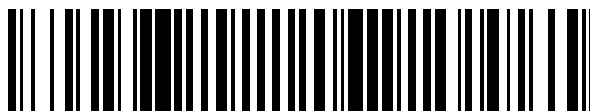


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 402 188**

51 Int. Cl.:

G01B 5/02 (2006.01)

G01S 5/00 (2006.01)

G01S 19/22 (2010.01)

G01S 5/02 (2010.01)

G01S 5/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.10.2009 E 09012484 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2012 EP 2182376**

54 Título: **Procedimiento de determinación de posición**

30 Prioridad:

08.10.2008 DE 102008050455

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

29.04.2013

73 Titular/es:

**ASTRIUM GMBH (100.0%)
ROBERT-KOCH-STR. 1
82024 TAUFKIRCHEN, DE**

72 Inventor/es:

**DRAGON, DIETER;
MIDDENDORF, MAIK y
NUCKELT, ANDRÉ DR.**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 402 188 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de determinación de posición.

La invención concierne a un procedimiento de determinación de posición según la reivindicación 1 que es adecuado especialmente para uso en entornos que favorecen la difusión multivía de señales.

5 Para la determinación de posición están disponibles hoy en día sistemas de navegación por satélite con los cuales es posible una adquisición relativamente exacta de la posición actual de un receptor. No obstante, el receptor para la determinación de posición está obligado a contar con una recepción lo menos perturbada posible de las señales de los satélites. Como una fuente de perturbación importante se manifiesta la difusión multivía de las señales de satélites en determinados entornos, tal como en ciudades, en el interior de edificios o en la montaña. Precisamente
10 en tales entornos que favorecen la difusión multivía de las señales de los satélites no son posibles frecuentemente una recepción de señales no perturbada ni, por tanto, una determinación de posición exacta.

La publicación "Time of Arrival Estimation for UWB Localizers in Realistic Environments", CHIARA FALSI, DAVIDE DARDARI, LORENZO MOCCHI, MOE Z. WIN, EURASIP JOURNAL ON APPLIED SIGNAL PROCESSING, Vol. 2006, 30 de abril de 2006 (30-04-2006), DOI: 10.1155/ASP/2006/32082, describe estudios comparativos
15 experimentales de localización por medio de UWB (banda ultraancha) con un algoritmo de estimación del tiempo de llegada (TOA), que implementa un estimador convencional basado en valores umbral, y con tres algoritmos que implementan un estimador de probabilidad de máximo basado en un procedimiento de detección de picos.

La publicación "An improved Time-of-Arrival Estimation for WLAN-Based Local Positioning", HARISH REDDY ET AL., COMMUNICATION SYSTEMS SOFTWARE AND MIDDLEWARE, 2007. COMSWARE 2007. 2ND INTERNATIONAL
20 CONFERENCE ON, IEEE, PI, 1 de enero de 2007 (01-01-2007), páginas 1-5, ISBN: 978-1-4244-0613-5, describe una técnica de estimación de TOA para la determinación de posición en una WLAN (red de área local inalámbrica) basándose en un método de correlación.

La publicación "Super-resolution TOA Estimation in OFDM Systems for Indoor Environments", FANG ZHAO ET AL., NETWORKING, SENSING AND CONTROL, 2007 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PI, 1 de abril
25 de 2007 (01-04-2007), páginas 723, 728, ISBN: 978-1-4244-1075-0, se emplea para delimitar la forma en dos partes de la reivindicación 1 y describe un sistema de determinación de posición para redes IEEE 802.11a/g con procedimientos de acceso OFDM (multiplexado por división de frecuencia ortogonal) basándose en una estimación de TOA de alta resolución que está antepuesta a una estimación de canal.

Por tanto, el objetivo de la presente invención reside en un procedimiento de determinación de posición que es
30 adecuado especialmente para uso en entornos que favorecen la difusión multivía de señales.

Este objetivo se alcanza por medio de un procedimiento de determinación de posición con las características de la reivindicación 1. Otras ejecuciones de la invención son objeto de las reivindicaciones subordinadas.

Una idea esencial de la invención consiste en adquirir una respuesta de impulso del canal de transmisión de una
35 señal de radio de un transmisor perturbada a consecuencia de una difusión multivía y que está prevista para la determinación de posición y se denomina también señal de medición de distancia, y en adquirir por estimación con ayuda de la respuesta de impulso de canal la vía de señal directa, la cual puede evaluarse después para una determinación de posición relativamente exacta de un receptor de la señal. En otras palabras, por estimación del gran número de vías de difusión de una señal de medición de distancia se adquiere en entornos que favorecen la
40 difusión multivía la vía de difusión que corresponde con la mayor probabilidad a la vía de señal directa del transmisor al receptor. Con ayuda de tiempos de propagación de señal se puede adquirir así la distancia entre el transmisor y el receptor y, en caso de coordenadas conocidas del transmisor, se puede determinar con alta precisión, con al menos cuatro señales de medición de distancia de transmisores diferentes, análogamente a la navegación por satélite, la posición del receptor. El cálculo de la posición puede determinarse tridimensionalmente con un número suficiente de
45 señales de medición de distancia, lo que hace posible una determinación de posición, por ejemplo, en grandes edificios de múltiples pisos.

La invención concierne ahora según una forma de realización a un procedimiento de determinación de posición que presenta los pasos siguientes:

- recepción de al menos cuatro señales de radio emitidas por estaciones transmisoras diferentes,
- adquisición de una respuesta de impulso del canal de transmisión para cada una de las señales de radio
50 recibidas,
- estimación de la vía de señal directa para cada una de las señales de radio recibidas con ayuda de la respectiva respuesta de impulso de canal, y
- determinación de la posición de recepción de las señales de radio por evaluación de las vías de señal directas estimadas de las señales de radio recibidas.

Las señales de radio emitidas por las diferentes estaciones transmisoras pueden ser idénticas, y únicamente las frecuencias portadoras de las señales de radio emitidas por las diferentes estaciones transmisoras pueden diferenciarse por medio de un decalaje de frecuencia. Esto simplifica la generación de señales, ya que no es necesaria una compleja codificación de las señales de radio para su diferenciación por un receptor.

