diversos requisitos de navegación electrónica, y específicamente requerirán la utilización intensiva de mensajes de aplicación específica (ASM).

50

55

Los ASM permiten la definición de subtipos adicionales de mensajes de AIS. Mediante el uso de ASM, el AIS se puede extender o aprovechar para transmitir una diversidad de otros tipos de datos. Esta extensibilidad es aprovechada por la navegación electrónica para transmitir otros tipos de datos. Por ejemplo, la IMO define subtipos de ASM para transmitir informes de observación meteorológica desde los barcos, señales de tráfico marítimo y datos de ataque, entre otros. Los ASM también se puede usar para comunicar cargas útiles binarias de formato libre.

60

La IMO, y otros, han reconocido que el uso de ASM dentro del AIS y la navegación electrónica seguirá aumentando causando un entorno cada vez más congestionado en el VDL (enlace de datos por VHF) usado para el AIS y la navegación electrónica. Este problema se agrava particularmente en el caso de la detección por satélite de señales de AIS.

Aunque el AIS fue desarrollado como un sistema autoorganizativo dentro de un radio local de aproximadamente 20-30 millas náuticas, las señales de AIS también pueden detectarse usando satélites de órbita terrestre baja (LEO). Los satélites LEO tienen un gran campo de visión (FOV), medido típicamente en miles de millas náuticas, lo que significa que el satélite LEO puede recibir señales de un gran número de barcos a la vez. Debido al gran FOV, las características autoorganizativas del AIS no son suficientes para impedir colisiones de señal en este escenario. Como resultado, la recepción vía satélite LEO conduce a un gran número de señales de AIS que colisionan o se superponen entre sí.

Además, muchas señales de AIS pueden no transmitirse con suficiente potencia para ser recibidas sin error en un satélite LEO. Los transmisores de AIS Clase A, como los que hay a bordo de grandes buques comerciales, tienen un nivel de potencia de transmisión de 12,5 W, de forma predeterminada, que puede no ser suficiente para superar el ruido o las colisiones de señales en muchos casos. Por otra parte, los transmisores de AIS Clase B, que se pueden encontrar en buques pequeños, tienen transmisores menos sofisticados limitados a un nivel de potencia de sólo 2 W y que transmiten con poca frecuencia.

La población de buques pequeños sigue creciendo en el VDL. Estos buques son de particular interés para las organizaciones de seguridad ya que su propiedad y propósitos dentro de las aguas nacionales pueden ser difíciles de rastrear debido a que operan fuera de la OMI y los convenios SOLAS. Se desea usar el AIS, y la detección por satélite LEO, para realizar un seguimiento de estos buques, pero sus transmisiones de baja potencia e infrecuentes hacen que sea muy difícil detectar estos buques, particularmente en áreas congestionadas.

Las realizaciones descritas están dirigidas generalmente a procesar y transmitir señales de navegación electrónica (por ejemplo, AIS) de una manera que mejora significativamente la probabilidad de recepción incluso cuando se transmiten a baja potencia, y a recibir y procesar las señales de navegación electrónica para recuperar de forma fiable los datos de mensaje, incluso en presencia de interferencia de canal y errores de bits que podrían hacer que un receptor convencional desechara las señales.

En algunas realizaciones específicas, un formato de mensaje está provisto de características de nivel binario que mejoran la detección en presencia de ruido u otras formas de interferencia (incluyendo autointerferencia del sistema). El formato de mensaje también puede contener contenido adicional, como datos históricos de derrota, que mejora la utilidad de los mensajes para una entidad de supervisión.

Además, las realizaciones descritas se pueden proporcionar de tal una manera que sean conformes con los estándares de AIS existentes, y retrocompatibles con transpondedores de comunicaciones de datos de AIS convencionales, como los usados y definidos dentro del estándar de AIS, y en los estándares de navegación electrónica en evolución.

Algunas realizaciones incorporan uno o más de un formato de mensaje de carga útil único, mejoras de transmisión, operaciones de red, y mejoras de procesamiento para permitir la detección fiable - usando receptores con base en tierra, embarcados, aerotransportados o por satélite - de un gran número de transmisores de radiofrecuencia distribuidos, que transmiten cada uno autónomamente un paquete de datos a intervalos predefinidos o nominales.

Con referencia ahora a la FIG. 1, se muestra un diagrama esquemático simplificado de un sistema de navegación electrónica de ejemplo 100. El sistema 100 tiene al menos un satélite LEO 150, que recibe señales de mensajes de navegación electrónica transmitidos por uno o más transmisores embarcados 110, uno o más transmisores de buques pequeños 115 y otros transmisores, como un transmisor con base en tierra 120. El satélite LEO 150 puede transmitir datos que corresponden a las señales de mensaje recibidas a una estación terrestre 180. En algunas realizaciones, el satélite LEO 150 puede realizar el postprocesamiento y la recuperación de las señales de mensaje recibidas a bordo. En otras realizaciones, el satélite LEO 150 puede retransmitir los datos de señal sin procesar a una o más estaciones terrestres 180 para el postprocesamiento y la recuperación.

En realizaciones en las que la navegación electrónica emplea comunicaciones basadas en AIS, un transmisor de barco dado 110 transmitirá típicamente señales de AIS a través de un número de canales VHF de banda estrecha (es decir, 25 kHz). Ejemplos de canales VHF de AIS incluyen AIS1 a 161,975 MHz y AIS2 a 162,025 MHz. Como se señaló anteriormente, también existen y pueden usarse otros canales de AIS, y pueden añadirse todavía más canales - que pueden utilizar tipos de modulación y anchura de banda de canal variables - global o regionalmente de vez en cuando, con el fin de facilitar la navegación electrónica o servicios de comunicación marítima. Las presentes realizaciones

pueden usarse con cualquier combinación de canales. Para transmitir una señal de AIS, el conjunto de transmisión emplea una modulación por desplazamiento mínimo con filtro gaussiano (GMSK) de 9,6 kbps. El satélite LEO 150 está equipado con al menos una antena VHF y recibe la señal de AIS transmitida por el barco. El satélite LEO 150 se desplaza a una velocidad orbital alta, como 7500 m/s, por ejemplo, y, en consecuencia, la señal de AIS recibida por el
5 satélite LEO 150 puede sufrir un desplazamiento Doppler de hasta +/- 5,0 kHz.

En las realizaciones descritas en esta invención, los transmisores 110, 115 y 120 pueden generar y transmitir señales de AIS como se describe con referencia a las FIGS. 5A y 5B.

10 Las señales de AIS recibidas pueden ser filtradas y preprocesadas usando técnicas conocidas para recibir mensajes de AIS. Por ejemplo, la banda estrecha de la señal de AIS recibida puede ser filtrada para aislar los canales de AIS de interés. El receptor puede entonces intentar identificar un mensaje candidato en los datos de señal, por ejemplo, localizando una secuencia de entrenamiento de AIS en los datos de señal.

15 Una vez que se identifica un mensaje candidato, se realiza demodulación GMSK seguida por decodificación sin retorno a cero inversa (NRZI), vaciado e inversión de bits para recuperar la secuencia de bits de mensaje de AIS.

