

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 727 744**

51 Int. Cl.:

G01S 1/04	(2006.01)	G01S 11/08	(2006.01)
G01S 13/93	(2006.01)	G08G 3/02	(2006.01)
H04B 1/59	(2006.01)		
H04L 27/06	(2006.01)		
H04L 29/06	(2006.01)		
H04W 4/02	(2008.01)		
H04W 24/00	(2009.01)		
H04W 64/00	(2009.01)		
G01S 5/02	(2010.01)		
G01S 5/14	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.09.2014 PCT/SE2014/051115**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **09.04.2015 WO15050492**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.09.2014 E 14850762 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2019 EP 3052956**

54 Título: **Método para determinar la temporización de la recepción de un mensaje de radio**

30 Prioridad:

04.10.2013 SE 1351172

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

18.10.2019

73 Titular/es:

**TRUE HEADING AB (100.0%)
Vendevägen 90
182 32 Danderyd, SE**

72 Inventor/es:

**WILLART, NILS;
JOHANSSON, BENGT y
BERGSTRÖM, ANDERS**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 727 744 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

Método para determinar la temporización de la recepción de un mensaje de radio

5 La presente invención se refiere a un método para determinar el momento de recepción de un mensaje de radio, especialmente una señal AIS (Sistema de Identificación Automático) enviada desde un transmisor a un receptor ubicado cerca del transmisor. Además, la invención se refiere a un receptor, especialmente un receptor AIS, para recibir tal señal.

10 Por ejemplo, en los campos de envío y aviación, el sistema de comunicación estandarizado AIS se usa ampliamente para la comunicación local entre, por ejemplo, embarcaciones en movimiento o entre embarcaciones en movimiento e instalaciones fijas, como un puerto o un faro. Véase, por ejemplo, "Recommendation ITU-R M.1371-4", publicado en 2010 por la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

15 De acuerdo con este sistema, un conjunto de mensajes predefinidos y codificados digitalmente de diferentes tipos puede ser usado por, por ejemplo, una embarcación para, entre otras cosas, informar sobre su posición actual y la velocidad a los receptores ubicados en el vecindario geográfico local de la embarcación en cuestión. El sistema se autoorganiza en el sentido de que los transmisores participantes dividen su transmisión respectiva a través una ventana de tiempo predeterminada y repetida periódicamente, de modo que cada transmisor usa una parte particular de la ventana de tiempo para la transmisión.

20 Los sistemas AIS a menudo tienen seguridad baja, en el sentido de que es difícil verificar si el contenido de los datos que se envían, tal como la posición del transmisor, es preciso y consistente con la situación real. Esto significa que se espera que los transmisores que deseen participar sigan el estándar AIS y transmitan información precisa y que solo los pasos simples para verificar la información recibida están incorporados en el sistema. Por ejemplo, no se permiten errores de tiempo demasiado grandes para las señales transmitidas.

25 Sería deseable proporcionar una capacidad de control mejorada de un receptor con respecto a la información transmitida por una embarcación, tal como la posición de la embarcación, velocidad y rumbo. También sería deseable poder detectar si una señal AIS particular es emitida por uno y el mismo transmisor.

30 Es conocido el uso de antenas direccionales para medir la dirección a un transmisor de radio, para verificar la posición del transmisor. Esto es costoso y da una precisión relativamente pobre.

35 Sería además deseable proporcionar una forma simple para una embarcación, cuyo reloj local no está sincronizado con las otras embarcaciones transmisoras, para volver a sincronizar su reloj local. Concretamente, sería deseable proporcionar una llamada sincronización secundaria, que puede usarse como alternativa al proceso de sincronización compatible con el estándar AIS cuando este último, por algún motivo, no está disponible.

40 También sería deseable proporcionar una manera para que dos o más transmisores/receptores puedan acordar conjuntamente una definición de tiempo específica, que es secreto entre el transmisor/receptor, sin ningún otro receptor también recibir información con respecto a tal información.

45 Estos objetivos deben cumplirse preferentemente usando el equipo estándar AIS existente, de una manera rentable y con solo un mínimo de modificaciones necesarias al equipo AIS existente.

50 En el campo de la telefonía móvil, el documento US 2007/0276616 A1 describe un método para determinar con precisión el tiempo de llegada usando una correlación entre un elemento de señal recibido conocido previamente con una señal de comparación.

La presente invención resuelve los problemas descritos anteriormente.

55 De este modo, la presente invención se refiere a un método para determinar el momento de recepción por un receptor de radio de un mensaje AIS codificado binario, enviado por un transmisor en forma de una primera señal que es una señal de radio modulada, por lo que el receptor recibe la primera señal utilizando una antena, de modo que se logra una segunda señal en forma de señal eléctrica analógica, dicha segunda señal se muestrea y se desmodula opcionalmente, dichos muestreo y desmodulación se pueden realizar en cualquier orden, dicho muestreo se realiza utilizando un convertidor AD, de modo que se logre una tercera señal almacenada digitalmente en forma de una señal muestreada y opcionalmente desmodulada, en donde el contenido de datos del mensaje se determina a partir de la
60 tercera señal como una secuencia de bits de datos, dicho flujo de bits de datos comprende un elemento de señal predeterminado cuyo tiempo de recepción está determinado y en donde el tiempo de recepción del mensaje se determina basándose en la temporización del elemento de señal predeterminado, dicho método se caracteriza por que se genera una señal de comparación, construida y digitalmente almacenada basándose en dicha secuencia de bits de datos, de modo que la señal de comparación construida se construye para corresponder a la tercera señal, en donde
65 se determina un valor óptimo para una variable de tiempo, dicha variable de tiempo indica una posición de tiempo de la señal de comparación construida en relación con la tercera señal y para qué valor óptimo una correlación entre la

señal de comparación construida y la tercera señal es máxima y por que el valor óptimo de la variable de tiempo se usa para corregir la determinación del tiempo de recepción del elemento de señal predeterminado.

De este modo, la presente invención se refiere a un método para determinar el momento de recepción por un receptor de radio de un mensaje AIS codificado binario, enviado por un transmisor en forma de una primera señal que es una señal de radio modulada, por lo que el receptor recibe la primera señal mediante una antena, de modo que se logra una segunda señal en forma de señal eléctrica analógica, dicha segunda señal se muestrea y se desmodula opcionalmente, dichos muestreo y desmodulación se pueden realizar en cualquier orden, dicho muestreo se realiza utilizando un convertidor AD, de modo que se logre una tercera señal almacenada digitalmente en forma de una señal muestreada y opcionalmente desmodulada, en donde el contenido de datos del mensaje se determina a partir de la tercera señal como una secuencia de bits de datos, dicho flujo de bits de datos comprende un elemento de señal predeterminado cuyo tiempo de recepción está determinado y en donde el tiempo de recepción del mensaje se determina basándose en la temporización del elemento de señal predeterminado, dicho método se caracteriza por que se genera una señal de comparación, construida y digitalmente almacenada basándose en dicha secuencia de bits de datos, de modo que la señal de comparación construida se construye para corresponder a la tercera señal, en donde se determina un valor óptimo para una variable de tiempo, dicha variable de tiempo indica una posición de tiempo de la señal de comparación construida en relación con la tercera señal y para qué valor óptimo una correlación entre la señal de comparación construida y la tercera señal es máxima y por que el valor óptimo de la variable de tiempo se usa para corregir la determinación del tiempo de recepción del elemento de señal predeterminado.

En lo siguiente, la invención se describirá en detalle, con referencia a realizaciones ejemplares de la invención y a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 muestra la estructura de un mensaje AIS general;

la figura 2 muestra un gráfico que representa un gauss filtrado, codificado digitalmente, ejemplificando el mensaje AIS;

la figura 3 es un diagrama de vista general que ilustra un sistema de acuerdo con la invención que puede usarse en un método de acuerdo con una primera realización de la invención;

la figura 4 ilustra la funcionalidad del transmisor de un equipo AIS de acuerdo con la invención;

las figuras 5a y 5b ilustran dos variantes diferentes de la funcionalidad del receptor en un equipo AIS de acuerdo con la invención;

la figura 6 es un diagrama de vista general que ilustra un sistema de acuerdo con la invención que puede usarse en un método de acuerdo con una segunda realización de la invención; y

Las figuras 7a-7d son gráficos respectivos que ilustran un procesamiento de señal de acuerdo con la invención.