5 La recepción de las señales de radio puede presentar especialmente los pasos siguientes:

- filtrado pasabanda de cada señal de radio,
- mezclado de cada señal de radio filtrada en pasabanda para reducirla a su banda base correspondiente,
- filtrado pasabajos de cada señal de radio mezclada y reducida,
- digitalización de cada señal de radio filtrada en pasabajos,

10 - transformación de cada señal de radio digitalizada al dominio de la frecuencia por medio de una transformada rápida de Fourier FFT,
 - extracción de componentes FFT complejas individuales de las señales de radio transformadas al dominio de la frecuencia, y
 - retirada de desfases de las componentes FFT complejas extraídas.

15 La adquisición de la respuesta de impulso de canal puede presentar la comparación de cada señal de radio recibida con una copia individual no distorsionada de la señal de radio del transmisor en el dominio de la frecuencia, calculándose la respuesta de impulso de canal en base a la comparación. En un receptor se pueden archivar para ello, antes de la puesta en servicio, réplicas de señales de radio no distorsionadas del transmisor que se han adquirido, por ejemplo, por medio de mediciones.

20 La estimación de la vía de señal directa puede presentar el procesamiento de la respuesta de impulso de canal adquirida con un algoritmo de estimación basado en un modelo de estado-espacio.

El algoritmo de estimación puede ser un algoritmo de estimación de estado-espacio con el que se simula la respuesta de impulso de canal adquirida por medio de una suma finita de funciones sinusoidales complejas, efectuándose la simulación por medio de una estimación de parámetros en el dominio de frecuencia.

25 La estimación de la vía de señal directa puede presentar una evaluación de la respuesta de impulso de canal simulada, en la que se extrae de la respuesta de impulso de canal simulada la primera componente de tiempo de propagación. La primera componente de tiempo de propagación corresponde en general de manera relativamente precisa a la componente de enlace visual (línea visual, LOS) de la respuesta de impulso de canal y, por tanto, a la vía de señal directa.

30 La determinación de la posición de recepción puede presentar un cálculo de diferencia de tiempo de propagación (diferencia de tiempo de llegada, TDOA) por medio de las vías de señal directas estimadas de cada una de las señales de radio recibidas. En TDOA se evalúan para la determinación de posición los diferentes tiempos de llegada de un impulso emitido al mismo tiempo por varios transmisores.

35 Las estaciones transmisoras pueden emitir las señales de radio de una manera sincronizada. Se puede asegurar así que los cálculos TDOA conduzcan a resultados razonables.

Para la sincronización de la emisión se puede emplear una señal de impulso por segundo (PPS) y/o una señal de 10 MHz. Una señal PPS es una señal que puede señalar con relativa precisión el inicio de un segundo. Las señales PPS son emitidas frecuentemente por relojes de precisión, por ejemplo los relojes de precisión de algunos receptores para señales de navegación por satélite.

40 La señal PPS y/o la señal de 10 MHz pueden reajustarse continuamente en fase con una tasa de repetición prefijada, de especialmente 10 Hz, para garantizar una sincronización permanente.

Según otra forma de realización, la invención concierne a una estación transmisora que está concebida para uso con un procedimiento según la invención y como se ha explicado anteriormente y que presenta lo siguiente:

45 - una unidad de sincronización para la recepción y emisión de señales de sincronización desde y hacia otras estaciones transmisoras, respectivamente;
 - un generador de señales para generar una señal de medición de distancia; y
 - un módulo de comunicación para emitir la señal de medición de distancia como señal de radio para la determinación de la posición de un receptor.

50 Asimismo, una forma de realización de la invención prevé una disposición de varias estaciones transmisoras según la invención y como se ha descrito anteriormente, en la que cada estación transmisora tiene un enlace visual con al menos otra estación transmisora.

Por último, una forma de realización de la invención concierne a un dispositivo de determinación de posición que está concebido para uso con un procedimiento según la invención y como se ha descrito anteriormente y que

presenta lo siguiente:

- un filtro pasabanda para el filtrado en pasabanda de cada señal de radio recibida emitida por una estación transmisora;
- 5 - un mezclador para mezclar cada señal de radio filtrada en pasabanda a fin de reducirla a su banda base correspondiente;
- un filtro pasabajos para el filtrado en pasabajos de cada señal de radio mezclada y reducida,
- un convertidor analógico-digital para digitalizar cada señal de radio filtrada en pasabajos, y
- 10 - una unidad de procesamiento para transformar cada señal de radio digitalizada al dominio de la frecuencia por medio de una transformada rápida de Fourier FFT, para extraer componentes FFT complejas individuales de las señales de radio transformadas al dominio de la frecuencia y para retirar desfases de las componentes FFT complejas extraídas.

El dispositivo de determinación de posición puede estar implementado, por ejemplo, en forma de un aparato de navegación. Un aparato de navegación de esta clase puede estar diseñado también para la recepción de señales de navegación de un sistema global de navegación por satélite. Se puede realizar así de manera fiable y sobre todo relativamente precisa, por ejemplo, la determinación de posición en campo abierto como también en edificios, en el área interior de las ciudades y en la montaña.

Otras ventajas y posibilidades de aplicación de la presente invención se desprenden de la descripción siguiente en combinación con los ejemplos de realización representados en los dibujos.

En la descripción, en las reivindicaciones, en el resumen y en los dibujos se emplean los términos y los símbolos de referencia asociados utilizados en la lista de símbolos de referencia consignada al final de la memoria.

Los dibujos muestran en:

La figura 1, en una vista en planta, un ejemplo de realización de una disposición de seis estaciones transformadoras alrededor de un complejo de edificios y de un dispositivo de determinación de posición según la invención;

La figura 2, el espectro de frecuencia con los dominios de frecuencia ocupados por las estaciones transmisoras para las señales de radio emitidas;

La figura 3, un diagrama de bloques de un ejemplo de realización de un dispositivo de determinación de posición según la invención;

la figura 4, un esquema de bloques de un ejemplo de realización de una estación transmisora según la invención;

La figura 5, una disposición de estaciones transmisoras y los enlaces de sincronización entre las distintas estaciones según la invención;

La figura 6, una representación esquemática de los distintos enlaces de radio en una disposición de determinación de posición con estaciones transmisoras y un dispositivo de determinación de posición según la invención; y

La figura 7, un diagrama de flujo para visualizar la adquisición de la respuesta de impulso de canal entre una estación transmisora y un dispositivo de determinación de posición según la invención.

En lo que sigue los elementos iguales y/o funcionalmente iguales pueden estar provistos de los mismos símbolos de referencia.

