



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 319 556**

51 Int. Cl.:

G01S 5/02 (2006.01)

G01S 5/06 (2006.01)

A63B 29/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05775251 .1**

96 Fecha de presentación : **07.06.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1754077**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **21.02.2007**

54 Título: **Sistema de localización UWB para el auxilio de víctimas de aludes.**

30 Prioridad: **07.06.2004 FR 04 51118**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
08.05.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
08.05.2009

73 Titular/es:
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
25, rue Leblanc - Immeuble "Le Ponant D"
75015 Paris, FR

72 Inventor/es: **Daniele, Norbert y**
Denis, Benoît

74 Agente: **Justo Vázquez, Jorge Miguel de**

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

Sistema de localización UWB para el auxilio de víctimas de aludes.

5 **Campo técnico y técnica anterior**

La presente invención se refiere a un sistema desprovisto de referencia GPS (del inglés “Global Positioning System”) que comprende un conjunto de módulos UWB (del inglés “Ultra Wide Band”) emisores/receptores y que permite garantizar un posicionamiento rápido y suficientemente preciso de las víctimas de aludes. Una aplicación de este tipo
 10 concierne principalmente a los grupos de esquiadores fuera de pistas, senderistas con esquís o a pie, raquetistas, glaciarios, alpinistas. Un sistema único permite señalar indiferentemente a una o varias víctimas, detectarlas y después localizarlas bajo la nieve, y a uno o varios socorristas (voluntarios, equipos de auxilio institucionales, o miembros del grupo de excursión) dirigir una campaña de búsqueda autónoma y rápida de estas víctimas.

15 Los medios para encontrar a una persona totalmente sepultada bajo la nieve se han limitado durante mucho tiempo a perros de salvamento en caso de aludes y a sondas. Teniendo en cuenta su velocidad de prospección (1 hectárea en de 10 a 20 minutos), el perro sigue siendo actualmente el medio más eficaz para localizar rápidamente a una víctima no cooperante.

20 Estas dos técnicas sólo pueden ponerse en práctica por socorristas exteriores, que hay por tanto que avisar con anterioridad, y esperar su llegada a la zona. Esta demora (alerta y envío de auxilio) es con frecuencia demasiado larga en relación con las posibilidades de supervivencia de una víctima de alud. En consecuencia, las sondas y equipos cinotécnicos sólo permiten con frecuencia encontrar a víctimas fallecidas.

25 Se han estudiado por tanto diferentes sistemas de auxilio a las víctimas de aludes para aumentar las posibilidades de supervivencia de la víctima. Estos sistemas pueden clasificarse en dos grandes categorías:

- los sistemas que no recurren a ondas electromagnéticas,
- 30 • los sistemas basados en la utilización de ondas electromagnéticas.

Entre estos últimos, el sistema más extendido y reconocido actualmente por unanimidad (Sindicato de guías y acompañantes, ENSA, ANENA, CAF, FFME...) como el más competente es un sistema activo que apareció en los años setenta. Se trata del A.R.V.A. (del francés “Appareil de Recherche de Victimes en Avalanches”), o el D.V.A. (del francés “DéTECTEUR de Victimes d’Avalanche”), o incluso del L.V.S. (del alemán “Lawinen Verschütteten Suchgeräte”).
 35

Este sistema pone en práctica un emisorreceptor electromagnético. En la emisión, el A.R.V.A. crea un campo electromagnético destinado a captarse por la antena dipolo de un aparato de recepción. Este último transforma la señal recibida, tras su amplificación, en una señal sonora. El análisis de la intensidad de este pitido sonoro permite enviar
 40 información sobre la posición relativa de la víctima que hay que socorrer. El esquema básico del ARVA se representa en la figura 1. El dispositivo comprende una antena 2, un emisor 4 (de 457 kHz), atenuadores 12 y un receptor 6. El conjunto está alimentado por pilas 10. La basculación entre emisión y recepción se realiza con la ayuda de un simple conmutador 3. En posición de recepción, la señal que procede de la antena 2 activa una batería 12 de atenuadores que el usuario manipula en función de la intensidad sonora que percibe, mediante un altavoz 8, por tanto en función de
 45 su distancia relativa en relación a la víctima. Cuanto más cerca esté el usuario más aumenta la atenuación con el fin de poder detectar las variaciones de intensidad. En las últimas generaciones de aparatos, denominados “digitales”, la conmutación se realiza de modo automático. El principio de búsqueda se basa por tanto en variaciones de intensidad sonora.

50 La antena 2 del ARVA está constituida por una bobina enrollada sobre una ferrita. Cuando se establece un enlace, se obtiene la intensidad máxima cuando las antenas de emisión y de recepción están paralelas. La orientación del ARVA es por tanto primordial, y el usuario debe adaptar en cada fase de la búsqueda la orientación del dispositivo. Esto está lejos de ser natural para quien no está familiarizado con el diagrama de radiación de un dipolo.

55 El ARVA utiliza una modulación muy simple de tipo OOK (del inglés “ON/OFF Keying”) directamente aplicada sobre una portadora de 457 kHz. En el estado “1”, la portadora se emite, en el estado “0”, está apagada.

En recepción, tras una sencilla mezcla con una frecuencia de referencia desviada algunos kHz en relación con la frecuencia portadora de 457 kHz, y tras una amplificación, el receptor genera directamente pitidos a frecuencias
 60 audibles que activan un altavoz o auriculares.

El método de búsqueda actual con la ayuda del ARVA se desarrolla en tres fases:

Búsqueda de la 1ª señal (primaria): tras el paso a la recepción sobre el canal de alcance superior, esta fase consiste
 65 en rastrear la zona de alud con la ayuda del ARVA. Dado el alcance limitado del aparato (normalmente de 20 a 40 m), esta fase puede ser relativamente larga si el alud cubre una gran superficie, y por supuesto si opera poco personal de salvamento en la zona. Con respecto a esto, se aplican diferentes esquemas de cobertura de la zona según el número de personas de salvamento.

ES 2 319 556 T3

Búsqueda secundaria: una vez detectada una señal, esta fase puede desarrollarse según dos métodos distintos:

- El método en cruz, sistemático, pero laborioso.

5 • El método de seguimiento de las líneas de campo es más rápido y tiende a generalizarse. Las elipses constituidas por las líneas de campo no se corresponden evidentemente con el camino más corto para alcanzar a la víctima. Por otro lado, la marcha por el área de un alud se vuelve muy pesada por la presencia de hoyos y bloques, y se debe pensar en conservar la orientación del aparato sin olvidar cambiar los calibres de recepción para optimizar la escucha, todo en una situación de estrés.

10 Búsqueda final: en esta fase se utiliza el calibre mínimo (la atenuación más fuerte que corresponde a la distancia medible más corta). Además, hay que cambiar la orientación del ARVA, y utilizar un método en cruz a ras de suelo. Si el aparato de la víctima es perpendicular al de la persona de salvamento, aparecen entonces dos máximos de campo, y hay que cavar entre estos dos máximos. Un error clásico consiste en detenerse en el primer máximo y cavar en el
15 lugar equivocado. Cuanto más importante sea la profundidad, más se alejan estos máximos y mayor es el riesgo si nos detenemos en el primer máximo.

20 El ARVA es una solución relativamente rudimentaria (que procede de las técnicas de radio de los años setenta) y se ha demostrado que tiene sobre todo una utilización muy forzada. Por otro lado, es necesaria una formación específica para el manejo del material y el método de búsqueda. Este aprendizaje se hace en general en los clubes de esquí y de montaña pero esto representa una ínfima parte de quienes practican actividades de montaña. Qué decir de las posibilidades de supervivencia de los monitores y guías en situaciones reales de alud, cuando los acompañan clientes que en la mayoría de los casos descubren el manejo del ARVA *in situ*.

25 Como se sabe, el tiempo es un bien precioso en el contexto del auxilio a las víctimas. A modo de ejemplo, algunos estudios han permitido estimar que la probabilidad de supervivencia de una víctima sepultada era superior al 93% si el auxilio intervenía en menos de 15 minutos. Entre 15 y 45 minutos, se constata una disminución rápida de la probabilidad de supervivencia del 93% al 26%. Esta brusca disminución muestra perfectamente que todo está en juego en los 30 primeros minutos y permite ilustrar la importancia del auxilio inmediato proporcionado por los compañeros
30 de la excursión. Para una persona curtida en el manejo del ARVA, la localización de la primera víctima le lleva entre 5 y 10 minutos (sin contar la fase de extracción con la ayuda de la pala). En el caso de varias víctimas o para personas no entrenadas, el cuarto de hora fatal se sobrepasa sistemáticamente. Es totalmente evidente que, para disminuir la tasa de mortalidad, los métodos de auxilio a las víctimas de aludes deben mejorarse y sobre todo acelerarse.

35 Más recientemente se ha introducido el concepto de DETAV (del francés DETection Aux Victimes d'Avalanches). Se trata de un sensor que permite detectar automáticamente si una persona ha quedado sepultada bajo un alud con el fin de alertar, localizarla o activar un dispositivo que permite prolongar el tiempo de supervivencia.

40 DETAV mide, con la ayuda de sensores, parámetros que permiten saber si la persona está en peligro, tales como la inmovilidad con la ayuda de un acelerómetro y la presencia de nieve con la ayuda de sensores ópticos de proximidad.

45 La medición del estado fisiológico se efectúa por tanto de manera indirecta por la capacidad, o no, de activar un botón de anulación de alerta. En caso de quedar sepultado, esta incapacidad confirma la inmovilización. El conjunto de informaciones se recoge y analiza por tanto mediante un microcontrolador que garantiza la interconexión con cualquier otro material, por ejemplo, provocando el desencadenamiento de una llamada GSM. Este principio no es viable como tal para la localización de las víctimas, teniendo en cuenta las insuficiencias de la tecnología GSM y su cobertura de radio.

50 Igualmente, se presenta el problema de encontrar una solución paliativa a las insuficiencias de los sistemas existentes, y que permita responder de manera satisfactoria a las exigencias de la búsqueda de víctimas, y concretamente de encontrar rápidamente y de forma simultánea múltiples víctimas sepultadas, sin infraestructura, o con una infraestructura reducida (es decir, puntos de referencia fijos, y/o recursos de cálculo centralizados).

55 Un dispositivo de este tipo debe preferiblemente estar dotado de un alcance suficiente para cubrir un escenario de operación típico (por ejemplo, un área de 1000 m² a 10000 m²); por otro lado, debe ser portátil, fiable, robusto y preferiblemente de consumo reducido, para garantizar la perdurabilidad de su buen funcionamiento y una autonomía suficiente

60 El dispositivo completo debe prever un modo de prueba. En todo momento, debe ser posible controlar el buen funcionamiento de Emisión y de Recepción de cada unidad, así como la validez de los datos intercambiados entre las unidades. La experiencia muestra en efecto que si este control no se facilita, puede descuidarse por los eventuales usuarios.

65 El dispositivo debe ser suficientemente competente en cada una de las tres fases de la búsqueda de las víctimas sepultadas (primaria, secundaria, final).

El dispositivo debe ser intuitivo y sencillo de utilizar con el menor número de fases de búsqueda posible.

El dispositivo debe estar eventualmente en condiciones de suministrar al personal de salvamento información sobre el estado de salud de las víctimas. La invención propuesta permite ganar algunos minutos preciosos en esta carrera contra el tiempo y proponer, por una parte, una solución simple en su puesta en práctica y, por otra parte, una solución que no necesita ningún aprendizaje particular.

5

Exposición de la invención

La presente invención se refiere en primer lugar a un procedimiento de localización de un emisor UWB con la ayuda de al menos un primer conjunto de emisores/receptores UWB de búsqueda, que comprende:

10

A) una etapa de sincronización de los emisores/receptores UWB de búsqueda (al menos tres), dispuestos en puntos diferentes, y de estimación de la distancia relativa entre estos puntos,

15

B) una etapa de recepción, por los emisores/receptores, de señales emitidas por el emisor que ha de localizarse,

20

C) una etapa de cálculo de la posición relativa de estos puntos y después de la del emisor que ha de localizarse en función de las duraciones entre el instante de llegada de las señales emitidas por el emisor que ha de localizarse al nivel de los emisores/receptores de búsqueda y una referencia de tiempo común a estos emisores/receptores.

25

Se podrá haber definido previamente una zona de interés, por ejemplo una zona de acumulación de nieve resultado de un alud, o un edificio o un terreno, o que contiene un edificio o un terreno, estando situado el emisor UWB que ha de localizarse en dicha zona.

25

Los emisores de búsqueda se colocan entonces en esta zona de interés, ventajosamente alejados entre sí.

30

La invención se refiere por tanto también a un procedimiento de localización de un emisor UWB con la ayuda de al menos un primer conjunto de emisores/receptores UWB de búsqueda, que comprende una etapa previa de definición de una zona de interés, por ejemplo una zona de acumulación de nieve resultado de un alud, o un edificio o un terreno, o una zona que contiene un edificio o un terreno, estando situado el emisor UWB en dicha zona, y de colocación de los emisores en esta zona de interés, ventajosamente alejados entre sí, y después:

35

A) una etapa de sincronización de estos emisores/receptores UWB de búsqueda, dispuestos en puntos diferentes, y de estimación de la distancia relativa entre estos puntos,

B) una etapa de recepción, por los emisores/receptores, de señales emitidas por el emisor que ha de localizarse,

40

C) una etapa de cálculo de la posición relativa de estos puntos y después de la del emisor que ha de localizarse en función de las duraciones entre el instante de llegada de las señales emitidas por el emisor que ha de localizarse al nivel de los emisores/receptores de búsqueda y una referencia de tiempo común a estos emisores/receptores.

45

Un procedimiento de este tipo no necesita puntos con referencias previamente fijadas sobre el escenario que va a investigarse y cuyas posiciones sean conocidas *a priori*, al contrario que el procedimiento y dispositivo puesto en práctica en la técnica anterior.

La etapa A puede comprender las subetapas siguientes:

50

- una sincronización de los emisores/receptores,

- un despliegue, en un escenario ocasional, de los emisores/receptores,

55

- una estimación o un cálculo de la distancia relativa entre los emisores/receptores.

Tras el despliegue, quedan fijos dos de los emisores/receptores.

60

Preferiblemente, las señales UWB utilizadas están en una gama de frecuencia inferior a 1 GHz.

Las tramas de impulsos utilizadas y transmitidas comprenden normalmente un preámbulo de sincronización, una delimitación del preámbulo y después datos útiles.

65

Antes de la etapa A puede haber tenido lugar una etapa de sincronización preliminar de los emisores/receptores de búsquedas, en un estado agrupado.

Se dispone así de una referencia de sincronización absoluta.

ES 2 319 556 T3

Durante la fase de búsqueda, cada emisor/receptor de búsqueda puede poner en práctica una o varias ventanas de observación que se corresponden cada una con una gama de distancia, pudiendo cubrir el conjunto de las gamas de distancia una gama total de distancia comprendida entre 0 y varios cientos de metros, por ejemplo 500 m o 700 m.

- 5 Las etapas A, B, C pueden repetirse, para actualizar la posición del emisor/receptor que ha de localizarse, concretamente cuando uno de los emisores/receptores de búsqueda se desplaza con respecto a los otros dos. Al menos dos emisores/receptores están por tanto fijos, mientras que al menos uno es móvil.

10 La etapa de cálculo puede permitir suministrar una posición del emisor/receptor que ha de buscarse en una superficie de dos dimensiones.

En el transcurso de la etapa A, la estimación de la posición relativa de los puntos puede poner en práctica un cálculo de minimización de una función de coste, según el criterio de máxima verosimilitud.

- 15 Uno de los emisores/receptores puede, durante la etapa B, desplazarse con respecto a los otros.

Al menos uno de los emisores/receptores de búsqueda puede ser móvil, y los otros fijos, o al menos uno de los otros fijos.

