

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 436 727**

51 Int. Cl.:

H04W 64/00 (2009.01)

G01S 5/02 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.08.2008** **E 08803428 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2013** **EP 2345293**

54 Título: **Localización de interiores mejorada**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.01.2014

73 Titular/es:

TELESPAZIO S.P.A. (100.0%)
Via Tiburtina 965
Roma, IT

72 Inventor/es:

VALLETTA, DAMIANO;
MONTI, CRISTIANO y
BELLOFIORE, PAOLO

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 436 727 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

Localización en interiores mejorada

Área técnica de la invención

5 La presente invención hace referencia, en general, a la localización en entornos interiores y, en particular, a un sistema de localización en interiores basado en radio frecuencia.

Arte previo

Como es conocido, en los últimos tiempos se percibe, cada vez más, la necesidad de sistemas de localización cada vez más fiables.

10 Por consiguiente, se han propuesto muchos sistemas de localización indicados para determinar o rastrear la posición de un usuario.

Los sistemas de localización pueden dividirse en tres categorías principales: sistemas de localización global, sistemas de localización de área amplia basados en redes celulares, y sistemas de localización en interiores.

15 Un sistema habitual de localización global es el sistema de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés), que aprovecha las señales procedentes de múltiples satélites para realizar un proceso de multilateración para determinar localizaciones con una precisión de aproximadamente 5 m. Sin embargo, el GPS resulta ineficaz para su uso en interiores o en áreas urbanas en las que los altos edificios apantallan las señales del satélite, es decir en condiciones de interiores profundos.

20 Por otro lado, los sistemas de localización de área amplia basados en redes celulares, en general, se basan en la medición de la potencia de la señal para saber la distancia entre un terminal de usuario y una estación base. Sin embargo, la precisión de los sistemas de localización de área amplia se encuentra sumamente limitada por el tamaño de la célula. Más aún, la efectividad de estos sistemas para un entorno de interiores se encuentra también limitada por las múltiples reflexiones sufridas por la señal de radio frecuencia (RF), que causan, por ejemplo, fenómenos de multitrayecto y apantallamiento.

25 Finalmente, los sistemas de localización en interiores sólo están diseñados para realizar localizaciones en entornos de interiores. Se han propuesto durante el presente año varios sistemas de localización en interiores basados en diversas tecnologías, tales como infrarrojos (IR), ultrasonidos, video vigilancia, y señales de RF. Entre estos sistemas, las aproximaciones basadas en RF han captado una gran atención en los últimos años, ya que los sistemas de localización basados en RF presentan distintas ventajas en entornos de interiores por encima de todos los demás sistemas.

30 De hecho, un sistema de localización basado en RF es una solución de bajo coste y abarca una gran área en comparación con otros tipos de sistemas de localización en interiores. De hecho, un sistema de localización basado en RF puede funcionar en un edificio grande o incluso a través de muchos edificios.

35 Además, un sistema de localización basado en RF es un sistema estable debido a la propagación robusta de la señal, al contrario que los sistemas de localización basados en video o en IR (infrarrojo) que están sujetos a restricciones, tales como limitaciones en la línea de visión directa o a un rendimiento de mala calidad con iluminación fluorescente o con la luz directa del sol.

Los sistemas de localización basados en RF habituales, explotan los sistemas de Fidelidad Inalámbrica (Wi-Fi, por sus siglas en inglés), es decir basados en el estándar *IEEE 802.11*, además de otros sistemas inalámbricos, tales como redes de sensores inalámbricos, redes basadas en Bluetooth, etc.

40 De hecho, en general, un sistema de localización basado en RF para un entorno de interiores comprende una red de nodos, tal como una red Wi-Fi, que consta de una pluralidad de nodos de transmisión de RF, tales como puntos de acceso habituales, dispuestos dentro de un entorno de interiores y configurados para transmitir señales respectivas de RF en un único canal radioeléctrico. El sistema de localización basado en RF comprende, además, al menos un dispositivo móvil electrónico, tal como un ordenador portátil o un palmtop, que va a ser ubicado dentro de un entorno interior. El dispositivo móvil electrónico está configurado para recibir las señales de RF desde los nodos de transmisión de RF en un único canal radioeléctrico.

45 En general, la localización del dispositivo móvil electrónico llevada a cabo por el sistema de localización basado en RF, se basa en la aproximación de potencia de la señal recibida (RSS, por sus siglas en inglés), que hace referencia

a una técnica conocida, según la cual la localización del dispositivo móvil electrónico dentro del entorno de interiores se calcula comparando la huella de potencia de señal presente recibida con la huellas de potencia de señal de referencia almacenadas.

5 La filosofía general del enfoque de RSS es establecer una correspondencia exacta entre una posición dada y la potencia de señal recibida media en dicha posición dada, procedente de los nodos de transmisión de RF.

En detalle, los sistemas de localización basados en RF necesitan entrenarse antes de realizar la localización del dispositivo móvil electrónico. Por consiguiente, el proceso de localización comprende dos fases principales:

10 • una fase de entrenamiento, en donde las potencias medias de las señales de RF recibidas de los nodos de transmisión de RF sobre un único canal radioeléctrico se calculan en las posiciones de referencia y se introducen en una base de datos de RF para crear un mapa de RF del entorno de interiores, donde el mapa de RF contiene huellas de potencia de señal de referencia en las posiciones de referencia; y

15 • una fase en línea, en donde el dispositivo móvil electrónico que va a ser localizado calcula las potencias presentes de las señales de RF recibidas en su localización dentro del entorno de interiores procedentes de los nodos de transmisión de RF en un único canal radioeléctrico, y entonces compara las potencias presentes con todas las tuplas de la base de datos de RF para seleccionar aquella posición de referencia del mapa de RF que se encuentre más cercana en términos de potencia recibida.

El mapa de RF se encuentra organizado como una matriz en donde cada fila hace referencia a las potencias de las señales de RF recibidas, en una posición de referencia correspondiente, de los nodos de transmisión, donde cada una de ellas indexa una columna de la matriz.

20 Una vez que el dispositivo móvil electrónico ha calculado las potencias de las señales de RF recibidas de los nodos de transmisión de RF, y ha formado con dichas potencias presentes un vector de potencia presente correspondiente, compara este vector de potencia presente con todas las filas del mapa de RF para encontrar la coincidencia más cercana.

25 La comparación se basa, habitualmente, en una distancia euclidiana entre el vector de potencia presente y cada fila del mapa de RF, de manera que el dispositivo móvil electrónico esté localizado en la posición de referencia, cuya fila correspondiente en el mapa de RF presenta la menor distancia euclidiana del vector de potencia presente.

Un sistema de localización en interiores que opera según se ha descrito previamente, se revela en la patente estadounidense US 2007/0133487 A1.

30 En particular, la patente US 2007/0133487 A1 revela un método y un sistema para proporcionar una estimación de una localización móvil de un nodo, punto o terminal inalámbrico en una red de área local inalámbrica (WLAN, por sus siglas en inglés) u otra red adecuada, donde la estimación se basa en la correlación de una medición de la potencia de una señal de radio frecuencia (RF) tomada en un único canal radioeléctrico, y un punto de rejilla en una base de datos de potencia de señal o mapa de radio frecuencia construido sobre la base de las mediciones de potencia de señal de RF tomadas en dicho único canal radioeléctrico. Según la patente US 2007/0133487 A1, la base de datos
35 de potencia de señal o mapa de radio frecuencia, se construye utilizando un algoritmo de una huella de potencia de señal, que incluye seleccionar y medir un conjunto de puntos de rejilla en la WLAN u otra red adecuada.

Objeto y resumen de la invención

El solicitante ha observado que los sistemas de localización basados en RF conocidos sufren diversos problemas debido a la variabilidad de la señal de RF.