En lo que sigue se describe la presente invención con ayuda de una red de localización multicanal (sondeo multicanal, MCS) con varios transmisores MCS, pudiendo encontrarse entre los transmisores MCS unos receptores MCS móviles cuya posición se determina en base a respuestas de impulso de canal estimadas. Brevemente resumido, los receptores MCS autónomos entre ellos reciben una señal multicanal individual para cada transmisor MCS y forman entonces por cada trayecto de transmisión, con la señal de réplica contenida en el receptor MCS y la señal MCS digitalizada, una función de transmisión de canal. Por cada transmisor MCS está disponible una función de transmisión de canal. La evaluación de las distintas funciones de transmisión de canal se efectúa por medio de un algoritmo de estimación de estado-espacio. La misión del estimador es la extracción de la vía directa de la señal MCS. Se puede adquirir un cálculo de posición tridimensional del receptor MCS a través de una evaluación de al menos cuatro funciones de transmisión de canal por medio de TDOA.

Sigue ahora una descripción detallada del funcionamiento de la presente invención con ayuda de ejemplos de realización. Al principio, se instalan al menos cuatro estaciones transmisoras alrededor de un complejo de edificios. En la figura 1 se muestra una disposición de un total de seis estaciones transmisoras 1a-1e alrededor de un edificio. Las estaciones transmisoras 1a-1e presentan los elementos siguientes (una constitución detallada de una estación transmisora según la invención se explica más adelante con ayuda del diagrama de bloques mostrado en la figura

4):

- un receptor GPS
 - una unidad de sincronización
 - un generador de señales para generar la señal de medición de distancia
- 5
- un módulo de comunicación por radio,
 - una unidad de suministro de corriente

Las estaciones transmisoras se instalan de modo que la primera estación transmisora 1a tenga un enlace visual directo con la segunda estación transmisora 1b. Lo mismo rige para la segunda 1b y la tercera 1c, la tercera 1c y la cuarta 1d, la cuarta 1d y la quinta 1e, etc. Se puede conseguir así una sincronización sin problemas entre las estaciones transmisoras. Cuando están emplazadas las estaciones transmisoras 1a-1e, se puede comenzar la fase de inicialización. Esta fase puede esbozarse de la manera siguiente:

1. Se activan primero los receptores GPS en cada estación transmisora 1a-1e para adquirir la posición relativa entre todas las estaciones transmisoras. Sobre la base de las posiciones relativas adquiridas se despliega un sistema de coordenadas local en tres dimensiones que sirve para la determinación de la posición de un receptor.
2. Se activan después los módulos de sincronización en cada estación transmisora 1a-1e. Para la sincronización de las señales de medición de distancia 4a-4e emitidas por las estaciones transmisoras 1a-1e están disponibles una señal 1PPS y una señal de 10 MHz. En la figura 1 se ha designado la sincronización por medio de los enlaces de radio 3. Después de un tiempo de estabilización fijo están disponibles señales de referencia sincronizadas en el rango de subnanosegundos en cada estación transmisora 1a-1e. Éstas cuidan en cada estación transmisora 1a-1e de que todas las estaciones transmisoras puedan emitir sus señales de medición de distancia 4a-4e al mismo tiempo. La señal PPS y la señal de referencia de 10 MHz se reajustan continuamente en fase (libres de saltos de fase) con una tasa de repetición de aproximadamente 10 Hz, de modo que queda garantizada una sincronización permanente entre las estaciones transmisoras.
3. Cuando se han recorrido satisfactoriamente los puntos 1-2, se activan las señales de medición de distancia 4a-4e en cada estación transmisora 1a-1e a través del impulso PPS sincronizado y se irradian dichas señales como señales de radio a través del módulo de comunicación por radio. Cada señal de medición de distancia 4a-4e consiste en una señal multicanal (MC) permanentemente irradiada.

Después de la fase de inicialización única (puntos 1-3) y partiendo de la situación de que un receptor 2 se encuentra en el sistema de coordenadas desplegado, tiene lugar la cadena de procesos siguiente para la determinación de la posición.

1. En el receptor 2 se reciben, en el caso de un número de cuatro estaciones transmisoras tomado como ejemplo, cuatro señales MC que se diferencian por sus frecuencias portadoras, que presentan un decalaje de frecuencia de Δf_c . La figura 2 muestra las cuatro señales MC 30-33 en el dominio de la frecuencia. El ancho de banda de emisión de una estación transmisora se extiende aquí sobre un dominio de frecuencia grande, tal como se muestra en la figura 2, es decir que una estación transmisora puede emitir señales MC con frecuencias portadoras diferentes f_1 a f_{200} en el dominio de frecuencia de emisión.
2. Cada señal MC es filtrada primero en pasabanda en el receptor 2 y luego es adaptada al nivel de entrada máximo de un mezclador pospuesto a través de una regulación de amplificación automática (control de ganancia automático, AGC).
3. En el mezclador se mezcla cada señal MC reduciéndola a la banda base y a continuación se la filtra en pasabajos.
4. Cada señal pasabajos filtrada es convertida de analógica a digital y almacenada en bloques de 2^N de tamaño.
5. Cada juego de datos 2^N individual es transformado al dominio de la frecuencia por medio de una transformada rápida de Fourier (FFT). Las distintas amplitudes FFT complejas son extraídas de los datos y liberadas de un desfase artificial aleatoriamente distribuido impartido en la estación transmisora.
6. En el receptor 2 se almacenan las réplicas no distorsionadas de todas las estaciones transmisoras implicadas. Estas se emplean para adquirir en el dominio de la frecuencia la respuesta de canal de los distintos trayectos de comunicación entre las estaciones transmisoras y el receptor 2.
7. Cuando se han calculado las respuestas de canal, se simulan éstas por medio de un respectivo algoritmo de estimación de estado-espacio a través de una suma finita de funciones sinusoidales complejas. Se efectúa una simulación mediante una estimación de parámetros en el dominio de la frecuencia.
8. El estimador suministra como resultado una versión de alta resolución de la respuesta de impulso de canal procedente de cada canal de transmisión implicado con todas las componentes LOS y todas las componente multivía.
9. Se extrae entonces la primera componente de tiempo de propagación (en general, la componente LOS). En el caso de cuatro estaciones transmisoras, se pueden calcular un total de seis diferencias TDOA.
10. Se puede adquirir ahora una posición 2D mediante una solución numérica (serie de Taylor) del sistema de ecuaciones hiperbólicas, tal como es conocido, por ejemplo, para la determinación de posición por sistemas de

navegación por satélite.