- 20 Según un modo de realización, un procedimiento según la invención comprende:

- la emisión, por un primer emisor/receptor, de una señal de referencia, y su recepción por los otros, por ejemplo emisores/receptores segundo y tercero,

- 25 - la recepción, por los emisores/receptores de búsqueda, de señales emitidas por el emisor/receptor que ha de localizarse,

- 30 - la transmisión, hacia el primer emisor/receptor, de información relativa a los tiempos de tránsito de la señal de referencia y a la duración entre una referencia de tiempo común a los emisores/receptores de búsqueda y el instante de llegada, al nivel de estos emisores/receptores, de las señales emitidas por el emisor/receptor que ha de localizarse.

La etapa A de sincronización puede comprender:

- 35 - la emisión de una señal de referencia del primer emisor/receptor hacia los otros emisores/receptores,

- la estimación, por los otros emisores/receptores, de los tiempos (TR1R2, TR1R3) de tránsito de la señal de referencia hacia sí mismos.

40

Un procedimiento según la invención puede además comprender, entre las etapas B y C:

- 45 - la estimación, por los n emisores/receptores, respectivamente, de n duraciones (TV1R1, TV1R2, TV1R3) entre una referencia de tiempo común a los emisores/receptores y el instante de llegada de señales emitidas por el emisor que ha de localizarse, y después

- la transmisión, hacia uno de los emisores/receptores, de los tiempos de tránsito y las duraciones previamente estimadas.

50

Ventajosamente, un procedimiento según la invención comprende:

- la transmisión, por un segundo emisor/receptor hacia los otros emisores/receptores, de una señal que comprende al menos:

55

- la segunda duración (TV1R2) correspondiente a las señales emitidas por el emisor que ha de localizarse y recibidas por el segundo emisor/receptor, y

60

- el segundo tiempo (TR1R2) de tránsito de la señal de referencia,

- la estimación, por un tercer emisor/receptor, de un tercer tiempo (TR2R3) de tránsito del segundo al tercer emisor/receptor, igual al tiempo de tránsito de dicha señal emitida por el segundo emisor/receptor.

65

Un procedimiento de este tipo comprende eventualmente además el cálculo o la estimación, por el primer emisor/receptor, de un tiempo (TR2R1) de tránsito del segundo al primer emisor/receptor, igual al tiempo de tránsito de dicha señal emitida por el segundo emisor/receptor hacia el primer emisor/receptor.

ES 2 319 556 T3

El procedimiento puede además comprender:

- la transmisión, por el tercer emisor/receptor, hacia al menos el primer emisor/receptor, de una señal que comprende al menos:

- el tercer tiempo (TR2R3) de tránsito del segundo al tercer emisor/receptor,
- la tercera duración (TV1R3) relativa a las señales emitidas por el emisor que ha de localizarse y recibidas por el tercer emisor/ receptor, y
- el tercer tiempo (TR1R3) de tránsito de la señal de referencia del primer al tercer emisor/receptor.

Puede además preverse un cálculo o una estimación, por el primer emisor/receptor, de un tiempo (TR3R1) de tránsito del tercer al primer emisor/receptor, igual al tiempo de tránsito de dicha señal emitida por el tercer emisor/receptor hacia el primer emisor/receptor.

Puede utilizarse un emisor/receptor adicional, sincronizado con el primer conjunto de emisores/receptores y colocado con respecto a estos emisores/receptores.

Al menos un emisor/receptor puede entonces añadirse al primer conjunto de emisores/receptores de búsqueda y participar en el procedimiento de localización definido por las etapas A, B y C definidas anteriormente.

Preferiblemente se garantiza una participación inmediata del nuevo emisor. Esto puede ser por la naturaleza de las señales emitidas, que comprenden, para cada trama, un preámbulo de sincronización. Se sincroniza por tanto con los otros emisores/receptores simultáneamente o casi simultáneamente a su participación en la localización.

Según un ejemplo, este nuevo emisor/receptor forma parte de un segundo conjunto de emisores/receptores, por ejemplo en un número de tres emisores receptores.

El primer conjunto de emisores/receptores puede ser de un número de tres, teniendo el emisor/receptor adicional un cuarto emisor/receptor.

Un procedimiento según la invención puede entonces comprender:

- la emisión, por el primer emisor/receptor, de una señal de referencia,
- la recepción, por los cuatro emisores/receptores de búsqueda, de señales emitidas por el emisor/receptor que ha de localizarse,
- la transmisión, hacia el primer emisor/receptor, de información relativa a los tiempos de tránsito de la señal de referencia y de las señales emitidas por el emisor/receptor que ha de localizarse.

La etapa A) de sincronización comprende por ejemplo:

- la emisión de una primera señal de referencia del primer emisor/receptor hacia los emisores/receptores segundo, tercero y cuarto,
- la estimación o el cálculo, por los emisores/receptores segundo, tercero y cuarto, de los tiempos (TR1R2, TR1R3, TR1R1') de tránsito de la señal de referencia hacia los emisores/receptores segundo, tercero y cuarto.

Un procedimiento de este tipo puede además comprender:

- la emisión, por el cuarto emisor/receptor, de una segunda señal de referencia, después
- la emisión, por el primer emisor/receptor, de una tercera señal de referencia,
- el cálculo, por los emisores/receptores primero y cuarto, de una cantidad representativa de un tiempo de tránsito de ida y vuelta de una señal emitida por cada uno de los emisores/receptores primero y cuarto, en función del tiempo de tránsito del cuarto al primer emisor/receptor (TR1'R1) y del primer al cuarto emisor/receptor (TR1R1').

Entre las etapas B y C puede preverse:

- el cálculo, por los emisores/receptores primero, segundo, tercero y cuarto respectivamente, de una duración primera, segunda, tercera y cuarta (TV1R1, TV1R2, TV1R3, TV1R1') entre una referencia de tiempo común y el instante de llegada de señales emitidas por el emisor que ha de localizarse, y después

ES 2 319 556 T3

- la transmisión, hacia el primer emisor/receptor, de las duraciones segunda, tercera y cuarta entre una referencia de tiempo común y el instante de llegada de señales emitidas por el emisor que ha de localizarse.

5 Este procedimiento puede comprender además:

- la transmisión, por el cuarto emisor/receptor hacia los emisores/receptores primero, segundo y tercero, de una señal que comprende al menos la cuarta duración (TV1R1') entre una referencia de tiempo común y el instante de llegada de señales emitidas por el emisor que ha de localizarse,

10 - el cálculo o la estimación, por los emisores/receptores primero, segundo y tercero respectivamente, de unos tiempos cuarto, quinto y sexto (TR1'R1, TR1'R2, TR1'R3) de tránsito del cuarto emisor/receptor a los emisores/receptores primero (20), segundo y tercero, igual al tiempo de tránsito de dicha señal emitida por el cuarto emisor/receptor.

15 Este procedimiento puede comprender igualmente:

- la transmisión, por el segundo emisor/receptor hacia los emisores/receptores primero, tercero y cuarto, de una señal que comprende al menos:

- 20
- la segunda duración entre una referencia (TV1R2) de tiempo común y el instante de llegada de señales emitidas por el emisor que ha de localizarse, y
 - el quinto tiempo (TR1'R2) de tránsito,

25 - el cálculo o la estimación, por los emisores/receptores primero, tercero y cuarto respectivamente, de unos tiempos séptimo, octavo y noveno (TR2R1, TR2R1' y TR2R3) de tránsito del segundo emisor/receptor respectivamente a los emisores/receptores primero, cuarto y tercero, igual al tiempo de tránsito de dicha señal emitida por el segundo emisor/receptor hacia cada uno de los emisores/receptores primero, tercero y cuarto.

30 Puede preverse igualmente:

- la transmisión, por el tercer emisor/receptor hacia los emisores/receptores primero, segundo y cuarto, de una señal que comprende al menos:

- 35
- la tercera duración (TV1R3) entre una referencia de tiempo común y el instante de llegada de señales emitidas por el emisor que ha de localizarse,
 - el sexto tiempo (TR1'R3) de tránsito, y
 - el noveno tiempo (TR2R3) de tránsito,

40 - el cálculo o la estimación, por los emisores/receptores primero, segundo y cuarto respectivamente, de unos tiempos décimo, undécimo y duodécimo (TR3R1, TR3R1' y TR3R2) de tránsito del tercer emisor/receptor respectivamente a los emisores/receptores cuarto y segundo, igual al tiempo de tránsito de dicha señal emitida por el tercer emisor/receptor hacia cada uno de los emisores/receptores primero, cuarto y segundo.

50 El cuarto emisor/receptor puede formar parte de un décimo conjunto de tres emisores/receptores.

Con el fin de optimizar la búsqueda, un segundo conjunto de al menos tres emisores/receptores puede poner en práctica las etapas A, B, C del procedimiento mencionado anteriormente, en paralelo, o de manera independiente, con respecto al primer conjunto.

55 Cuando el emisor/receptor que ha de localizarse está sepultado bajo la nieve, puede efectuarse una corrección para tener en cuenta retardos en el tiempo de llegada debidos a la propagación de las señales en la nieve.

La invención se refiere igualmente a un dispositivo de localización de un emisor/receptor UWB, que comprende:

60 - al menos tres emisores/receptores de búsqueda, que comprenden cada uno medios emisores/receptores de señales UWB,

- medios para calcular la posición de un emisor que ha de localizarse en función de los tiempos de recorrido de señales, emitidas por este emisor que ha de localizarse, hacia los tres emisores/receptores de búsqueda,

65 - medios de visualización para indicar al menos la posición del emisor que ha de localizarse con respecto a la de los tres emisores/receptores de búsqueda.

ES 2 319 556 T3

Preferiblemente, los tres emisores/receptores están agrupados en posición de reposo, y son adecuados para desolidarizarse durante una localización de un emisor UWB.

Un dispositivo de este tipo puede comprender medios para sincronizar los tres emisores/receptores.

Pueden preverse medios para sincronizar los tres emisores/receptores en estado agrupado.

Pueden preverse además medios para sincronizar los tres emisores/receptores en estado desolidarizado.

Los medios para calcular la posición de un emisor que ha de localizarse y los medios de visualización pueden formar parte ventajosamente de uno de los tres emisores/receptores.

La invención se refiere igualmente a un dispositivo de localización de un emisor UWB, que comprende al menos tres emisores/receptores de búsqueda, programados para poner en práctica un procedimiento tal como el que se describió anteriormente.

Un dispositivo según la invención puede realizarse con tecnología CMOS o BiCMOS.

La presente invención pone en práctica un enlace de radio UWB de baja velocidad de transferencia para localizar a las víctimas de aludes.

Más precisamente, la invención puede utilizar o bien la banda de alta frecuencia, o bien la banda de baja frecuencia del espectro RF (por ejemplo de 10 a 960 MHz, con un nivel de densidad espectral de potencia de -41 dBm/MHz), asignado a los sistemas UWB por los organismos oficiales de regulación ("FCC" del inglés "Federal Communications Commission") para aplicaciones "en el exterior" y las aplicaciones de seguridad de tipo radar penetrante.

En la gama baja de frecuencias, la penetración de los materiales, de la nieve en el presente contexto, por las ondas electromagnéticas es particularmente favorable y permite garantizar sistemáticamente, por transmisión, la presencia de un trayecto directo correspondiente al trayecto geométrico (en inglés "Line Of Sight"), reduciéndose de modo notable el error en las distancias relativas estimadas debidas al canal de propagación, y por consiguiente el error final sobre la posición estimada de la(s) víctima (s) que ha(n) de auxiliarse.

Además, la invención aprovecha la capacidad de los sistemas UWB para hibridar transmisiones de radio digitales de baja velocidad de transferencia y las funciones de localización.

Según un modo de realización, pueden estar colocados sensores sobre el cuerpo de las víctimas, permitiendo estos sensores recoger y retransmitir, para el personal de salvamento, a través de un enlace de radio UWB, información tal como el estado fisiológico y los parámetros vitales de las potenciales víctimas.

Según la presente invención se puede así llevar a cabo un posicionamiento casi instantáneo, bidimensional (re-constitución de una topología relativa bidimensional) y suficientemente preciso de dispositivos UWB sepultados en la nieve, en ausencia de infraestructuras o puntos de referencia fijos dotados de módulo GPS, o de puntos georreferenciados por cualquier otro medio.

Para ello, la presente invención se basa, por una parte, en un sistema de comunicación autónomo UWB que garantiza una detección precisa del instante de llegada de los impulsos emitidos, una sincronización precisa de los dispositivos, así como la transmisión de información útil en la búsqueda como el identificador y, eventualmente, información relativa a la integridad física de las víctimas, y por otra parte en técnicas clásicas de localización pasiva para el posicionamiento de estas víctimas.

Breve descripción de las figuras

- La figura 1 representa esquemáticamente un dispositivo de la técnica anterior,

- las figuras 2A y 2B representan un dispositivo según la invención,

- la figura 3 representa esquemáticamente un ejemplo de realización de un dispositivo según la invención,

- las figuras 4A y 4B representan señales que pueden utilizarse en el marco de la presente invención,

- la figura 5 representa una trama de una señal que puede utilizarse en el marco de la presente invención,

- la figura 6 representa esquemáticamente el desarrollo de un procedimiento según la invención,

- la figura 7A es una descripción sinóptica de un procedimiento según la invención, en el caso de una sola persona de salvamento,

ES 2 319 556 T3

- la figura 7B es la descripción sinóptica de un modo de realización según la invención, en el caso de varias personas de salvamento,

- la figura 7C es una descripción sinóptica de un procedimiento según la técnica anterior,

- las figuras 8A y 9 ilustran las diferentes fases de un procedimiento según la invención,

- la figura 8B representa dos conjuntos de búsqueda según la invención, en modo de búsqueda en paralelo,

- la figura 10 ilustra el caso de localización de varias víctimas mediante un dispositivo según la invención,

- la figura 11 ilustra la elección de una orientación de referencia,

- la figura 12 representa los intercambios de información cuando interviene una segunda persona de salvamento,

- la figura 13 representa un máscara FCC para las aplicaciones UWB exteriores.

Descripción detallada de modos de realización de la invención

Se designa en lo sucesivo la presente invención con el vocablo ALVA (del francés “Appareil de Localisation des Victimes d’Avalanches”).

Como se ilustra en las figuras 2A y 2B, un dispositivo según la invención se presenta en forma de un conjunto de módulos 20, 22, 24 emisores/receptores UWB, por ejemplo tres módulos, aunque la invención también puede realizarse con un número $n \geq 3$ de emisores/receptores.

Estos módulos preferiblemente están inicialmente solidarizados entre sí. En reposo, es decir en modo en espera, sólo uno de los módulos, preferiblemente el módulo 20, puede estar activo en modo emisión, estando los otros inactivos.

Si se inicia un procedimiento de búsqueda, se conmuta el dispositivo al modo búsqueda, en particular los módulos inicialmente inactivos se activan. La solidarización inicial de los módulos puede permitir una sincronización inmediata de las referencias de estos módulos en este estado.

Los n módulos (por ejemplo: 3) se desolidarizan por tanto (figura 2B) para formar un conjunto de n puntos de referencia que permite un posicionamiento bidimensional de las víctimas.

Preferiblemente, el dispositivo 20 centraliza la información y los cálculos durante la búsqueda y coordina el procedimiento. Comprende una pantalla 26 de visualización y una antena 28, y está encargado de recoger y centralizar la información procedente de los otros módulos (módulos 22, 24), así como del cálculo de las posiciones.

La persona de salvamento lleva un módulo 20 durante la fase de búsqueda de una víctima. La víctima lleva igualmente un emisor UWB. Ventajosamente, este emisor puede ser el módulo activo (en emisión) de otro ALVA en reposo (en modo en espera).

Este módulo 20 principal comprende un emisor/receptor UWB de baja velocidad de transferencia así como una pantalla 26 LCD que permite la visualización, en tiempo real, de las coordenadas de los puntos desconocidos durante la búsqueda (posición de los puntos de referencia y posición de los puntos desconocidos que han de localizarse).