40 En particular, la caída puede afectar a la potencia de señal de RF causando una variabilidad en el tiempo y el espacio de la señal de RF que puede conducir a una estimación de la potencia presente inexacta.

A su vez, una estimación de la potencia presente inexacta puede conducir a seleccionar una tupla errónea de la base de datos de RF, dando como resultado, de ese modo, una localización errónea del dispositivo móvil electrónico.

45 Más aún, otras cuestiones afectan a la potencia de señal de RF desde el punto de vista de su variabilidad.

Por ejemplo, una topología simétrica del entorno de interiores o una distribución simétrica de los nodos de transmisión de RF pueden ofrecer como resultado varias tuplas de la base de datos de RF con los mismos valores de RSS, y por consiguiente pueden conducir a acoplar dichas diversas tuplas de la base de datos de RF con las

potencias presentes calculadas por el dispositivo móvil electrónico, obteniendo como resultado, de ese modo, una localización estimada completamente errónea del dispositivo móvil electrónico.

5 Adicionalmente, desde el punto de vista de la variabilidad del tiempo, si no se calcula la media de las potencias presentes, su asociación con las tuplas de la base de datos de RF puede ser errónea, conduciendo de ese modo a una mala precisión en la estimación de la localización del dispositivo móvil electrónico.

Finalmente, la precisión de estimación de localización de los sistemas de localización basados en RF conocidos, también depende de muchos otros factores, tales como las características de propagación de radio frecuencia del entorno de interiores y la cantidad de los nodos de transmisión de RF.

10 Por ejemplo, las personas desplazándose y las puertas cerradas o abiertas pueden producir un cambio rápido de las características del entorno de interiores, conduciendo de ese modo a una variación significativa de las potencias presentes medidas por el dispositivo móvil electrónico con respecto a las potencias almacenadas en el mapa de RF.

15 Por tanto, un primer objeto de la presente invención consiste en proporcionar un sistema de localización basado en RF para un entorno de interiores que, en general, puede mitigar, al menos en parte, los problemas citados anteriormente, y, en particular, y sufrir menos la variabilidad de la señal de RF que los sistemas de localización basados en RF conocidos.

Otro objeto de la presente invención consiste en proporcionar un sistema de localización basado en RF para un entorno de interiores que mejora la precisión de la estimación de la localización del dispositivo móvil electrónico dentro del entorno de interiores con respecto a los sistemas de localización basados en RF conocidos, los cuales generalmente logran una precisión de aproximadamente 3 m.

20 Estos y otros objetos se logran mediante la presente invención en cuanto que la misma hace referencia a un sistema de localización en interiores, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

25 Para un mejor entendimiento de la presente invención, modos de realización preferentes, que tienen la intención únicamente de mostrarse a modo de ejemplo y no han de ser interpretados como limitativos, serán descritos a continuación en referencia a los dibujos adjuntos (ninguno a escala), en donde:

- La Figura 1 muestra de manera esquemática un sistema de localización en interiores según la presente invención;
- La Figura 2 muestra de manera esquemática un modo de realización diferente del sistema de localización en interiores de la presente invención;
- 30 • La Figura 3 muestra de manera esquemática un ejemplo de localización realizada por el sistema de localización en interiores de la presente invención;
- La Figura 4 muestra en abstracto una estructura apilada, de manera esquemática, que representa la arquitectura conceptual de dos componentes del sistema de localización en interiores según la presente invención;
- La Figura 5 muestra de manera esquemática un ejemplo de dos canales radioeléctricos diferentes;
- La Figura 6 muestra canales radioeléctricos del estándar *IEEE 802.15.4* en la banda *2.4-2.4835 GHz*;
- 35 • La Figura 7 muestra un entorno de interiores en donde se ha probado el sistema de localización en interiores según la presente invención; y
- La Figura 8 muestra una función de distribución acumulada del error calculada para una prueba realizada en el sistema de localización en interiores según la presente invención.

Descripción detallada de los modos de realización preferentes de la invención

40 La siguiente descripción se presenta con el objeto de permitir que un experto en el arte realice y utilice la invención. Varias modificaciones de los modos de realización resultarán fácilmente aparentes para aquellas personas expertas en el arte, sin apartarse del alcance de la presente invención según se reivindica.

Por tanto, no se pretende que la presente invención se vea limitada solamente a los modos de realización mostrados, sino que se le ha de conceder el alcance más amplio consistente con los principios y características revelados en la misma, y definidos en las reivindicaciones adjuntas.

5 La presente invención parte de la idea del solicitante acerca del aprovechamiento de los diferentes canales radioeléctricos para caracterizar de una mejor manera la propagación en un entorno de interiores genérico.

De hecho, el solicitante ha realizado una extensa investigación sobre la propagación de señales en entornos de interiores que le ha llevado a observar que transmitir señales dentro de un entorno de interiores por diferentes canales radioeléctricos, causa que las señales se propaguen de diferentes formas y que se reciban con diferentes características incluso si se transmiten con un nivel de potencia constante. En casos extremos, una señal transmitida por un canal radioeléctrico puede no ser recibida por un receptor, mientras que la misma señal transmitida por un canal radioeléctrico es recibida.

Por lo tanto, utilizando diferentes canales radioeléctricos para transmitir la misma señal permite diversificar las medidas de potencia en una posición dada, mejorando de ese modo la precisión de la estimación de la ubicación dentro de entornos de interiores y permitiendo superar los factores de variabilidad de la señal de RF.

15 En particular, la figura 1 muestra de manera esquemática un sistema de localización en interiores 10 según la presente invención.

En detalle, el sistema de localización en interiores 10 comprende una red de nodos de transmisión de RF 11 que comprende una pluralidad de nodos de transmisión de RF 12 dispuestos en diferentes posiciones dentro del entorno de interiores y configurados para transmitir señales de RF por al menos dos canales radioeléctricos diferentes.

20 El sistema de localización en interiores 10 además comprende al menos un dispositivo móvil electrónico 13 para ser situado dentro del entorno de interiores, donde el dispositivo móvil electrónico 13 se encuentra configurado para recibir las señales de RF de los nodos de transmisión de RF 12 por al menos dos canales radioeléctricos diferentes.

Más aún, el sistema de localización en interiores 10 se encuentra configurado para operar en:

25 • un modo de entrenamiento, en donde las magnitudes de referencia se calculan en base a potencias de las señales de RF recibidas, en diferentes posiciones de referencia conocidas dentro del entorno de interiores, procedentes de los nodos de transmisión de RF 12 por al menos dos canales radioeléctricos diferentes; y

30 • un modo de localización, en donde las magnitudes presentes se calculan en base a las potencias de las señales de RF recibidas por el dispositivo móvil electrónico 13 en su presente localización dentro del entorno de interiores, procedentes de los nodos de transmisión de RF 12 por al menos dos canales radioeléctricos diferentes, y en donde la localización presente del dispositivo móvil electrónico 13 se determina en base a las magnitudes presentes y de referencia.

Las magnitudes de referencia pueden ser, de manera conveniente, o bien medias de potencias o potencias instantáneas de las señales de RF recibidas en las diferentes posiciones de referencia conocidas desde los nodos de transmisión de RF 12 por al menos dos canales radioeléctricos diferentes.

35 Más aún, también las magnitudes presentes pueden ser, de manera conveniente, o bien medias de potencias o potencias instantáneas de las señales de RF recibidas por el dispositivo móvil electrónico 13 en su posición presente dentro del entorno de interiores, procedentes de los nodos de transmisión de RF 12 por al menos dos canales radioeléctricos diferentes. De manera preferente, en el modo de localización

40 • las magnitudes presentes se comparan con las magnitudes de referencia para determinar al menos una posición de referencia conocida en la que las magnitudes de referencia correspondientes cumplen con una relación dada con las magnitudes presentes; y

• la localización presente del dispositivo móvil electrónico 13 se determina en base a al menos una posición de referencia conocida determinada.