La figura 3 muestra la constitución de un receptor de un dispositivo de determinación de posición según la invención con ayuda de un diagrama de bloques. El receptor presenta una antena 10 para recibir señales MC. Se alimenta primero una señal MC recibida a un filtro pasabanda 11, al que está pospuesto un AGC 12, para que la señal de recepción filtrada en pasabanda sea adaptada en su amplitud a un mezclador 13 que mezcla la señal filtrada en pasabanda para reducirla a la banda base con ayuda de la señal de una fuente de señales 15. A continuación, se alimenta la señal mezclada y reducida a un filtro pasabajos 14 antes de que sea digitalizada por un convertidor analógico-digital y alimentada a un estimador de canal 16 para su ulterior procesamiento. El estimador de canal 16 realiza sustancialmente los pasos 4-9 anteriormente explicados y puede estar implementado por un procesador correspondientemente programado. Como resultado, se obtienen de las señales recibidas las componentes TDOA que pueden emplearse para la determinación de posición precisa.

La figura 4 muestra la constitución de una estación transmisora según la invención con ayuda de un diagrama de bloques. Una unidad de sincronización con antena 27 sirve para sincronizar la emisión de señales de medición de distancia con otras estaciones transmisoras. Una unidad 26 de memoria de señal multicanal y de convertidor digital-analógico genera una señal de localización de la estación transmisora por selección de una señal multicanal adecuada en una memoria en la que están almacenadas varias señales multicanal. La señal multicanal digital seleccionada es convertida en una señal analógica, alimentada a un filtro pasabajos 24 y, después del filtrado pasabajos, es mezclada con un mezclador 23 y una fuente de señales 25 para elevarla al dominio de la frecuencia que está previsto para la transmisión. La señal mezclada y elevada es alimentada seguidamente a un filtro pasabanda 22, al que está pospuesto un amplificador de emisión 21. La señal amplificada es emitida por radio a través de una antena 20 como señal de medición de distancia de la estación transmisora.

La figura 5 muestra la sincronización de cuatro estaciones transmisoras #1-#4 a través de enlaces de sincronización por radio de 6 GHz. La estación transmisora #2 envía señales de sincronización a las estaciones transmisoras #1 y #3, con las cuales tiene un enlace visual. La estación transmisora #3 envía una señal de sincronización a la estación transmisora #4, con la cual posee solamente un enlace visual.

En la figura 6 se muestra otra situación de sincronización en la que las estaciones transmisoras #1 y #2, #1 y #4, así como #4 y #3 se sincronizan en cada caso a través de enlaces de sincronización 12, 14 y 34, respectivamente. Cada estación transmisora #1-#4 presenta una respectiva función de transmisión de canal #1-#4 con el receptor #1.

La figura 7 muestra un diagrama de flujo con ayuda del cual se explica ahora la adquisición de la respuesta de impulso de canal entre una estación transceptora y un dispositivo de determinación de posición según la invención. El diagrama de flujo muestra un algoritmo que puede implementarse, por ejemplo, en un receptor en forma de software.

En el paso S10 se realiza una medición de la señal de recepción en el dominio del tiempo, con 8192 muestras por unidad de tiempo. En el paso subsiguiente S11 se realiza por medio de FFT una transformación de la medición en el dominio del tiempo representada por las muestras para pasarla al dominio de la frecuencia. En el paso inmediato S12 se extraen de las muestras transformadas 200 amplitudes FFT complejas relevantes. A continuación, en el paso S13 se retiran desfases aleatoriamente distribuidos de las amplitudes FFT complejas extraídas. En el paso S14 se cargan 8192 muestras de una señal de réplica de localización no distorsionada almacenada, es decir, una copia de una señal de medición de distancia transmitida sin distorsión. En el paso S15 estas 8192 muestras cargadas se transforman al dominio de la frecuencia por medio de FFT. Análogamente al paso S12, se seleccionan 200 amplitudes FFT complejas relevantes en el paso S16. Están disponibles ahora dos juegos de muestras para calcular la función de transmisión de canal $H(f) = Y(f)/X(f)$ en el paso S17. En el paso S18 se transforma la función de transmisión de canal $H(f)$ al dominio del tiempo por medio de una FFT inversa (IFFT) y se realiza así en el paso S19 una primera estimación de la respuesta de impulso de canal. A continuación, en el paso S20 se realiza una aproximación de la función de transmisión de canal $H(f)$ por medio de una suma de funciones exponenciales complejas. En el paso inmediato S21 se extraen polos z_i por solución de valores propios generalizados. En el paso S22 se extrae de los valores propios calculados el perfil de retardo sobrepasado. Por último, en el paso S23 se obtiene en el dominio interior el perfil de retardo temporal del canal de transmisión que puede emplearse para el cálculo TDOA.

La invención hace posible no sólo una determinación de posición en entornos que favorecen la difusión multivía de señales, sino especialmente la constitución de un sistema de navegación para edificios que, desde el punto de vista de los usuarios, es un sistema puramente pasivo y admite así un número casi ilimitado de usuarios. Asimismo, la invención hace posible un sistema de navegación que se basa en el principio ad hoc y que requiere sustancialmente tan sólo la instalación de estaciones transmisoras del sistema y la puesta en servicio de las estaciones transmisoras para posibilitar una navegación inmediata por recepción y evaluación de las señales de las estaciones transmisoras. Es imaginable, por ejemplo, construir un sistema de navegación en un edificio grande que pueda ser utilizado por los usuarios como complemento de sistemas de navegación por satélite. Además, un sistema según la invención puede hacerse funcionar de forma autónoma, ya que no está obligado a contar con una infraestructura existente o que

deba instalarse previamente con un gran coste.

En el marco de la materialización de la presente invención se han realizado especialmente los trabajos siguientes:

- diseño de las señales de navegación (multicanal) de los transmisores de una red MCS (localización multicanal);
- aplicación de algoritmos de estimación de estado-espacio para determinar las funciones de transmisión de canal;
- cálculo de posiciones basándose en diferencias de tiempos de propagación derivadas de las funciones de transmisión de canal; y
- aplicación de técnicas de filtrado para mejorar el cálculo de posición de un receptor dinámico.