El código de comprobación de redundancia cíclica (CRC) de mensaje de AIS puede verificarse en esta etapa, para determinar si está presente algún error en la secuencia de bits de mensaje de AIS recuperada. Convencionalmente
20 en el procesamiento de mensajes de AIS, si falla la verificación CRC, se descartan los datos de mensaje. Sin embargo, en las realizaciones aquí presentadas, el procedimiento puede continuar incluso en presencia de uno o más errores de bits en el mensaje de AIS candidato. Por consiguiente, la verificación CRC de nivel superior puede omitirse en algunas realizaciones descritas en esta invención.

25 Una vez que se recupera la secuencia de bits de mensaje de AIS, el sistema procede al procesamiento de la carga útil para cada secuencia de bits de mensaje de AIS, como se describe con referencia a las FIGS. 6A y 6B.

Con referencia ahora a la FIG. 2, se ilustra un diagrama de bloques de sistema para un transmisor de navegación electrónica en algunas realizaciones de ejemplo. El transmisor de navegación electrónica 200 puede usarse en el
30 transmisor de barco 110, el transmisor de buque pequeño 115 y el transmisor terrestre 120, por ejemplo.

El transmisor 200 incluye un procesador 220, memoria 225 (que puede incluir memoria volátil y no volátil) y una etapa de transmisor de RF 210. La etapa de transmisor de RF 210 incluye uno o más amplificadores, filtros y antenas, por
ejemplo, usados para transmitir una señal de mensaje de AIS.

35 El procesador 220 puede ser un microprocesador o microcontrolador de propósito general, una matriz de puertas programables in situ, un procesador de aplicación específica, u otro dispositivo de computación. El procesador 220 puede ser configurado para realizar diversas tareas, como la supervisión de datos de posición procedentes del módulo de posición 250, la determinación del estado de navegación, la generación de indicaciones de maniobra, el
40 mantenimiento de la información histórica de derrota (por ejemplo, almacenada en la memoria 225). Se apreciará que el procesador 220 puede realizar otras varias tareas dependiendo del software disponible o instalado. Basándose en estas tareas, el procesador 220 puede generar datos de mensaje para su transmisión en un mensaje de navegación electrónica. Los datos de mensaje no tienen que limitarse a informes de posición de AIS, y pueden incluir cualquier dato de formato libre utilizable en la navegación electrónica.

45 El transmisor 200 comprende además un módulo de posición 250, un módulo de datos de mensaje 255, un módulo de protección contra errores 260 y un módulo de formateo de mensaje 265. En algunas formas de realización, diversos módulos, como el módulo de protección contra errores 260 y el módulo de formateo de mensaje 265, pueden combinarse en un único módulo, o pueden dividirse en diversos submódulos.

50 El módulo de posición 250 es un receptor para un sistema de navegación por satélite, como el Sistema de Posicionamiento Global (GPS, Galileo, o el Sistema Global de Navegación por Satélite (GLONASS)). El módulo de posición 250 es generalmente capaz de determinar una ubicación actual del transmisor 200 y un tiempo actual, y suministrar estos datos al procesador 220.

55 El módulo de datos de mensaje 255 recibe datos de mensaje desde el procesador 220 y genera datos de carga útil binarios, basándose en los datos de mensaje recibidos, para su inclusión en una transmisión de señal de AIS.

El módulo de protección contra errores 260 recibe los datos de carga útil binarios y codifica los datos de carga útil
60 binarios usando al menos un esquema de protección contra errores tal como se describe con referencia a las FIGS. 5A y 5B.

ES 2 806 703 T3

El módulo de formateo de mensaje 265 recibe los datos de carga útil binarios codificados y encapsula los datos de carga útil binarios codificados en una envoltura de mensaje para su transmisión, como se describe con referencia a las FIGS. 5A y 5B. Por ejemplo, la envoltura mensaje puede ser un ASM de AIS formateado apropiadamente.

- 5 En algunas realizaciones, el transmisor 200 opera a niveles de potencia bajos (por ejemplo, nivel de potencia estándar AIS Clase B de 2 W, o menos). En algunas otras realizaciones, el transmisor 200 puede operar a niveles de potencia AIS Clase A (por ejemplo, 12,5 W).

- 10 El transmisor 200 proporciona un nivel mejorado de detección de mensaje en comparación con los transmisores estándar AIS Clase B (al mismo nivel de potencia de RF) en presencia de: otros transmisores de AIS, o en áreas con una alta densidad de transmisores de mensajería similares que usan estas funciones de detección mejoradas, o ambos. En otras palabras, la detectabilidad fundamental (recepción exitosa de un mensaje de carga útil binaria libre de errores desde el nuevo tipo de mensaje desde el transmisor descrito) es más alta que para un mensaje sin modificar. Así, cualquier canal dado puede usarse para soportar un mayor número de transmisores, mejorando eficazmente de la capacidad del canal más allá de los niveles actuales.

- 15 El transmisor 200 también proporciona mejoras tanto en el tiempo y sincronización de los mensajes, así como mejora de señalización para ayudar a la recepción libre de errores de estos mensajes desde el espacio (por ejemplo, corrección de errores en recepción y otras características para mejorar el rendimiento de detección).

- 20 El transmisor 200 puede ser compatible con la modulación de AIS, la canalización, los estándares de mensajes y los protocolos de señalización existentes, y en relación con lo anterior, no se requiere un nuevo esquema de modulación o circuitos de banda de base digitales para el transceptor.

- 25 El transmisor 200 tiene bajos requisitos de carga de procesamiento para codificar mensajes. Por lo tanto, pueden usarse microcontroladores, evitando la necesidad de procesadores avanzados y/o cálculos en coma flotante.

- 30 El transmisor 200 puede estar configurado para diferentes tipos de comportamientos en la fábrica o sobre el terreno a través de una actualización de firmware. Por consiguiente, el transmisor 200 puede estar configurado para operar en un sistema 'cerrado', en el que todos los mensajes de navegación electrónica que envía son propietarios. Alternativamente, el transmisor 200 puede operar en un modo híbrido, proporcionando algunas o todas las características mejoradas a una infraestructura de red compatible (terrestre, satelital, etc.), mientras que todavía transmite de vez en cuando informes de posición de AIS estándar según sea necesario.

- 35 Además, el comportamiento del transmisor 200 opcionalmente puede modificarse con el tiempo mediante programación durante la comunicación (por ejemplo, usando mensajes de navegación electrónica o ASM de AIS para este fin), o sobre otro enlace por cable o inalámbrico (por ejemplo, Wi-Fi o USB).

- 40 Con referencia ahora a la FIG. 3, se ilustra un diagrama de bloques de sistema para un receptor de navegación electrónica en algunas realizaciones de ejemplo. El receptor de navegación electrónica 300 puede usarse en el satélite LEO 150 o la estación terrestre 180, por ejemplo.

- 45 El receptor 300 incluye un procesador 330, memoria 340 (que puede incluir memoria volátil y no volátil) y una o más antenas 310, y una etapa de receptor de RF 320.

- El receptor 300 incluye además un módulo de procesamiento de mensajes 360 y un módulo de procesamiento de carga útil 370. En algunas realizaciones, el módulo de procesamiento de mensajes 360 y el módulo de procesamiento de carga útil 370 pueden combinarse en un único módulo, o pueden dividirse en diversos submódulos.