45 De manera conveniente, en el modo de entrenamiento se crea y se almacena un mapa de RF del entorno de interiores, donde el mapa comprende para cada posición de referencia conocida correspondientes vectores de la magnitud de referencia, cada uno de los cuales comprende las magnitudes de referencia calculadas en base a las potencias de las señales de RF recibidas en la posición de referencia conocida, desde los nodos de transmisión de RF 12 por un canal radioeléctrico correspondiente.

Por lo tanto, en el mapa de RF el número de vectores de la magnitud de referencia para cada posición de referencia conocida, es igual al número de los diferentes canales radioeléctricos utilizados por el sistema de localización en interiores 10.

Por consiguiente, en el modo de localización

5 • se forman vectores de la magnitud presente, cada uno de los cuales comprende las magnitudes presentes calculadas en base a las potencias de las señales de RF recibidas por el dispositivo móvil electrónico 13 en su localización presente dentro del entorno de interiores, procedente de los nodos de transmisión de RF 12 por un canal radioeléctrico correspondiente;

10 • se determina al menos una posición de referencia conocida cuyos vectores de la magnitud de referencia correspondientes cumplen una relación dada con los vectores de la magnitud presente; y

• se determina la localización presente del dispositivo móvil electrónico 13 en base a al menos una posición de referencia determinada conocida.

15 Por lo tanto, el número de vectores de la magnitud presente formados para la localización presente del dispositivo móvil electrónico 13 es igual al número de los diferentes canales radioeléctricos aprovechados por el sistema de localización de interiores 10.

Más aún, de acuerdo con un primer modo de realización de la presente invención, el dispositivo móvil electrónico 13 se encuentra configurado para:

• calcular las magnitudes de referencia en el modo de entrenamiento;

• almacenar las magnitudes de referencia en el modo de entrenamiento;

20 • calcular las magnitudes presentes en el modo de localización; y

• determinar su localización presente en base a las magnitudes presentes y de referencia en el modo de localización.

De manera conveniente, de acuerdo con el primer modo de realización de la presente invención, el dispositivo móvil electrónico 13 se encuentra además configurado para:

25 • en el modo de entrenamiento, crear y almacenar el mapa de RF;

• en el modo de localización, formar los vectores de la magnitud presente;

• en el modo de localización, determinar al menos una posición de referencia conocida cuyos vectores de la magnitud de referencia correspondientes cumplen con la relación dada con los vectores de la magnitud presente; y

30 • en el modo de localización, determina su localización presente en base a al menos una posición de referencia conocida determinada.

De manera alternativa, la figura 2 muestra un segundo modo de realización de la presente invención en donde un sistema de localización en interiores 10' difiere del sistema de localización en interiores 10 mostrado en la figura 1 en que comprende además una unidad de procesamiento central 14.

35 Tal como se muestra en la figura 2, el dispositivo móvil electrónico 13 se acopla a la unidad de procesamiento central 14 y se encuentra configurado para proporcionar la unidad de procesamiento central 14 con las magnitudes de referencia en el modo de entrenamiento y con las magnitudes presentes en el modo de localización.

De acuerdo con el segundo modo de realización, la unidad de procesamiento central 14 se encuentra configurada para:

• almacenar las magnitudes de referencia en el modo de entrenamiento; y

40 • determinar la localización presente del dispositivo móvil electrónico 13 en base a las magnitudes de referencia y presentes en el modo de localización.

De manera conveniente, de acuerdo con el segundo modo de realización de la presente invención, la unidad de procesamiento central 14 se encuentra además configurada para:

- en el modo de entrenamiento, crear y almacenar el mapa de RF;
- en el modo de localización, formar los vectores de la magnitud presente;

- 5
- en el modo de localización, determinar al menos una posición de referencia conocida cuyos vectores de la magnitud de referencia correspondientes cumplen con la relación dada con los vectores de la magnitud presente; y
 - en el modo de localización, determinar la localización presente del dispositivo móvil electrónico 13 en base a al menos una posición de referencia conocida determinada.

- 10
- De manera conveniente, el mapa de RF se crea en base a una base de datos que almacena cada magnitud de referencia en una tupla correspondiente, donde el número de magnitudes de referencia, y por lo tanto el número de tuplas, es igual a $N_{KRP} * N_{RC} * N_{RFTN}$, en donde N_{KRP} es el número de posiciones de referencia conocidas, N_{RC} es el número de los diferentes canales radioeléctricos aprovechados por el sistema de localización en interiores 10 o 10', y N_{RFTN} es el número de los nodos de transmisión de RF 12.

[0054] En detalle, cada tupla almacena:

- 15
- una magnitud de referencia correspondiente;
 - una identidad del nodo de transmisión de RF 12 que ha transmitido al menos una señal de RF en base a la cual la magnitud de referencia correspondiente ha sido calculada;
 - un indicador del canal radioeléctrico por el que ha sido recibido al menos una señal de RF en base a la cual la correspondiente magnitud de referencia ha sido calculada; y
- 20
- coordenadas espaciales de la posición de referencia conocida en la que ha sido recibida al menos una señal de RF en base a la cual la magnitud de referencia correspondiente ha sido calculada.

- Más aún, puede determinarse de manera conveniente al menos una posición de referencia conocida cuyos vectores de la magnitud de referencia correspondientes cumplen con una relación dada con los vectores de la magnitud presente, identificando al menos una posición de referencia conocida cuyos vectores de la magnitud de referencia correspondientes son una coincidencia cercana con los vectores de la magnitud presente.
- 25

- A su vez, identificar al menos una posición de referencia conocida, cuyos vectores de la magnitud de referencia correspondiente son una coincidencia cercana con los vectores de la magnitud presente, pueden basarse convenientemente en el cálculo para cada posición de referencia conocida al menos a una distancia entre los vectores de la magnitud presente y los vectores de la magnitud de referencia correspondientes a la posición de referencia conocida.
- 30

De manera preferente, el cálculo para cada posición de referencia de al menos una distancia, puede estar basado en una métrica euclidiana.

- De manera conveniente, el cálculo para cada posición de referencia conocida de al menos una distancia basado en la métrica euclidiana, comprende calcular un número de distancias euclidianas iguales al número de los diferentes canales radioeléctricos N_{RC} , donde la distancia euclidiana, con i obviamente comprendido entre 1 y N_{RC} , es calculada entre el vector de la magnitud presente i , es decir, el vector de potencia que comprende las magnitudes calculadas en base a las potencias de las señales de RF recibidas por el canal radioeléctrico i , y el vector de la magnitud de referencia i correspondiente a la posición de referencia conocida, es decir, el vector de la magnitud de referencia que comprende las magnitudes de referencia calculadas en base a las potencias de las señales de RF recibidas en la posición de referencia conocida por el canal radioeléctrico i .
- 35
- 40

Más aún, en este punto, la localización presente del dispositivo móvil electrónico 13 puede ser determinado de acuerdo con cuatro diferentes aproximaciones de localización.

- De acuerdo con una primera aproximación de localización, se estima que la localización presente del dispositivo móvil electrónico 13 es esa posición de referencia conocida para la que se calcula la distancia euclidiana más pequeña entre todas las distancias euclidianas calculadas.
- 45

De acuerdo a una segunda aproximación de la localización, para cada posición de referencia conocida se calcula un parámetro indicador de distancia basado en las distancias euclidianas calculadas para la posición de referencia conocida, y se estima que la localización presente del dispositivo móvil electrónico 13 es esa posición de referencia conocida para la cual se calcula el parámetro indicador de distancia entre todos los parámetros indicadores de distancia calculados.