Por defecto, es decir cuando el ALVA no está en modo búsqueda, el emisor de este módulo está activo y permite transmitir una señal que comprende, entre otras, información propia del portador (identificador, eventualmente estado de salud del portador...).

Un ejemplo de realización del emisor/receptor basado en un enfoque casi “totalmente digital”, que puede integrarse fácilmente en tecnologías de silicio CMOS o BiCMOS, se ilustra en la figura 3. Las arquitecturas analógicas que utilizan mezcladores o detectores de energía pueden aplicarse también.

El emisor comprende un convertidor 30 paralelo/serie activado directamente por los datos que han de transmitirse. Un derivador (filtro 32) permite una formación de impulsos para respetar la máscara FCC. Un amplificador 34 permite aumentar la potencia de emisión, en caso necesario. Un filtro 36 permite suprimir eventuales líneas parásitas debidas a la amplificación.

Desde el punto de vista de la recepción, unos medios 37 de filtrado permiten limitar las principales interferencias de los servicios HF, VHF y UHF.

Un amplificador 38 de bajo nivel de ruido permite mejorar el factor de ruido del receptor. Los impulsos recibidos se muestrean a continuación y se convierten en N bits. La función de conversión analógico-digital puede realizarse con un único convertidor 42 rápido o con una batería de M convertidores, M veces menos rápidas. Un filtro 46 común

ES 2 319 556 T3

puede disponerse antes del conmutador 48 emisión/recepción, controlado a su vez por los medios 31 de tratamiento digital. Una señal 35 de reloj se suministra al convertidor 42 y a los medios 31 de tratamiento digital.

Un dispositivo de este tipo responde a las exigencias de coste, de consumo, de flexibilidad y de tamaño.

La señal transmitida por los medios 20 es por ejemplo un tren de impulsos gaussianos codificados en secuencia directa. La modulación utilizada puede ser del tipo BPSK (del inglés “Bi Fase Shift Keying”) o PPM (del inglés “Pulse Position Modulation”), u OOK (“On-Off-Keying”). Se trata de respetar la máscara propuesta por los organismos de regulación.

La figura 4A ofrece un ejemplo de forma de onda temporal que puede utilizarse en el marco de la presente invención.

La figura 4B presenta igualmente la densidad espectral de potencia asociada (curva I), en dBm/MHz, de acuerdo con la máscara de emisión (curva II) autorizada por la FCC.

La señal transmitida puede ser en forma de tramas. Más adelante en el documento se podrá hablar de señal para designar una trama. Un ejemplo de formato de una trama se ilustra en la figura 5. Cada trama comprende por tanto:

- Un preámbulo (P), compuesto a su vez por un tren de impulsos codificados y no modulados, dedicado a la sincronización y a la estimación del canal de propagación.
- Una delimitación (PD) del preámbulo, compuesta por la misma secuencia de impulsos que la secuencia utilizada por el preámbulo, pero con una variante claramente identificable (por ejemplo una inversión de polaridad).
- Datos útiles (D) compuestos por trenes de impulsos codificados y modulados.

A continuación va a describirse un ejemplo de procedimiento de búsqueda, en relación con las figuras 6 a 9.

En la figura 8A se representan, además del dispositivo 20, los módulos 22 y 24 en posición separada del dispositivo 20 central, así como los dispositivos 120 y 130 de dos víctimas V1 y V2, por ejemplo dos personas sepultadas bajo la nieve.

Si el portador de un dispositivo 120 completo está sepultado bajo un alud, el módulo 120 del dispositivo sepultado continúa emitiendo una señal de referencia conforme a la trama anteriormente descrita y que comprende por tanto un preámbulo (P), destinado a la sincronización y a la estimación de canal, y después datos relativos al portador de este módulo (identificador, eventualmente estado de salud...).

Esta señal de referencia, que se emite de manera periódica, permite garantizar una localización de la víctima cuando se detecta por cualquier otro sistema completo, tal como el conjunto de los n (por ejemplo: n=3) módulos 20, 22, 24, basculado en modo búsqueda (llevado por un miembro del grupo de excursión equipado y/o por los equipos de auxilio institucionales enviados a la zona, o por cualquier otra persona de salvamento voluntaria equipada). La víctima por tanto no tendrá que hacer nada en particular.

Las secuencias de dispersión utilizadas por defecto en la emisión por todos los dispositivos son por tanto idénticas y se consideran universales.

La localización de las víctimas puede desarrollarse de la manera siguiente, ilustrada en las figuras 6, 7A, 8A y 9.

Tras la activación del procedimiento de búsqueda (figura 6: S1) hay una emisión de una señal de sincronización por el módulo 20 en el estado agrupado del dispositivo.

La señal de sincronización se recupera por los módulos 22 y 24, que se sincronizan así de manera estricta con el módulo 20.

Los módulos 22, 24 se desolidarizan del módulo 20, y se disponen en la zona de búsqueda, eventualmente mediante un simple lanzamiento de los módulos sobre el terreno o sobre la nieve. Éstos permanecen a continuación inmóviles durante la búsqueda.

El módulo 20 emite a continuación una señal 200 de referencia con una secuencia de dispersión universal (fase a de la figura 9; figura 6: etapa S2; figura 7A: S10), que es recibida por los módulos 22 y 24.

Ventajosamente, la secuencia de dispersión universal es diferente de la secuencia utilizada por la víctima.

Cada uno de los módulos 22 y 24 estima el instante de llegada de esta señal y le resta el tiempo TR1R2 y TR1R3 de tránsito de esta misma señal que corresponden al tiempo transcurrido entre el instante de llegada de esta señal y el

ES 2 319 556 T3

supuesto instante de su emisión. El módulo 22 puede así estimar la distancia relativa entre los módulos 20 y 22, y el módulo 24 la distancia relativa entre los módulos 20 y 24 (figura 7A: S11).

Esta información sobre los tiempos TR1R2, TR1R3 y las distancias correspondientes se transmitirán a continuación al módulo 20, (preferiblemente durante la etapa c), tal como se indica más adelante.

El tiempo de tránsito del módulo 22 al módulo 24 (TR2R3), y por tanto la distancia entre 22 y 24, podrían estimarse también en esta etapa previéndose, por ejemplo, la emisión de una trama de referencia por el módulo 22. Aunque, por motivos económicos, y también porque otra información debe transmitirse ulteriormente de los medios 22 a los medios 24, puede también procederse a esta medición o estimación sólo durante la etapa c), tal como se explica más adelante.

Cada módulo 20, 22 y 24 busca a continuación, tras un tiempo definido por el protocolo con respecto a la emisión de la señal 200, las señales 121, 131 de referencia (figura 8A). Estas señales 121, 131 se emiten por los eventuales dispositivos 120, 130 sepultados con una secuencia de dispersión universal (fase b de la figura 9) especificada por el protocolo y diferente de la utilizada por los módulos 20, 22, 24 en modo búsqueda. Cada módulo estima el instante de llegada respectivo de estas señales y el tiempo TV1R1, TV1R2, TV1R3 transcurrido entre este instante de llegada y una referencia de tiempo local común impuesta por el protocolo a través del módulo 20 coordinador (correspondiente en este caso al inicio de la fase b), (figura 7A: etapas S13 y S14).

En la figura 9 sólo se representa la señal 131. Los módulos 20, 22, 24 la reciben en instantes diferentes, al no estar el emisor 130 en general equidistante respecto a cada uno de estos medios o módulos.

A continuación tiene lugar una sincronización sobre los tiempos de llegada de esta señal 131 y una demodulación de los datos transmitidos por la, o las, víctimas. Esta demodulación permite la asociación, en cada módulo 20, 22, 24, del retardo transcurrido para la llegada de la señal 131 con el identificador de la víctima. Lo mismo sucede para la señal 121.

La información relativa a la o las víctimas puede por tanto recuperarse en cada uno de los módulos 20, 22, 24 (figura 6: etapa S3).

Esta información (por ejemplo número de víctimas, identificador de las víctimas y tiempo de llegada de las señales asociadas) se retransmiten a continuación, desde los módulos 22 y 24 hacia el módulo 20, en forma de señales 221 y 241 (figuras 8 y 9).

La señal 221 es emitida por los medios 22 y llega a los medios 20 y 24 respectivamente tras un tiempo TR2R1 y TR2R3 de tránsito (figura 9, fase c). En la figura 9, las flechas 129 y 133 indican que la señal 221 contiene al menos la información relativa a TR1R2, la información recibida por los medios 22, procedente de las víctimas, durante la etapa b), y la información estimada a partir de esta señal recibida de las víctimas y concretamente la información relativa a TV1R2 (figura 7A: etapas S15 y S16).

Asimismo, la señal 241 es emitida por los medios 24 y llega a los medios 20 tras un tiempo TR3R1 de tránsito (figura 9, fase c).

Las flechas 135, 137 y 139 indican que la señal 241 contiene:

- por una parte, la información estimada por los medios 24 durante las etapas a) y b), por tanto en particular TR1R3 y TV1R3 (etapa S17),

- la información útil recibida de la víctima (identificador...),

- por otra parte, la información contenida en la señal 221 y recibida de los medios 22 durante la primera parte de la etapa c), por tanto en particular TR2R3, TR1R2 y TV1R2, y aquella estimada a partir del instante de llegada de esta señal 221 (en particular TR2R3). Se recuerda que esta señal 221 contenía ya, como se explicó anteriormente, la información recibida y estimada por los medios 22 durante etapas a y b).

De hecho, la información relativa a TR1R2 y TV1R2 es redundante respecto a la información de la que ya disponen los medios 20, pero esto puede permitir afinar esta información, por ejemplo mediante promediado.

Según este modo de realización, durante la etapa c, no tiene lugar ventajosamente transmisión de los medios 24 a los medios 22, puesto que el objetivo es hacer regresar toda la información hacia los medios 20 y no hacia los medios 22.

Las duraciones TR2R1 y TR3R1 son en principio próximas o iguales a las duraciones TR1R2 y TR1R3 medidas o estimadas al inicio de fase a), pero pueden existir diferencias asociadas a las incertidumbres sobre la medición, de ahí el interés de tener una segunda estimación durante la fase c) que permita afinar la estimación de estas duraciones, por ejemplo mediante promediación.

ES 2 319 556 T3

Como ya se ha indicado anteriormente, es preferible por tanto durante la fase c) que la información que concierne a TR2R3 se estime o mida y a continuación se transmita, por la señal 241, a los medios 20.

5 La transmisión de la señal 221 a los medios 24 permite así, por una parte, enviar la información que tienen estos medios 22 hacia los medios 24 pero sobre todo medir el tiempo TR2R3 de tránsito.

La distancia entre 22 y 24 puede estimarse o calcularse a continuación, por ejemplo por los medios 20 después de que hayan recibido la información TR2R3.

10 El módulo 20 verifica a continuación la validez y la coherencia de los datos transmitidos por los módulos 22 y 24 y calcula las posiciones relativas de los puntos de referencia (módulos 20, 22 y 24), así como las TDOA, o diferencias de tiempos de llegada de las señales emitidas por las víctimas que permiten posicionar a estas víctimas con respecto a los puntos de referencia (figura 6: etapa S4; figura 7A: etapas S18, S19, S20).

15 Las posiciones calculadas se visualizan a continuación en la pantalla 26 (figuras 2A, 2B).

Finalmente, la persona de salvamento se desplaza en función de las posiciones calculadas, y visualizadas, y eventualmente del estado de salud de las víctimas.

20 Este procedimiento de búsqueda se repite de manera periódica para permitir una puesta al día suficientemente rápida de las posiciones estimadas a lo largo del desplazamiento de la persona de salvamento. Esta puesta al día se visualiza igualmente, guiando así a la persona de salvamento. La persona de salvamento puede, durante las fases a, b y c (o una repetición de estas fases) permanecer inmóvil. Puede igualmente desplazarse durante estas fases si su desplazamiento es irrelevante en cuanto a la distancia con el objetivo.

25 En el procedimiento descrito anteriormente, tiene lugar:

- emisión de una señal de referencia por el primer módulo, y recepción por cada uno de los otros dos módulos del ALVA de búsqueda, después

30 - recepción, por todos los módulos de búsqueda, de las señales emitidas por el emisor que ha de localizarse, y

- transmisión, de los módulos segundo y tercero, hacia el primer módulo, por una parte, de la información relativa al tiempo de recorrido de la señal de referencia, y por otra parte, de la información recibida y estimada a partir de las 35 señales recibidas procedentes del emisor que ha de localizarse.

40 El primer módulo es preferiblemente el módulo 20 que efectúa los cálculos de posiciones relativas y visualiza estas posiciones en la pantalla.

Sin embargo, el primer módulo podría ser también uno de los otros módulos (por ejemplo el módulo 22), transmitiéndose a continuación la información que ha de visualizarse hacia el módulo 20 dotado de una pantalla 26. Igualmente los cálculos de posición relativa podrían efectuarse por otro módulo, tal como el módulo 22, pudiendo visualizarse el resultado de los cálculos por este otro módulo o, tras la transmisión, por uno cualquiera de los otros dos siempre que 45 esté dotado de una pantalla.

La fase de resincronización de los módulos de referencia (figura 9: fase a) va a describirse con más detalle.

50 En el estado por defecto, los tres módulos de referencia están conectados, pero sólo el módulo 20 está activo y funciona en modo emisión.

Cuando se pone en marcha un procedimiento de búsqueda, se activan los módulos 22 y 24 que recuperan una señal de sincronización enviada por el módulo 20 y disponible por una conexión física clásica.

55 La recuperación de esta señal de sincronización está destinada a suministrar una referencia de tiempo absoluta y común a los módulos 22 y 24 incluso tras la desolidarización del sistema.

60 Cuando la señal de sincronización se recupera, la persona de salvamento desolidariza los módulos 22 y 24 del módulo 20 y los coloca en la zona de investigación con cuidado de separarlos entre sí lo suficiente para permitir que el sistema completo disfrute de una buena diversidad espacial.

Para ello, y para ganar un tiempo precioso, podrá eventualmente lanzar los módulos 22 y 24.

65 Una vez desolidarizados del módulo 20 y colocados de manera adecuada en la zona que ha de investigarse, los módulos 22 y 24 se resincronizan sobre el módulo 20 (figura 7A: etapa S10).

ES 2 319 556 T3

Este emite de manera periódica una secuencia específica de impulsos codificados conocida de los módulos 22 y 24. Esta secuencia se conoce universalmente pero es diferente de la utilizada durante la emisión por defecto (reservada a las víctimas), para resistir las eventuales interferencias UWB presentes en el escenario (víctimas). Por ejemplo el código que determina la posición de los impulsos emitidos es diferente.

Una ventana de escucha adecuada es por tanto abierta por los módulos 22 y 24, durante esta fase de resincronización, y desplazada según un motivo preciso de búsqueda (por ejemplo para obtener una búsqueda exhaustiva) para cubrir la gama de las distancias plausibles entre el módulo 20 y los otros módulos (normalmente de 0 a 30 m). El conocimiento *a priori* de la secuencia de dispersión en la emisión por el módulo 20 permite a los módulos 22 y 24 aumentar la relación señal a ruido de la señal que va a aprovecharse, en particular para la sincronización y la demodulación.

Cada módulo puede, para ello, poner en práctica técnicas tales como la integración coherente de los impulsos. Estas técnicas pueden por ejemplo implantarse por los medios 31 de la figura 3.

Puede utilizarse un filtro adaptado a la forma del impulso, antes o después de la integración coherente. Este filtro puede por ejemplo corresponder a un tratamiento digital integrado en el bloque 31.

El pico de correlación obtenido a la salida de este filtro adaptado permite determinar el instante de llegada del tren de impulsos emitido por el módulo 20 con respecto a la referencia de tiempo común.