- 50 El procesador 330 puede ser un microprocesador de propósito general, una matriz de puertas programables in situ, un procesador de aplicación específica, u otro dispositivo de computación. El procesador 330 puede estar configurado para controlar el funcionamiento de los diversos módulos, y para recibir y procesar aún más los datos de mensaje recuperados de las señales de navegación electrónica.

- 55 La etapa de receptor de RF 320 incluye uno o más filtros y amplificadores para preprocesar datos de señal recibidos por la antena 310. Los datos de señal preprocesados se proporcionan al módulo de procesamiento de mensajes 360, que identifica señales de mensajes candidatos y realiza demodulación GMSK seguida por decodificación sin retorno a cero inversa (NRZI), vaciado e inversión de bits para recuperar los datos de señal de entrada, por ejemplo, una secuencia de bits de mensaje de AIS.

- 60 El módulo de procesamiento de carga útil 370 recibe los datos de señal de entrada y extrae la carga útil binaria encapsulada dentro de una envoltura de mensaje. El módulo de procesamiento de carga útil 370 decodifica además

al menos un esquema de codificación de protección contra errores de la carga útil binaria para recuperar los datos de mensaje.

Con referencia ahora a la FIG. 4, se muestra un diagrama que ilustra la estructura de datos de una señal de mensaje de navegación electrónica de ejemplo 400. La señal de mensaje de AIS 400 comprende generalmente una porción de carga útil binaria 410 encapsulada dentro de una envoltura de mensaje. La envoltura mensaje se ilustra como que tiene una primera porción de envoltura 420A que precede a la porción de carga útil binaria 410 en la secuencia de bits de mensaje, y una segunda porción de envoltura 420B que sigue a la porción de carga útil binaria 410 en la secuencia bits de mensaje. Para facilitar la comprensión, la primera porción de envoltura 420A y la segunda porción de envoltura 420B se denominan colectivamente en esta invención como la envoltura de mensaje 420.

En realizaciones en las que se usan comunicaciones de AIS para la navegación electrónica, la envoltura de mensaje 420 contiene campos requeridos para formar un mensaje de AIS válido conforme a los estándares. Por ejemplo, un campo de incremento (8 bits), una secuencia de entrenamiento de AIS (24 bits), y una bandera de inicio (8 bits). También puede incluirse un encabezamiento de mensaje de longitud variable, que contiene otros campos como una identificación de mensaje, un indicador de repetición, una identidad de servicio móvil marítimo (MMSI), un identificador de aplicación, y un campo de repuesto. Por último, puede incluirse un campo de secuencia de verificación de trama (por ejemplo, CRC), un campo de memoria intermedia o relleno de bits y una bandera de parada para completar el mensaje de AIS.

El campo de secuencia de entrenamiento de AIS se incluye para permitir a los receptores de AIS convencionales realizar la recuperación de portadora. El campo de secuencia de entrenamiento, el campo de bandera de inicio y el campo de bandera de final son secuencias de código de AIS predeterminadas que pueden ser usadas por diversas realizaciones descritas en esta invención para identificar señales de mensaje candidato.

El campo de secuencia de verificación de trama se usa para detección de errores, y puede usarse para determinar si están presentes errores de bits en el mensaje de AIS después de la transmisión y la recepción. El campo de memoria intermedia puede cambiar de longitud y se usa para garantizar que la longitud de la señal de mensaje de AIS general permanece constante.

La carga útil binaria 410 puede contener datos de formato libre predeterminados de cualquier tipo. En la práctica, la carga útil binaria 410 puede subdividirse en una pluralidad de campos predefinidos, que pueden superponerse con o introducir nuevos datos que no se encuentran en los mensajes de informe de posición de AIS estándar. En la Tabla 1 a continuación se muestra una comparación de los campos de carga útil entre el mensaje de informe de posición de AIS estándar y un mensaje de navegación electrónica mejorado, de acuerdo con algunas realizaciones.

Tabla 1

Nombre del campo	Número de bits	
	AIS por defecto	Navegación electrónica
Estado de navegación	4	4
Velocidad de giro (ROT)	8	0
Velocidad con respecto al fondo (SOG)	10	10
Precisión de la posición	1	0
Longitud	28	24
Latitud	27	23
Derrota con respecto al fondo (COG)	12	0
Rumbo verdadero	9	0
Indicación de tiempo	6	0
Indicador de maniobra	2	0
Repuesto	3	6
Bandera de supervisión de integridad autónoma del receptor (RAIM)	1	0
Estado de la radio	19	0
Información de historial (por ejemplo, datos de recorrido)	0	40

- Puede observarse en la Tabla 1 que la carga útil de mensaje de navegación electrónica puede omitir ciertos campos encontrados en un informe de posición de AIS, como ROT, COG y el estado de la radio. Sin embargo, en algunas realizaciones, pueden introducirse nuevos campos de carga útil que incluyen la información de historial y el historial de derrota del buque (por ejemplo, a lo largo de 1 hora, a lo largo de 3 horas, etc.). Tal información puede ser útil en la supervisión basada en satélite, donde puede que no sea posible recibir de forma fiable todos los informes de posición transmitidos por un buque.
- 10 La longitud de mensaje de los mensajes de AIS estándar está sujeta a algunas restricciones basadas en la velocidad binaria (es decir, 9,6 kbps) y la longitud de la franja (es decir, 26,67 ms), los mensajes más largos aun así pueden transmitirse usando dos o más franjas en el sistema AIS. Por consiguiente, en algunos casos, un mensaje de navegación electrónica puede ocupar dos o más franjas. En otros casos, un mensaje de navegación electrónica puede ocupar franjas de tiempo fraccionarias, por ejemplo, franjas de tiempo de una hora y media, y aun así ser un mensaje de AIS válido.
- Con referencia ahora a la FIG. 5A, se ilustra un diagrama de flujo para un procedimiento de ejemplo 500 de generación de un mensaje de navegación electrónica con detectabilidad mejorada. El procedimiento 500 puede llevarse a cabo, por ejemplo, por el transmisor 200 de la FIG. 2.
- 20 Como se describió anteriormente, el mensaje de navegación electrónica generado puede contener una carga útil binaria con contenidos propietario. La carga útil binaria puede ser encapsulada en una envoltura de mensaje que sea conforme a los formatos de mensajería estándar de la industria, como AIS.
- 25 Aunque los estándares de mensajes de AIS contemplan un tipo de mensaje que tiene una porción de envoltura y una porción de mensaje binario mediante el uso de ASM, las implementaciones conocidas de ASM no emplean ninguna forma de mejora de detección a la porción de carga útil del mensaje. Además, los ASM estándar siguen confiando en la recepción libre de errores.
- 30 Por consiguiente, para los ASM convencionales, todo el contenido de datos en la porción de envoltura y de carga útil debe ser recibido sin error, y pasar la verificación CRC.
- Las realizaciones descritas generalmente introducen codificación potente e información de redundancia dentro de la carga útil binaria, lo que permite la detección y recuperación de datos de mensaje a niveles de potencia de recepción mucho más bajos y con mayores niveles de interferencia. Esto permite que los datos de mensaje sean recuperados incluso si el mensaje está corrompido por errores de bits, e incluso si falla la verificación CRC.
- 35 En general, se aplican uno o más esquemas de codificación de protección contra errores (que también puede denominarse corrección de errores o recuperación de errores) a la carga útil binaria con el fin de maximizar la probabilidad de detectar esta porción del mensaje en el receptor.
- 40 El procedimiento 500 comienza por la recepción de datos de mensaje 505, usando el módulo de datos de mensaje 255 de la FIG. 2, por ejemplo. Los datos de mensaje son ensamblados por el transmisor, y pueden incluir información tal como historial de posición (recorrido) histórico, velocidad, rumbo, tiempo, coordenadas de posición, etc. Los datos de mensaje pueden incluir, además, campos al inicio o al final del mensaje para ayudar a la decodificación eficiente, como un identificador para longitudes o tipos de mensajes binarios estándar (y completos).
- 45 Opcionalmente, una CRC interna o cualquier otro esquema de detección de errores - separado del campo AIS FCS - puede calcularse y adjuntarse a los datos de mensaje.
- 50 A continuación, los datos de mensaje se combinan y en 510 se genera una carga útil binaria sin procesar. La generación de la carga útil binaria sin procesar puede incluir, por ejemplo, la conversión de números en coma flotante a representaciones en números enteros de longitud fija, y otras operaciones de codificación de la fuente, como la conversión de datos de texto en forma binaria y similares. Opcionalmente, la carga útil binaria sin procesar puede ser cifrada (no mostrado) para proteger contra los usuarios u oyentes no deseados.
- 55 En 520, la carga útil binaria sin procesar es codificada con al menos un esquema de codificación de protección contra errores, usando el módulo de protección contra errores 260 de la FIG. 2, por ejemplo.
- 60 Los esquemas de protección contra errores emplean generalmente corrección de errores en recepción, y pueden adoptar la forma de codificación de bloques, codificación de repetición, codificación convolucional y entrelazado, y combinaciones de las mismas.