De manera conveniente, el parámetro indicador de distancia puede ser la suma de todas las distancias euclidianas calculadas para la posición de referencia.

Más aún, de acuerdo con una tercera aproximación de la localización, se identifica un primer subconjunto de posiciones de referencia conocidas, donde las posiciones de referencia conocidas que pertenecen al primer subconjunto son aquellas posiciones de referencia conocidas para las cuales se calculan las distancias euclidianas más pequeñas entre todas las distancias euclidianas calculadas.

En otras palabras, las posiciones de referencia conocidas K1 que se acoplan a las distancias euclidianas más pequeñas entre las distancias euclidianas calculadas para todas las posiciones de referencia conocidas, se identifican y se incluyen entonces en el primer subconjunto, donde K1 es un número entero mayor que 1.

Entonces, se estima que la localización presente del dispositivo móvil electrónico 13 es el baricentro geográfico de las posiciones de referencia que pertenecen al primer subconjunto.

Finalmente, de acuerdo con una cuarta aproximación de localización, para cada posición de referencia conocida se calcula un parámetro indicador de distancia basado en las distancias euclidianas calculadas para la posición de referencia conocida, y se identifica un segundo subconjunto de las posiciones de referencia conocidas, donde las posiciones de referencia conocidas que pertenecen al segundo subconjunto son aquellas posiciones de referencia conocidas para las que se calculan los parámetros indicadores de la distancia más pequeña entre todos los parámetros indicadores calculados.

En otras palabras, las posiciones de referencia conocidas K2 que presentan los parámetros indicadores de la distancia euclidiana más pequeña entre los parámetros indicadores de las distancias calculadas para todas las posiciones de referencia conocidas, se identifican y se incluyen entonces en el segundo subconjunto, donde K2 es un número entero mayor que 1.

De manera conveniente, el parámetro indicador de distancia puede ser la suma de todas las distancias euclidianas calculadas para la posición de referencia conocida.

Entonces, se estima que la localización presente del dispositivo móvil electrónico 13 es el baricentro geográfico de las posiciones de referencia que pertenecen al segundo subconjunto.

Como es conocido, las coordenadas espaciales (X_B , Y_B , Z_B) de un baricentro geográfico K de posiciones $P_i(x_i, y_i, z_i)$ se calculan como sigue a continuación:

$$x_B = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K x_i,$$

$$y_B = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K y_i,$$

$$z_B = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K z_i.$$

La Figura 3 muestra un ejemplo de localización realizada mediante el sistema de localización en interiores según la presente invención.

5 En detalle, la figura 3 muestra un entorno de interiores 31 acoplado al sistema de localización en interiores (no se muestra) según la presente invención, el cual aprovecha dos canales radioeléctricos diferentes para localizar un dispositivo móvil electrónico (no se muestra) que se encuentra dentro de un entorno de interiores 31, donde un primer canal radioeléctrico de los dos canales radioeléctricos corresponde a una primera frecuencia f1 y un segundo canal radioeléctrico corresponde a una segunda frecuencia f2.

Más aún, como se muestra en la figura 3, dentro del entorno de interiores 31, se encuentran seis posiciones de referencia conocidas, respectivamente P1, P2, P3, P4, P5 y P6.

10 Junto con el entorno de interiores 31, la figura 3 muestra además un mapa de RF 32 creado y almacenado por el sistema de localización en interiores, donde el mapa de RF 32 comprende para cada una de las seis posiciones de referencia conocidas P1, P2, P3, P4, P5 y P6, dos vectores de la magnitud de referencia donde cada uno comprende las magnitudes de referencia calculadas en base a las potencias de las señales de RF recibidas en la posición de referencia conocida considerada, procedente de los nodos de transmisión de RF por un canal radioeléctrico correspondiente.

15 Adicionalmente, la figura 3 además muestra dos vectores de la magnitud presente 33, donde cada uno comprende las magnitudes presentes calculadas en base a las potencias de las señales de RF recibidas por el dispositivo móvil electrónico en su localización presente dentro del entorno de interiores 31, procedente de los nodos de transmisión de RF por un canal radioeléctrico correspondiente.

20 En base a una comparación entre los vectores de la magnitud 33 y el mapa de RF 32 el sistema de localización en interiores localiza el dispositivo móvil electrónico en la posición de referencia conocida P4 porque los vectores de la magnitud de referencia correspondientes a la posición de referencia conocida P4 son la coincidencia más cercana con los vectores de la magnitud presente 33.

Más aún, la figura 4 muestra en abstracto una estructura apilada 40 que representa de manera esquemática la arquitectura conceptual de los nodos de transmisión de RF 12 y del dispositivo móvil electrónico 13.

En detalle, como se muestra en la figura 4, la estructura apilada 40 comprende:

- 25
- un sistema de operación 41 en la capa superior de la estructura apilada 40;
 - un selector de canal 42 en la capa central de la estructura apilada 40; y
 - un módulo de comunicaciones 43 en la capa inferior de la estructura apilada 40.

30 En particular, el selector del canal 42 se encuentra configurado para seleccionar de forma dinámica un canal radioeléctrico para transmitir y/o recibir, entre al menos dos canales radioeléctricos diferentes aprovechados por el sistema de localización según la presente invención.

El selector de canal 42 puede ser implementado por software o implementado por hardware, y puede interactuar a través de software y/o hardware con el módulo de comunicaciones 43 para transmitir/recibir por el canal radioeléctrico seleccionado durante un periodo de tiempo dado.

35 De manera conveniente, tanto los selectores de canal 42 de los nodos de transmisión de RF 12, como el selector de canal 42 del dispositivo móvil electrónico 13, tienen un único e igual patrón de selección de los diferentes canales radioeléctricos y se sincronizan siempre en el mismo canal radioeléctrico seleccionado.

40 De manera alternativa, el selector de canal 42 del dispositivo móvil electrónico 13 selecciona, y por tanto el dispositivo móvil electrónico 13 recibe por, cada canal radioeléctrico durante un tiempo de escucha T_L lo suficientemente largo para permitir que los selectores de canal 42 de los nodos de transmisión de RF 12 seleccionen, y por tanto que los nodos de transmisión de RF transmitan por, dicho canal radioeléctrico seleccionado por el selector de canal 42 del dispositivo móvil electrónico 13, y que el dispositivo móvil electrónico 13 recoja un número suficiente de mediciones de potencia.

En particular, el tiempo de escucha T_L puede ser definido como:

$$T_L = N_{RC} * T_T$$

en donde N_{RC} es el número de diferentes canales radioeléctricos aprovechados por el sistema de localización en interiores 10 o 10^1 , y T_T es el tiempo de transmisión de los nodos de transmisión de RF 12 por cada canal radioeléctrico.

5 La Figura 5 muestra de manera esquemática un ejemplo de dos canales diferentes radioeléctricos con una separación de frecuencia Δf .

En detalle, la figura 5 muestra un primer canal radioeléctrico 51 en una primera frecuencia $f1$ y un segundo canal radioeléctrico 52 en una segunda frecuencia $f2$ separadas entre sí por la separación de frecuencia Δf que es igual a $f2-f1$.

10 El sistema de localización en interiores según la presente invención puede ser realizado de manera ventajosa por medio de diferentes tecnologías, tales como Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee o banda ultra ancha (UWB, por sus siglas en inglés).

Más aún, el solicitante ha llevado a cabo una prueba en profundidad para evaluar los rendimientos del sistema de localización en interiores según la presente invención.

15 En particular, el sistema de localización en interiores ha sido realizado mediante una tecnología de redes de sensor inalámbrico.

En detalle, una red de sensor inalámbrico consiste en transceptores inteligentes de baja potencia y miniaturizados que pueden jugar el papel tanto de transmisores como el papel de receptores al mismo tiempo.