AIS es un ejemplo de un sistema de mensajería distribuido en el tiempo, en virtud del cual los mensajes de radio codificados en binario estandarizados pueden enviarse directamente entre unidades conectadas geográficamente próximas, sin la necesidad de una unidad central común a través de la cual se deben enviar los mensajes. El sistema se basa en transmisores conectados a AIS que emiten periódicamente o aperiódicamente diferentes tipos de mensajes estandarizados y en que los diferentes transmisores comprendidos en el sistema distribuyen el ancho de banda disponible de cada período de tiempo de transmisión entre ellos.

La figura 3 muestra dos piezas del equipo 330, 340, instalado permanentemente en tierra, para recibir y posiblemente transmitir mensajes AIS, así como las embarcaciones en movimiento en forma de barcos 310, 320 dispuestas a la orilla 300, sobre el agua, dichas embarcaciones comprenden equipos respectivos para transmitir y recibir mensajes AIS. mensajes AIS en forma de señales de radio 311, 321 se ilustran esquemáticamente.

Como se muestra en la figura 3, al menos los transmisores AIS 310 y 320 transmiten a todos los receptores AIS que están dentro del rango de recepción del respectivo transmisor AIS en cuestión. Aunque todos los dispositivos conectados 310, 320, 330, 340 no son necesariamente del mismo tipo estandarizado, ellos, cuando se juntan geográficamente, establecerán una comunicación de autoorganización entre ellos basada en la división del tiempo durante un cierto período de transmisión. Cómo funciona esto cae dentro del estándar AIS y es convencional como tal.

Se entiende que las unidades fijas y móviles 310, 320, 330, 340 ilustradas en la figura 3 pueden ser igualmente otros tipos de dispositivos fijos, tal como un transpondedor instalado permanentemente en un aeropuerto y otros tipos de embarcaciones en movimiento, tal como aviones o vehículos con ruedas.

Los diferentes tipos de mensajes AIS están destinados a usarse para diferentes tipos de información, ejemplos que comprenden información sobre la posición actual, velocidad, tasa de guiñada, destino, proyecto y así sucesivamente, para el dispositivo conectado. Los diferentes tipos de mensajes AIS se transmiten de acuerdo con el estándar AIS a diferentes intervalos y con diferentes potencias, dependiendo entre otras cosas del tipo de transmisor.

Estos y otros aspectos del sistema AIS están controlados, entre otros, en la recomendación UIT-R M-1371 (anterior). Más información también está presente en la documentación proporcionada por la Organización Marítima Internacional (OMI).

La figura 1 ilustra la estructura de datos general de un mensaje AIS, que comprende los siguientes campos codificados en binario. Un "bit" es un "uno" o un "cero".

- 5 • Preámbulo: una secuencia inicial de 24 bits. Puede, por ejemplo, ser alternativamente "0" y "1", pero con al menos un "0" posterior.
- Bandera de inicio y Bandera de finalización: ambas comprenden 8 bits y sirven como delimitadores para el mensaje AIS. Puede ser, por ejemplo, 8 bits que son todos "1".
- 10 • Datos: 168 bits, aparte de la información a transmitir que comprende el identificador de mensaje MSG ID, el identificador del emisor ID de usuario y el campo Estado de comunicación.
- FCS: una suma de comprobación de 16 bits calculada en función del contenido del campo Datos y cuyo propósito es ser capaz de verificar la integridad del contenido del mensaje AIS.
- 15 • Búfer: 24 bits que pueden usarse de manera predefinida con el fin de comunicar información sobre, por ejemplo, distancia del emisor y calidad de la señal.

20 Por lo tanto, de la longitud total de 256 bits, una cierta parte del campo Datos se usa para la transferencia real de valores de parámetros, mientras que algunos campos iniciales, tal como Preámbulo y Bandera de Inicio, comprenden información previamente determinada.

25 La figura 4 ilustra la estructura funcional con respecto a la transmisión de un dispositivo AIS 400 de acuerdo con una realización preferente, que comprende medios para ensamblar y transmitir periódicamente mensajes AIS de al menos un tipo predeterminado, dichos mensajes AIS son legibles por un dispositivo receptor para mensajes AIS. Es preferente que el dispositivo de transmisión 400 siga las especificaciones de un tipo de AIS particular (tal como "Clase A", "Clase B", estaciones base, AtoN (Asistencia a la Navegación), SART (Transmisor de Búsqueda y Rescate) y así sucesivamente) y como tal es capaz de enviar un cierto juego de diferentes tipos de mensajes AIS en ciertos intervalos.

30 El dispositivo 400 comprende un sensor 401, dispuesto para detectar que un mensaje AIS de cierto tipo predeterminado, o posiblemente otros tipos, es a enviar, tal como basado en el marco de tiempo asignado al dispositivo de transmisión 400 en el sistema distribuido, o basado en CSTDMA.

35 Asimismo, el dispositivo de transmisión 400 comprende un medio de ensamblaje de mensaje digital 402, dispuesto para ensamblar, almacenar digitalmente y calcular una suma de comprobación para un mensaje AIS de dicho valor predeterminado y cualquier otro tipo. Los medios de ensamblaje de mensajes 402 reciben la información a transmitir en el mensaje AIS, entre otros, o al menos, de una fuente de datos 403, que puede contener información, tal como la posición geográfica, identidad de transmisor y así sucesivamente.

40 Un ejemplo del mensaje producido y almacenado por los medios de ensamblaje de mensajes 402 se ilustra en la figura 2, como la secuencia de "unos" y "ceros" binarios que se muestran en la parte inferior de la figura. En la figura 2, el mensaje se abrevia por razones de claridad.

45 En una realización preferente, el dispositivo de transmisión 400 comprende además un medio de filtrado 404, dispuesto para producir una señal filtrada basada en dicha señal digital binaria almacenada digitalmente. Un ejemplo de tal señal filtrada se muestra en la figura 2, como la curva superior. Los "unos" y los "ceros" binarios se muestran en la figura 2 junto a la señal filtrada y queda claro a partir de la figura 2 que un "uno" binario corresponde a un valor de señal más alto en la curva y viceversa para un binario "cero", lo que corresponde a un valor de señal más bajo en la curva. Como se ilustra en la figura 2, el mensaje no sigue el formato con respecto al número de bits en diferentes campos ilustrados en la figura 1.

50 Como queda claro en la figura 2, la curva filtrada no es una función de paso puro, pero una versión filtrada de una función escalonada correspondiente a la secuencia numérica mostrada debajo de la curva en la figura. Este filtrado provoca la apariencia característica de la curva. Ejemplos de filtros preferentes incluyen el filtrado usando un filtro de gauss, como en la modulación GMSK convencional (Gaussian Minimum Shift Keying). Es preferente que la curva filtrada obtenida sea analógica, por lo que el filtro puede ser preferentemente un filtro analógico, pero también puede estar codificado digitalmente, en cuyo caso, el filtro es digital.

60 La curva filtrada se alimenta a un dispositivo modulador 405, el cual modula, preferentemente modula la frecuencia, la señal filtrada en una onda portadora, que luego se amplifica y alimenta a una antena 406, que a su vez transmite la señal AIS como una señal de radio 420.

Es preferente que todos los pasos 401-406 constituyan partes de software o hardware implementadas, respectivamente, de uno y el mismo equipo informático, que en ese caso comprende o constituye el dispositivo 400.

La figura 5a ilustra esquemáticamente la funcionalidad de recepción de un dispositivo AIS 500 de acuerdo con la presente invención, dispuesto para determinar la hora de recepción por el dispositivo AIS 500 de un mensaje AIS enviado por un transmisor similar al descrito anteriormente. Una antena 501 se dispone para recibir una señal de radio entrante 520 que codifica un mensaje AIS, para que se logre una señal eléctrica analógica. La señal de radio, que es una señal de radio modulada, se compone de una onda portadora en la que se modula una señal de datos, preferentemente de frecuencia modulada. La señal de radio es una primera señal de la presente invención.