Símbolos de referencia

10	1a-1e	Estación transmisora (de señales)
	2	Receptor (de señales)
	3	Enlaces de sincronización de las estaciones transmisoras 1a-1e
	4a-4e	Señales de medición de distancia de las estaciones transmisoras 1a-1e
	30-33	Espectros de frecuencia de las señales de medición de distancia
15	10	Antena
	11	Filtro pasabanda
	12	AGC
	13	Mezclador
	14	Filtro pasabajos
20	15	Fuente de señales
	16	ADC y estimación de canal
	20	Antena
	21	Amplificador
	22	Filtro pasabanda
25	23	Mezclador
	24	Filtro pasabajos
	25	Fuente de señales
	26	Memoria de señales multicanal y DAC
	27	Unidad de sincronización con antena
30	S10-S23	Pasos de procedimiento

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de determinación de posición que comprende los pasos siguientes:

- recepción de al menos cuatro señales de radio (4a-4e) emitidas por estaciones transmisoras diferentes (1a-1e),
- adquisición de una respuesta de impulso del canal de transmisión para cada una de las señales de radio recibidas (4a-4e; S10-S17),
- estimación de la vía de señal directa para cada una de las señales de radio recibidas (4a-4e) con ayuda de la respectiva respuesta de impulso de canal adquirida (S18-S23), y
- determinación de la posición de recepción de las señales de radio por evaluación de las vías de señal directas estimadas de las señales de radio recibidas (4a-4e),

10 **caracterizado** porque

las señales de radio emitidas por las diferentes estaciones transmisoras (1a-1e) son idénticas y únicamente las frecuencias portadoras (30-33) de las señales de radio emitidas por las diferentes estaciones transmisoras se diferencian por un decalaje de frecuencia Δf_c .

15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la recepción de las señales de radio presenta los pasos siguientes:

- filtrado pasabanda de cada señal de radio,
- mezclado de cada señal de radio filtrada en pasabanda para reducirla a su banda base correspondiente,
- filtrado pasabajos de cada señal de radio mezclada y reducida,
- digitalización de cada señal de radio filtrada en pasabajos,
- transformación de cada señal de radio digitalizada al dominio de la frecuencia por medio de una transformado rápida de Fourier FFT,
- extracción de componentes FFT complejas individuales de las señales de radio transformadas al dominio de la frecuencia, y
- retirada de desfases de las componentes FFT complejas extraídas.

25 3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque la adquisición de la respuesta de impulso de canal presenta la comparación de cada señal de radio recibida con una copia de señal de radio individual no distorsionada del transmisor en el dominio de la frecuencia, calculándose la respuesta de impulso de canal con ayuda de la comparación.

30 4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la estimación de la vía de señal directa presenta el procesamiento de la respuesta de impulso de canal adquirida con un algoritmo de estimación basado en un modelo de estado-espacio.

35 5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado** porque el algoritmo de estimación es un algoritmo de estimación de estado-espacio con el que se simula la respuesta de impulso de canal adquirida por medio de una suma finita de funciones sinusoidales complejas, efectuándose la simulación por medio de una estimación de parámetros en el dominio de la frecuencia.

6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado** porque la estimación de la vía de señal directa presenta una evaluación de la respuesta de impulso de canal simulada, en la que se extrae la primera componente de tiempo de propagación de la respuesta de impulso de canal simulada.

40 7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la determinación de la posición de recepción presenta un cálculo de diferencia de tiempo de propagación (TDOA) por medio de las vías de señal directas estimadas de cada una de las señales de radio recibidas.

8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque las estaciones transmisoras emiten las señales de radio en forma sincronizada.

45 9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado** porque se emplea para la sincronización de la emisión una señal de impulso por segundo (PPS) y/o una señal de 10 MHz.

10. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado** porque la señal PPS y/o la señal de 10 MHz se reajustan continuamente en fase con una tasa de repetición prefijada, de especialmente 10 Hz, para garantizar una sincronización permanente.

50 11. Estación transmisora que está concebida para uso con un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores y que presenta lo siguiente:

- una unidad de sincronización (27) para recibir y emitir señales de sincronización desde y hacia otras estaciones

transmisoras, respectivamente;

- un generador de señales (22-26) para generar la señal de medición de distancia; y
- un módulo de comunicación (20-21) para emitir la señal de medición de distancia como señal de radio para la determinación de la posición de un receptor.

5 12. Disposición de varias estaciones transmisoras (1a-1e) según la reivindicación 11, en la que cada estación transmisora tiene un enlace visual con al menos otra estación transmisora.

13. Dispositivo de determinación de posición que está concebido para uso con un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 y que presenta lo siguiente:

- 10 - un filtro pasabanda (11) para el filtrado en pasabanda de cada señal de radio recibida emitida por una estación transmisora,
- un mezclador (13, 15) para mezclar cada señal de radio filtrada en pasabanda a fin de reducirla a su banda base correspondiente,
- un filtro pasabajos (14) para filtrar en pasabajos cada señal de radio mezclada y reducida,
- un convertidor analógico-digital (16) para digitalizar cada señal de radio filtrada en pasabajos y
- 15 - una unidad de procesamiento (16) para transformar cada señal de radio digitalizada al dominio de la frecuencia por medio de una transformada rápida de Fourier FFT, para extraer componentes FFT complejas individuales de las señales de radio transformadas al dominio de la frecuencia y para retirar desfases de las componentes FFT complejas extraídas.