20 El solicitante ha utilizado, como dispositivo móvil electrónico a ser localizado y como nodos de transmisión, transceptores basados en el estándar del *IEEE 802.15.4* que permite seleccionar de forma dinámica un canal radioeléctrico entre dieciséis canales radioeléctricos disponibles en la banda *2.4-2.4835 GHz*.

En particular, la figura 6 muestra de manera esquemática los dieciséis canales radioeléctricos *IEEE 802.15.4* en la banda *2.4-2.4835 GHz*, es decir en la frecuencia *2.480 GHz*.

25 De manera conveniente, los transceptores que actúan como los nodos de transmisión de RF se montan en la pared en posiciones conocidas, donde cada nodo de transmisión de RF se encuentran configurados para difundir las señales de RF por los canales radioeléctricos del *IEEE 802.15.4* 11 , es decir en la frecuencia *2.405 GHz*, y 26 , es decir en la frecuencia *2.480 GHz*.

En particular, de manera preferente, cada nodo de transmisión envía un mensaje cada 100 ms con una potencia de 3dbm por uno de los dos canales radioeléctricos del *IEEE 802.15.4* 11 y 26 , y entonces enciende el otro canal radioeléctrico del *IEEE 802.15.4*. Este procedimiento se repite de manera cíclica.

30 Un ejemplo de estructura de los mensajes enviados por los nodos de transmisión se muestra en la siguiente tabla:

T _x ID	Número de canal radioeléctrico	Número de secuencia
-------------------	--------------------------------	---------------------

en donde

- el campo T_x ID contiene la identidad del nodo de transmisión de RF que transmite el mensaje, donde la identidad es codificada, de manera conveniente, mediante ocho bits;
 - 35 • el campo del número del canal radioeléctrico contiene un número de canal radioeléctrico que indica el canal radioeléctrico por el cual el mensaje se transmite y por tanto se recibe, donde el canal radioeléctrico es codificado de manera conveniente mediante ocho bits; y
 - el campo de número de secuencia contiene un número utilizado por el dispositivo móvil electrónico que recibe el mensaje para evitar la duplicación del mensaje, donde el número de secuencia es codificado, de manera conveniente, mediante treinta y dos bits.
- 40

La Figura 7 muestra un entorno de interiores en donde se ha sometido a prueba el sistema de localización en interiores según la presente invención.

El entorno de interiores mostrado en la Figura 7 representa un escenario de un edificio de oficinas moderno caracterizado por pequeñas estancias situadas a lo largo de grandes pasillos y que comprenden paredes de tamaño pequeño/mediano.

En la figura 7 se muestra también un ejemplo de estimación de localización.

- 5 En detalle, en la Figura 7 los puntos cuadrados representan las posiciones de referencia conocidas, los puntos redondos representan localizaciones de dispositivos móviles electrónicos estimadas por el sistema de localización en interiores, y los puntos con forma de asteriscos representan los nodos de transmisión de RF.

Los rendimientos del sistema de localización en interiores según la presente invención han sido analizados considerando una función de error $f(x_i, y_i, z_i)$ definida como sigue a continuación:

$$f(x_i, y_i, z_i) = \sqrt{(x_i - x'_i)^2 + (y_i - y'_i)^2 + (z_i - z'_i)^2}$$

- 10 en donde (x_i, y_i, z_i) es la posición real del dispositivo móvil electrónico y (x'_i, y'_i, z'_i) es la localización del dispositivo móvil electrónico estimada por el sistema de localización en interiores.

- 15 Muchas pruebas han sido realizadas por el solicitante variando algunos parámetros, tales como el número de nodos de transmisión de RF, las posiciones de referencia conocidas y las características de propagación de radio del entorno de interiores.

En particular, durante la prueba muchas diferentes trayectorias del dispositivo móvil electrónico a ser localizado han sido tomadas en cuenta, y cada posición de referencia conocida ha sido elegida de manera que pudiera ver al menos tres nodos de transmisión de RF diferentes.

- 20 Más aún, para cada prueba se ha calculado la función de distribución acumulada del error, el error medio, y la desviación estándar de la función de error $f(x_i, y_i, z_i)$.

En particular, la figura 8 muestra un ejemplo de la función de distribución acumulada del error calculada para una prueba típica realizada.

Como puede observarse en la figura 8, el sistema de localización en interiores según la presente invención, es capaz de garantizar una precisión de la estimación de la localización de 1,3 m con una probabilidad del 67%.

- 25 A partir de lo expuesto con anterioridad, puede ser inmediatamente apreciado que el sistema de localización en interiores según la presente invención sufre en menor medida la variabilidad de la señal de RF y logra una mayor precisión de estimación de localización que los sistemas de localización basados en RF conocidos.

- 30 Adicionalmente, puede resultar útil señalar que la presente invención puede aprovecharse de manera ventajosa en los escenarios de emergencia en interiores, donde van a recuperarse personas o productos, además para proporcionar servicios adaptados al contexto, que, en general, aprovechan la información sobre el contexto del usuario para proporcionar servicios mejorados basados en la posición del usuario.

- 35 Ejemplos de servicios adaptados al contexto, basados en la posición de un usuario, son seguimiento de llamadas, que envía las llamadas telefónicas a la ubicación presente del usuario, impresión en cualquier lugar, que elige la impresora más cercana para los usuarios de móviles, y turista inteligente, que ofrece información de ayuda basada en la ubicación de un turista.

Finalmente, queda claro que numerosas modificaciones y variantes pueden ser realizadas a la presente invención, siendo todas ellas abarcadas por el alcance de la invención, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de localización en interiores (10; 10') para localizar un dispositivo móvil electrónico dentro de un entorno de interiores, que comprende:

5 • una pluralidad de nodos de transmisión (12) dispuestos en diferentes posiciones dentro de un entorno de interiores y configurados para transmitir señales de RF; y

 • un dispositivo móvil electrónico (13) configurado para recibir señales de RF desde los nodos de transmisión (12); donde el sistema de localización en interiores (10; 10') se encuentra configurado para operar en:

10 • un modo de entrenamiento, en el que el dispositivo móvil electrónico (13) puede operar para calcular magnitudes de referencia en base a las potencias de las señales de RF recibidas desde los nodos de transmisión (12) en diferentes posiciones de referencia dentro del entorno de interiores; y

15 • un modo de localización, en el que el dispositivo móvil electrónico (13) puede operar para calcular las magnitudes presentes en base a las potencias de las señales de RF recibidas desde los nodos de transmisión (12) en su localización presente dentro de un entorno de interiores, y en el que la localización presente del dispositivo móvil electrónico (13) se determina en base a las magnitudes presentes y de referencia;

donde el sistema de localización en interiores (10; 10') se encuentra **caracterizado porque**:

20 • los nodos de transmisión (12) pueden operar, tanto en el modo de entrenamiento como en el de localización, para transmitir las señales de RF por al menos dos canales radioeléctricos diferentes;

 • el dispositivo móvil electrónico (13) puede operar en el modo de entrenamiento para calcular, para cada posición de referencia y cada uno de los, al menos, dos canales radioeléctricos, magnitudes de referencia correspondientes en base a las señales recibidas por el dispositivo móvil electrónico (13) en dicha posición de referencia desde los nodos de transmisión (12) por dicho canal radioeléctrico; y

25 • el dispositivo móvil electrónico (13) puede operar en el modo de localización para calcular, para cada uno de los, al menos, dos canales radioeléctricos diferentes, correspondientes magnitudes presentes en base a las señales de RF recibidas por el dispositivo móvil electrónico (13) en su localización presente desde los nodos de transmisión (12) por dicho canal radioeléctrico.

2. Sistema de localización en interiores (10) según la reivindicación 1, en donde el dispositivo móvil electrónico (13) se encuentra además configurado para:

30 • almacenar las magnitudes de referencia calculadas en el modo de entrenamiento; y

 • en el modo de localización, determinar su localización presente en base a las magnitudes presentes y de referencia.