La señal analógica recibida constituye una segunda señal de la presente invención. Esta segunda señal es muestreada y posiblemente también desmodulada. La señal desmodulada muestreada y opcionalmente desmodulada producida constituye una tercera señal de la invención. En caso de que la señal sea muestreada y desmodulada, el muestreo y desmodulación se pueden realizar en cualquier orden, véase a continuación.

De acuerdo con la presente realización ejemplificadora, la segunda señal es desmodulada y muestreada, dicho muestreo se realiza utilizando un convertidor AD 503, para que se almacene digitalmente, se logra una señal muestreada y desmodulada, que corresponde a la señal analógica desmodulada. El convertidor AD 503 tiene una frecuencia de muestreo de al menos 10 kHz, preferentemente al menos 100 kHz. Alternativamente, la frecuencia de muestreo es al menos 10 veces más alta que la tasa de bits por segundo de la señal recibida, la tasa de bits en el caso de un mensaje AIS es de 9600 Hz.

La figura 5a muestra un dispositivo de desmodulación 502, que está dispuesto para aceptar dicha señal eléctrica analógica y para desmodular esta señal de modo que se logre una señal analógica desmodulada y se alimenta al convertidor AD 503. Esta señal analógica desmodulada se asemeja a la curva superior en la figura 2 en lo que respecta a su apariencia, pero también comprende algunos componentes en forma de ruido y cualquier efecto de filtrado adicional tanto del transmisor, así como del receptor.

La figura 5b es idéntica a la figura 5a, pero ilustrando una configuración alternativa, en donde el convertidor AD 503 se dispone para muestrear la frecuencia entrante modulada, señal analógica de la antena 501, para que se logre una versión digital de esta señal y en donde el dispositivo de desmodulación 502 es digital y realiza la desmodulación en el ámbito digital.

También se entiende que en caso de que la segunda señal se muestree directamente, se puede realizar una desmodulación digital, alternativamente, la información se puede extraer directamente de la señal muestreada sin ninguna desmodulación en particular.

La señal digital desmodulada se alimenta luego a un dispositivo de decodificación 504, dispuesto para determinar el contenido de los datos del mensaje AIS en función de la señal desmodulada, como una secuencia de bits de datos similar a la secuencia de números inferior en la figura 2. Esta decodificación se realiza de manera convencional. El dispositivo de decodificación 504 es preferentemente un módem estándar AIS, dicho módem puede comprender también, por ejemplo, el dispositivo de desmodulación 502.

El dispositivo de decodificación 504 está dispuesto para, después de la decodificación, hacer que el mensaje recibido esté disponible a través de una interfaz 505, tal como una pantalla gráfica o una interfaz de comunicación digital para la publicación del mensaje para la lectura de módulos de software externos.

De acuerdo con la invención, se ha definido de antemano un elemento de señal predeterminado, que se sabe que comprende dicha secuencia de bits de datos. Los ejemplos preferentes de tales elementos de señal predeterminados son el borde frontal o el borde posterior del campo "Bandera de inicio", ilustrado en la figura 1 y en la figura 2. Por ejemplo, en el borde frontal, se puede saber de antemano que a un "cero" le sigue una serie de ocho "unos". En el flanco posterior, se puede saber de antemano que a una serie de ocho "unos" le sigue una serie de un "cero". Un elemento de señal de este último tipo se indica mediante una flecha 201 en la figura 2. Es preferente que el elemento de señal predeterminado en un modo correspondiente está constituido por una posición predeterminada en un número de bits del mensaje AIS cuyo contenido de datos se conoce de antemano y que comprende preferentemente una serie de "ceros" o una serie de "unos" de una longitud previamente conocida, seguido de un cambio de "0" a "1" o de "1" a "0". Esto proporciona un flanco ascendente o descendente simple e inequívocamente identificable en la señal desmodulada. Es especialmente preferente, en particular en aplicaciones AIS, que el elemento de señal está constituido por el bit final en una serie de bits previamente conocida que cada uno es "0" o "1" y que es seguido por un cambio a "1" o "0", respectivamente. En particular, el fin de, en otras palabras, el borde posterior de, el campo "Bandera de inicio" en los mensajes AIS es útil.

De acuerdo con la invención, es el tiempo de recepción de dicho elemento de señal que se determina y el tiempo de recepción del mensaje se determina entonces basándose en la temporización del elemento de señal predeterminado por la posición del elemento de señal predeterminado en el mensaje que se conoce de antemano.

Esto se logra mediante una primera señal de comparación construida y almacenada digitalmente generada por un dispositivo de determinación de temporización 508 y sobre la base de la secuencia de bits de datos, en otras palabras, el contenido de los datos en el mensaje AIS recibido, de modo que la señal de comparación construida se construye para corresponder tanto a la señal modulada de frecuencia recibida antes como, preferentemente, después de la desmodulación. Esta señal de comparación siempre debe corresponder a la señal muestreada, pero en el caso de que el convertidor AD 503 esté dispuesto corriente arriba del dispositivo de desmodulación 502, puede ser la señal muestreada antes o después de la desmodulación a la que debe construirse la señal de comparación para que corresponda. En el caso en que la señal recibida por la antena, antes de la modulación por el transmisor, se filtra por un filtro particular, es preferente que la señal de comparación sea construida por, de manera correspondiente, filtrado de una señal digital que representa el contenido de los datos usando un filtro con esencialmente las mismas propiedades que cierto filtro, por ejemplo, un filtro de gauss de acuerdo con lo anterior.

Como se desprende de las figuras 5a y 5b, los datos binarios decodificados en el mensaje AIS se envían desde el dispositivo de decodificación 504 al dispositivo de determinación de temporización 508. Además, la señal muestreada, o alternativamente la señal muestreada y desmodulada, así como las señales de interrupción (véase a continuación), se alimentan al dispositivo de determinación de temporización 508.

En el presente contexto, que la señal de comparación está "construida para corresponder a" la señal recibida significa que el dispositivo de determinación de temporización 508 sintetiza digitalmente una curva de señal, mediante el procesamiento de datos de los contenidos digitales del mensaje AIS recibido, tal como en términos de "unos" y "ceros" binarios, de una manera que simule o se corresponda con el procesamiento de la señal en el transmisor que dio lugar a la señal modulada enviada y después recibida de radio 520. En otras palabras, los datos binarios decodificados en el mensaje AIS se usan para simular la señal muestreada y opcionalmente desmodulada recibida por el dispositivo de determinación de temporización 508, usando características conocidas del transmisor con respecto a cómo el transmisor crea la señal de radio transmitida.

En el ejemplo ilustrado en las figuras 4, 5a y 5b, esto indica que se logra una curva filtrada de gauss del tipo ilustrado en la parte superior de la figura 2, correspondiente a la secuencia de bits en el mensaje AIS analizado en el dispositivo de decodificación 504. Por lo tanto, en este ejemplo, habiendo sido recibida la señal por la antena 501, antes de la modulación por el transmisor, ha sido filtrada por un filtro particular que luego también se aplica a la señal construida.

En lo sucesivo, el dispositivo de determinación de temporización 508 determina un valor óptimo para una variable de tiempo, dicha variable de tiempo especifica una posición o desplazamiento de la señal de comparación construida en la escala de tiempo relativa a dicha señal muestreada y posiblemente desmodulada y para qué valor óptimo es máxima la correlación entre la señal de comparación construida y la señal muestreada. En lo siguiente, la señal muestreada y opcionalmente desmodulada se denota como "señal muestreada", por razones de simplicidad.

En el presente documento, el término "correlación" se refiere a una operación de comparación realizada entre las dos señales para puntos individuales en el tiempo y que es una medida de la conformidad total y/o covarianza de las señales como se ve en un cierto intervalo de tiempo.

