

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 345 698**

② Número de solicitud: 200801314

⑤ Int. Cl.:
H04W 64/00 (2009.01)
G01S 5/02 (2010.01)

⑫ PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

② Fecha de presentación: **30.04.2008**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **29.09.2010**

Fecha de la concesión: **06.10.2011**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:
18.08.2011

④ Fecha de anuncio de la concesión: **19.10.2011**

④ Fecha de publicación del folleto de la patente:
19.10.2011

⑦ Titular/es: **Universidad de Valladolid
Plaza de Santa Cruz, 5 Bajo
47002 Valladolid, ES**

⑦ Inventor/es: **Mazuelas Franco, Santiago;
Lorenzo Toledo, Rubén;
Fernández Reguero, Patricia;
Bahillo Martín, Alfonso;
Blas Prieto, Juan y
Abril Domingo, Evaristo**

⑦ Agente: **No consta**

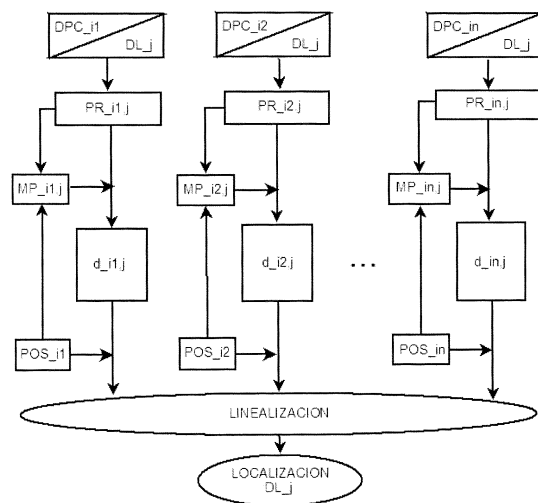
⑤ Título: **Procedimiento para la determinación de la posición en redes inalámbricas a partir de los niveles de potencia recibidos.**

⑤ Resumen:

Procedimiento para la determinación de la posición en redes inalámbricas a partir de los niveles de potencia recibidos.

El objetivo del procedimiento es determinar la posición de un nodo inalámbrico en un entorno hostil donde la línea de visión directa entre el nodo a localizar y los nodos utilizados como referencia no esté garantizada, utilizando únicamente el nivel de potencia recibido como métrica de localización, y sin necesidad de realizar ninguna etapa de calibración previa del entorno.

Para ello, inicialmente se determina de forma dinámica los parámetros que caracterizan el modelo de propagación que mejor representa las condiciones del canal de propagación entre el nodo a localizar y el resto de nodos, seguidamente utilizando este modelo se estiman las distancias entre los nodos inalámbricos, y finalmente tomando las distancias estimadas se determina la posición del nodo inalámbrico mediante un proceso de trilateración que linealiza las ecuaciones conducentes a la solución.



ES 2 345 698 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la determinación de la posición en redes inalámbricas a partir de los niveles de potencia recibidos.

Sector de la técnica

La invención se engloba dentro del sector de las radiocomunicaciones y más específicamente dentro del sector de la radio navegación, es decir, dentro de las tecnologías de localización que hacen uso de métricas tomadas sobre las señales radioeléctricas que se transmiten en una red inalámbrica.

Estado de la técnica

Los sistemas de localización basados en información satelital, tales como el conocido GPS (*Global Positioning System*), son de aplicación y obtienen buenas precisiones en el caso de que exista una línea de visión directa entre el nodo a localizar y un número suficiente de satélites. En entornos hostiles, como lo son el interior de los edificios o las zonas urbanas densas, no es posible recibir señal desde un número suficiente de satélites y por lo tanto estos sistemas de localización no pueden ser utilizados en dichos entornos.

Hasta la fecha, varias técnicas han sido desarrolladas para obtener posiciones en este tipo de entornos utilizando infraestructuras inalámbricas alternativas a los satélites. Estas técnicas utilizan métricas de localización tomadas sobre las señales radioeléctricas. Las métricas pueden ser: el ángulo de llegada, el retardo temporal, o el nivel de potencia recibida (RSS, *Received Signal Strength*). La presente invención se refiere a un procedimiento de localización basado en el indicador sobre el nivel de potencia recibido (RSSI, *RSS Indicator*).