35 3. Sistema de localización en interiores (10') según la reivindicación 1, que además comprende una unidad de procesamiento central (14) acoplado a un dispositivo móvil electrónico (13) que se encuentra configurado además para proporcionar una unidad de procesamiento central (14) con las magnitudes de referencia en el modo de entrenamiento; donde la unidad de procesamiento central (14) se encuentra configurada para:

 • almacenar las magnitudes de referencia calculadas en el modo de entrenamiento; y

40 • en el modo de localización, determinar la localización presente del dispositivo móvil electrónico (13) en base a las magnitudes presentes y de referencia.

4. Sistema de localización en interiores (10) según la reivindicación 1, en donde el dispositivo móvil electrónico (13) se encuentra además configurado para:

45 • en el modo de entrenamiento, crear y almacenar un mapa de RF del entorno de interiores, donde dicho mapa de RF comprende para cada posición de referencia vectores de la magnitud de referencia correspondientes, donde cada uno comprende las magnitudes de referencia calculadas en base a las

potencias de las señales de RF recibidas por el dispositivo móvil electrónico (13) en la posición de referencia desde los nodos de transmisión (12) para un canal radioeléctrico correspondiente;

- en el modo de localización, formar los vectores de la magnitud presente, donde cada vector de la magnitud comprende las magnitudes presentes calculadas en base a las potencias de las señales de RF recibidas por el dispositivo móvil electrónico (13) en su localización presente, desde los nodos de transmisión (12) para un canal radioeléctrico correspondiente;

- en el modo de localización, determinar al menos una posición de referencia cuyos vectores de la magnitud de referencia cumplen con una relación dada con los vectores de la magnitud presente; y

- en el modo de localización, determinar su localización presente en base a, al menos, una posición de referencia determinada.

5. Sistema de localización en interiores (10') según la reivindicación 1, que además comprende una unidad de procesamiento central (14) acoplada al dispositivo móvil electrónico (13) que se encuentra además configurado para proporcionar a la unidad de procesamiento central (14) las magnitudes de referencia en el modo de entrenamiento y las magnitudes presentes en el modo de localización; donde la unidad de procesamiento central (14) se encuentra configurada para:

- en el modo de entrenamiento, crear y almacenar un mapa de RF del entorno de interiores, donde dicho mapa de RF comprende para cada posición de referencia correspondientes vectores de la magnitud de referencia, donde cada uno comprende las magnitudes de referencia calculadas por el dispositivo móvil electrónico (13) en base a las potencias de las señales de RF recibidas por dicho dispositivo móvil electrónico (13) en la posición de referencia desde los nodos de transmisión (12) por un canal radioeléctrico correspondiente;

- en el modo de localización, formar los vectores de la magnitud presente, donde cada vector de la magnitud presente comprende las magnitudes presentes calculadas por el dispositivo móvil electrónico (13) en base a las potencias de las señales de RF recibidas por dicho dispositivo móvil electrónico (13) en su localización presente desde los nodos de transmisión (12) por un canal radioeléctrico correspondiente;

- en el modo de localización, determinar al menos una posición de referencia cuyos vectores de la magnitud de referencia cumplen con una relación dada con los vectores de la magnitud presente; y

- en el modo de localización, determinar la localización presente del dispositivo móvil electrónico (13) en base a, al menos, una posición de referencia determinada.

6. Sistema de localización en interiores (10; 10') según la reivindicación 4 o 5, en donde el mapa de RF se crea en base a la base de datos que comprende una pluralidad de tuplas, donde cada tupla almacena:

- una magnitud de referencia correspondiente;

- la identidad de un nodo de transmisión (12) que ha transmitido la señal de RF en base a la cual el dispositivo móvil electrónico (13) ha calculado la magnitud de referencia correspondiente;

- un indicador del canal radioeléctrico por el que el dispositivo móvil electrónico (13) ha recibido la señal de RF en base a la cual ha calculado la magnitud de referencia correspondiente; y

- coordenadas espaciales de la posición de referencia en la que el dispositivo móvil electrónico (13) ha recibido la señal de RF en base a la cual ha calculado la magnitud de referencia correspondiente.

7. Sistema de localización en interiores (10; 10') según cualquiera de las reivindicaciones 4-6, en donde la, al menos una, posición de referencia, cuyos vectores de la magnitud correspondiente cumplen con una relación dada con los vectores de la magnitud presente, se determina en base a calcular para cada posición de referencia distancias euclidianas respectivas, cada una de las cuales se calcula entre un vector de la magnitud presente correspondiente que comprende las magnitudes presentes calculadas por el dispositivo móvil electrónico (13) en base a las potencias de las señales de RF recibidas por dicho dispositivo móvil electrónico (13) por un canal radioeléctrico respectivo, y un vector de la magnitud de referencia correspondiente que comprende las magnitudes de referencia calculadas por el dispositivo móvil electrónico (13) en base a las potencias de las señales de RF recibidas por dicho dispositivo móvil electrónico (13) en la posición de referencia por dicho canal radioeléctrico respectivo.

8. Sistema de localización en interiores (10; 10') según la reivindicación 7, en donde se estima que la localización presente del dispositivo móvil electrónico (13) es aquella posición de referencia para la que se calcula la distancia euclidiana más pequeña entre todas las distancias euclidianas calculadas.
- 5 9. Sistema de localización en interiores (10; 10') según la reivindicación 7, en donde para cada posición de referencia un parámetro indicador de distancia se calcula en base a las respectivas distancias euclidianas para la posición de referencia; y en donde se estima que la localización presente del dispositivo móvil electrónico (13) es aquella posición de referencia para la que se calcula el parámetro indicador de la distancia más pequeña entre todos los parámetros indicadores de distancia calculados.
- 10 10. Sistema de localización en interiores (10; 10') según la reivindicación 7, en donde se identifica un primer subconjunto de posiciones de referencia, donde las posiciones de referencia que pertenecen al primer subconjunto son aquellas posiciones de referencia para las que se calculan las distancias euclidianas más pequeñas entre todas las distancias euclidianas calculadas; y en donde se estima que la localización presente del dispositivo móvil electrónico (13) es un baricentro geográfico de las posiciones de referencia que pertenecen al primer subconjunto.
- 15 11. Sistema de localización en interiores (10; 10') según la reivindicación 7, en donde para cada posición de referencia un parámetro indicador de distancia se calcula en base a las distancias euclidianas respectivas calculadas para la posición de referencia; en donde se identifica un segundo subconjunto de posiciones de referencia para las que se calculan los parámetros indicadores de la distancia más pequeña entre todos los parámetros indicadores de distancia calculados; y en donde se estima que la localización presente del dispositivo móvil electrónico (13) es un baricentro geográfico de las posiciones de referencia que pertenecen al segundo subconjunto.
- 20 12. Sistema de localización en interiores (10; 10') según la reivindicación 9 u 11, en donde el parámetro indicador de distancia calculado para cada posición de referencia es la suma de todas las distancias euclidianas calculadas para la posición de referencia.
- 25 13. Sistema de localización en interiores (10; 10') según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el dispositivo móvil electrónico (13) comprende un primer selector de canal (42) configurado para seleccionar de forma dinámica un canal radioeléctrico entre los, al menos, dos canales radioeléctricos diferentes fijos por el cual recibe las señales de RF desde los nodos de transmisión (12), y en donde cada nodo de transmisión (12) comprende un correspondiente segundo selector de canal (42) configurado para seleccionar de forma dinámica un canal radioeléctrico entre los, al menos, dos canales radioeléctricos diferentes por el cual transmiten las señales de RF.
- 30 14. Sistema de localización en interiores (10; 10') según la reivindicación 13, en donde el primer selector de canal (42) y los segundos selectores de canal (42) se encuentran configurados para tener un único e igual patrón de selección de los, al menos, dos diferentes canales radioeléctricos, y para sincronizarse en el mismo canal radioeléctrico seleccionado.
- 35 15. Sistema de localización en interiores (10; 10') según la reivindicación 13, en donde el primer selector de canal (42) se encuentra configurado para seleccionar cada canal radioeléctrico durante un tiempo de escucha (T_L) lo suficientemente largo para permitir que los segundos selectores de canal (42) seleccionen el canal radioeléctrico seleccionado por el primer selector de canal (42).