En otras palabras, la señal de comparación construida está orientada por un cierto desplazamiento de escala de tiempo en relación con la señal muestreada correspondiente, después de lo cual se calcula una correlación entre las señales y el desplazamiento que maximiza la correlación es el valor óptimo para la variable de tiempo.

La correlación se puede calcular, por ejemplo, como:

$$C_j = k \sum_{i=T_0}^{T_1} (S(i)J(i+j))$$

donde

- j = dicha constante de tiempo
- C_j = la correlación para la constante de tiempo = j,
- k = una constante,
- {T₀, T₁} = el intervalo de tiempo en cuestión,
- S(i) = la curva de señal muestreada en el punto (i) y
- J(i) = la curva de señal de comparación construida en el punto (i).

{T₀, T₁} puede cubrir todo el tiempo de superposición de las curvas de señal, alternativamente solo un intervalo de tiempo de prueba más corto.

Se comprende que la correlación, de manera correspondiente, se puede calcular en un intervalo de tiempo continuo, en lugar de por puntos de tiempo discretos.

Por lo tanto, se calcula el valor para j que maximiza C_j .

De acuerdo con una realización preferente, el valor óptimo para la variable de tiempo se calcula calculando la correlación para varios valores de la variable de tiempo y luego buscando el máximo global para la correlación como una función de la variable de tiempo. Digitalmente, esto se puede realizar, por ejemplo, determinando primero una orientación relativa temporal inicial de las dos señales, que puede basarse en valores derivados empíricamente para retrasos en el receptor 500. Entonces, la correlación puede calcularse para un número de valores de la variable de tiempo desplazada hacia delante o hacia atrás en relación con la orientación de tiempo original, para que se logre una aproximación aproximada de una función de correlación $C(j)$, por medio de la cual se puede determinar un valor aproximado para la variable de tiempo óptimo. Entonces, la correlación puede calcularse para intervalos más cortos de la variable de tiempo en un intervalo alrededor de dicho valor aproximado, con el fin de lograr un valor más preciso para el máximo. Esto puede repetirse varias veces y finalmente se puede calcular el derivado de correlación y el máximo puede determinarse como el valor de la variable de tiempo para el cual la función derivada se interseca con 0. Esta intersección se puede calcular, por ejemplo, mediante interpolación lineal. Todos estos cálculos se realizan en un microprocesador en el receptor 500 y por iniciativa del dispositivo de determinación de temporización 508.

Entonces, el valor óptimo, por lo tanto, determinado para la variable de tiempo se usa para corregir la determinación del tiempo de recepción del elemento de señal predeterminado. La información relativa a la temporización corregida se publica luego por el dispositivo de determinación de temporización 508 a través de la interfaz 505.

De acuerdo con una realización preferente, el dispositivo de decodificación 504 se dispone para detectar la recepción del elemento de señal predeterminado descrito anteriormente y en tal detección para informar de la recepción al dispositivo de determinación de temporización 508. En este caso, puede ser una determinación de tiempo de recepción por el dispositivo de decodificación 504 del elemento de señal predeterminado que se corrige por la variable de tiempo descrita anteriormente.

De acuerdo con una realización preferente adicional, todos los retrasos relevantes en el receptor se miden antes de que se reciba el mensaje AIS, que comprende el retraso en el dispositivo de desmodulación 502, el convertidor AD 503 y el dispositivo de decodificación 504. Entonces, los de dichos retrasos que afectan a tal información de temporización que es alcanzada por el dispositivo de determinación de temporización 508 y que se refieren a la recepción del elemento de señal predeterminado y/o aquellos de dichos retrasos que se producen antes de que una señal que indica que se ha recibido el elemento de señal predeterminado alcance el dispositivo de determinación de temporización 508, se usan para ajustar la determinación de la temporización del elemento de señal predeterminado además del ajuste usando la variable de tiempo óptimo. Tales retrasos son generalmente consistentes, predecibles y, por lo tanto, pueden determinarse de antemano. Los ejemplos comprenden retrasos en el convertidor AD 503 en sí.

De acuerdo con una realización preferente, además de un filtrado destinado a simular un filtro que es aplicado por el transmisor antes de la modulación, tal como la filtración de gauss descrita anteriormente, la señal de comparación construida también puede someterse a una filtración usando un filtro antes de calcular dichas correlaciones, de modo que las desviaciones de la señal muestreada que se producen debido a la frecuencia analógica y/o respuesta de fase conocidas previamente se simulan antes de muestrear usando dicho filtro. Tal filtro puede estar constituido, por ejemplo, por un filtro FIR adecuado.

La señal muestreada que se correlaciona con la señal de comparación puede alimentarse al dispositivo de determinación de temporización 508 desde el dispositivo de decodificación 504, pero es preferente que se alimente al dispositivo de determinación de temporización 508 directamente desde el dispositivo de desmodulación 502 o el convertidor AD 503. Lo que es importante es que la información referente al tiempo de recepción del elemento de señal predeterminado se da a conocer al dispositivo de determinación de temporización 508.

El receptor incluye un reloj 507 que proporciona el dispositivo de determinación de temporización 508 con la hora actual. De acuerdo con una realización preferente, el convertidor AD 503 envía al menos una señal de interrupción indicar un cierto tiempo de muestreo. Se detecta la señal de interrupción, directamente o mediante, por ejemplo, el dispositivo de decodificación 504, por el dispositivo de determinación de temporización 508 y el reloj 507 cronometra el envío de la señal de interrupción. En este caso, el tiempo descrito anteriormente de recepción del elemento de señal predeterminado se basa en la emisión determinada por el tiempo de dicha señal de interrupción, por medio del tiempo de envío de la señal de interrupción que se compara con una cierta posición temporal de la señal muestreada. Es preferente que la señal de interrupción cuyo envío esté relacionado con la señal muestreada sea la señal de interrupción que se envía cuando, o en conexión con cuando, se recibió el elemento de señal predeterminado. Como se ha descrito anteriormente, diversos retrasos del dispositivo de desmodulación 502, el convertidor AD 503, el dispositivo de decodificación 504 y así sucesivamente, que se conocen previamente, se puede compensar de una manera apropiada con el fin de determinar qué señal de interrupción se envía cuando se recibió el elemento de señal predeterminado.

De acuerdo con una realización preferente, el convertidor AD 503 envía a una pluralidad de señales de interrupción a intervalos de tiempo predeterminados, preferentemente una señal de interrupción para cada punto de muestreo. En este caso, el envío está determinado por el tiempo utilizando varias de tales señales de interrupción de este tipo

5 enviadas consecutivamente por el reloj 507, después de lo cual cada uno de los puntos en el tiempo para la recepción de tales señales de interrupción se ajusta usando dichos intervalos de tiempo conocidos previamente, con el fin de estimar el tiempo de envío de una cierta señal de interrupción única, tal como la señal de interrupción en la que se recibió el elemento de señal predeterminado. Las determinaciones de tiempo por lo tanto ajustadas se promedian, de modo que se logra un tiempo promedio de envío de cierta señal de interrupción única. Finalmente, la determinación del tiempo de recepción del elemento de señal predeterminado se basa en dicho punto promedio en el tiempo del envío de cierta señal de interrupción única, relacionando cierta señal de interrupción única con una posición específica en la escala de tiempo de la señal muestreada.

10 Por ejemplo, la señal de interrupción en la que se recibió el elemento de señal predeterminado puede constituirse de cierta señal de interrupción única y se puede usar una secuencia de señales de interrupción que luego es detectada por el dispositivo de determinación de temporización 508 para calcular un valor más preciso del tiempo de envío de la cierta señal de interrupción como sigue:

$$15 \quad T_{med} = K + \frac{1}{m} \sum_{i=0}^{m-1} (T_{CLK}(i) - \frac{1}{F_s})$$

donde

T_{med} = el valor promediado en el tiempo para la recepción de cierta señal de interrupción única,

20 K = una constante de tiempo de ajuste opcional para tener en cuenta los retrasos en el receptor 500, m = el número total de señales de interrupción que se usarán para el cálculo del valor promedio,

$T_{CLK}(i)$ = la hora del reloj 507 cuando el dispositivo de determinación de temporización 508 detecta la señal de interrupción con el número i de la cierta señal de interrupción determinada y

F_s = la frecuencia de muestreo.