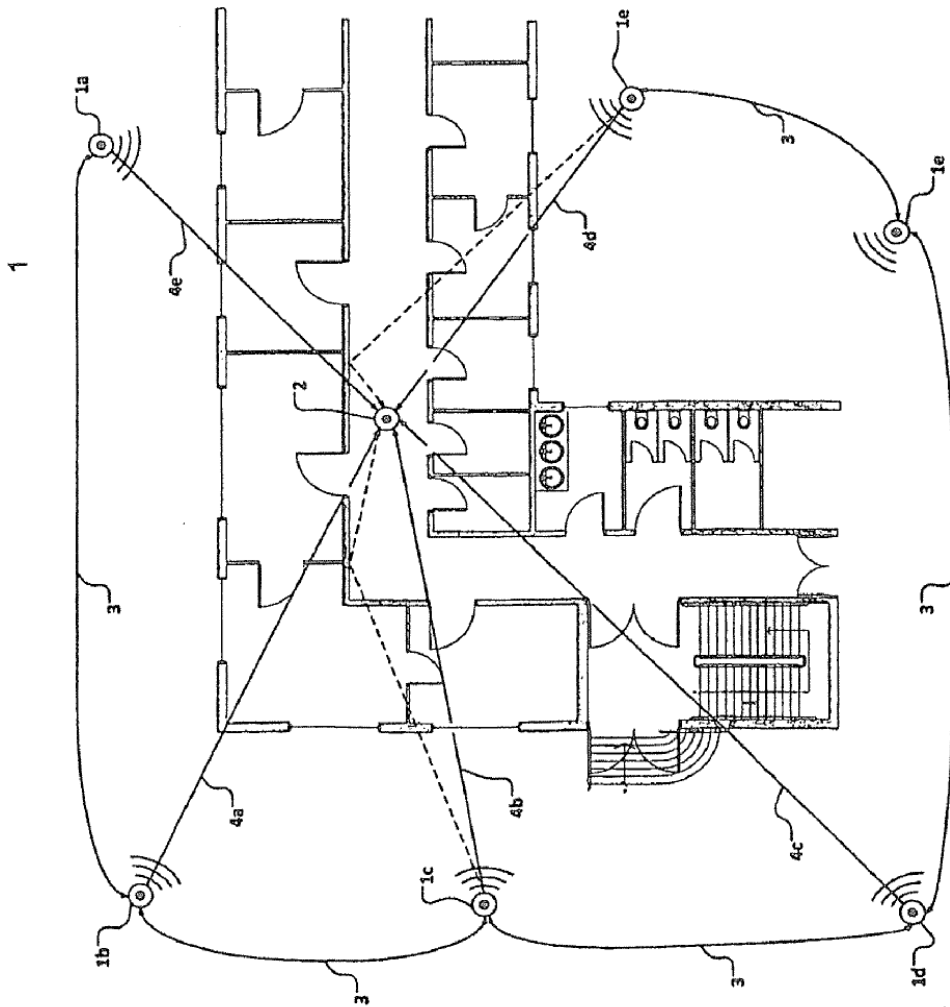


Fig. 1

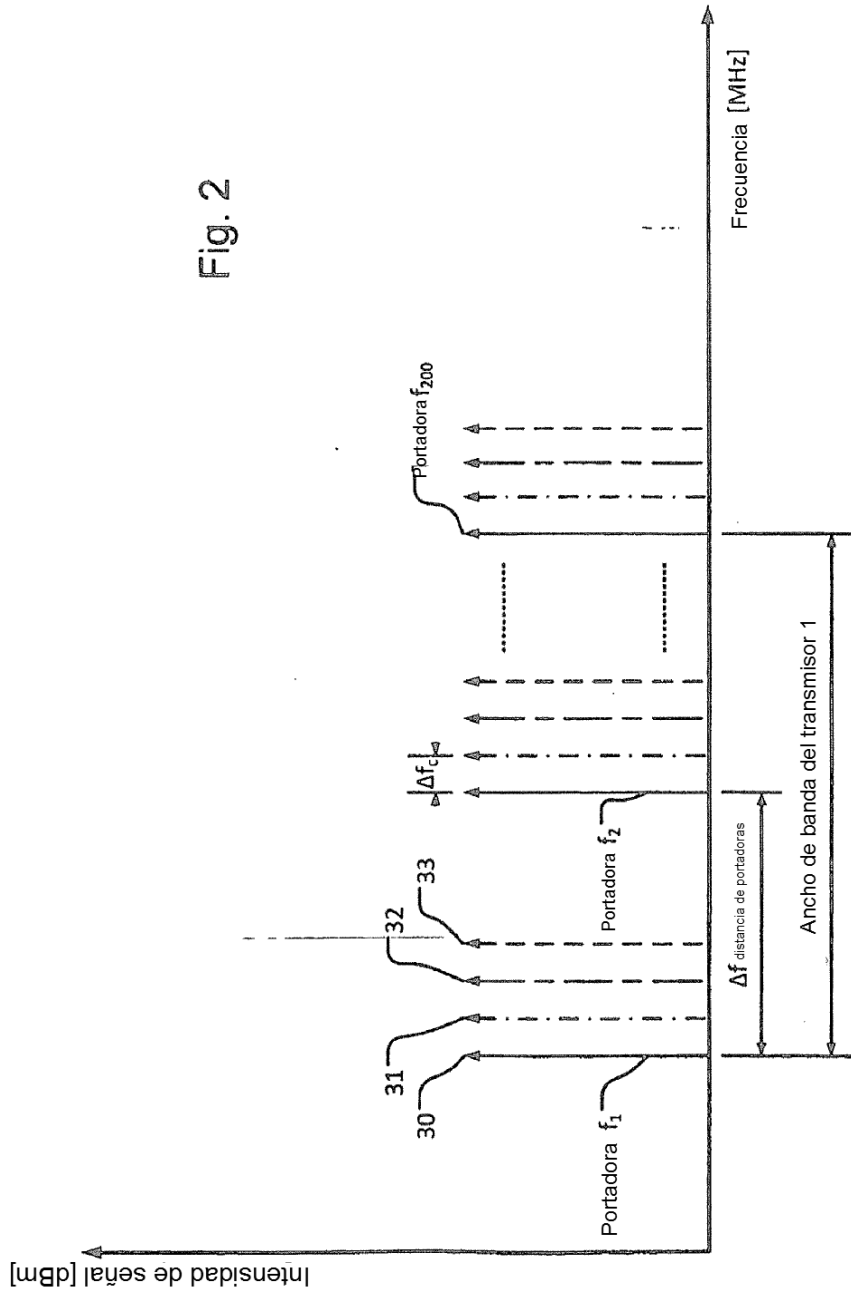