En algunas realizaciones, también pueden usarse otros esquemas de codificación, como códigos lineales, códigos de Hamming, códigos cíclicos y similares. Se apreciará que estos se proporcionan simplemente como ejemplos y pueden usarse muchos otros códigos de corrección de errores en recepción, incluyendo aquellos que son híbridos de los
5 ejemplos enumerados.

Dependiendo de la longitud del mensaje y la aplicación, pueden emplearse diferentes tipos y tasas de codificación. Por ejemplo, en algunas realizaciones puede usarse codificación de verificación de paridad de baja densidad (LDPC).

10 En algunas otras realizaciones, puede usarse una estrategia de codificación y modulación conjunta para minimizar o evitar la necesidad de relleno de bits u otras técnicas de modulación. Puede requerirse relleno de bits para facilitar la recepción exitosa mediante transceptores de AIS convencionales. Por ejemplo, en una estrategia de codificación y modulación conjunta, la codificación de protección contra errores puede asegurar que se eviten cadenas continuas de ceros o unos, para eliminar la necesidad de relleno de bits.

15 La codificación de repetición es una forma de corrección de errores que implica repetir un mensaje una o más veces, de modo que no todos los mensajes repetidos estén corrompidos por errores de bits. El receptor también puede identificar errores comparando los mensajes repetidos, y puede ser capaz de seleccionar los mensajes libres de errores de entre una pluralidad de mensajes repetidos (por ejemplo, puede determinarse que el mensaje que se
20 produce más comúnmente está libre de errores).

La codificación convolucional es una forma de codificación de datos en la que cada símbolo de información de m bits (cada cadena de m bits) que ha de ser codificado es transformado en un símbolo de n bits, donde m/n es la tasa de código y donde $n \geq m$. La transformación es generalmente una función (por ejemplo, que usa polinomios generadores)
25 de los últimos k bits, donde k es la longitud de limitación del código.

En las realizaciones descritas, una tasa de código de $1/2$ o $1/3$ es adecuada para la codificación convolucional, aunque también pueden usarse otras tasas de código si el compromiso en la eficiencia es aceptable. En, la codificación convolucional funciona bien con baja relación de señal a ruido, pero su curva de tasa de errores de bits (BER)
30 generalmente cae lentamente.

El entrelazado (o aleatorización), en el que una secuencia lineal se reordena una secuencia lineal y se extiende en el tiempo para proporcionar robustez contra ráfagas de errores, también puede usarse para mejorar la protección contra errores. Se entenderá que el entrelazado no es una forma de corrección de errores *por se*, sino más bien una forma
35 de proteger contra errores cuando se usa en combinación con otra técnica, como codificación convolucional, codificación de bloques, o ambas. El entrelazado distribuye bits codificados en el tiempo de modo que ciertos tipos de corrupción de transmisión, específicamente errores en ráfaga, no tienen un impacto desproporcionado sobre la eficacia de otras técnicas de codificación que se usan. Las ráfagas de errores (por ejemplo, debido a eventos de desvanecimiento de trayectos múltiples, interferencia de radiofrecuencia, etc.) son comunes en los canales de radio.
40 Con el entrelazado, la eficacia de codificación se mantiene tanto si se producen errores de bits aleatoriamente en todo el mensaje, o todos en una o más ráfagas de errores de bits agrupados.

Los códigos de bloque son generalmente esquemas de código de corrección de errores que codifican datos en bloques. En las realizaciones descritas, códigos de bloque adecuados incluyen códigos de bloque lineales como códigos Reed-Solomon (RS) y Bose-Chaudhuri-Hocquenghem (BCH). Por ejemplo, los códigos RS tienen caída de curva BER rápido,
45 y son muy adecuados para corregir errores en ráfagas comunes con un decodificador Viterbi usado para decodificar codificación convolucional. En algunas realizaciones, también pueden usarse códigos.

En 540, la carga útil binaria codificada con protección contra errores es encapsulada en una envoltura de mensaje
50 como se describe en esta invención para formar el mensaje de navegación electrónica completado, usando el módulo de formateo de mensaje 265, por ejemplo. Por ejemplo, la envoltura mensaje puede ser una envoltura de mensaje de AIS que incluye un campo ascendente, una secuencia de entrenamiento de AIS, una bandera de inicio, un identificador de aplicación, una MMSI, un campo de secuencia de verificación de trama calculado para el mensaje, una memoria intermedia, y una bandera de parada.

55 El mensaje de navegación electrónica completado se transmite a continuación en 590 usando un transmisor como el transmisor 210 de la FIG. 2. En algunas realizaciones, la transmisión puede producirse sobre frecuencias de AIS existentes (por ejemplo, los canales de AIS 1 o 2). En otras realizaciones en las que no es necesaria retrocompatibilidad con AIS, pueden usarse frecuencias nuevas o dedicadas.

60 Con referencia ahora a la FIG. 5B, se ilustra un diagrama de flujo para otro procedimiento de ejemplo 500' de generación de un mensaje de navegación electrónica con detectabilidad mejorada. El procedimiento 500' puede

llevarse a cabo, por ejemplo, por el transmisor 200 de la FIG. 2.