Con el conocimiento de la referencia de sincronización inicial antes de la desolidarización, y del instante de llegada de la señal transmitida, tras la desolidarización, por el módulo 20, los módulos 22 y 24 están en condiciones de determinar una nueva referencia de tiempo (figura 7A: etapa S11).

Esta resincronización permite una estimación de la distancia relativa en un paso (OWR, del inglés One Way Ranging). La transmisión de la referencia de sincronización antes de la desolidarización permite no sólo a los módulos libres tener una nueva referencia de tiempo común sino también proceder a una estimación de la distancia.

Finalmente, esta fase de resincronización puede renovarse periódicamente para compensar la desviación de los relojes de los módulos 22 y 24 con respecto al reloj del módulo 20.

Una vez resincronizados gracias al preámbulo de la trama (200) emitida por el módulo 20 y tras la detección del final del preámbulo de esta trama (200), cada módulo 22, 24 puede demodular los datos útiles de la trama transmitida por el módulo 20 basándose en la salida de su propio correlacionador.

Estos datos pueden ser relativos al avance de la búsqueda, por ejemplo al número de víctimas y a las posiciones estimadas en el rango anterior o durante la puesta al día anterior.

En lo que respecta a la fase de detección y de identificación de las víctimas (fase b), una vez obtenida la sincronización estricta entre los tres módulos de referencia, estos últimos proceden a una escucha de las señales transmitidas por ésta, un cierto tiempo previamente acordado tras el final de la emisión de la señal de resincronización de la fase a).

El módulo 20 bascula entonces en modo escucha, por ejemplo por basculación del conmutador 48 de la figura 3. Los módulos 22 y 24 ya están en modo escucha. Todos los módulos abren ventanas de observación siguiendo motivos de búsqueda comunes, por ejemplo llevando a cabo una búsqueda exhaustiva. El tamaño de una ventana corresponde a una diferencia de tiempo (correspondiente a una gama de distancias).

Se considera que la búsqueda ha terminado cuando permite rastrear la gama de las distancias usuales que pueden observarse (por ejemplo de 0 a varios cientos de metros, por ejemplo 500 m, alrededor de cada módulo, dependiendo esta distancia de varios parámetros tales como el espesor de nieve por encima de las víctimas, y/o la frecuencia de funcionamiento, y/o la calidad de los receptores, y/o la calidad de las antenas).

Para cada posición de la ventana de observación, siendo las secuencias de dispersión utilizadas por los módulos sepultados universales, los módulos (20, 22, 24) de referencia proceden a una estimación del canal basándose en el conocimiento de estas secuencias.

Detectan después el conjunto de los picos de correlación por encima de un umbral fijado para que la probabilidad de falsas alarmas permanezca inferior a un valor fijado, razonable para la aplicación.

Esta fase permite, al término de la búsqueda y para cada módulo de referencia, acceder directamente a un número de víctimas sepultadas.

Para cada pico de correlación obtenido, se determina a continuación el tiempo transcurrido desde la referencia de tiempo absoluto común para los diferentes módulos del sistema (TOA del inglés "Time Of Arrival"). Basándose en estos nuevos instantes de sincronización, los módulos 20, 22, 24 de referencia proceden finalmente a la demodulación de los datos transmitidos (en la señal 131) tras la detección del final de los preámbulos de sincronización.

ES 2 319 556 T3

Se trata en esta nueva fase de recuperar para cada dispositivo sepultado el identificador de la víctima así como, eventualmente, diversos datos relativos al estado fisiológico de la víctima (en el caso de que ésta llevara sensores para medir parámetros fisiológicos transmitidos a continuación al dispositivo 120 -figura 8- de la víctima).

5 En la medida en que los dispositivos sepultados utilizan una sola secuencia de dispersión, problemas de colisión pueden perjudicar a la demodulación.

Asimismo, dos puntos sepultados situados a una misma distancia de uno de los módulos de referencia dan lugar evidentemente a un solo pico de correlación tras la estimación del canal, y pueden provocar una demodulación irreal de la información relativa a las víctimas (según las potencias relativas recibidas de los diferentes dispositivos sepultados).

Sin embargo, como se ilustra en la figura 10, este problema de ambigüedad puede resolverse fácilmente con cualquier otro módulo de referencia *a priori* colocado de manera diferente al primer módulo de referencia.

15 Otro módulo de este tipo detectará en efecto dos picos de correlación allí donde en el primer módulo se detecta un solo pico: en la figura 10, el receptor 20 recibe dos picos para las cuatro víctimas V1-V4, de las que tres están dispuestas a una distancia igual de este receptor 20, aunque, para las mismas víctimas V1-V4 los receptores 22 y 24 reciben cada uno cuatro picos.

20 Toda esta información se utiliza durante la fase de tratamiento para localizar a las víctimas.

Dos puntos sepultados localizados al mismo tiempo plantearán igualmente este tipo de problemas.

En la medida en que las víctimas localizadas al mismo tiempo utilizan un código único, lo que significa el mismo código para todas las víctimas, se detectará un pico de correlación único pero será imposible proceder a una demodulación fiable de la información útil, y en particular del identificador, debido a problemas de interferencia sincrónica.

Los medios 20 asignarán entonces un identificador arbitrario a estas víctimas localizadas al mismo tiempo.

30 De manera general, teniendo en cuenta la diversidad espacial de la que disfruta naturalmente el sistema (no alineamiento de los puntos de referencia), si no se obtiene el consenso entre los módulos de referencia relativo a la identificación de una o varias víctimas o respecto a la información relativa a su estado fisiológico, el sistema, y concretamente los medios 31 de cálculo que deben efectuar el cálculo de las posiciones, tendrá en cuenta una mayor cantidad de información común disponible al nivel de los tres puntos de referencia definidos por los tres medios 20, 22, 24.

35 De este modo, y reajustando los parámetros del algoritmo de posicionamiento, en particular el número de víctimas, se regulan estos casos difíciles.

40 Sin embargo, tales casos son bastante infrecuentes y raros, por la resolución temporal de las señales de UWB, y no cuestionan el funcionamiento general del sistema.

45 Durante la fase de retransmisión de los instantes de llegada y de formación de las diferencias de estos instantes de llegada (fase c), los módulos 22 y 24 retransmiten hacia el módulo 20, un cierto tiempo acordado previamente tras el final de la búsqueda exhaustiva y la demodulación de los datos, los datos relativos a las víctimas (identificador, tiempo de llegada...).

50 Preferiblemente, esta transmisión utiliza secuencias de dispersión propias (secuencia c) e interviene en intervalos de tiempo definidos por el módulo 20 durante la transmisión de la primera señal de referencia (fase a), con el fin de evitar cualquier interferencia con señales de UWB presentes en la zona de búsqueda.

El módulo 20 central procede entonces a la formación de las diferencias de tiempo de llegada (TDOA del inglés "Time Difference Of Arrival") y aplica un algoritmo capaz de determinar la posición de todos los puntos del escenario (referencia y puntos desconocidos sepultados) a partir de estas diferencias de tiempo.

55 El portador del módulo 20 puede así valerse de la representación geométrica del escenario disponible en la pantalla para orientar sus búsquedas (visualización de su posición y de de las de los otros dos puntos de referencia y de los puntos desconocidos).

60 Las tres fases (a, b y c) pueden repetirse después periódicamente para permitir una reactualización de las posiciones estimadas durante el desplazamiento del módulo 20.

Al término del procedimiento descrito anteriormente, el módulo 20 de referencia dispone de los datos siguientes:

- 65 • distancias relativas entre los módulos de referencia: $\tilde{d}_{R1R2}$, $\tilde{d}_{R1R3}$, $\tilde{d}_{R2R3}$ a partir de los tiempos $TR1R2$, $TR1R3$, $TR2R3$ de tránsito, que permiten un posicionamiento previo de los puntos de referencia,
- diferencias de distancias relativas: $\tilde{d}_{V1R1}-\tilde{d}_{V1R2}$, $\tilde{d}_{V1R2}-\tilde{d}_{V1R3}$, $\tilde{d}_{V1R1}-\tilde{d}_{V1R3}$ a partir de los tiempos $TV1R1$, $TV1R2$, $TV1R3$ de tránsito, permitiendo posicionar la víctima con respecto a los puntos de referencia.

Se describen ejemplos de algoritmo de posicionamiento relativo de los módulos de referencia en el documento de J. Caffery *et al.* "Subscriber location in CDMA cellular networks", Vehicular Technology, IEEE Transactions, vol. 47, mayo de 1998, págs. 406-416.

5 En lo que se refiere al posicionamiento de las víctimas, podemos basarnos en medidas de TDOA.

En el caso del posicionamiento absoluto de un punto desconocido en un espacio tridimensional, se utilizan cuatro puntos de referencia, de los cuales se conocen las posiciones absolutas *a priori*. A pesar de todo, podemos contentarnos con una aproximación bidimensional con una búsqueda de las víctimas exclusivamente en un plano X-Y, o
10 más precisamente con una proyección de los puntos en el plano de la pendiente nevada. En este caso, tres puntos de referencia permiten garantizar la unicidad de la solución.

Ahora bien, según la presente invención, es independiente de cualquier referencia fija anterior y de cualquier conocimiento *a priori* relativo a las posiciones absolutas de los puntos de referencia.

15 En realidad, puesto que las coordenadas de los puntos de referencia son desconocidas, estos últimos pueden considerarse como puntos móviles desconocidos para una primera etapa.

Por defecto, y de manera arbitraria, se asigna la posición (0,0) en el plano (X,Y) a uno de los puntos de referencia, preferiblemente un módulo fijo 22 o 24 para no reactualizar el juego completo de coordenadas durante el desplazamiento del módulo 20, lo que permite eliminar un grado de libertad. Se escogerá por ejemplo como posición (0,0) el módulo 22 en lo sucesivo.

Como se ilustra en la figura 11, quedan dos grados de libertad: una rotación posible del juego de puntos en acimut (representado por el ángulo α en la figura 11), y una simetría alrededor de un eje XX' que pasa por dos de los módulos 20, 22 (figura 11). También, por defecto, se podrán adoptar, convenciones de posicionamiento relativas a los puntos de referencia con el fin de obtener una única solución para la colocación de estos puntos de referencias.

30 Ventajosamente, estas convenciones permitirán alcanzar una adecuación entre las posiciones visualizadas sobre la pantalla del módulo 20 y la realidad del terreno para facilitar los desplazamientos de la persona de salvamento.

Por ejemplo se podrá elegir, en el momento del desplazamiento de los módulos 22 y 24 en el inicio del procedimiento de búsqueda, colocar el módulo 22 delante de la persona de salvamento (es decir el módulo 20), y el módulo 23 de manera sistemática a su derecha, si esta misma convención se utiliza en la visualización respecto al módulo 20
35 (con un punto 23 sistemáticamente a la derecha del eje 20, 22).

Ventajosamente, la persona de salvamento colocará sobre el terreno el módulo 22 en la dirección dada por la dirección visualizada de los puntos 20 y 22 sobre la pantalla de visualización. De esta manera, su desplazamiento sobre el terreno podrá conformarse de manera permanente con el desplazamiento del punto correspondiente visualizado sobre la pantalla.

La unicidad se recupera por tanto de manera natural

45 Debe observarse que este método de recuperación de la unicidad con respecto a las convenciones de posicionamiento y ajuste visual del acimut, no afecta en nada a la precisión de posicionamiento relativo de los puntos. Sólo es útil para facilitar los desplazamientos de la persona de salvamento.

En cualquier caso, es a la persona de salvamento a quien le corresponde la responsabilidad de desplazarse en el sistema descrito (con la ayuda de la visualización). Asimismo, este desplazamiento podrá gestionarse de manera relativa, sin por ello perjudicar la precisión del sistema.

Una vez efectuado el posicionamiento de los puntos de referencia, conviene proceder al cálculo del posicionamiento de las víctimas potenciales.

55 En lo que respecta al posicionamiento de las víctimas, todos los tipos de algoritmos de posicionamiento a partir de medidas de diferencias de tiempo de llegada, que no necesitan restricciones particulares respecto a la posición relativa de los puntos de referencia, pueden aplicarse en el marco de la presente invención.

Se dan ejemplos en los documentos titulados "A simple and efficient estimator for hyperbolic location" de Y. T. Chan *et al.*, IEEE Transactions, Acoustic, Speech and Signal Processing, vol. 42, agosto de 1994, págs. 1905-1915, y "An improved Taylor algorithm in TDOA subscriber position location" Proceeding of the Int. Conf. on Communication Technology, 2003, vol. 2, 9-11 de abril de 2003, págs. 981-984.

65 Contrariamente a la fase anterior de posicionamiento de los puntos de referencia, para la que el juego de datos estaba constituido por distancias relativas, se hace uso de diferencias de distancias relativas.

En este estado, se parte de técnicas tales como la linealización por desarrollo en series de Taylor o el algoritmo de Chan, para el posicionamiento de un punto a partir de un juego de TDOA (del inglés "Time Difference Of Arrival").

ES 2 319 556 T3

Según otro aspecto de la invención, cualquier persona de salvamento suplementaria enviada a la zona y que lleve un dispositivo completo (un conjunto de tres emisores/receptores 20', 22', 24') debe preferiblemente estar en condiciones de participar en el procedimiento de búsqueda, incluso sin ser el iniciador, o bien llevando a cabo su propia búsqueda autónoma en paralelo con la primera persona de salvamento, o bien aportando su contribución a esta persona de salvamento suministrando un cuarto punto de referencia.

En el primer caso, el segundo conjunto es idéntico o similar al primer conjunto tal como se describió anteriormente en relación con las figuras 2A, 2B y 3. Se representa en presencia del primer conjunto en la figura 8B en el estado desolidarizado.

En el segundo caso, el dispositivo 20' suplementario interviene sin estar acompañado por otros dos dispositivos 22', 24'. Se une así a los tres primeros dispositivos y se sincroniza con éstos tal como se describió anteriormente.

El dispositivo 20' UWB suplementario, o el módulo 20' WB de este segundo conjunto de dispositivos de búsqueda, pasa en un primer tiempo en modo recepción y trata por tanto de sincronizarse respecto a la señal de referencia emitida, durante una de las fases a' de un ciclo que va a describirse más adelante, por el módulo 20 principal del primer dispositivo, iniciador de la búsqueda.

Esta posibilidad de sincronización de un cuarto emisor/receptor o de un segundo ALVA justifica una vez más el empleo de una secuencia de dispersión universal para la fase a'.

Una vez sincronizada, la referencia de tiempo obtenida por el módulo 20' es entonces una referencia de tiempo relativa.

En consecuencia, un procedimiento cooperativo de ida y vuelta (TWR del inglés "Two Way Ranging") puede por tanto ponerse en práctica para obtener una sincronización estricta de los medios 20' con los medios 20.

Por tanto se dispone un intervalo de tiempo suplementario antes de la fase b' de detección de las víctimas para permitir a esta persona de salvamento suplementaria unirse al sistema y contactar con el iniciador 20.

Puede enviarse una señal de acuse de recibo (ACK) por los medios 20 a los medios 20'. Se confirma por tanto la adhesión de éstos últimos al dispositivo de búsqueda, y pueden estimar la distancia relativa que los separan de los medios 20 gracias al doble vínculo de ida y vuelta.

Se dispone por tanto de una referencia de tiempo absoluta, común con los otros puntos (20, 22, 24) de referencia, que permite a la totalidad de los cuatro módulos participar en la fase b' de búsqueda propiamente dicha.

Desde ese momento, 20' puede participar en esta nueva fase de búsqueda como cuarto punto de referencia para el primer dispositivo iniciador y comienza su propia fase de detección de las víctimas, de estimación de los tiempos de llegada, antes de retransmitir esta información hacia los medios 20 (fases b' y c').

A pesar de todo, esta nueva referencia 20' también ha de localizarse en el referencial definido por (20, 22, 24).

Además, se determina la información de distancia relativa entre los medios 20' y cada uno de los medios 20, 22, 24 antes de proceder al cálculo de las posiciones de las víctimas.