Fig. 2

Fig. 3

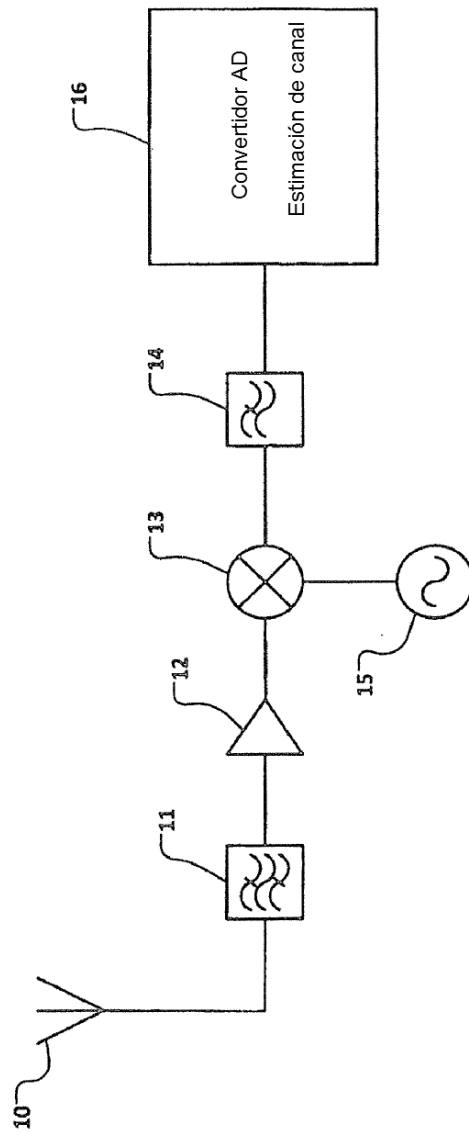
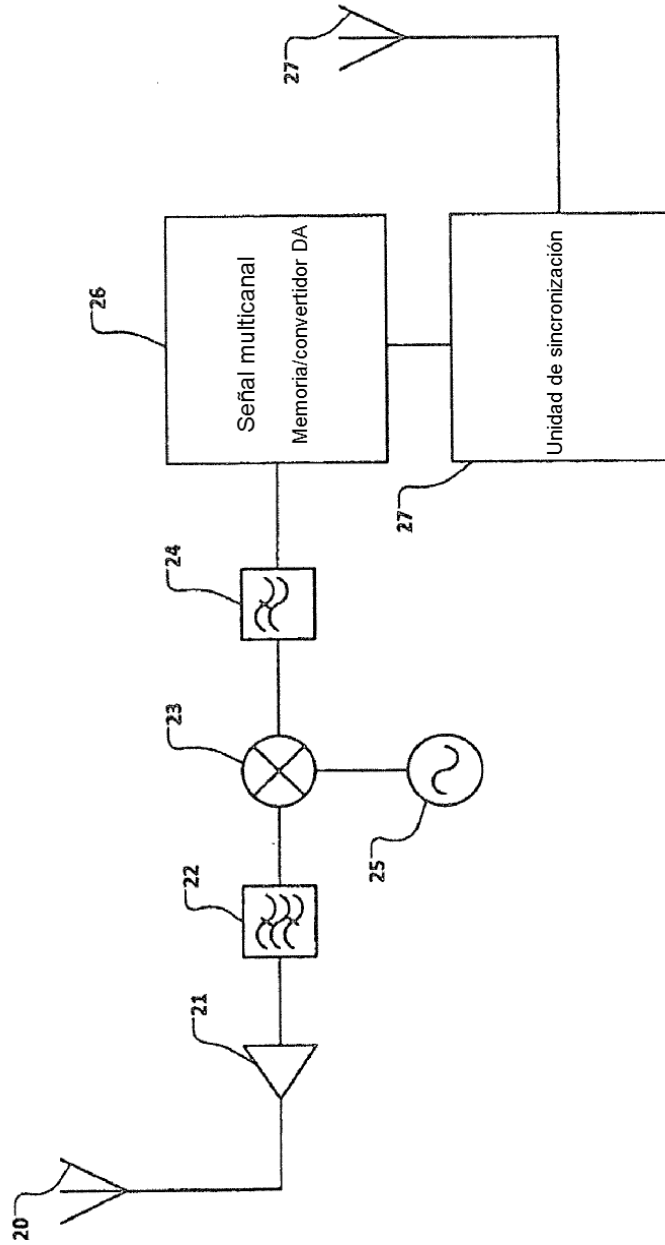