25 m es preferentemente un número de muestreos correspondientes a al menos 10 bits en la señal de mensaje, alternativamente al menos 100 muestreos.

30 Tal método proporciona un valor altamente preciso para la recepción y, por lo tanto, también el envío de una cierta señal de interrupción única (en este ejemplo, cuando se recibió el elemento de señal predeterminado). De este modo, se logra una referencia de tiempo definida con precisión para la señal muestreada, en donde la determinación del tiempo descrita anteriormente usando la señal construida también se vuelve altamente precisa, en la forma correspondiente.

35 Es adicionalmente preferente que el reloj 507 comprenda un oscilador local, que se sincroniza periódicamente con la información de tiempo en una señal GPS (Sistema de posicionamiento global) recibida 530, que se recibe a través de una antena 506. La extracción de una señal de tiempo de la señal de GPS 530 es convencional como tal. Los presentes inventores han descubierto que, si el oscilador local consiste en un oscilador de cristal convencional per se, que es menos costoso que, digamos, un reloj atómico y en el caso de que el oscilador se sincronice periódicamente usando la temporización de la señal GPS, se logran resultados adecuados con respecto a la temporización del mensaje AIS recibido. Por lo tanto, se prefiere no usar un reloj atómico.

40 Es preferente que el reloj oscilador 507 se sincronice periódicamente usando la información de tiempo de la señal GPS 530, preferentemente al menos cada minuto, más preferentemente al menos cada diez segundos, más preferentemente al menos cada segundo. Es preferente que el reloj 507 sea lo suficientemente preciso para tener siempre un sentido del tiempo que sea correcto a la precisión de 100 ns como máximo para tales períodos de sincronización.

45 Usando un método de acuerdo con la presente invención, el tiempo de recepción de un mensaje que comprende un elemento de señal predeterminado se puede determinar con gran precisión. También, la recepción de mensajes únicos puede ser temporizada con precisión.

50 En particular, esto se aplica a los mensajes AIS. Como un receptor AIS normalmente ya comprende los módulos 501, 502, 503, 504 y 506, el dispositivo de determinación de temporización 508 puede, a bajo coste, agregarse al equipo existente, por ejemplo, en la forma de un módulo de software dispuesto para ejecutarse en el mismo ordenador que ya ejecuta, por ejemplo, el software que constituye el dispositivo de decodificación 504. De este modo, la recepción de hasta 2250 mensajes por minuto puede cronometrarse dentro del alcance del sistema AIS existente y sin una inversión significativa en hardware nuevo.

60 En lo siguiente, se describe un número de aplicaciones en las que se puede utilizar tal temporización precisa.

La figura 3 ilustra un primer ejemplo, en el que la posición de la embarcación 310 se determina por triangulación entre los tiempos respectivos de recepción de la señal de mensaje por al menos tres receptores diferentes, tal como los receptores AIS 320, 330, 340. Los relojes en cada uno de estos receptores 320, 330, 340 se han sincronizado antes

de tiempo, a una y la misma vista común de la hora actual, preferentemente por medio de los tres que son del tipo sincronizado con GPS descrito anteriormente, compartiendo así la misma referencia de tiempo.

Los tres receptores 320, 330, 340 reciben la señal de radio AIS A, B, C desde el transmisor 310, pero en diferentes momentos. Cada uno de los receptores 320, 330, 340 mide el tiempo de recepción del mismo elemento de señal predeterminado de la señal recibida y luego se determina una ubicación del transmisor 310 mediante triangulación basada en la ubicación respectiva de los tres receptores, que se conoce de antemano, en combinación con las diferencias en el tiempo respectivo de recepción de dicho elemento de señal. Los cálculos de triangulación en sí pueden ser realizados por un ordenador central 350, que está conectado a los receptores 320, 330, 340. Cualquier embarcación móvil participante 320, tal como barcos, camiones o helicópteros, puede informar su posición actual a través de tal enlace de datos inalámbrico 322 convencional.

Usando tal proceso, los presentes inventores han observado que se han alcanzado precisiones de unos pocos cientos de metros con respecto a la determinación de la posición de un transmisor AIS 310 en una SNR (relación señal a ruido) de 10 dB, que es suficiente para en la práctica poder verificar la precisión de, por ejemplo, la ubicación informada del transmisor AIS 310 según lo informado por el transmisor 310 en sí.

De acuerdo con una realización preferente, se pulsa al menos un mensaje AIS enviado por el transmisor 310 AIS, de modo que se pueda obtener una posición establecida para el transmisor AIS. Además, La información AIS que permite el tiempo de envío de un mensaje AIS futuro específico para predecir es, preferentemente, pulsada, por ejemplo, usando información sobre dónde se envía periódicamente un mensaje AIS específico desde la ventana de tiempo AIS desde el transmisor AIS 310 durante la operación normal. Luego se pulsa y se temporiza la recepción del cierto mensaje AIS futuro del transmisor AIS 310 en cuestión y la posición del transmisor AIS 310 se triangula como se describió anteriormente, basándose en la recepción del cierto mensaje AIS en cuestión.

En lo sucesivo, la posición calculada del transmisor AIS 310 y/o un rumbo y/o una velocidad, según lo calculado basándose en varios cálculos sucesivos realizados por la ubicación del transmisor AIS 310, puede compararse con una posición y/o un rumbo y/o una velocidad del transmisor AIS 310 como se indica en un mensaje AIS enviado por el transmisor AIS 310. En el caso en el que las ubicaciones y/o los rumbos y/o las velocidades sean diferentes por pares en más de un valor predeterminado respectivo, se emite una señal de alarma a través de un dispositivo de alarma 351, que en la figura 3 se ilustra simbólicamente.

La Figura 6 ilustra un ejemplo adicional de una aplicación del método descrito anteriormente para la temporización precisa de un mensaje AIS, con al menos dos aparatos transmisores/receptores 610, 620, tal como los equipos AIS que se pueden instalar en objetos fijos y/o móviles, ambos incluyendo un reloj sincronizado con GPS respectivo de acuerdo con lo anterior y ambos pudiendo enviar señales de radio 611, 621, tal como los mensajes AIS. En este caso, la posición de un transmisor 610 con respecto a un receptor 620 es conocida de antemano por el receptor 620, por lo que el transmisor 610 transmite un mensaje de radio que incluye un elemento de señal predeterminado, tal como un mensaje AIS, al receptor 620. De este modo, el receptor 620 puede determinar la temporización de la recepción de la señal transmitida con alta precisión, usando un método de acuerdo con la invención. Después de corregir el retraso de la señal entre el transmisor 610 y el receptor 620, basándose en dichas distancias relativas conocidas, el receptor 620 logra una temporización precisa del envío 610 del mensaje del transmisor. Por lo tanto, un punto en el tiempo común puede sincronizarse entre el transmisor 610 y el receptor 620, basándose en la temporización conocida comúnmente del envío por el transmisor 610 de la señal de mensaje.

Tal sincronización de tiempo entre dos dispositivos 610, 620 puede ser usada, por ejemplo, para estar de acuerdo con un sentido común del tiempo secreto, sin que ningún otro dispositivo cercano sea capaz de obtener conocimiento sobre tal sentido del tiempo. El sentido del tiempo se puede usar, por ejemplo, para estar de acuerdo de antemano con la temporización de un cambio de frecuencia de portadora para información secreta, o similar.

En ambas aplicaciones descritas en relación con las figuras 3 y 6, hay beneficios adicionales de agregar otra capa de autenticación basada en una huella dactilar con respecto al transmisor 310, 610.

Por ejemplo, en la figura 3, la verificación de la posición, la velocidad y/o el rumbo del transmisor 310 se pueden combinar con una verificación de tal huella dactilar, de modo que la verificación combinada se vuelve muy segura. Por ejemplo, la huella dactilar de un mensaje AIS puede compararse con la de un mensaje AIS enviado más tarde y la verificación puede realizarse examinando si las huellas dactilares son idénticas o no. Alternativamente, una huella dactilar detectada puede compararse con una huella dactilar conocida previamente, basándose en el conocimiento del tipo de equipo transmisor AIS o similar. Adicionalmente, se puede verificar que los tres receptores 320, 330, 340 acceden a la misma señal de radio.