Por ejemplo puede aprovecharse (de la misma manera que anteriormente con el caso de una única persona de salvamento) la retransmisión, hacia los medios 20, de la información de tiempo de llegada durante la fase c'.

Va a describirse un procedimiento que pone en práctica cuatro emisores/receptores de búsqueda en relación con las figuras 7B y 12.

Durante la fase a'1, se emite una primera señal 2000 por el módulo 20 (figura 7B: etapa S30) y se capta por los módulos 22, 24 y 20' después, respectivamente, de una duración TR1R2, TR1R3 y TR1R1' (etapa S31). El protocolo puede fijar una duración D para esta fase a'1 a partir de la emisión de la señal 2000.

Los medios 22 y 24 pueden estimar entonces las duraciones TR1R2 y TR1R3.

Al término de la duración D después de la emisión de la señal 2000, empieza la fase a'2. Esta fase corresponde a un intervalo de tiempo autorizado para la adhesión de un nuevo punto de referencia 20' y su acuse de recibo por el módulo coordinador 20.

En el ejemplo dado, el dispositivo 20' desea unirse a la búsqueda coordinada por 20. Ahora bien, 20' no conoce, incluso después de haber recibido la señal 2000, la referencia temporal de 20 (correspondiente al principio de la emisión de la trama 2000). Sólo conoce el instante de llegada de esta trama 2000. Deduce de ello que la fase a'2 empieza como muy tarde un tiempo D después de este instante de llegada (caso que correspondería al caso en que TR1R1' sería nulo y los puntos 20 y 20' estarían confundidos). Sabe por tanto que en el instante correspondiente al instante de recepción de 2000+D, puede emitir su solicitud 2000' de adhesión. Este instante corresponde también al

ES 2 319 556 T3

instante de inicio efectivo de la fase a'2 más TR1R1' en la referencia temporal del coordinador (el retardo de tránsito entre 20 y 20'), 20 recibe esta solicitud 2000' de adhesión al final de una duración TR1R1' después del inicio de la emisión de esta última y emite una trama 2001 de acuse de recibo, una duración TACK después del inicio de la recepción de 2000'. Esta duración TACK se fija por el protocolo y por tanto se conoce en particular por 20'. Es lo suficientemente corta como para limitar la influencia de la desviación relativa de los relojes de 20 y 20' y para de este modo no afectar demasiado a la estimación de la distancia relativa entre 20 y 20' así como a la resincronización estricta de 20' con respecto a 20.

El dispositivo 20' recibe la trama 2001 al final de una duración TR1R1' después de su emisión. Entonces puede estimar la duración transcurrida entre la emisión de su solicitud de adhesión (señal 2000') y la recepción de este acuse de recibo (señal 2001). Esta duración corresponde a TACK + 2 TR1R1'. A partir de esta duración transcurrida, puede por tanto deducir de la misma TR1R1'.

Entonces se termina la sincronización estricta de los medios 20' con los medios 20 (etapa S36).

En el transcurso de una fase b', cada uno de los cuatro módulos emisores/receptores del grupo de búsqueda puede captar una señal 1310 o señales emitidas por el dispositivo que lleva una víctima, y esto respectivamente después de una duración TV1R1, TV1R2, TV1R3 y TV1R1' con respecto a una referencia de tiempo común a los cuatro módulos, por ejemplo el inicio de la fase b' impuesto por el protocolo a través del coordinador 20 (etapa S37). Cada uno de estos dispositivos Ri puede estimar por tanto la duración TV1Ri (etapa S38).

A continuación tiene lugar una sincronización respecto a los tiempos de llegada de esta señal y una demodulación de los datos transmitidos por la o las víctimas. Esta demodulación permite la asociación, en cada módulo 20, 22, 24, 20', del tiempo de llegada de la señal de la víctima con el identificador de la víctima (etapa S38).

Por tanto la información relativa a la o a las víctimas puede recuperarse en cada uno de los módulos de búsquedas.

A continuación se retransmite esta información (por ejemplo número de víctimas, identificador de las víctimas y tiempo de llegada de las señales asociadas), desde los módulos 22, 24 y 20' hacia el módulo 20, en forma de señales 2002, 2210, 2410 (véase la figura 12, fase c').

La señal 2002 se emite por los medios 20' y llega a los medios 20, 22 y 24 respectivamente después de las duraciones, o tiempos de tránsito, cuarta, quinta y sexta TR1'R1, TR1'R2 y TR1'R3 (figura 12, fase c'; figura 7B: etapa S39). Entonces pueden estimarse TR1'R2 y TR1'R3 respectivamente por los medios 22, 24 (etapa S40).

En la figura 12, la flecha 151 indica que la parte útil de la trama 2002 contiene al menos la información relativa a TV1R1'.

Asimismo, la señal 2210 se emite a continuación por los medios 22 y llega a los medios 20, 20' y 24 respectivamente después de las duraciones, o tiempos de tránsito, séptima, octava y novena TR2R1, TR2R1' y TR2R3.

Las flechas 153 y 155 indican que la señal 2210 contiene al menos:

- por una parte, la información estimada por los medios 22 durante la fase b', por tanto en particular TV1R2 (etapa S41),

- por otra parte, la información útil contenida en la señal 2002 y recibida de los medios 20' durante la primera parte de la etapa c' por ejemplo TV1R1', así como la información estimada por 22 a partir del instante de recepción de la trama 2002, por ejemplo TR1'R2.

Durante una última parte de la fase c', se emite una señal 2410 por los medios 24 y se capta por los módulos 20, 20' y 22 después de, respectivamente, una duración, o tiempo de tránsito, décima, undécima y duodécima TR3R1, TR3R1', TR3R2.

En la figura 12, las flechas 157, 159, 161 indican que esta señal 2410 comprende especialmente la información relativa a TR2R3, TR1'R3 y TV1R3 (etapa S43).

Las duraciones TR1'R3 y TR3R1', de igual manera que las duraciones TR2R3 y TR3R2, son en principio idénticas o próximas entre sí, pero pueden existir diferencias, relacionadas con las incertidumbres de medida, de ahí el interés de tener una segunda estimación durante la fase c' que permita afinar la estimación de estas duraciones por ejemplo mediante promediado.

Como se indicó anteriormente, es durante la fase c' cuando se estima o mide, después se transmite, la información referente a TR2R3, por la señal 2410, a los medios 20.

La transmisión de la señal 2210 a los medios 24 permite por tanto, por una parte, enviar la información que tienen los medios 22 hacia los medios 24 pero sobretodo medir el tiempo TR2R3 de tránsito.

ES 2 319 556 T3

A continuación puede estimarse o calcularse la distancia entre 22 y 24, por ejemplo por los medios 20 después de que éstos últimos hayan recibido la información TR2R3.

El módulo 20 puede verificar a continuación la validez y la coherencia de los datos transmitidos por los módulos 22, 24 y 20' y calcular las posiciones relativas de los puntos 20, 20', 22 y 24 de referencias, así como las diferencias de tiempo de llegada de las señales emitidas por las víctimas que permiten posicionar a estas víctimas con respecto a los puntos (20, 20', 22, 24) de referencia.

Puede realizarse una extensión al caso de n personas de salvamento para este modo de búsqueda conjunta (centralizada) utilizando las técnicas de sincronización, de acceso a la red y de reparto de los recursos temporales (protocolo) descritas anteriormente a modo de ejemplo para el caso de dos personas de salvamento.

El aporte de un punto de referencia suplementario permite, por una parte, reducir el error respecto a las posiciones estimadas de las víctimas aportando redundancia de información referente a la conformidad euclidiana de la estructura, y, por otra parte, reducir el tiempo de búsqueda con la intervención de una persona de salvamento suplementaria.

Pero la segunda persona de salvamento o el segundo conjunto de detectores 20', 22', 24' también puede perfectamente comenzar un procedimiento de búsqueda completamente autónomo en paralelo al primer conjunto 20, 22, 24 utilizando, durante las fases a' y c', secuencias de dispersión diferentes de la secuencia utilizada por el primer conjunto (20, 22, 24), durante las fases a y c, para limitar las interferencias entre los dispositivos de búsqueda que funcionan en paralelo. Evidentemente se podrá generalizar a N personas de salvamento autónomas trabajando en paralelo.

Para esto podrán definirse tablas universales de códigos conocidos para todas las personas de salvamento suplementario que intervienen después de la activación de un primer procedimiento de búsqueda con un orden preferencial. En el caso de un escenario amplio, teniendo en cuenta los grandes alcances disponibles en UWB, todas las víctimas pueden detectarse por cada uno de los puntos de referencia (comprendidos en éstos los de las nuevas personas de salvamento), pero la incertidumbre con respecto a las posiciones estimadas de las víctimas es tanto más grande cuanto más alejadas estén éstas de los dispositivos de búsqueda en un modo de búsqueda conjunta con múltiples personas de salvamento (modo centralizado). Desde ese momento, el modo de búsqueda paralelo permite reducir estas incertidumbres trabajando en paralelo sobre varios escenarios de tamaño reducido.

Teniendo en cuenta el contexto de propagación previsto (banda baja o banda alta del espectro RF), es totalmente plausible prever la presencia del trayecto geométrico directo, LOS (del inglés "Line Of Sight") de manera sistemática. Por tanto puede despreciarse la presencia de múltiples trayectos, en ausencia de elementos o de obstáculos reflectantes en el entorno.

La nieve es en efecto una mezcla compuesta de hielo y de aire cuya parte real de la permitividad varía con la presión de la nieve (normalmente de 1,5 a 3). Se observa que con un contenido de agua dado, la parte real de la permitividad relativa disminuye y la parte imaginaria aumenta con la frecuencia, lo que traduce un aumento de las pérdidas. El agua contenida en la nieve húmeda atenuará en gran medida la onda y, esto más cuanto más elevada sea la frecuencia.

Según el periodo del año, se encontrarán todos los tipos de nieve en un alud pero, para limitar el estudio, pueden disociarse dos casos bien diferentes: nieve seca y nieve húmeda, siendo el caso más desfavorable el de la nieve húmeda. Por tanto pueden formularse dos hipótesis para el balance de la transmisión según el tipo de nieve encontrada (seca o húmeda) y considerar la tasa de humedad correspondiente W_v (tabla I siguiente). La parte imaginaria de la permitividad (es decir las pérdidas) es muy pequeña si la nieve está suficientemente seca. La propagación de una onda de UWB emitida en la banda baja es por tanto muy favorable en la nieve seca y el sistema funciona de manera óptima. De todas maneras, puede realizarse una clasificación previa de los dispositivos para diferentes condiciones de nevada, y para distancias conocidas.

TABLA I

Atenuación experimentada por una onda a 1,25 GHz, y una transmisión a través de 1, 2 y 10 m de nieve

Tipo de nieve	Seca/Poco húmeda $W_v = 0,6\%$			Húmeda $W_v = 3\%$		
Nieve atravesada	1 m	2 m	10 m	1 m	2 m	10 m
Atenuación a 1,25 GHz (dB)	1	2	10	11	22	110

En realidad, las condiciones de propagación son mejores a medida que se desciende de frecuencia. En la medida en que nos situemos de golpe en una gama de frecuencias bajas, el balance de enlace es por tanto netamente favorable (sólo las componentes de frecuencia más altas emitidas son susceptibles de atenuarse en gran medida).

ES 2 319 556 T3

Incluso si, estadísticamente, la profundidad media de sepultamiento es con frecuencia inferior a 2 m, ocasionando pérdidas relativamente pequeñas, debe considerarse la aproximación plana de la zona que ha de investigarse (las distancias estimadas se ven en un pseudoplano definido por los dispositivos que enmarcan la zona).

5 Con frecuencia, la onda recorre potencialmente una gran distancia en el manto de nieve. Normalmente, para un módulo de UWB de búsqueda que lleva una persona de salvamento a una altura de 1,5 m, un módulo de UWB sepultado a una profundidad de 1,5 m y una distancia que los separa en el plano X-Y de 10 m, la distancia efectivamente recorrida por la onda será de más de 10 m. Por último, debe observarse que sólo los enlaces referentes al dispositivo sepultado (del dispositivo sepultado hacia los puntos de referencia) se verán afectados por tales atenuaciones, garantizándose que los otros enlaces (de puntos de referencia hacia los puntos de referencia) tienen lugar en el espacio libre. Por ejemplo podrá elegirse ajustar la longitud del código de integración y por tanto ajustar la longitud del preámbulo de sincronización, o la velocidad de transferencia útil en la trama a las condiciones meteorológicas, para compensar esta gran atenuación debida al eco de atravesar el manto de nieve.

15 Va a darse un ejemplo de aplicación según el último documento de la FCC, para las aplicaciones relacionadas con la seguridad, del tipo de creación de imágenes por radar y de radar penetrante que funciona por debajo de 960 MHz, se aplican las reglas generales de la FCC parte 15. La figura 13 ilustra una máscara FCC para las aplicaciones de UWB exteriores.

20 En el marco de esta aplicación, si se considera una banda comprendida entre 10 MHz y 960 MHz, es decir una banda de 950 MHz de ancho de banda ($F_c = 475$ MHz), la potencia media autorizada es de:

$$P_m = 10\text{Log}(950) - 41,3 = -11,3 \text{ dBm}$$

25 Si se considera ahora un enlace de UWB a 10 kbits/s, el suelo del ruido térmico es entonces:

$$P_b = -174 + 10\text{Log}(10^4) = -134 \text{ dBm}.$$

30 Para garantizar una TEB (Tasa de Error Binario) de 10^{-3} con respecto al enlace con una modulación 2PPM, la relación E_b/N_0 es de 12,5 dB.

35 Las pérdidas debidas a los defectos de la implementación material se estiman en 3 dB.

El factor de ruido del receptor se estima en 5 dB considerando un receptor de bajo coste en esta banda (GSM # 1 a 2 dB).

40 Las antenas se consideran como omnidireccionales y presentan una ganancia nula.

En esta configuración el sistema puede funcionar para una atenuación entre las antenas emisión/recepción de:

$$\text{Atenuación} = -11,3 - 12,5 - 3 - 5 - (-134) = 102,2 \text{ dB}$$

45 Si se considera una propagación en espacio libre, la atenuación es de:

$$\text{Atenuación} = 20\text{Log}(4.\pi.d.F_c) - 20\text{Log}(C)$$

50 siendo d la distancia entre las antenas, F_c la frecuencia central y C la velocidad de la luz.

De donde

$$55 \quad 20\text{Log}(4.\pi.d.F_c) = 102,2 + 20\text{Log}(C) = 271,7424$$

60 Así el enlace descrito anteriormente puede garantizarse para alcances que llegan hasta $d = 6,47$ km si se respetan las condiciones de propagación en espacio libre.

Esto garantiza un alcance suficiente, incluso en caso de mal tiempo entre los puntos de referencias y los terminales de las personas de salvamento.

65 Se considera ahora el caso de los enlaces de radio de UWB entre el emisor de la víctima y los módulos 20, 22, 24 de referencia, para los que una parte de la propagación se efectúa en el manto de nieve. En la hipótesis menos favorable, es decir para la frecuencia más elevada de la banda ocupada y una nieve húmeda ($W_v = 5\%$), se añade una reducción de 8,2 dB/m ($f = 1$ Ghz).

ES 2 319 556 T3

Normalmente, para 3,65 m de nieve atravesados, las frecuencias altas de la banda ocupada experimentan una reducción suplementaria de 30 dB debido a la presencia de nieve húmeda, es decir

$$\text{Atenuación} = 102,2 - 30 = 72,2 \text{ dB}$$

$$20\text{Log}(4 \cdot \pi \cdot d \cdot F_c) = 241,7424$$

y un alcance $d = 204,7 \text{ m}$

- Para 5 m de nieve húmeda, se añaden por tanto 40 dB suplementarios, de ahí un alcance de $d = 64,74 \text{ m}$.
- Para 6 m de nieve húmeda, se añaden por tanto 50 dB suplementarios, de ahí un alcance de $d = 20,47 \text{ m}$.