En cualquier red inalámbrica el RSSI juega un papel importante, ya que provee de la información necesaria para ajustar la ganancia del propio receptor y le permite seleccionar el nodo vecino más apropiado con el que comunicarse o a través de cual acceder a la red. Por lo que la métrica de localización RSS se puede obtener con cualquier nodo inalámbrico convencional a través del indicador RSSI.

En la literatura científica se pueden encontrar varios procedimientos de localización de nodos en redes inalámbricas haciendo uso del RSSI. Algunos de ellos están basados en la realización previa de una campaña de medidas, mediante la cual se obtiene una base de datos que relaciona valores de potencia con posiciones, para posteriormente realizar el proceso de localización comparando las potencias recibidas en cada instante con los valores almacenados en dicha base de datos (US6269246, US6393294). Otras técnicas obtienen previamente unos patrones de señal recibida para más tarde comparar la señal recibida con los patrones almacenados (ES2242873T3, EP0631453A2). A diferencia de estos procedimientos, la presente invención resuelve el problema técnico de obtener la posición de los nodos inalámbricos utilizando únicamente los valores del RSSI de los nodos baliza en cada instante y asumiendo conocidas las posiciones de estos últimos, sin la utilización de ninguna otra información obtenida mediante una etapa previa de calibración del entorno.

Descripción general de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento que determina la posición de un nodo móvil perteneciente a una red inalámbrica, haciendo uso únicamente de los niveles de potencia que se estén obteniendo en ese instante de tiempo.

En citada red inalámbrica existirán N nodos de referencia o nodos baliza cuya posición asumiremos conocida. A estos nodos baliza los llamaremos DPC_1, ..., DPC_N. Dentro de esa misma red inalámbrica también se encuentran los M nodos inalámbricos que se desea localizar, a los que llamaremos DL_1, ..., DL_M.

La invención resuelve el problema de determinar la posición de los nodos a localizar utilizando únicamente los valores de potencia recibidos en el instante en el que se desea localizar. Para ello, se determina cuáles son los parámetros que caracterizan los modelos de propagación que mejor describen la relación entre potencia recibida y distancia entre el nodo a localizar y cada nodo baliza, para las condiciones específicas de propagación en cada instante de tiempo.

Descripción detallada de la invención

A continuación se explica en detalle la invención con la ayuda de la figura 1.

Según la invención, para poder localizar a un nodo concreto DL_j, es necesario que esté recibiendo señales de al menos tres nodos DPCs, en el caso de localización en 2 dimensiones (2D); o de al menos cuatro nodos DPCs, en el caso de localización en 3 dimensiones (3D).

Si el nodo que se pretende localizar DL_J, tiene dentro de su rango de cobertura a n nodos de posiciones conocidas DPC_i1, DPC_i2, ..., DPC_in. En esta situación, el nodo que tenga el papel de receptor estará obteniendo niveles de potencias recibidas de las señales enviadas por el emisor. Por lo tanto, el elemento de red que obtiene los valores de potencia recibida puede ser indistintamente el nodo baliza o el nodo que se pretende localizar.

ES 2 345 698 B2

A partir de estos valores de potencia recibidos se determinan de forma dinámica los parámetros que caracterizan el modelo de propagación, que describe de forma óptima la relación entre éstos y la distancia, mediante un proceso recursivo de maximización de la compatibilidad de las estimaciones de distancias, el cual será descrito más adelante.

5 Utilizando los parámetros concretos obtenemos los modelos de propagación $MP_{il,j}$, ..., $MP_{in,j}$, específicos que mejor caracterizan las condiciones de propagación existentes entre los nodos con posiciones conocidas DPC_{il} , ..., DPC_{in} y el nodo a localizar DL_J en cada instante de tiempo. A partir de estos modelos se estiman las distancias existentes entre el nodo a localizar y cada uno de los nodos con posiciones conocidas, a las que llamaremos $d_{il,j}$, $d_{i2,j}$, ..., $d_{in,j}$.