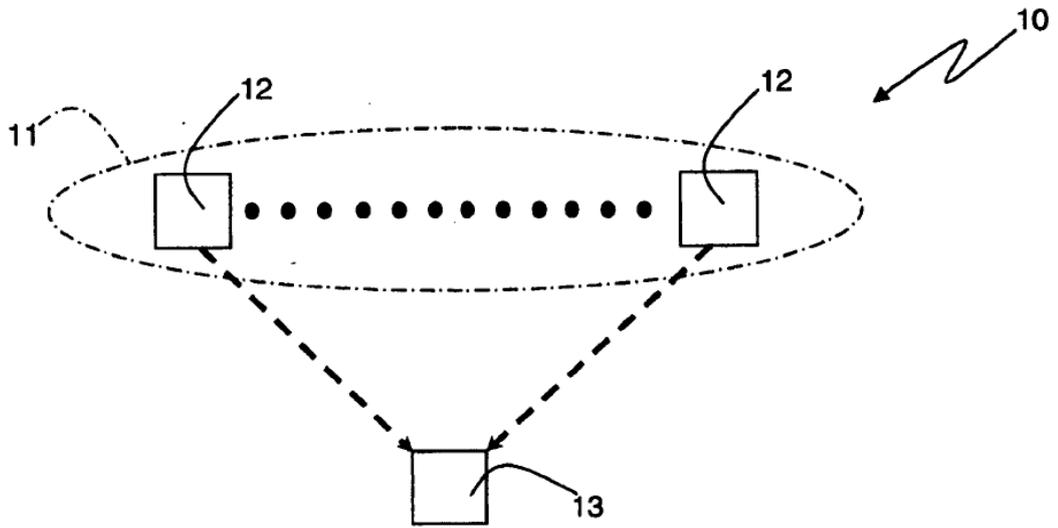


Fig. 1

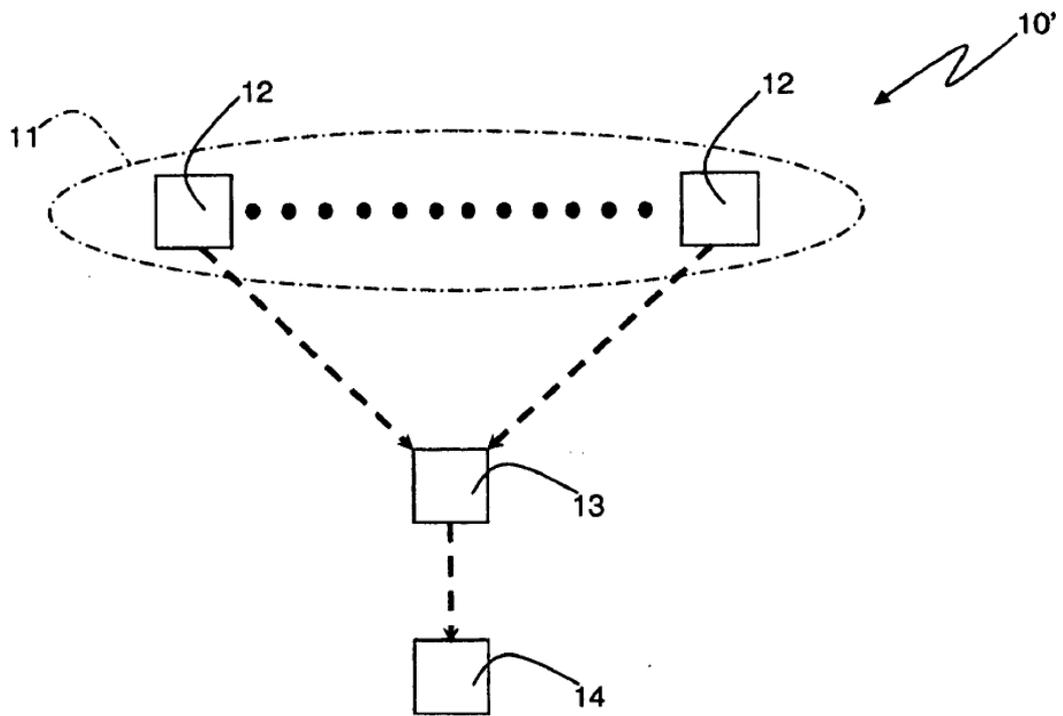


Fig. 2

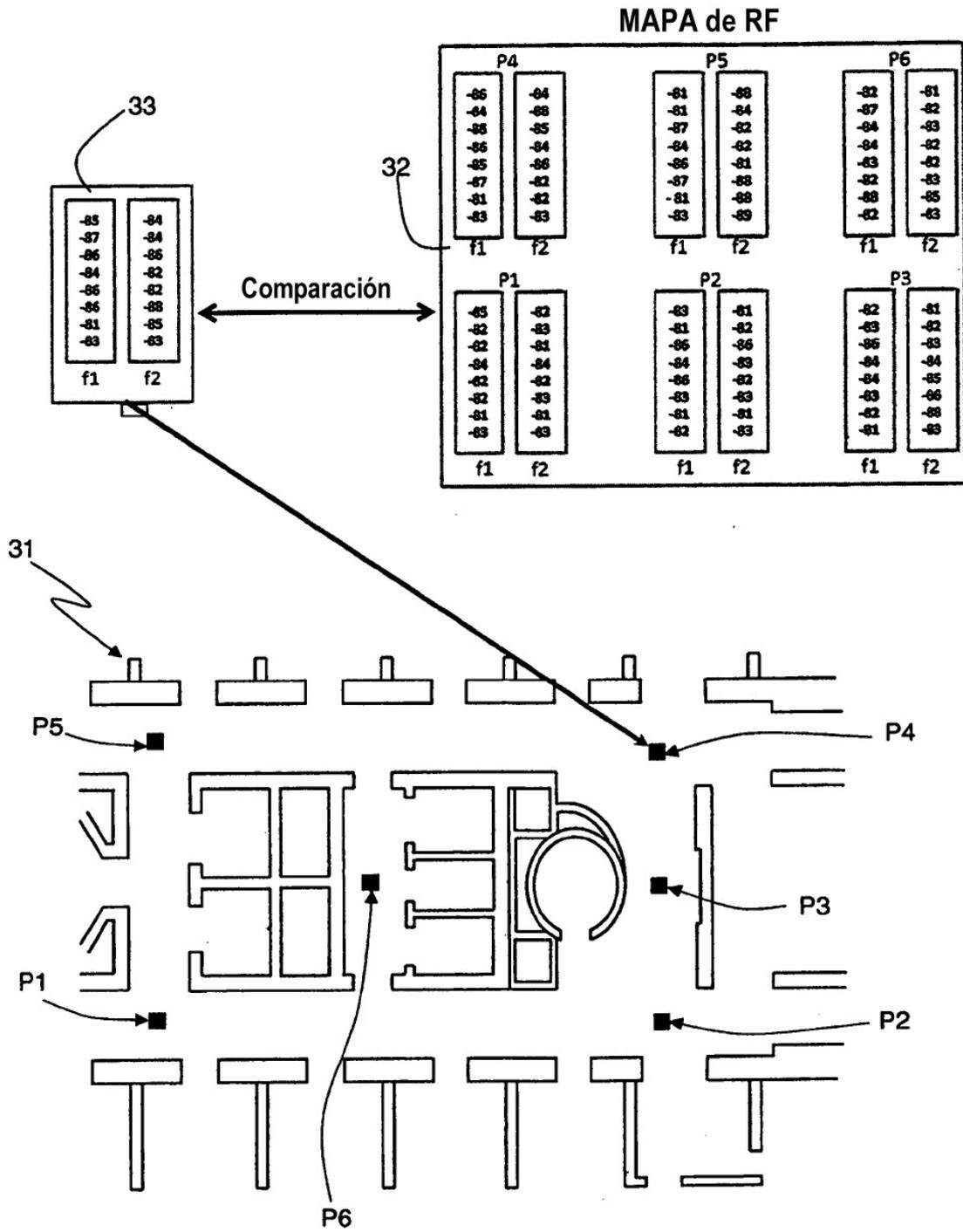


Fig. 3

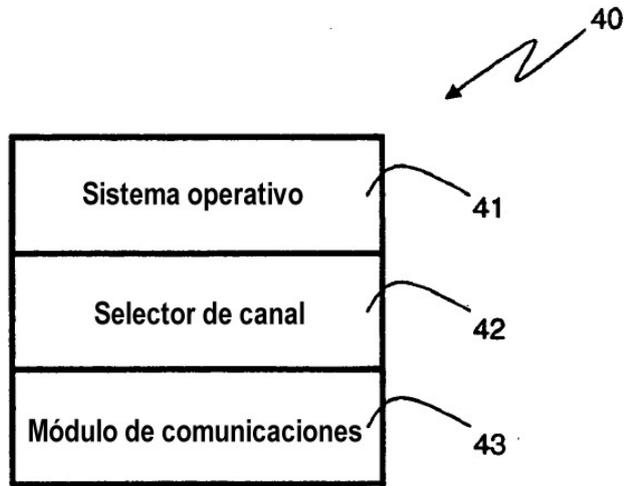


Fig. 4