En general, los actos del procedimiento 500' son análogos a los del procedimiento 500. Los datos de mensaje se reciben en 505 y se genera una carga útil binaria en 510.

5

El procedimiento 500' difiere del procedimiento 500 en que 520' ilustra detalles adicionales de una estrategia de codificación de protección contra errores específica. En particular, en 522 la carga útil binaria sin procesar se codifica por bloques usando codificación RS o codificación BCH, seguida por codificación convolucional (por ejemplo, a una tasa de código de 1/2 o 1/3) en 524, y finalmente seguida de entrelazado en 526.

10

La carga útil binaria codificada con protección contra errores es encapsulada en una envoltura de mensaje en 540 y transmitida en 590, como en el procedimiento 500.

Con referencia ahora a la FIG. 6A, se ilustra un diagrama de flujo para un procedimiento de ejemplo 600 de recepción y procesamiento de un mensaje de navegación electrónica con detectabilidad mejorada. El procedimiento 600 puede llevarse a cabo, por ejemplo, por el receptor 300 de la FIG. 3.

El procedimiento 600 comienza en 605 recibiendo una señal y generando datos de señal preprocesados, usando al menos una antena 310 y la etapa de receptor de RF 320 del receptor 300, por ejemplo.

20

En 610, los datos de señal preprocesados son procesados por el módulo de procesamiento de mensajes 360, por ejemplo, que puede realizar demodulación GMSK seguida por decodificación sin retorno a cero inversa (NRZI), vaciado e inversión de bits para recuperar los datos de señal de entrada.

En 620, puede identificarse un mensaje de navegación electrónica candidato en los datos de señal de entrada. Los mensajes candidatos pueden identificarse, por ejemplo, correlacionando los datos de señal de entrada con secuencias predeterminadas. Por ejemplo, la secuencia de entrenamiento de AIS de 24 bits puede usarse para realizar las correlaciones. También pueden usarse otras secuencias conocidas en mensajes de AIS, como la bandera de inicio y la bandera de final, o el tipo de mensaje de AIS. En algunas realizaciones, todavía pueden usarse otros campos o secuencias de bits del mensaje de navegación electrónica - y la envoltura de mensaje en particular - cuando son conocidos por el receptor o el procesador. Por ejemplo, el campo de tipo de mensaje puede usarse en algunos casos, cuando es conocido por el procesador. También pueden usarse otras diversas técnicas para identificar mensajes candidatos.

30

En algunos casos, la identificación de mensajes candidatos puede aprovechar uno más esquemas de diversidad implementados en el transmisor, además de los descritos en esta invención.

En los receptores de AIS convencionales, una vez que se identifica un mensaje candidato, el FCS pueden usarse para validar los datos de mensaje. Por ejemplo, puede usarse una validación CRC para determinar si los datos de mensaje contienen uno o más errores de bits. En los receptores convencionales, la detección de errores de bits en general hace que el receptor deseche los datos de mensaje. Sin embargo, en las realizaciones descritas, el procesamiento del mensaje candidato puede continuar incluso en presencia de uno o más errores de bits, como se determina por la validación FCS o CRC.

40

Una vez que se identifica un mensaje candidato, la carga útil binaria puede extraerse en 640. En algunas realizaciones, la carga útil binaria puede determinarse calculando uno o más desplazamientos de bits de una o más características predeterminadas (por ejemplo, secuencia de entrenamiento, bandera de inicio, tipo de mensaje, bandera de final, etc.) del mensaje candidato. Por ejemplo, puede usarse un desplazamiento de bits de la secuencia de entrenamiento de AIS para identificar el inicio de la carga útil binaria y la carga útil puede extraerse basándose en una longitud de mensaje esperada o extrayendo datos hasta que se encuentra un campo de FCS o una bandera de final.

50

La longitud de desplazamiento de bits predeterminada puede no ser fija en todos los casos ya que los mensajes de AIS pueden contener bits extra insertados para evitar secuencias largas de un bit repetido. Por ejemplo, si la MMSI de un barco contiene cinco bits repetidos (por ejemplo, 1), puede insertarse un bit opuesto para impedir la pérdida de sincronización en el receptor. Por consiguiente, el desplazamiento de bits predeterminado puede ser de longitud variable, y la longitud puede calcularse teniendo en cuenta el relleno de bits en un mensaje. Una vez que la carga útil binaria codificada con protección contra errores es extraída del mensaje candidato, la protección contra errores puede decodificarse en 660. La decodificación generalmente implica la inversión de las acciones de codificación realizadas por el transmisor (por ejemplo, el transmisor 200). Por ejemplo, si la codificación de protección contra errores comprendía codificación de bloques seguida por codificación convolucional y entrelazado, entonces la decodificación de protección contra errores puede comprender desentrelazado, decodificación de la secuencia codificada convolucional y decodificación de bloques.

60

Después de la decodificación del esquema o los esquemas de protección contra errores, los datos de mensaje pueden recuperarse en 690. La recuperación de datos de mensaje generalmente incluye realizar operaciones para revertir la codificación de la fuente aplicada por el transmisor al generar la carga útil binaria sin procesar (por ejemplo, a 510 del procedimiento 500).

Con referencia ahora a la FIG. 6B en particular, se muestra un diagrama de flujo para una estrategia de decodificación de protección contra errores que es complementaria a la estrategia de codificación de la FIG. 5B.

10 La decodificación de protección contra errores 660', que puede realizarse en 660 del procedimiento 600, comienza con desentrelazado o desaleatorización de la carga útil binaria codificada en 662, según el esquema de entrelazado predeterminado usado, por ejemplo, en 526 de la FIG. 5B.

En 664, puede usarse un decodificador Viterbi para decodificar la codificación convolucional de la carga útil binaria aplicada, por ejemplo, en 524 de la FIG. 5B. En algunas otras realizaciones, pueden usarse otros varios algoritmos de decodificación secuencial para decodificar la codificación convolucional.

En 666, puede usarse un decodificador de bloques para decodificar la codificación de bloques aplicada a la carga útil binaria, por ejemplo, en 522 de la FIG. 5B.

20 Las comparaciones de la tasa esperada de errores de bits (BER) y la tasa de errores de paquetes (PER) para mensajes de navegación electrónica con la detectabilidad mejorada descrita han mostrado mejoras significativas sobre los ASM de AIS estándar en cuanto a la probabilidad de recibir bits y el mensaje de carga útil binaria completo en presencia de ruido.

25 En un ejemplo, se realizaron comparaciones de tasa de errores de paquetes para mensajes de doble franja ("paquetes") que fueron codificados con convolución de 1/2 tasa. La comparación demostró un umbral de detección inferior de 5 a 6 dB para los mensajes con codificación convolucional, que los semipaquetes sin codificar (es decir, franjas individuales del mensaje de doble franja). Desde una perspectiva de teoría de la información, el paquete completo codificado de 1/2 tasa tiene el mismo contenido de información que el semipaquete no codificado. Esta ventaja de umbral de detección puede interpretarse como la consecución de un rendimiento de detección del receptor equivalente a un mensaje no codificado transmitido con casi cuatro veces la potencia. Es decir, un mensaje codificado transmitido a un nivel de potencia de 2 W puede ser tan detectable como un mensaje no codificado transmitido a un nivel de potencia de 8 W.