En la figura 6, se usa una verificación de una huella dactilar previamente conocida del transmisor 610 para asegurar que el transmisor 610 sea realmente el esperado.

En el presente documento, una "huella dactilar" se refiere a una característica de la señal de radio que depende de las características del propio transmisor, tal como una desviación conocida previamente de una señal ideal que

depende del procesamiento de la señal en el transmisor. Los ejemplos incluyen variaciones predecibles en imprecisiones de temporización durante un período AIS, las formas características del pulso en rampa arriba o rampa abajo y la firma GMSK resultante del emisor.

5 En lo siguiente, se presenta una realización con el fin de proporcionar una comprensión completa de la invención, en cuyo ejemplo se simula una señal AIS recibida y luego se compara con una señal construida de la presente invención.

10 Primero, se crea una secuencia de bits, consistiendo en los campos "Preámbulo" y "Bandera de inicio", anteriores, y los bits aleatorios correspondientes al resto del mensaje AIS. En total, la secuencia de bits comprende 250 bits, que luego pueden formar la base para una simulación de un envío de un mensaje AIS con una tasa de bits de 9600 bits/s.

La secuencia de bits digital se ilustra gráficamente en la curva inferior de la figura 7a. La secuencia de bits pasa luego a un filtro de gauss digital convencional, dando como resultado la curva superior de la figura 7a.

15 Para simular la interferencia de la señal que surge en condiciones normales de operación en realidad, la señal resultante se degrada luego usando dos filtros de paso bajo de primer orden consecutivos con frecuencias de corte de alrededor de 5 kHz, dispuestos para simular las características de la señal del transmisor. Finalmente, se añade un ruido blanco, con la misma raíz media cuadrática que la propia señal. La curva resultante se ilustra en la figura 7b.

20 Un muestreo simulado, con una tasa de muestreo de 192 kHz, luego se lleva a cabo, en donde se consigue una señal muestreada de acuerdo con la invención.

25 Una señal de comparación se construye mediante la curva superior en la figura 7a que está sujeta al mismo filtro de paso bajo que la señal simulada, pero sin ruido blanco.

A continuación, las señales muestreadas y construidas se correlacionan con diferentes valores de una variable de tiempo que los desplazan en la escala de tiempo relativa entre sí. La función de correlación calculada de la variable de tiempo se ilustra en la figura 7c.

30 La figura 7D es una ampliación de la curva 701 que se muestra en la figura 7c alrededor del máximo global de la curva. En la figura 7d, se muestran tanto la curva real 701 como su derivada 702. El eje y indica el valor de la derivada. Como es evidente en la figura 7d, la variable de tiempo óptimo 700 se selecciona como el valor 703 que maximiza la correlación 701 y que finalmente se calcula por interpolación lineal de la función derivada 702.

35 Tal simulación de condiciones reales da la siguiente repetibilidad con respecto a la temporización para diferentes niveles de ruido relativo:

40 Nivel de señal = Nivel de ruido: aproximadamente el 90 % cae dentro de $\pm 5,00 \mu\text{s}$
 Nivel de señal = 10 x Nivel de ruido: aproximadamente el 90 % cae dentro de $\pm 0,50 \mu\text{s}$
 Nivel de señal = 100 x Nivel de ruido: aproximadamente el 90 % cae dentro de $\pm 0,05 \mu\text{s}$

Anteriormente, se han descrito realizaciones preferentes. Sin embargo, es evidente para el experto en la materia que pueden realizarse muchas modificaciones a las realizaciones descritas sin alejarse de la idea básica de la invención.

45 Por ejemplo, el concepto inventivo también es aplicable a otros tipos de mensajes de radio diferentes de los mensajes AIS.

Asimismo, se pueden usar otros tipos de huellas dactilares conocidas o detectadas anteriormente con respecto a las características de la señal del transmisor para aumentar la seguridad.

50 Por lo tanto, la invención no se limita a las realizaciones descritas, sino que puede variarse dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Método para determinar el tiempo de recepción por un receptor de radio (320, 330, 340; 500; 620) de un mensaje AIS (Sistema de Identificación Automático) codificado en binario, enviado por un transmisor (310; 400; 610) en forma de una primera señal que es una señal de radio modulada (520), por lo que el receptor recibe la primera señal utilizando una antena (501) que da como resultado una segunda señal en forma de señal eléctrica analógica, dicha segunda señal es muestreada, dicho muestreo puede realizarse en cualquier orden en relación con cualquier desmodulación de la segunda señal, dicho muestreo se realiza utilizando un convertidor AD (503), dando como resultado una tercera señal almacenada digitalmente en forma de una señal muestreada, en donde el contenido de datos del mensaje se determina a partir de la tercera señal como una secuencia de bits de datos, dicha secuencia de bits de datos comprende un elemento de señal predeterminado cuyo tiempo de recepción está determinado y en donde el tiempo de recepción del mensaje se determina basándose en la temporización del elemento de señal predeterminado, caracterizado por que una señal de comparación digital se construye sobre la base de dicha secuencia de bits de datos, de modo que la señal de comparación construida se construye para simular la tercera señal, por que se determina un valor óptimo para una variable de tiempo, dicha variable de tiempo indica una posición de tiempo de la señal de comparación construida en relación con la tercera señal y para qué valor óptimo una correlación entre la señal de comparación construida y la tercera señal es máxima y por que el valor óptimo de la variable de tiempo se usa para corregir la determinación del tiempo de recepción del elemento de señal predeterminado.
2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que la tercera señal se obtiene por modulación analógica de la segunda señal, seguida de muestreo de la señal resultante modulada correspondientemente.
3. Método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que la primera señal, antes de la modulación por el emisor (310; 400; 610), se filtra usando cierto filtro y por que la señal de comparación se construye por, de forma correspondiente, filtrado de una señal digital que representa dicho contenido de los datos usando un filtro con esencialmente las mismas propiedades que cierto filtro determinado.
4. Método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que la señal de comparación construida, antes del cálculo de dichas correlaciones, se filtra usando un filtro para que las desviaciones de la tercera señal, surgidas como consecuencia de la frecuencia analógica y/o respuesta de fase del receptor (320, 330, 340; 500; 620) antes del muestreo se simulen usando dicho filtro.
5. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el convertidor AD (503) envía al menos una señal de interrupción para marcar un cierto punto de tiempo de muestreo, por que el tiempo de emisión de tal señal de interrupción se determina usando un reloj (507) en el receptor y por que la determinación del tiempo de la recepción de dicho elemento de señal predeterminado se basa en el envío temporizado de dicha señal de interrupción al relacionar el envío de la señal de interrupción a una cierta posición de tiempo de la tercera señal.
6. Método de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por que el convertidor AD (503) envía varias señales de interrupción a intervalos de tiempo predeterminados, de lo que la hora del envío de varias de tales señales de interrupción respectivas se determina usando dicho reloj (507) y se ajustan usando dicho intervalo de tiempo con el fin de estimar el punto en el tiempo del envío de una cierta señal de interrupción, por que estas determinaciones de temporización ajustadas se promedian para que una determinación de temporización promediada del envío de cierta señal de interrupción se obtenga, por que la determinación de temporización de la recepción de dicho elemento de señal predeterminado se basa en la determinación de temporización promediada del envío de cierta señal de interrupción al relacionar cierta señal de interrupción a una cierta posición de tiempo de la señal muestreada.
7. Método de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, caracterizado por que el reloj (507) comprende un oscilador local, que se sincroniza regularmente con la información de tiempo en una señal GPS (Sistema de posicionamiento global) recibida (530).
8. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la ubicación del emisor (310; 400; 610) se conoce por el receptor (320, 330, 340; 500; 620) y por que un punto común en el tiempo está sincronizado entre el emisor y el receptor por el receptor que corrige la determinación de la temporización de la recepción de dicho elemento de señal predeterminado durante el tiempo que tarda la señal de radio (520) en viajar entre el emisor y el receptor, basándose en la distancia entre las ubicaciones del emisor y del receptor, respectivamente.
9. Método de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por que al menos tres receptores (320, 330, 340), los relojes respectivos (507) de los cuales han sido sincronizados previamente, reciben una y la misma señal de radio (520) de un cierto emisor (310), por que cada uno de los receptores determina la temporización de la recepción del mismo elemento de señal predeterminado de la señal recibida y por que una ubicación del emisor se determina por triangulación, por una unidad central (350) en comunicación con dichos al menos tres receptores, basándose en la ubicación respectiva de los tres receptores en combinación con las diferencias en el punto en el tiempo respectivo para la recepción respectiva de dicho elemento de señal.