Para este último caso (6 m de nieve húmeda), es posible que el enlace que implica que el dispositivo de UWB de la víctima no esté garantizado (en las hipótesis de modulación anteriores); convendrá por tanto rastrear metódicamente todo el área para entrar en la zona de cobertura, 20 m alrededor de la víctima.

Se trata, de hecho, de un caso extremadamente desfavorable para el que se dispone de los datos necesarios para los cálculos (especialmente referentes a la propagación en el manto de nieve), pudiendo estar situada la frecuencia central del dispositivo alrededor de 475 MHz.

Por otra parte, los aludes de nieve húmeda no son los más mortíferos puesto que su desencadenamiento puede preverse más fácilmente que los aludes de placas compuestas por nieve mucho más seca.

Por último, los cálculos se han llevado a cabo para garantizar una tasa de error dada con respecto a los datos transmitidos, pero pueden disociarse de la fase de sincronización y de estimación de canal garantizada por la sola detección del preámbulo.

En consecuencia, es posible ajustar la longitud de la secuencia del preámbulo de sincronización para obtener una ganancia de integración suficiente.

Según la invención, un único y el mismo dispositivo portátil puede, solicitándolo, pasar de un estado de punto desconocido que ha de localizarse (un punto emisor) a un estado de infraestructura completa de búsqueda (tres puntos de referencia emisores/receptores), por oposición a un enfoque clásico en el que la infraestructura se fija una vez para todas.

La presente invención permite el posicionamiento relativo (con respecto a la persona de salvamento) de múltiples dispositivos sepultados bajo la nieve en ausencia de infraestructura (es decir en ausencia de puntos de referencia fijos cuyas posiciones se conocen *a priori*).

Permite también el posicionamiento relativo (con respecto a la persona de salvamento) de múltiples dispositivos sepultados bajo la nieve a partir de un único dispositivo compacto y polivalente, que funciona indiferentemente en modo de búsqueda (del lado de la persona de salvamento), o en modo de alerta (del lado de la víctima).

Permite también el posicionamiento relativo rápido de múltiples dispositivos sepultados bajo la nieve, con la supresión de las tres fases de búsqueda del ARVA.

La figura 7C representa un procedimiento clásico de radiolocalización basando en la TDOA tal como se pone en práctica según la técnica anterior. Un procedimiento de este tipo supone puntos 200, 220, 240 de referencia fijos cuyas posiciones se conocen *a priori*. Esto distingue por otra parte desde el punto de partida este procedimiento de un procedimiento según la invención según el cual los puntos de referencia no son fijos y su posición no se conoce *a priori*.

Según una primera etapa (S100), ante todo hay emisión pasiva desde los puntos que han de localizarse hacia los puntos de referencia.

A continuación se procede a una estimación, por los puntos 200, 220, 240 de referencia, de los tiempos de llegada de las señales emitidas por los puntos que han de localizarse.

Estas duraciones se retransmiten por los medios 220 y 240 hacia los medios 200 (etapa S102).

A continuación se efectúa un cálculo centralizado de los tiempos TDOA por los medios 200 (etapa S103).

Después del cálculo de las TDOA (diferencia de los tiempos de llegada o "Time Difference Of Arrival"), se calculan las posiciones de los puntos que han de localizarse (etapa S104).

Este procedimiento no se aplica a un escenario ocasional y fortuito al contrario que la invención.

ES 2 319 556 T3

Un dispositivo compacto según la invención permite también una sincronización natural de los módulos de UWB para la fase de búsqueda, relacionada con la configuración del dispositivo (conjunto solidario de módulos de UWB en el estado por defecto).

5 Finalmente, la invención tiene una gran flexibilidad de puesta en práctica pudiéndose prever numerosos modos de búsqueda, según los recursos disponibles de auxilio:

- búsqueda con una única persona de salvamento
- 10 - búsqueda con múltiples personas de salvamento y, en este caso:
 - búsquedas conjuntas (búsquedas centralizadas),
 - búsquedas paralelas (múltiples búsquedas autónomas).

15

La precisión aumenta con el aumento del número de personas de salvamento.

20 Una visualización del escenario completo, con la ayuda de medios 26 de visualización (figura 2B) permite un acceso directo a la víctima más próxima por el camino más corto.

El aparato puede orientarse de cualquier manera durante las fases de búsqueda, en contraposición con el ARVA.

25 Ventajosamente, el aparato se orienta para hacer corresponder los puntos visualizados en la pantalla de visualización y la realidad del terreno para facilitar los desplazamientos de la persona de salvamento.

Pueden evitarse perturbaciones electromagnéticas, relacionadas con las interferencias entre víctimas, aquí de nuevo en contraposición al ARVA.

30 También se evitan todas las perturbaciones sonoras en el escenario, con múltiples personas de salvamento, no haciendo el dispositivo necesario un altavoz, a diferencia del ARVA.

Todavía en contraposición con el ARVA, la invención permite:

- 35 - una búsqueda de las víctimas en zonas amplias gracias al gran alcance del dispositivo,
- una visualización de la información útil (posiciones relativas, información eventual del estado y el número de víctimas),
- 40 - un manejo simple e intuitivo, que no necesita ni formación ni aprendizaje particulares,
- una clasificación eventual y un orden de prioridad para el auxilio de las víctimas, según diversos criterios tales como el estado de salud (conexión potencial con DETAV).

45

Según otros modos de realización, es posible añadir:

- un punto suplementario de referencia (es decir un módulo emisor/receptor de UWB suplementario por dispositivo) que permite proceder a una localización tridimensional de las víctimas, y por tanto disponer de una información suplementaria relativa a la profundidad de sepultamiento de la víctima,
- 50 - integrar módulos GPS (para un posicionamiento absoluto y la sincronización de los puntos de referencia) facilitando la obtención de la unicidad de las soluciones,
- 55 - integrar y tratar señales ARVA clásicas para garantizar una transición continua de los materiales.

Un dispositivo según la invención comprende medios de tratamiento de datos (medios 31 de la figura 3 por ejemplo) programados para poner en práctica todos los procedimientos según la invención.

60

Cada uno de los módulos 20, 22, 24 de un dispositivo según la invención está dotado de medios 31 programados para poner en práctica la recepción y/o la emisión y/o el tratamiento y/o la transferencia de señales o de información o de datos hacia uno de los, o hacia los, otros módulos según uno de los procedimientos descritos anteriormente.

65

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de localización de un emisor UWB (120, 130), sin referencia fija previa, con la ayuda de al menos
5 n emisores/receptores UWB (20, 22, 24) de búsqueda, $n \geq 3$, comprendiendo este procedimiento:
 - A) una etapa de sincronización de los emisores/receptores UWB de búsqueda, dispuestos en puntos diferentes, y de estimación de distancias relativas de estos puntos,
 - 10 B) una etapa de recepción por los emisores/receptores de señales (121, 131) emitidas por el emisor que ha de localizarse,
 - C) el cálculo por los n emisores/receptores (20, 22, 24) respectivamente de n duraciones entre el tiempo (TV1R1, TV1R2, TV1R3) de llegada de señales (121, 131) emitidas por el emisor (120, 130) que ha de localizarse y una
15 referencia de tiempo común, después
 - D) la transmisión, hacia uno de los emisores/receptores (20), de estas duraciones calculadas, relativas a las señales emitidas por el emisor (120, 130) que ha de localizarse y recibidas por los otros emisores/receptores,
 - 20 E) una etapa de cálculo de la posición relativa, con respecto a los emisores/receptores de búsqueda, del emisor que ha de localizarse, en función de las n duraciones calculadas anteriormente y de las distancias relativas de los emisores/receptores UWB de búsqueda.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, siendo las señales UWB utilizadas de frecuencia inferior a 1 GHz.
- 25 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 ó 2, comprendiendo las tramas de impulsos transmitidas un preámbulo de sincronización, una delimitación del preámbulo y después datos útiles.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende, antes de la etapa A, una etapa de
30 sincronización de los emisores/receptores de búsqueda en un estado agrupado.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende, además, una etapa de visualización de los puntos en los que están ubicados los emisores/receptores y del emisor/receptor que ha de localizarse.
- 35 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, poniendo en práctica cada emisor/receptor de búsqueda, durante la etapa B de recepción, una o varias ventanas de observación que corresponden cada una a una gama de distancias.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, permitiendo el conjunto de las gamas de distancia cubrir una gama de
40 distancia comprendida entre 0 y varios cientos de metros alrededor de cada emisor/receptor.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende una etapa de restauración, por repetición de las etapas A, B, C, de la posición del emisor que ha de localizarse.
- 45 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, suministrando la etapa C de cálculo de la posición del emisor que ha de localizarse una posición en una superficie de dos dimensiones.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que uno de los emisores/receptores está desplazado con respecto a los otros dos.
- 50 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende:
 - la emisión, por un primer emisor/receptor, de una señal de referencia, y la recepción de esta señal de referencia por los otros emisores/receptores,
 - 55 - la recepción, por los emisores/receptores de búsqueda, de señales emitidas por el emisor que ha de localizarse,
 - la transmisión, hacia el primer emisor/receptor, de información relativa a los tiempos de llegada de la señal de referencia y de las señales emitidas por el emisor que ha de localizarse.
- 60 12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11, comprendiendo la etapa A) de sincronización:
 - la emisión de una señal (200) de referencia de un primer emisor/receptor hacia los otros emisores/receptores (22, 24),
 - 65 - la estimación o el cálculo, por estos otros emisores/receptores (22, 24), de los tiempos de tránsito de la señal de referencia hacia sí mismos (TR1R2, TR1R3).

ES 2 319 556 T3

13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 12, que comprende:

- la transmisión, por un segundo emisor/receptor (22), hacia los otros emisores/receptores (20, 24), de una señal (221) que comprende al menos:

- la segunda duración (TV1R2), calculada por el segundo emisor/receptor, y
- el segundo tiempo (TR1R2) de tránsito de la señal de referencia,

- el cálculo o la estimación, por un tercer emisor/receptor (24), de un tercer tiempo (TR2R3) de tránsito del segundo (22) al tercer (24) emisor/receptor, igual al tiempo de tránsito de dicha señal (221) emitida por el segundo emisor/receptor.

14. Procedimiento según la reivindicación 13, que comprende además el cálculo o la estimación, por el primer emisor/receptor (20), de un tiempo (TR2R1) de tránsito del segundo (22) al primer (20) emisor/receptor, igual al tiempo de tránsito de dicha señal (221) emitida por el segundo emisor/receptor hacia el primer emisor/receptor.

15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 14, que comprende:

- la transmisión por el tercer emisor/receptor (24), hacia al menos el primer emisor/receptor (20), de una señal (241), que comprende al menos:

- el tercer tiempo (TR2R3) de tránsito del segundo (22) al tercer (24) emisor/receptor,
- la tercera duración (TV1R3), calculada por el tercer emisor/receptor, y
- el tercer tiempo (TR1R3) de tránsito de la señal de referencia.

16. Procedimiento según la reivindicación 15, que comprende además el cálculo o la estimación, por el primer emisor/receptor (20), de un tiempo (TR3R1) de tránsito del tercer (24) al primer (20) emisor/receptor, igual al tiempo de tránsito de dicha señal (241) emitida por el tercer emisor/receptor hacia el primer emisor/receptor.

17. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que un emisor/receptor (20') adicional está sincronizado con los al menos tres emisores/receptores y colocado con respecto a estos al menos tres emisores/receptores.

18. Procedimiento según la reivindicación 17, estando los emisores/receptores en número de tres, siendo el emisor/receptor adicional un cuarto emisor/receptor.

19. Procedimiento según la reivindicación 18, que comprende:

- la emisión, por el primer emisor/receptor (20), de una señal (2000) de referencia,
- la recepción, por los cuatro emisores/receptores de búsqueda, de señales emitidas por el emisor/receptor que ha de localizarse,
- la transmisión, hacia el primer emisor/receptor, de información relativa a los tiempos de tránsito de la señal de referencia y a las duraciones transcurridas entre el tiempo de llegada de las señales emitidas por el emisor que ha de localizarse y una referencia de tiempo común a los cuatro emisores/receptores.

20. Procedimiento según la reivindicación 18 ó 19, comprendiendo la etapa A de sincronización:

- la emisión de una primera señal (2000) de referencia del primer emisor/receptor hacia los emisores/receptores segundo, tercero y cuarto (22, 24, 20'),
- la estimación o el cálculo, por los emisores/receptores segundo y tercero (22, 24), de los tiempos (TR1R2, TR1R3) de tránsito de la señal de referencia hacia los emisores/receptores segundo y tercero,
- la sincronización del cuarto emisor/receptor con el primer emisor/receptor, y la estimación o el cálculo, por este cuarto emisor/receptor del tiempo de tránsito (TR1R1') de una señal entre los emisores/receptores primero y cuarto.

21. Procedimiento según la reivindicación 20, que comprende además:

- la emisión, por el cuarto emisor/receptor, de una señal (2000') de solicitud de adhesión, después
- la emisión, por el primer emisor/receptor, de una señal (2001) de acuse de recibo,
- el cálculo, por el cuarto emisor/receptor, del tiempo (TR1R1') de tránsito de la señal de acuse de recibo del primer al cuarto emisor/receptor.

ES 2 319 556 T3

22. Procedimiento según una de las reivindicaciones 18 a 21, que comprende, entre las etapas B y C:

5 - el cálculo, por los emisores/receptores primero, segundo, tercero y cuarto (20, 22, 24, 20') respectivamente, de unas duraciones primera, segunda, tercera y cuarta (TV1R1, TV1R2, TV1R3, TV1R1') entre los instantes de recepción por estos emisores/receptores de señales emitidas por el emisor que ha de localizarse y una referencia de tiempo común a los cuatro emisores/receptores, y después

- la transmisión, hacia el primer emisor/receptor (20), de estas duraciones segunda, tercera y cuarta calculadas.

10 23. Procedimiento según la reivindicación 22, que comprende:

- la transmisión, por el cuarto emisor/receptor (20') hacia los emisores/receptores primero, segundo y tercero (20, 22, 24), de una señal (2002) que comprende al menos la cuarta duración (TV1R1') calculada,

15 - el cálculo o la estimación, por los emisores/receptores primero, segundo y tercero (20, 22, 24) respectivamente, de unos tiempos cuarto, quinto y sexto (TR1'R1, TR1'R2, TR1'R3) de tránsito del cuarto emisor/receptor a los emisores/receptores primero (20), segundo (22) y tercero (24), igual al tiempo de tránsito de dicha señal (2002) emitida por el cuarto emisor/receptor.

20 24. Procedimiento según la reivindicación 23, que comprende:

- la transmisión, por el segundo emisor/receptor (22) hacia los emisores/receptores primero, tercero y cuarto (20, 24, 20'), de una señal (2210) que comprende al menos:

- 25
- la segunda duración (TV1R2) calculada por la señal emisor/receptor, y
 - el quinto tiempo (TR1'R2) de tránsito,

30 - el cálculo o la estimación, por los emisores/receptores primero, tercero y cuarto (20, 24, 20') respectivamente, de unos tiempos séptimo, octavo y noveno (TR2R1, TR2R1' y TR2R3) de tránsito del segundo emisor/receptor (22) respectivamente a los emisores/receptores primero, cuarto y tercero (24), igual al tiempo de tránsito de dicha señal (2210) emitida por el segundo emisor/receptor hacia cada uno de los emisores/receptores primero, tercero y cuarto (20, 24, 20').