35 Por consiguiente, las realizaciones descritas proporcionan una mejora general significativa a la detectabilidad de mensajes de navegación electrónica en canales ruidosos y congestionados. En general, los receptores descritos pueden hacer uso de un conocimiento *a priori* de las secuencias binarias tanto en la envoltura de mensaje como en la carga útil binaria, lo que maximiza la probabilidad de detectar mensajes usando una estrategia de decodificación y procesamiento óptima.

45 Para facilitar las estrategias de detección descritas, los transmisores correspondientes pueden incorporarse fácilmente en transpondedores de AIS nuevos o existentes. Los transpondedores de AIS existentes pueden requerir cambios en los algoritmos internos de ensamblaje y codificación de mensajes. Además, la frecuencia y coordinación (programación) de mensajes puede tener que programarse en el idioma del controlador o procesador del transpondedor, lo que puede lograrse mediante una actualización de firmware en muchos casos.

En algunas realizaciones, los transpondedores de AIS existentes pueden seguir usándose con poca o ninguna modificación.

50 Aunque se ha descrito en esta invención con referencia a la navegación electrónica y AIS, las presentes realizaciones también pueden aplicarse a otros estándares y protocolos de comunicaciones marítimas conocidos o futuros, como el Servicio de tráfico de buques (VTS).

55 Las realizaciones de los procedimientos y sistemas descritos en esta invención pueden implementarse en hardware o software, o una combinación de ambos. Estas realizaciones pueden implementarse en programas de ordenador que se ejecutan en ordenadores programables, incluyendo cada ordenador al menos un procesador, un sistema de almacenamiento de datos (incluyendo memoria volátil o memoria no volátil u otros elementos de almacenamiento de datos o una combinación de los mismos), y al menos una interfaz de comunicación.

60 El código de programa se aplica a datos de entrada para realizar las funciones descritas en esta invención y para generar información de salida. La información de salida se aplica a uno o más dispositivos de salida, de manera

conocida.

5 Cada programa puede implementarse en un lenguaje de programación o de guiones procedimental u orientado a objetos de alto nivel, o ambos, para comunicarse con un sistema informático. Sin embargo, alternativamente los programas pueden implementarse en lenguaje ensamblador o de máquina, si se desea. El lenguaje puede ser un lenguaje compilado o interpretado. Cada uno de tales programas de ordenador puede ser almacenado en un medio de almacenamiento o un dispositivo (por ejemplo, ROM, disco magnético, un disco óptico), legible por un ordenador programable de propósito general o especial, para configurar y operar el ordenador cuando el medio o dispositivo de almacenamiento es leído por el ordenador para realizar los procedimientos descritos en esta invención.

10

Además, los sistemas y procedimientos de las realizaciones descritas son capaces de ser distribuidos en un producto de programa de ordenador que incluye un medio físico, no transitorio legible por ordenador que lleva instrucciones utilizables por ordenador para uno o más procesadores, donde las instrucciones, cuando son ejecutadas por el uno o más procesadores, hacen que el ordenador lleve a cabo las funciones descritas en esta invención. El medio puede proporcionarse en diversas formas, incluyendo uno o más disquetes, discos compactos, cintas, chips, medios de almacenamiento magnéticos y electrónicos (por ejemplo, firmware), y similares. Medios no transitorios legibles por ordenador comprenden todos los medios legibles por ordenador, siendo la excepción una señal de propagación transitoria. Las instrucciones utilizables por ordenador también pueden estar en diversas formas, incluyendo código compilado y no compilado.

20

Se apreciará que numerosos detalles específicos se exponen con el fin de proporcionar una comprensión exhaustiva de las realizaciones ejemplares descritas en esta invención. Sin embargo, se comprenderá por parte de los expertos ordinarios en la materia que las realizaciones descritas en esta invención pueden ponerse en práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, no se han descrito detalladamente procedimientos, procedimientos y/o componentes bien conocidos para no complicar las realizaciones descritas en esta invención. Además, esta descripción no ha de considerarse como limitativa del alcance de las realizaciones descritas en esta invención en modo alguno, sino más bien como que meramente describe la implementación de las diversas realizaciones descritas en esta invención. El alcance de las reivindicaciones no debería estar limitado por las realizaciones y ejemplos preferidos, sino que se le debería dar la interpretación más amplia acorde con la descripción en su conjunto.

30

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento (500) de generación y transmisión de una señal de sistema de identificación automática, AIS, que comprende un mensaje de navegación electrónica, comprendiendo el procedimiento:
5 generar (510) una carga útil binaria;
codificar con corrección de errores en recepción, FEC (520), la carga útil binaria; y
encapsular (540) la carga útil binaria codificada con FEC (410) en una envoltura de mensaje (420A, 420B) para
10 producir el mensaje de navegación electrónica.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, donde la codificación de corrección de errores en recepción comprende codificación de bloques de la carga útil binaria (522).
3. El procedimiento de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, donde la codificación de corrección de
15 errores en recepción comprende codificación convolucional de la carga útil binaria (524).
4. El procedimiento de la reivindicación 1, donde un esquema de corrección de errores en recepción usado en la codificación de corrección de errores en recepción se selecciona de entre uno o más del grupo que consiste en codificación de verificación de paridad de baja densidad, codificación Turbo, codificación Bose-Chaudhuri-
20 Hocquenghem y codificación Reed-Solomon.
5. El procedimiento de la reivindicación 1, donde la codificación de corrección de errores en recepción comprende codificación y modulación conjunta.
- 25 6. El procedimiento de la reivindicación 1, donde cada mensaje de AIS tiene una longitud variable.
7. Un procedimiento (600) de recuperación de datos de mensaje a partir de una señal de sistema de identificación automática, AIS, que comprende un mensaje de navegación electrónica, donde los datos de mensaje se codifican con codificación de corrección de errores en recepción, comprendiendo el procedimiento:
30 recibir (610) datos de señal de entrada, habiendo sido producidos los datos de señal de entrada demodulando y decodificando la señal de AIS;
identificar (620) un mensaje candidato en los datos de señal de entrada;
extraer (640) una carga útil binaria (410) del mensaje candidato, comprendiendo la carga útil binaria al menos una
35 codificación de corrección de errores en recepción; y
decodificar (660) la al menos una codificación de corrección de errores en recepción de la carga útil binaria para recuperar (690) los datos de mensaje.
8. El procedimiento de la reivindicación 7, donde la al menos una corrección de errores en recepción
40 comprende codificación convolucional, y donde la decodificación comprende decodificación Viterbi (664), y donde la al menos una corrección de errores en recepción comprende codificación de bloques, y donde la decodificación comprende decodificación de bloques (666).
9. El procedimiento de la reivindicación 8, donde un esquema de corrección de errores en recepción usado
45 en la codificación de corrección de errores en recepción se selecciona de entre uno o más del grupo que consiste en codificación de verificación de paridad de baja densidad, codificación Turbo, codificación Bose-Chaudhuri-Hocquenghem y codificación Reed-Solomon.
10. El procedimiento de la reivindicación 7, donde el mensaje candidato se identifica correlacionando al
50 menos una porción del mensaje candidato con una secuencia predeterminada.
11. El procedimiento de la reivindicación 10, donde la secuencia predeterminada se selecciona de entre uno o más del grupo que consiste en una secuencia de entrenamiento de AIS, una bandera de inicio de AIS, y un indicador de final de AIS.
55
12. El procedimiento de la reivindicación 7, donde cada mensaje de AIS tiene una longitud variable.
13. Un transpondedor (200) para generar y transmitir una señal de sistema de identificación automática, AIS, que comprende un mensaje de navegación electrónica, comprendiendo el transpondedor:
60 un módulo de datos de mensaje (255) configurado para recibir datos de mensaje que han de transmitirse, y generar una carga útil binaria (410) basándose en los datos de mensaje;

un módulo de corrección de errores en recepción (260) configurado para codificar la carga útil binaria usando al menos un esquema de corrección de errores en recepción, FEC; y
un módulo de formateo de mensaje (265) configurado para encapsular la carga útil binaria codificada con FEC en una envoltura de mensaje (420A, 420B) del mensaje de navegación electrónica.