5 10. Método de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado por que la ubicación calculada para el emisor (310; 400; 610) y/o un rumbo y/o una velocidad que se ha calculado basándose en varios cálculos consecutivos de la ubicación del emisor, se compara con una ubicación y/o un rumbo y/o una velocidad para el emisor que se indica en un mensaje AIS (Sistema de Identificación Automático) que se envía desde el emisor y por que se emite una señal de advertencia en caso de que las dos posiciones y/o rumbos y/o velocidades sean diferentes en pares por más de un valor predeterminado respectivo.

10 11. Dispositivo receptor (320, 330, 340; 500; 620) dispuesto para recibir un mensaje AIS (Sistema de Identificación Automático) codificado en binario, enviado por un transmisor (310; 400; 610) en forma de una primera señal que es una señal de radio modulada (520), dicho dispositivo receptor comprende una antena (501) dispuesta para recibir la primera señal dando lugar a una segunda señal en forma de una señal eléctrica analógica, un convertidor AD (503), dicho convertidor AD está dispuesto para muestrear dicha señal analógica, dicho muestreo puede realizarse en cualquier orden en relación con cualquier desmodulación de la segunda señal, dando como resultado una tercera
15 señal almacenada digitalmente en forma de una señal muestreada, dicho dispositivo receptor comprende además un dispositivo de decodificación (504), dispuesto para decodificar la tercera señal y, por lo tanto, para lograr el contenido de datos del mensaje como una secuencia de bits de datos, dicha secuencia de bits de datos comprende un elemento de señal predeterminado cuyo tiempo de recepción está determinado y en donde el dispositivo receptor se dispone para determinar el tiempo de recepción del mensaje basándose en la temporización del elemento de señal predeterminado y por lo que el dispositivo receptor comprende un dispositivo de determinación del tiempo (508),
20 dispuesto para determinar el tiempo de recepción del elemento de señal predeterminado, caracterizado por que el dispositivo de determinación de temporización se dispone para construir una señal de comparación digital basándose en dicha secuencia de bits de datos, de modo que la señal de comparación construida se construye para simular la tercera señal, por que el dispositivo de determinación de temporización se dispone para determinar un valor óptimo para una variable de tiempo, dicha variable de tiempo indica una posición de tiempo de la señal de comparación construida en relación con la tercera señal y para qué valor óptimo una correlación entre la señal de comparación construida y la tercera señal es máxima y por que el dispositivo de determinación de temporización se dispone para corregir dicha determinación de temporización del elemento de señal predeterminado usando el valor óptimo de la variable de tiempo.

30 12. Sistema para determinar la ubicación de un emisor (310; 400) que emite un mensaje AIS (Sistema de Identificación Automático) codificado en binario en forma de una señal de radio modulada (520), caracterizado por que el sistema comprende al menos tres dispositivos de recepción (320, 330, 340) de acuerdo con la reivindicación 11, cada uno comprendiendo un reloj respectivo (507), dichos relojes están sincronizados y dichos dispositivos receptores están
35 dispuestos para recibir una y la misma señal de radio (520) del emisor, por que cada uno de los dispositivos receptores está dispuesto para determinar el tiempo de recepción del mismo elemento de señal predeterminado de la señal recibida y por que el sistema está dispuesto para determinar una ubicación del emisor por triangulación basándose en la ubicación respectiva de los tres receptores en combinación con las diferencias en el punto en el tiempo respectivo para la recepción de dicho elemento de señal.