35 25. Procedimiento según la reivindicación 24, que comprende:

- la transmisión, por el tercer emisor/receptor (24) hacia los emisores/receptores primero, segundo y cuarto (20, 22, 20'), de una señal (2410) que comprende al menos:

- 40
- la tercera duración (TV1R3) calculada por el tercer emisor/receptor,
 - el sexto tiempo (TR1'R3) de tránsito, y
 - el noveno tiempo (TR2R3) de tránsito,

45 - el cálculo o la estimación, por los emisores/receptores primero, segundo y cuarto (20, 22, 20') respectivamente, de unos tiempos décimo, undécimo y duodécimo (TR3R1, TR3R1' y TR3R2) de tránsito del tercer emisor/receptor (22) respectivamente a los emisores/receptores primero, cuarto y segundo, igual al tiempo de tránsito de dicha señal (2410) emitida por el tercer emisor/receptor hacia cada uno de los emisores/receptores primero, cuarto y segundo (20, 22, 20').

50 26. Procedimiento según una de las reivindicaciones 18 a 25, formando los tres emisores/receptores un primer conjunto, el cuarto emisor/receptor forma parte de un segundo conjunto de tres emisores/receptores.

55 27. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 19, formando los tres emisores/receptores un primer conjunto, poniendo en práctica un segundo conjunto de al menos tres emisores/receptores las etapas A)-E) en paralelo, o de manera independiente, con respecto al primer conjunto.

60 28. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 27, en el que el emisor/receptor que ha de localizarse está sepultado bajo la nieve.

29. Procedimiento según la reivindicación 28, en el que, durante la etapa E, se efectúa una corrección para tener en cuenta retardos en el tiempo de llegada debidos a la propagación de las señales en la nieve.

65 30. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 29, en el que los emisores/receptores utilizan en emisión, por defecto, secuencias de dispersión idénticas.

ES 2 319 556 T3

31. Dispositivo de localización de un emisor/receptor UWB, que comprende:

- al menos tres emisores/receptores de búsqueda, que comprenden cada uno medios emisores/receptores de señales UWB,

- estando agrupados los emisores/receptores de búsqueda en posición de reposo y siendo adecuados para desolidarizarse durante una localización de un emisor/receptor UWB,

- medios para sincronizar los emisores/receptores de búsqueda en el estado agrupado,

- medios para sincronizar los emisores/receptores de búsqueda en el estado desolidarizado, y para estimar las distancias relativas de estos emisores/receptor cuando están dispuestos en puntos diferentes,

- medios para calcular n duraciones entre un tiempo de llegada de una señal emitida por un emisor que ha de localizarse y una referencia de tiempo común,

- medios (31) para calcular, sin punto de referencia previamente fijado, la posición de un emisor que ha de localizarse en función de los tiempos de recorrido de señales, emitidas por este emisor que ha de localizarse, hacia los emisores/receptores de búsqueda, de las n duraciones calculadas y de las distancias relativas estimadas de estos emisores/receptores,

- medios (26) de visualización para indicar al menos la posición del emisor que ha de localizarse con respecto a la de los emisores/receptores de búsqueda.

32. Dispositivo según la reivindicación 31, formando parte los medios (31) para calcular la posición de un emisor/receptor que ha de localizarse y los medios de visualización de uno de los emisores/receptores de búsqueda.

33. Dispositivo de localización de un emisor/receptor UWB, que comprende al menos tres emisores/receptores de búsqueda programados para poner en práctica un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 29.

34. Dispositivo según una de las reivindicaciones 31 a 33, **caracterizado** porque se realiza en tecnología CMOS o BiCMOS.