Fig. 4



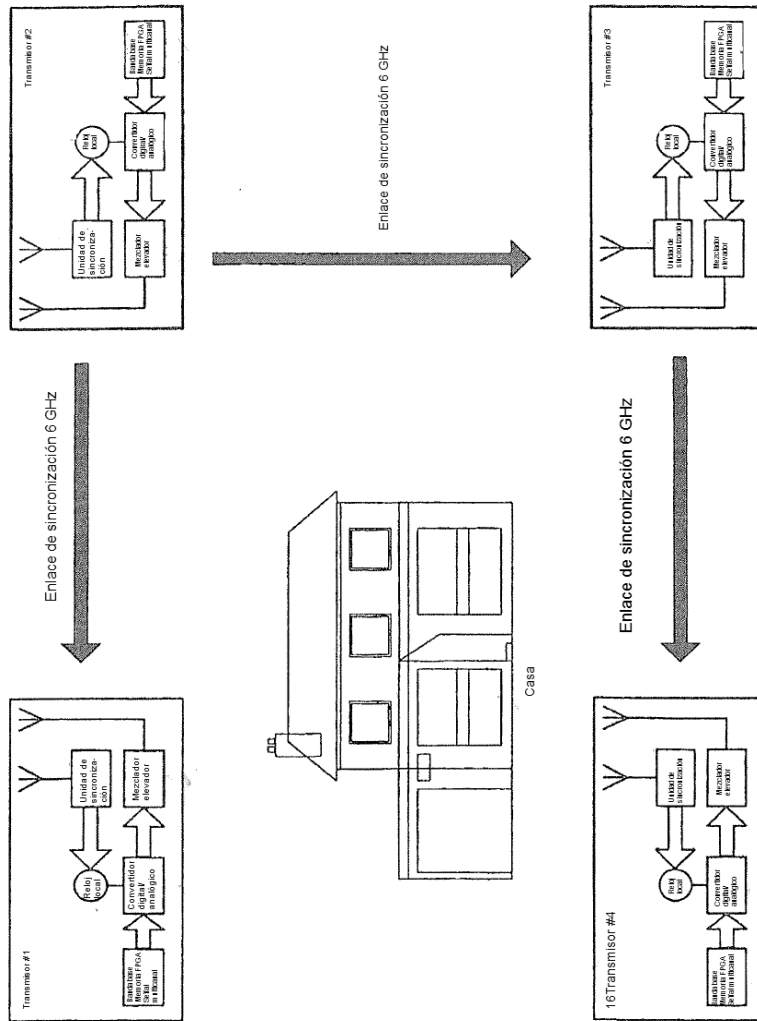


Fig. 5

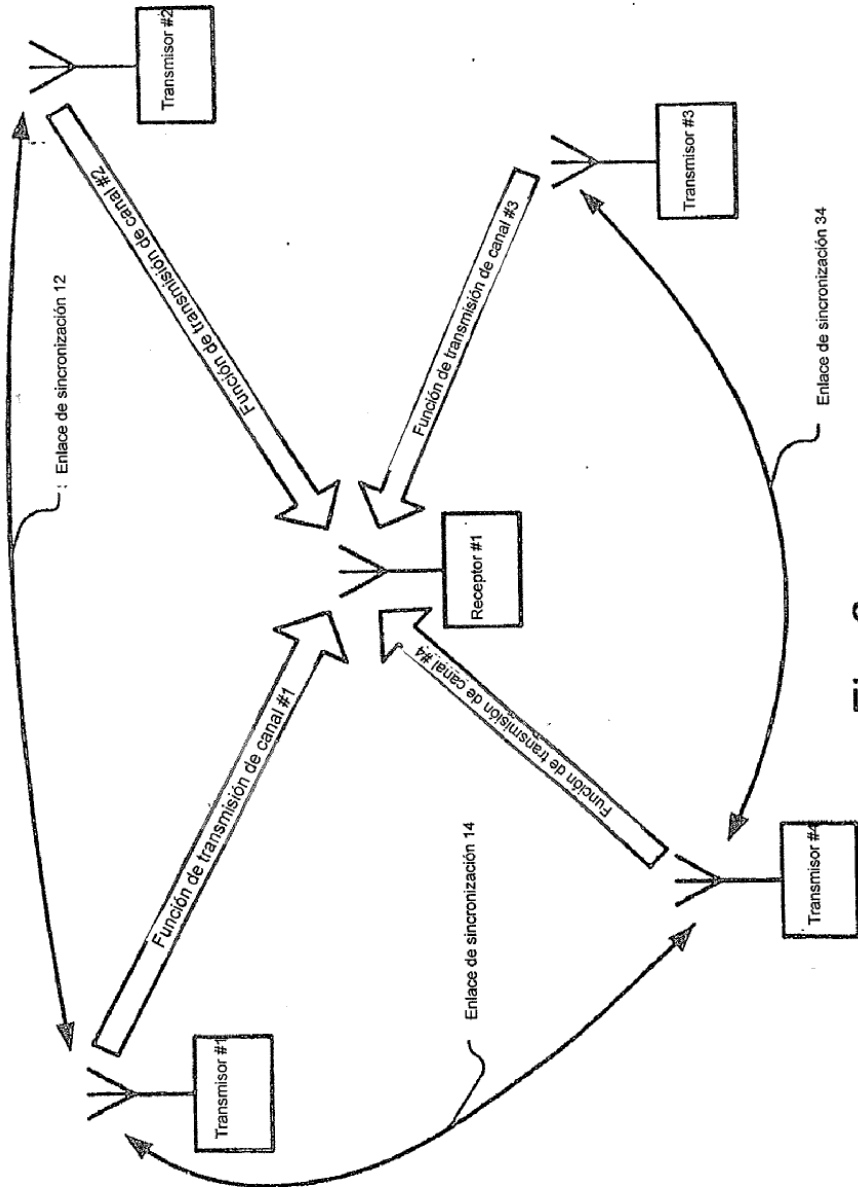


Fig. 6

Diagrama de flujo para visualizar el cálculo de la respuesta de impulso de canal entre un transmisor y un receptor

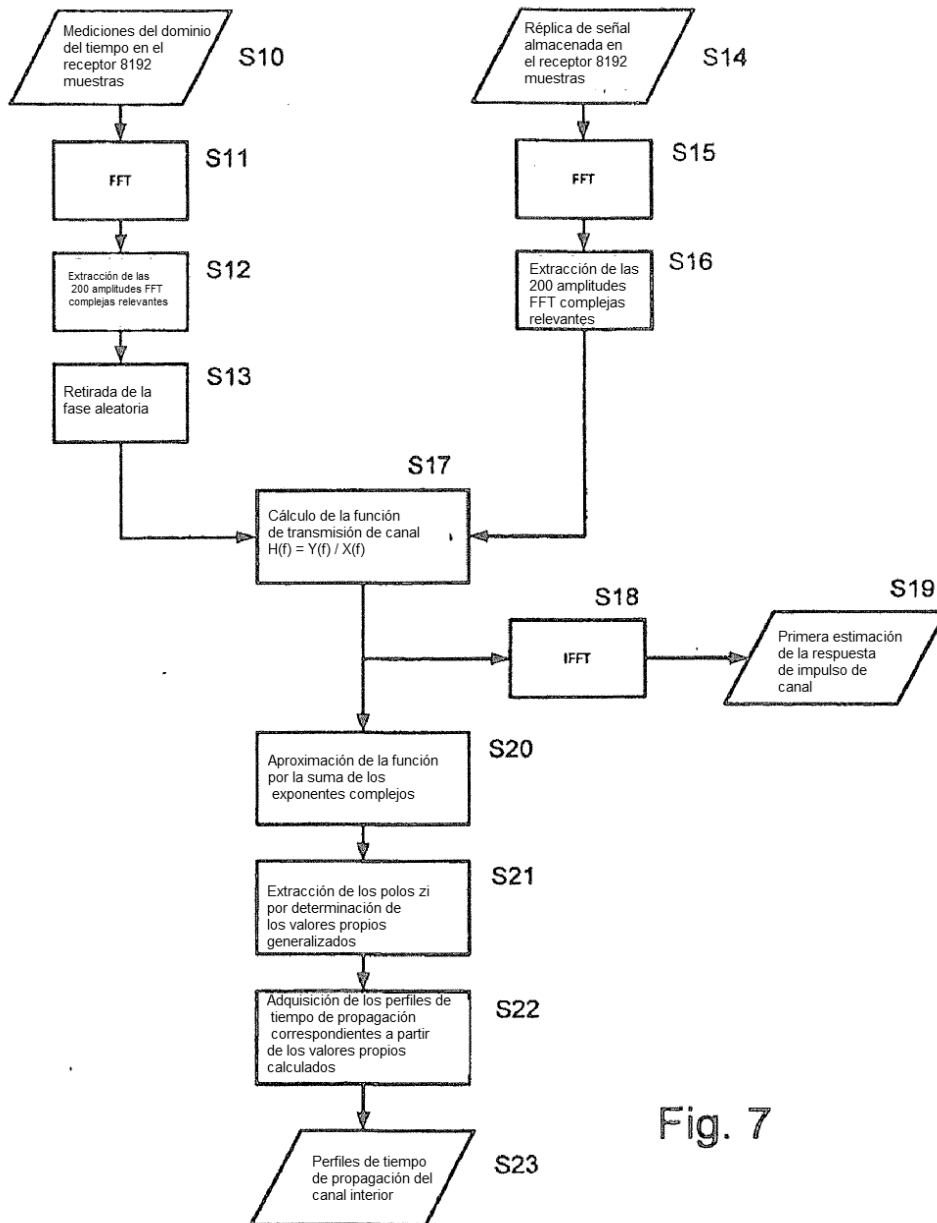


Fig. 7