5

14. Un receptor (300) para recuperar datos de mensaje a partir de una señal de sistema de identificación automática, AIS, donde la señal de AIS comprende un mensaje de navegación electrónica, comprendiendo el receptor:

10

un módulo de procesamiento de mensajes (360) configurado para identificar un mensaje candidato en los datos de señal de entrada, habiendo sido producidos los datos de señal de entrada demodulando y decodificando la señal de AIS;

un módulo de procesamiento de carga útil (370) configurado para:

15

extraer una carga útil binaria (410) del mensaje candidato, teniendo la carga útil binaria al menos un esquema de corrección de errores en recepción; y

decodificar el al menos un esquema de codificación de corrección de errores en recepción de la carga útil binaria para recuperar los datos de mensaje.

20

15. Un sistema de navegación electrónica que comprende el transpondedor de la reivindicación 13 y el receptor de la reivindicación 14.

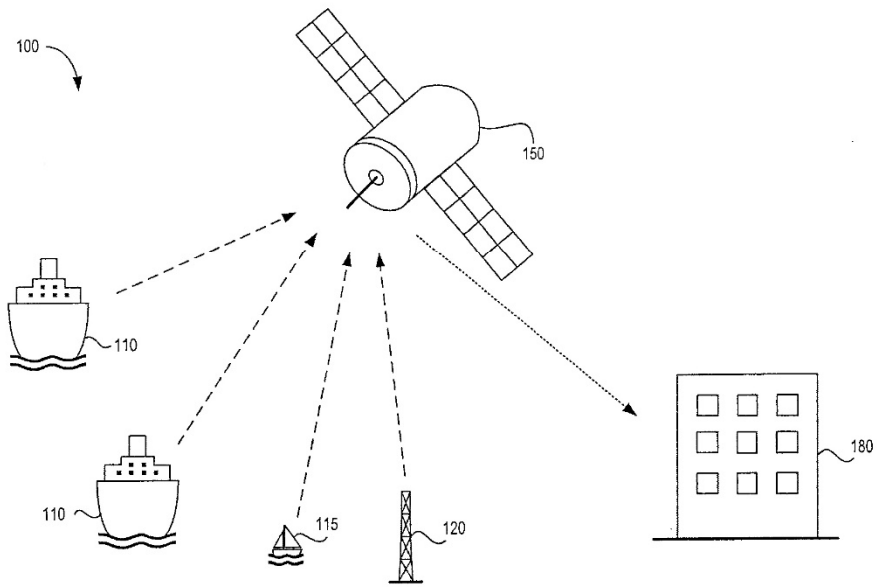


FIG. 1

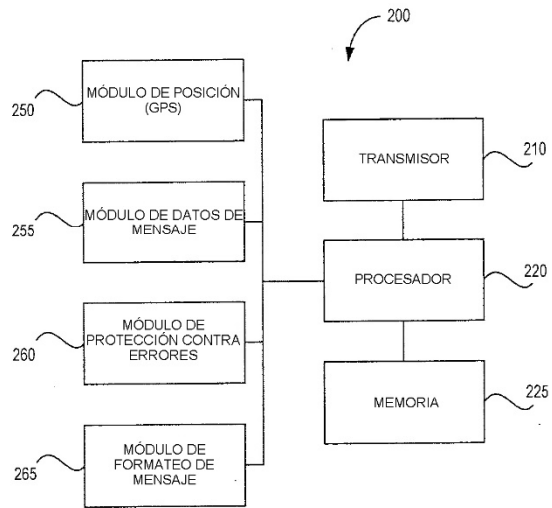


FIG. 2

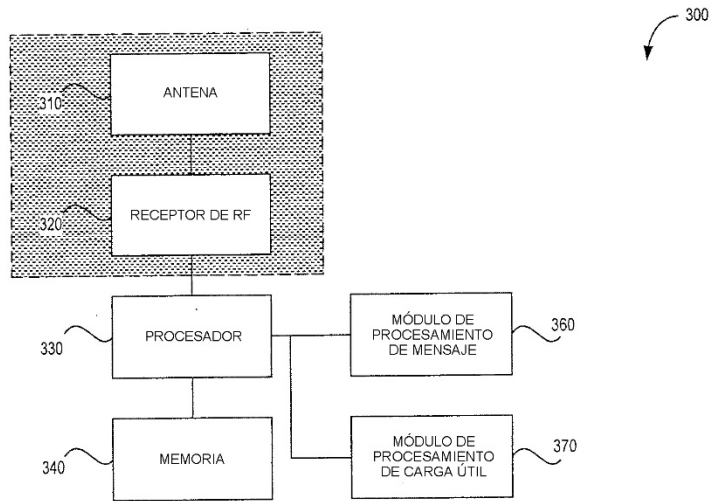


FIG. 3

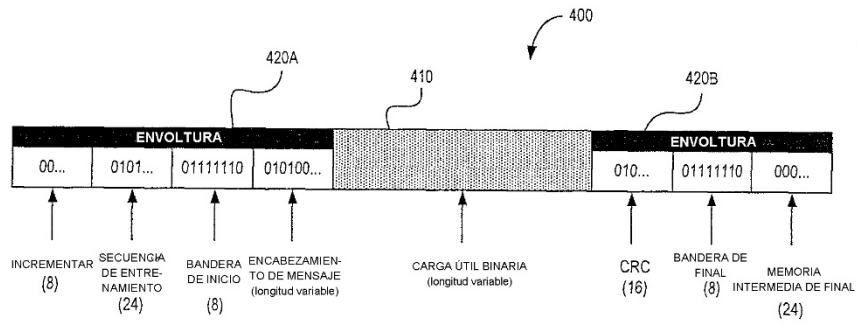


FIG. 4

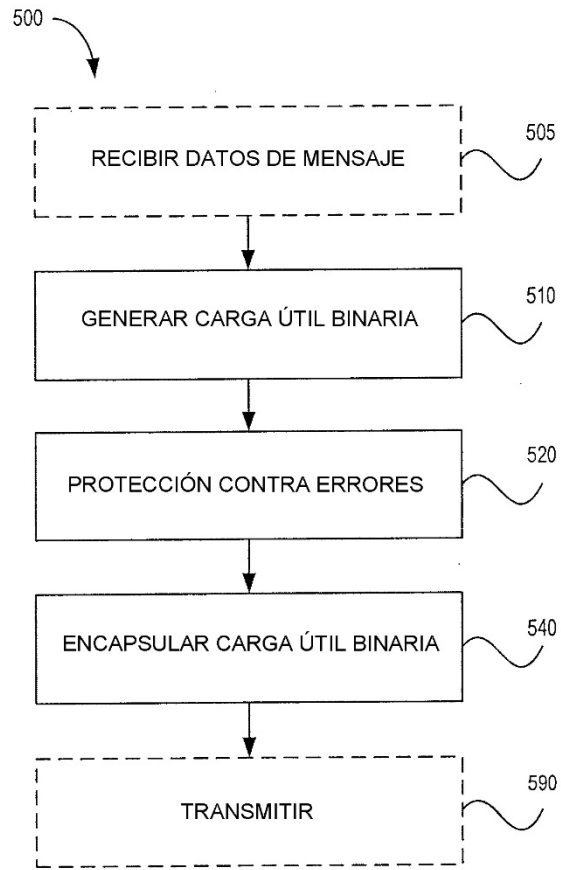


FIG. 5A

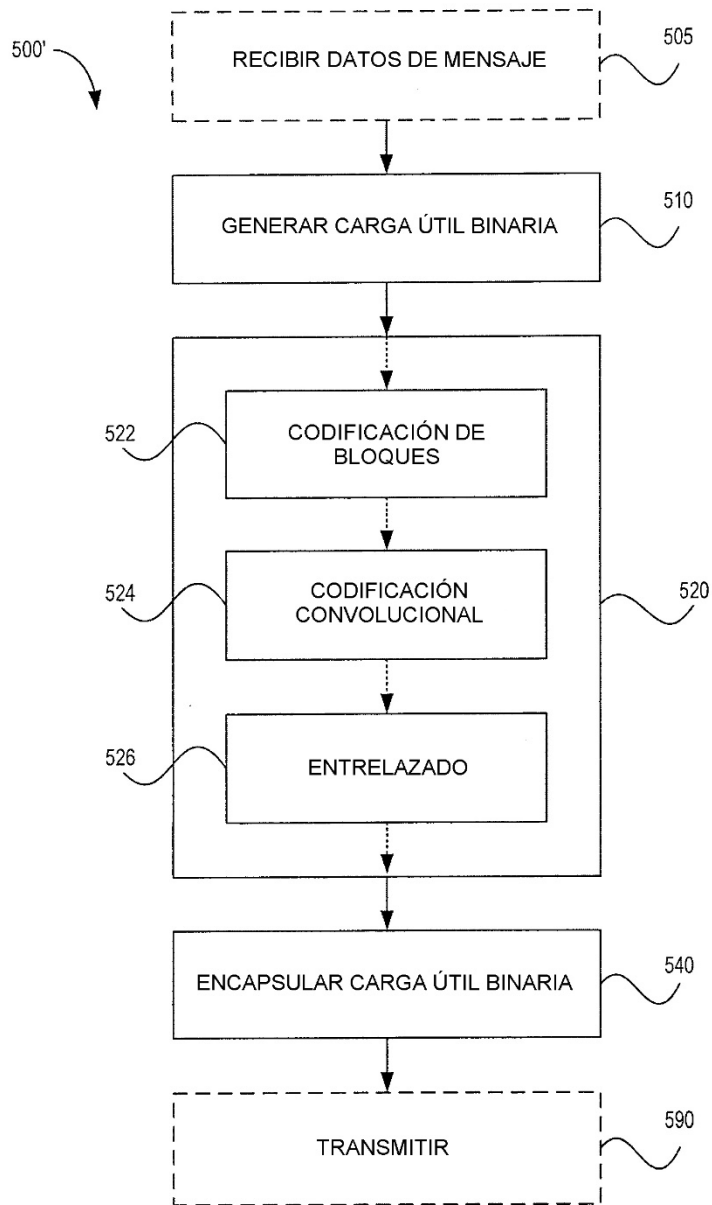


FIG. 5B

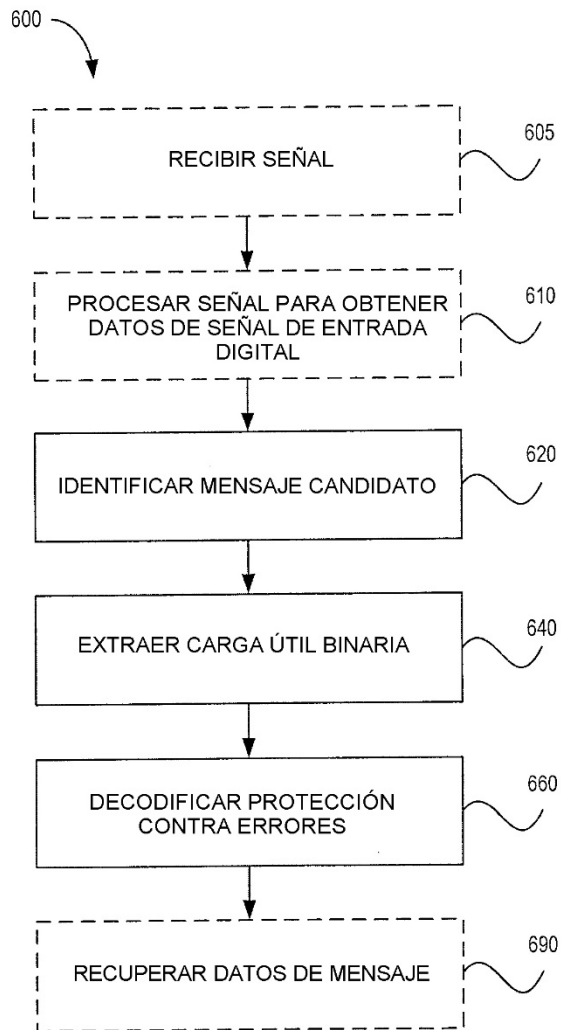


FIG. 6A

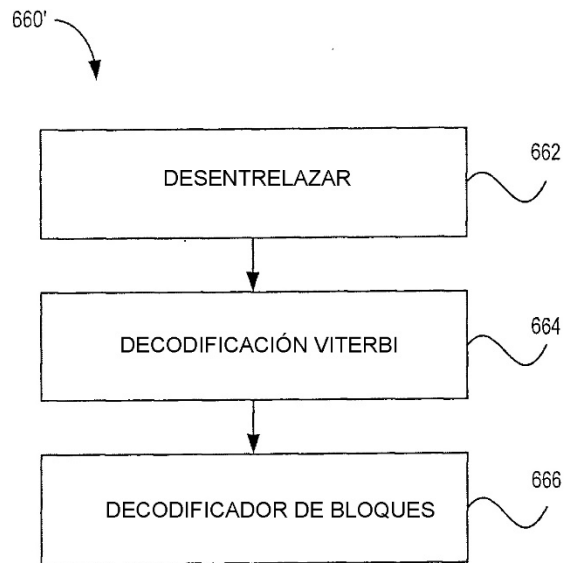


FIG. 6B