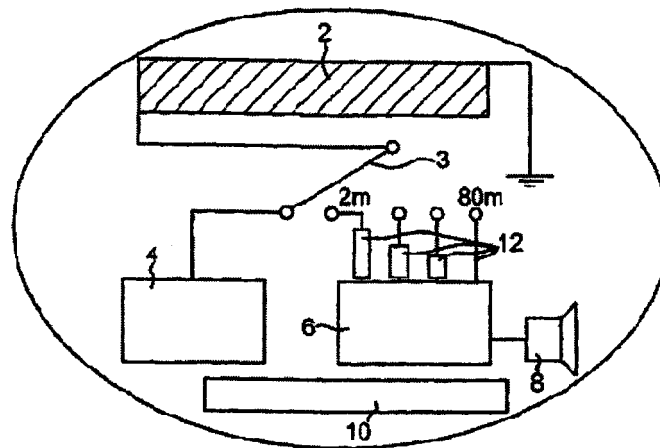


FIG. 1

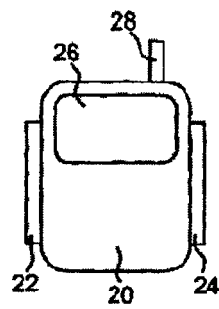


FIG. 2A

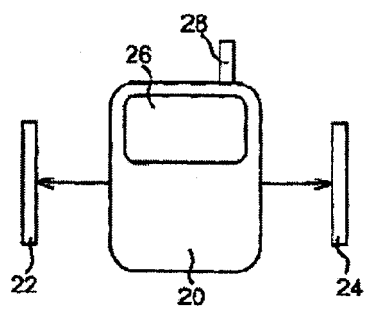


FIG. 2B

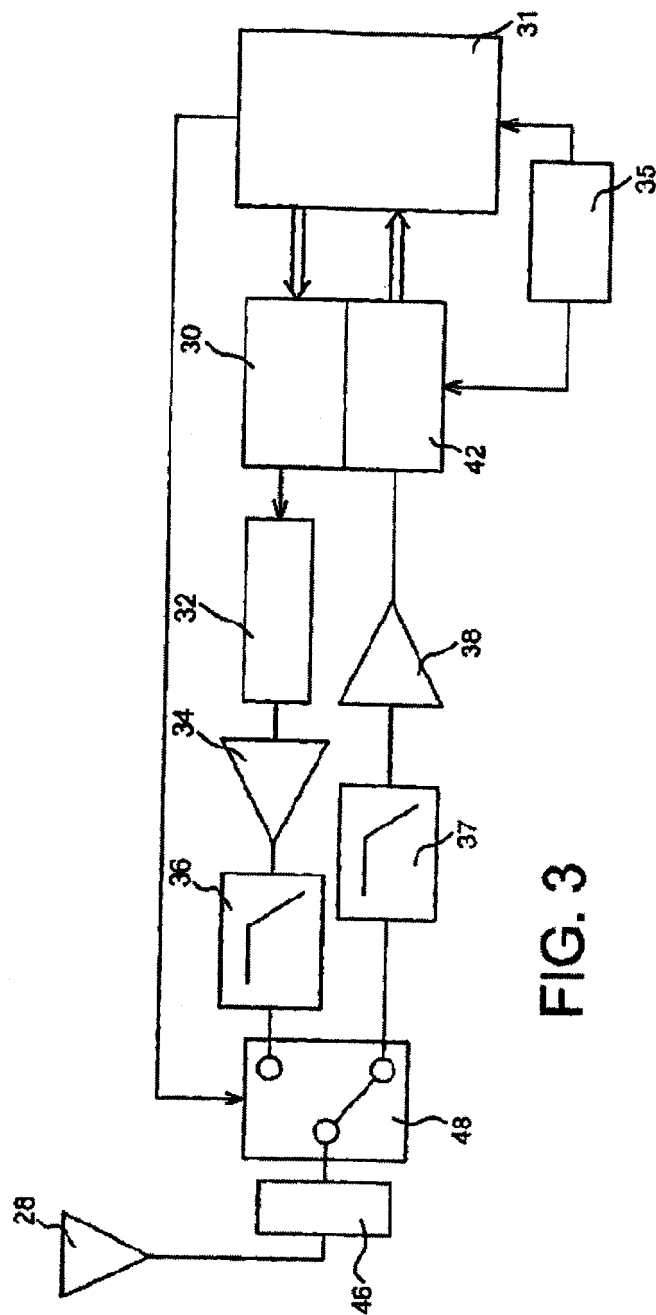


FIG. 3

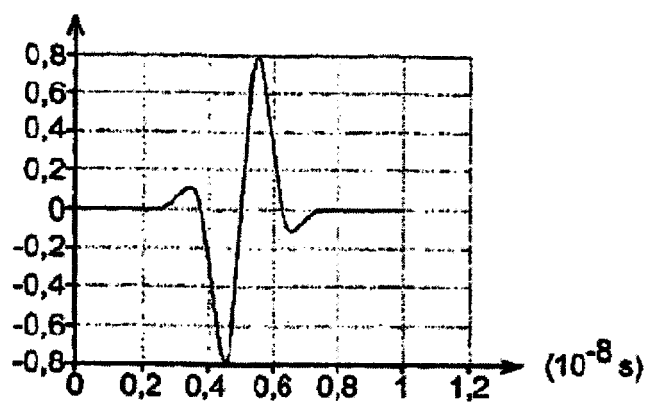


FIG. 4A

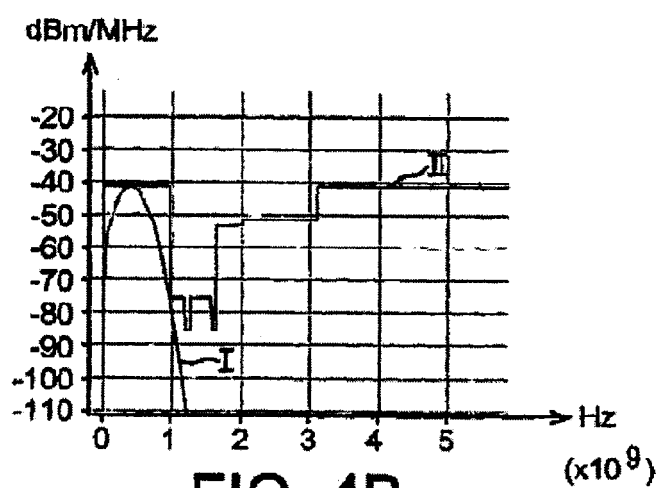


FIG. 4B



FIG. 5

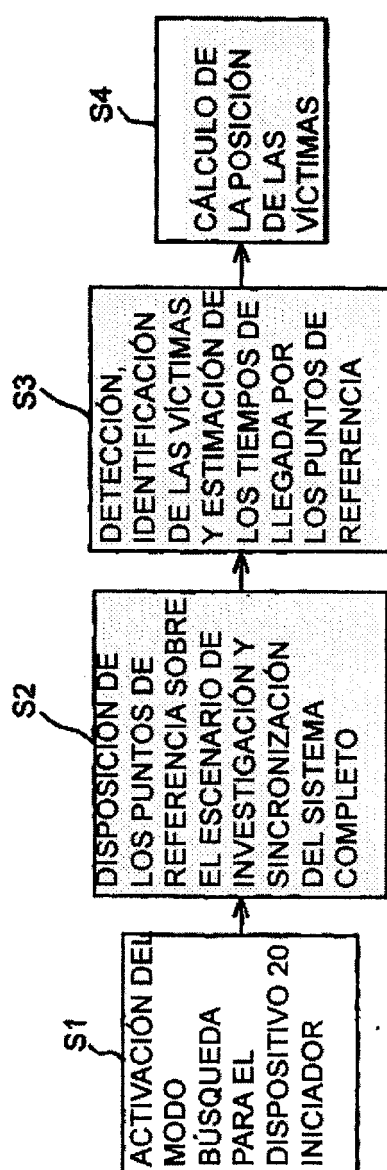


FIG. 6

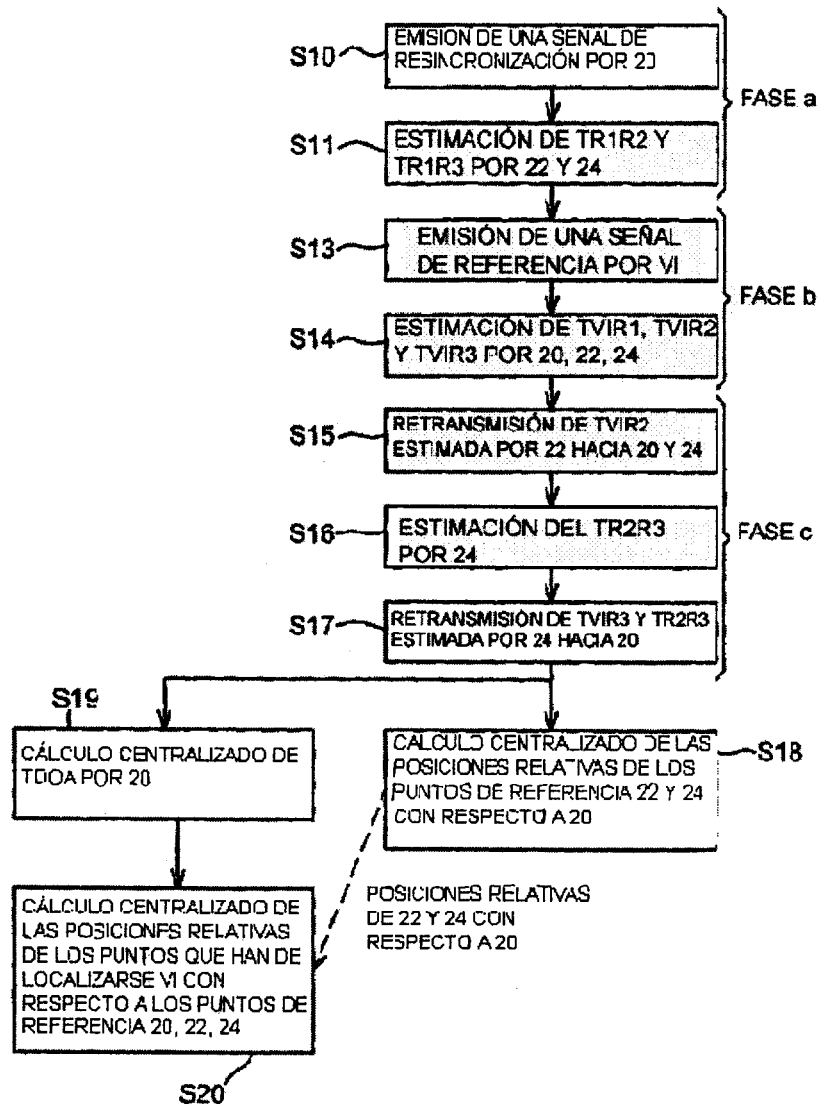


FIG. 7A

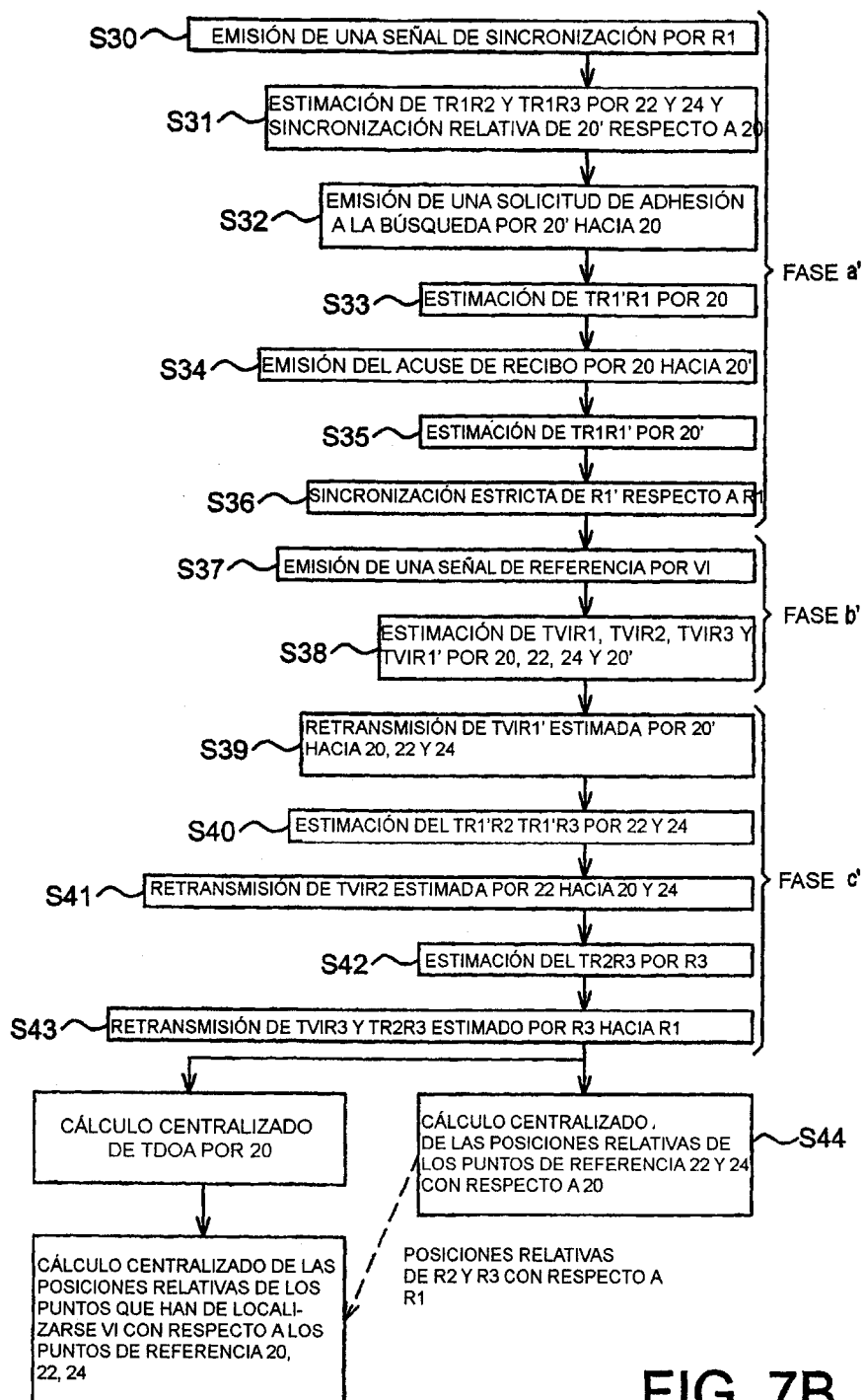


FIG. 7B

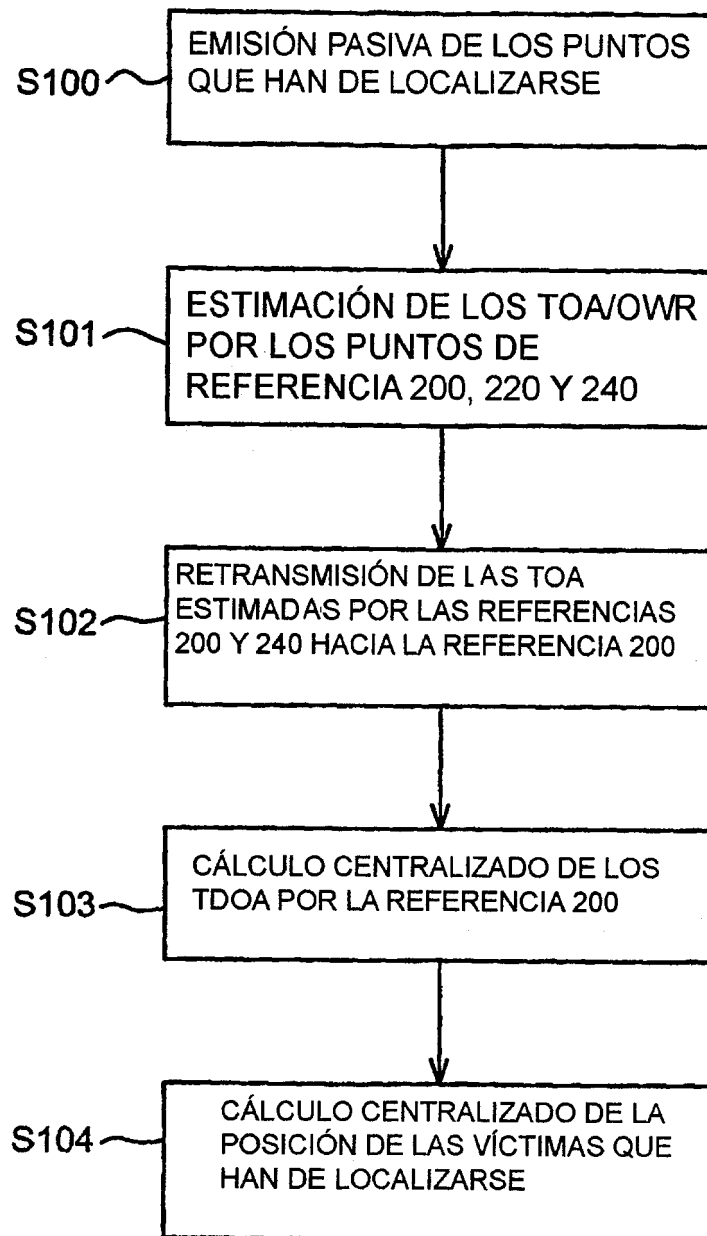


FIG. 7C

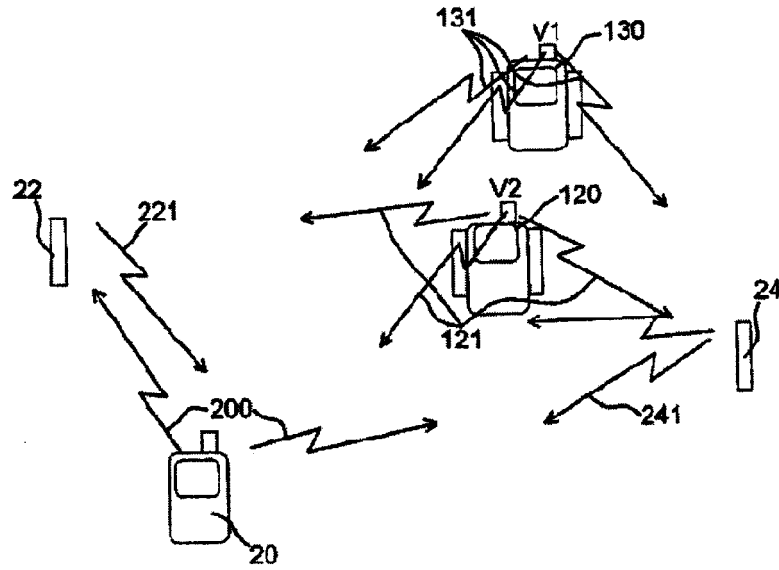


FIG. 8A

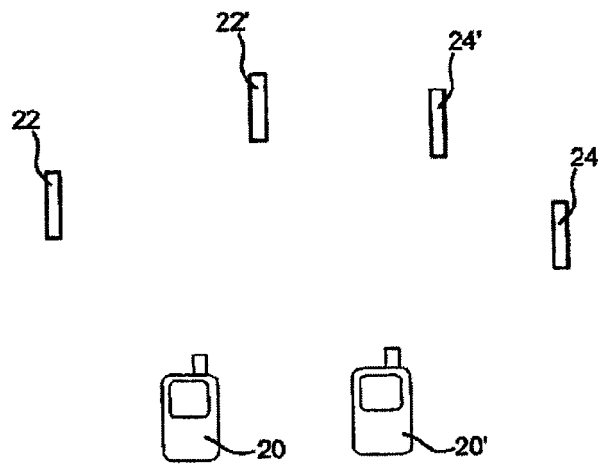


FIG. 8B

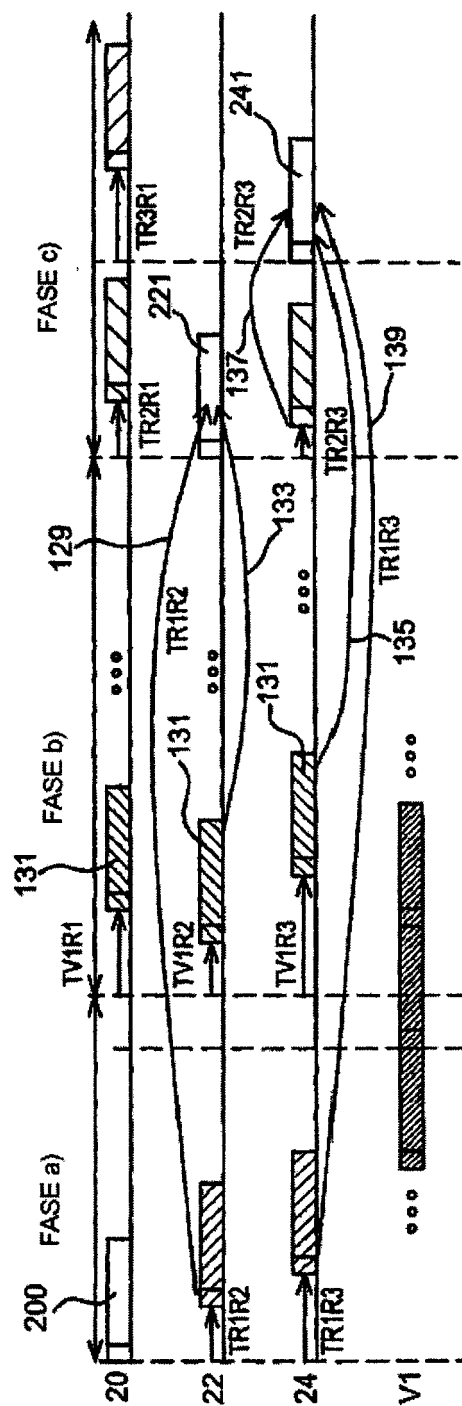


FIG. 9

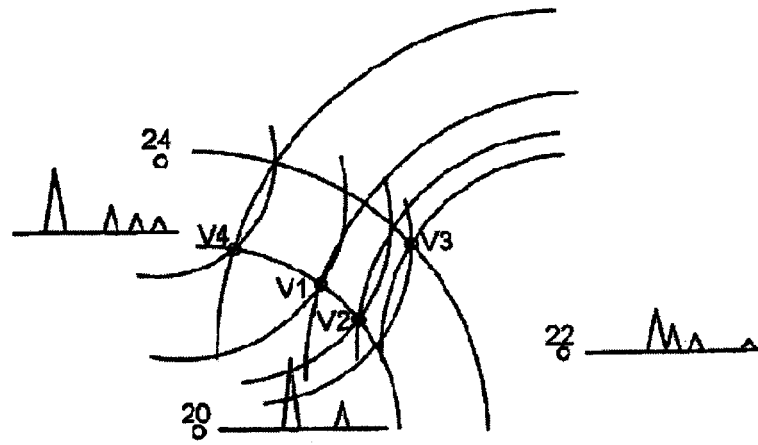


FIG. 10

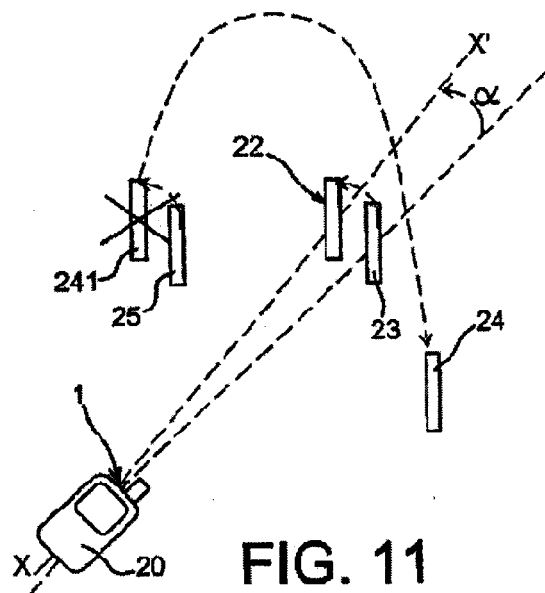


FIG. 11

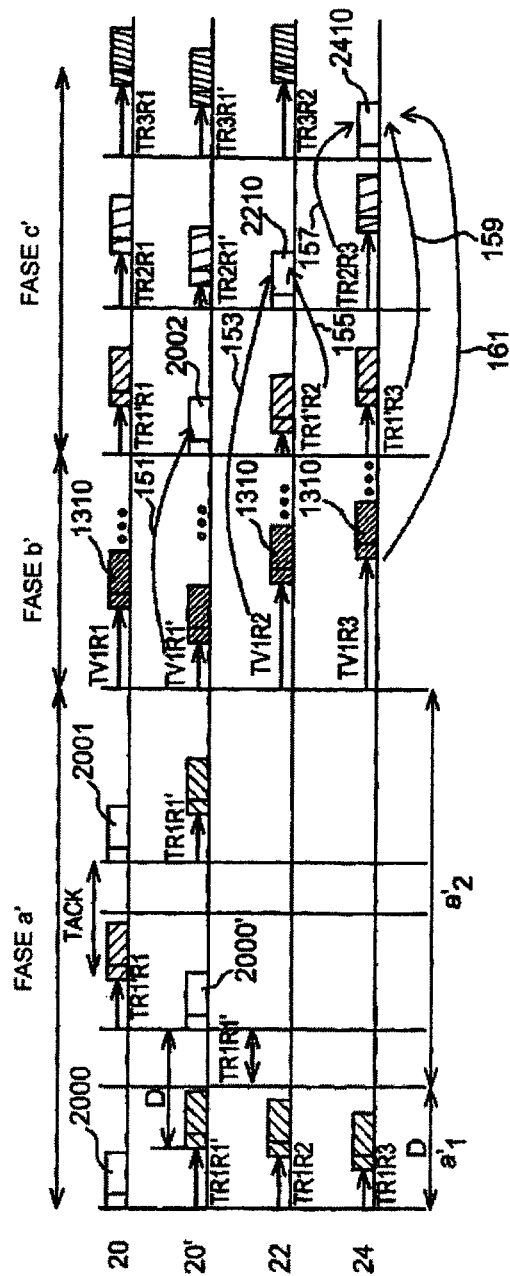


FIG. 12

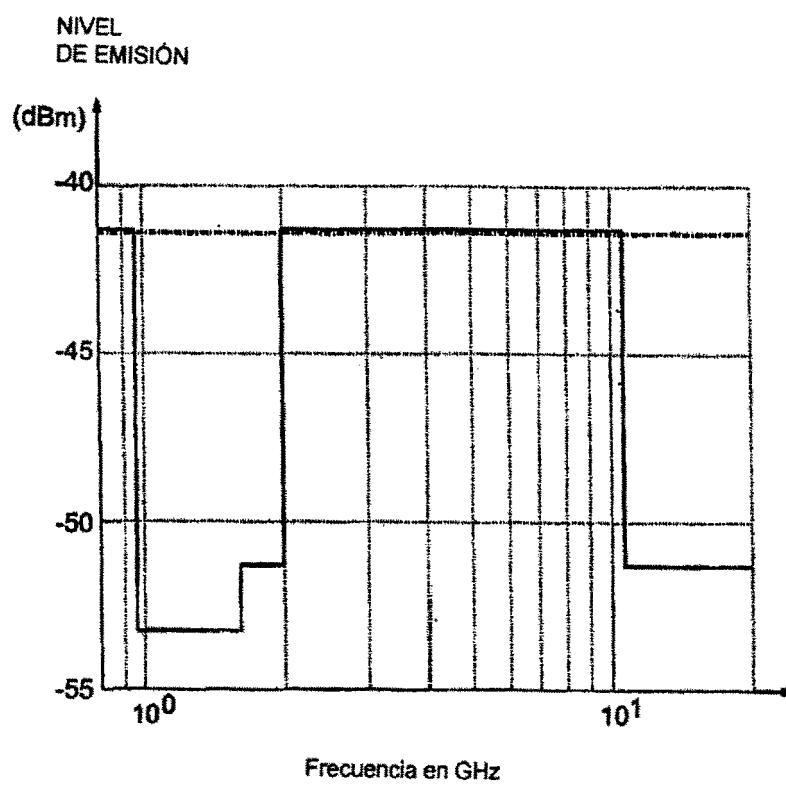


FIG. 13