40

Fig. 3

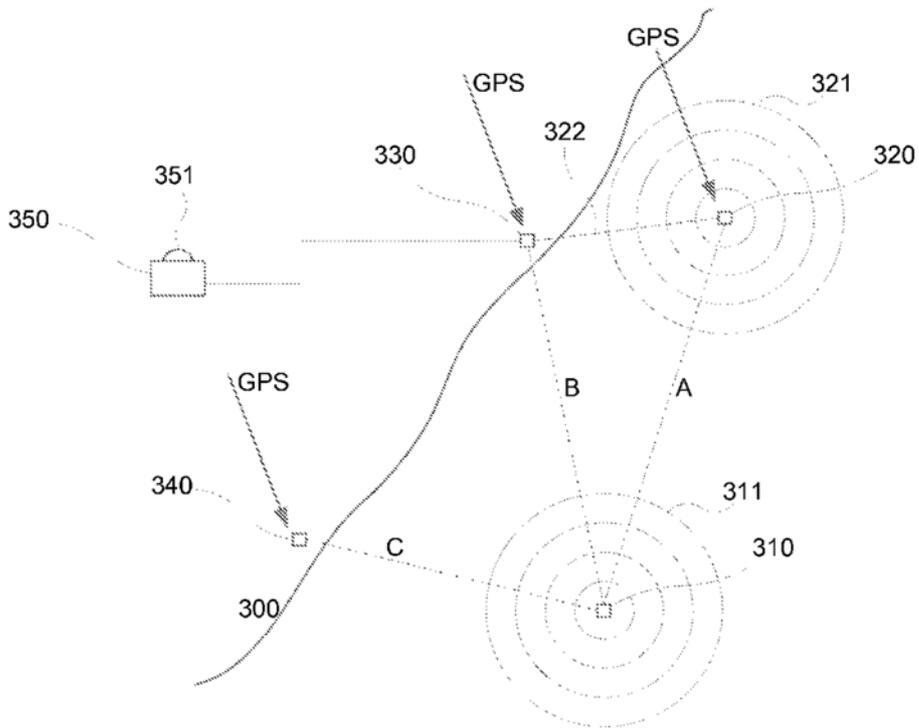


Fig. 4

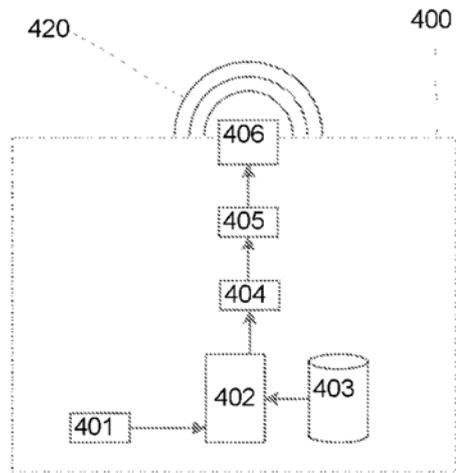


Fig. 5b

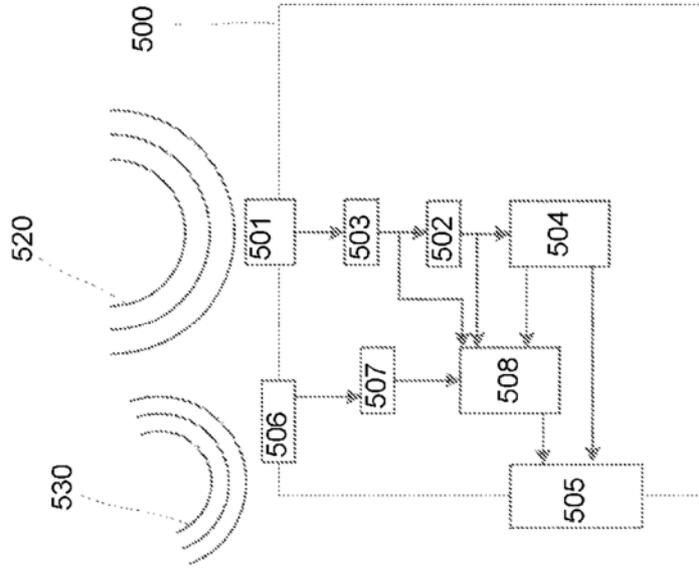


Fig. 5a

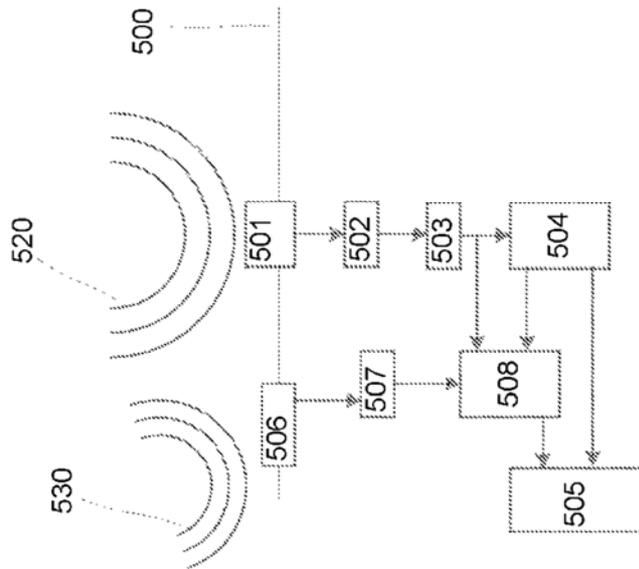


Fig. 6

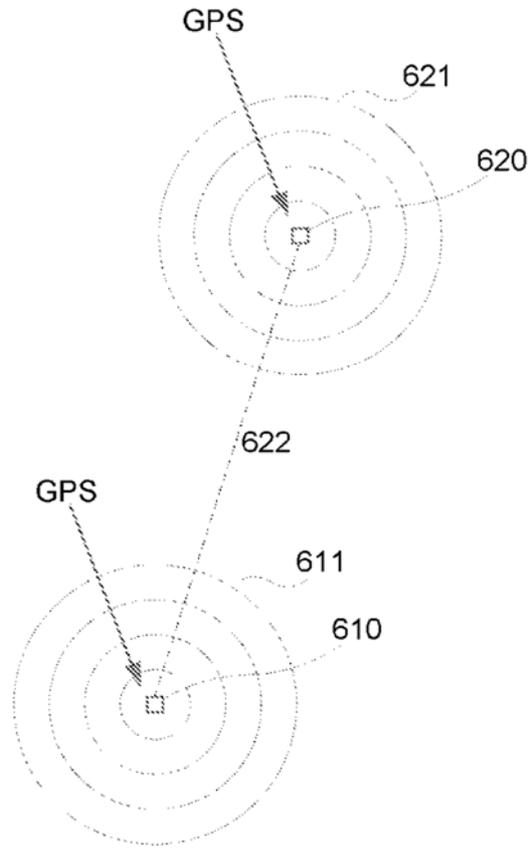


Fig. 7a

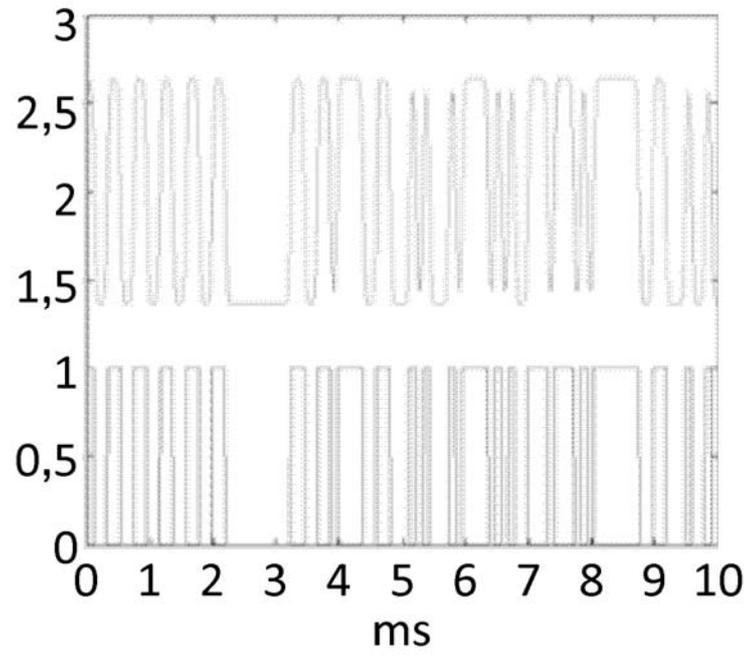


Fig. 7b

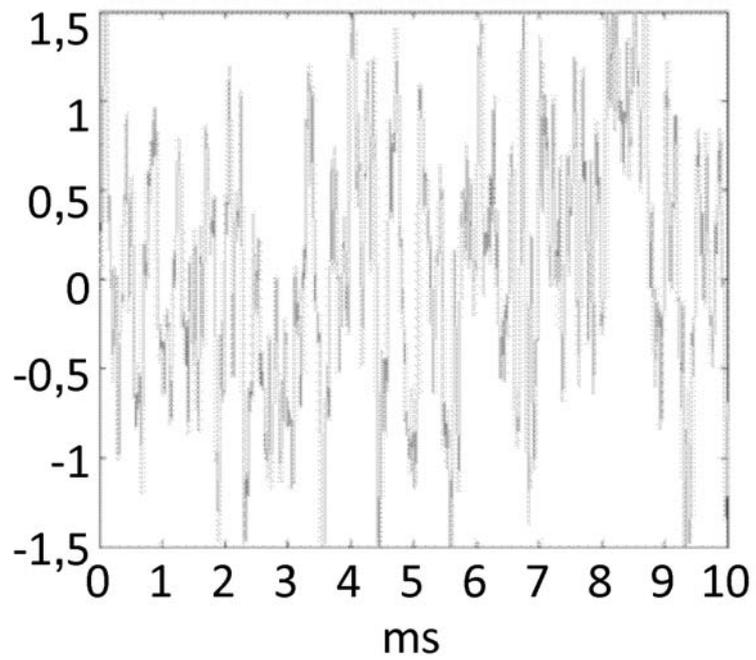


Fig. 7c

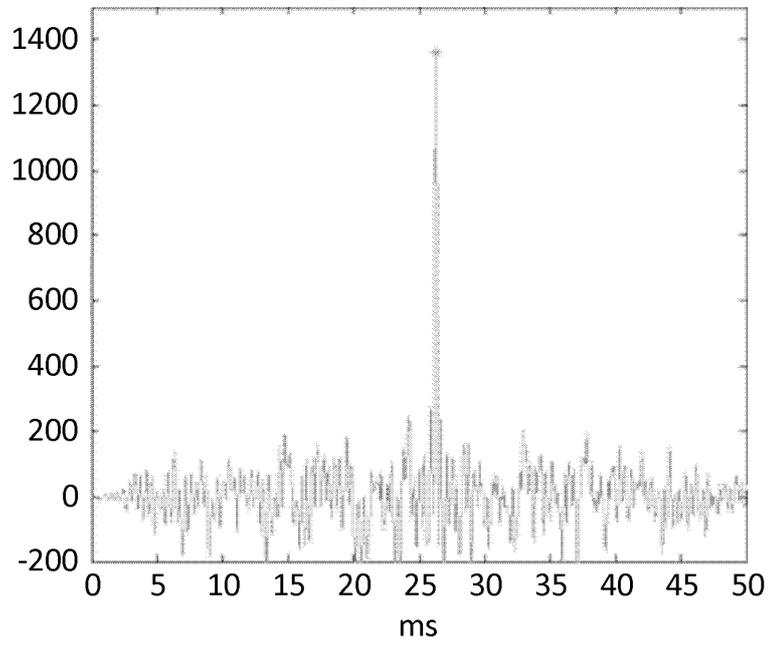


Fig. 7d