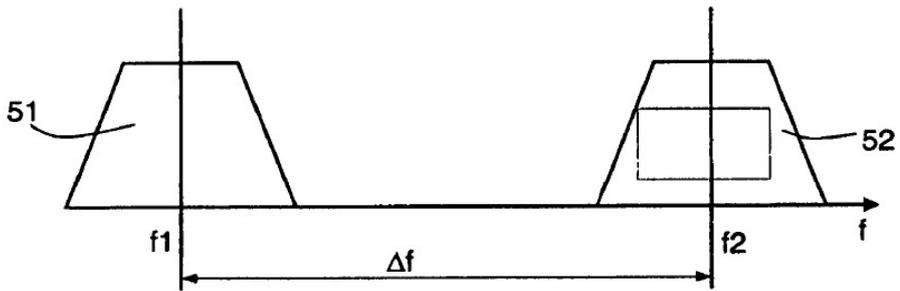


Fig. 5

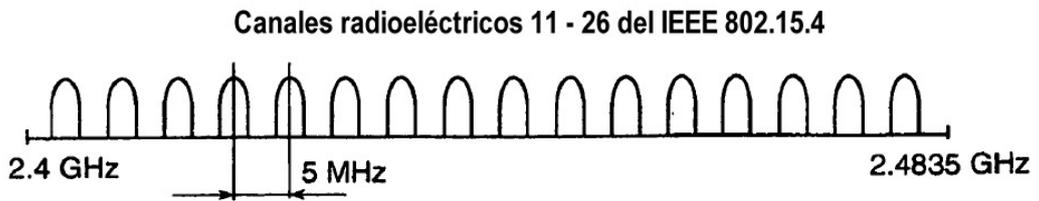


Fig. 6

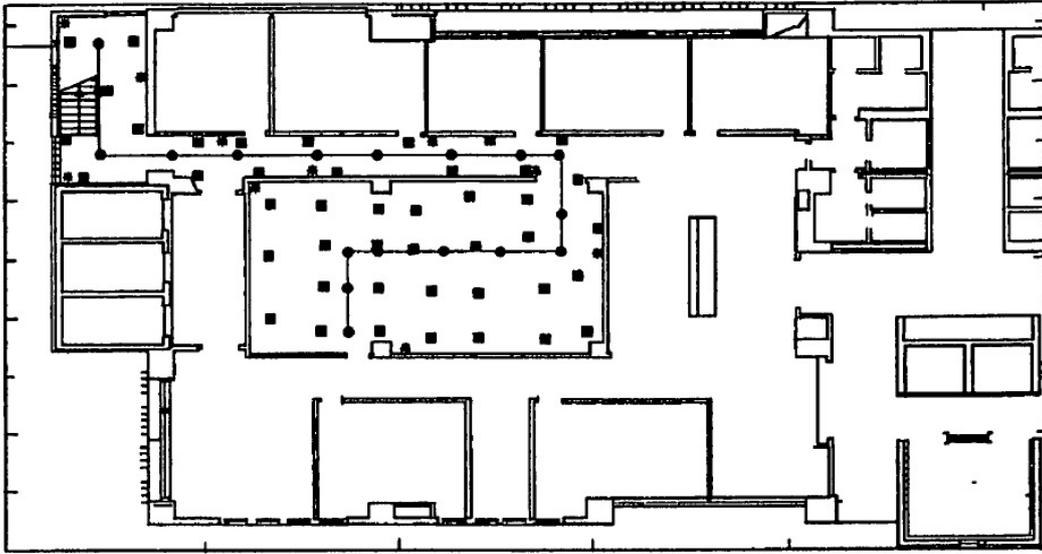


Fig. 7

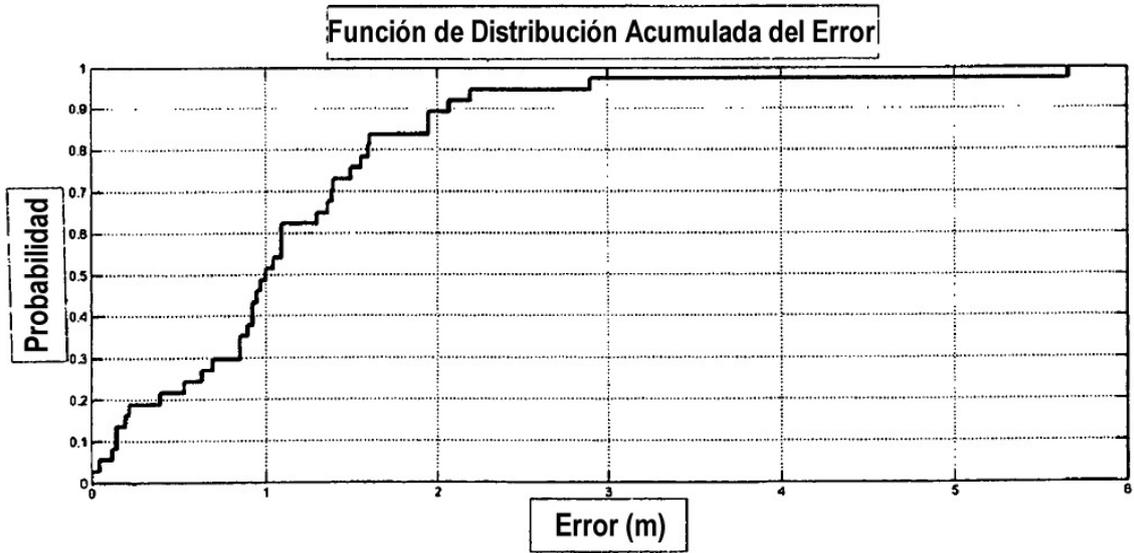


Fig. 8