10

Utilizando las estimaciones de las distancias existentes entre el nodo a localizar DL_J y los nodos baliza DPC_{il} , ..., DPC_{in} , cuyas posiciones asumiremos previamente conocidas, se determina la posición del nodo DL_j mediante trilateración. El proceso de trilateración consiste en linealizar las ecuaciones conducentes a la obtención de la posición, utilizando para ello los ejes radicales de las circunferencias (2D)/esferas (3D) de centros las posiciones de los nodos DPC_{il} , ..., DPC_{in} y radios las distancias estimadas $d_{il,j}$, ..., $d_{in,j}$. El eje radical de dos circunferencias (2D)/esferas (3D) es la recta (2D)/plano (3D) cuyos puntos tienen igual potencia respecto de ambas circunferencias (2D)/esferas (3D). El proceso de trilateración será descrito en detalle más adelante.

15

Descripción del proceso de obtención dinámica de los parámetros que caracterizan los modelos de propagación

20

Utilizando un determinado modelo de propagación que describe la dependencia entre los valores de potencia recibida y la distancia que separa emisor y receptor, podemos determinar distancias a partir de valores de potencias recibidas.

25

En la literatura científica podemos encontrar numerosos modelos de propagación que se han utilizado principalmente para determinar coberturas. Todos esos modelos describen la potencia recibida (en promedio), en un determinado entorno de propagación, como inversamente proporcional a la distancia que separa emisor y receptor, elevada a un cierto exponente. A este exponente se le conoce como exponente o gradiente de pérdidas y describe la atenuación que experimentan las señales a través de ese específico canal de comunicación. Por lo tanto, usualmente los modelos de propagación que describen la dependencia entre potencias recibidas y distancias, dependen de un parámetro, el exponente de pérdidas. El valor de ese exponente de pérdidas depende altamente del entorno de propagación, tomando un valor de 2 en un entorno de propagación en espacio libre y pudiendo tomar valores ligeramente menores que 2 o hasta 6 en entornos hostiles donde la señal experimenta varias reflexiones como el interior de los edificios o en zonas urbanas densas. Un rasgo diferenciador de nuestra invención es que el procedimiento determina de forma dinámica los valores de esos exponentes de pérdidas únicamente a partir de los valores de potencia que se estén recibiendo en ese instante de tiempo. De igual forma el proceso que describimos a continuación puede asimismo determinar modelos de propagación que dependan de más parámetros o de otros parámetros diferentes, ya que el procedimiento calcula los parámetros que maximizan la compatibilidad de las estimaciones de distancia, independientemente de cómo caractericen a los modelos de propagación estos parámetros.

30

En el caso de que todas las estimaciones de distancias entre el nodo a localizar y los nodos baliza fuesen perfectamente compatibles, las circunferencias (2D)/esferas (3D) con centros las posiciones de los nodos baliza y radios las distancias estimadas, se cortarían en un único punto. Por lo tanto, una forma de cuantificar el grado de compatibilidad de las estimaciones de distancia es cuantificar en qué medida todas las circunferencias (2D)/esferas (3D) están próximas de cortarse en un único punto.

35

Como mencionamos anteriormente cada modelo de propagación está caracterizado por uno o varios parámetros. De esta forma el procedimiento que, mediante la invención, consigue determinar los modelos de propagación que mejor describen las distintas condiciones de propagación existentes, consiste en determinar los parámetros que caracterizan esos modelos maximizando la compatibilidad de las estimaciones de distancia.

40

Descripción del proceso de obtención de la posición mediante trilateración con ejes radicales

Conocida la distancia existente entre el nodo inalámbrico a localizar DL_j y algún nodo baliza cuya posición asumimos conocida DPC_i . Se tiene que el nodo DL_J ha de encontrarse en algún punto de la circunferencia (2D)/esfera (3D) de centro la posición de DPC_i y radio la distancia entre DL_j y DPC_i .

45

Por lo tanto, a partir de varias estimaciones $d_{il,j}$, $d_{i2,j}$, ..., $d_{n,j}$, de las distancias existentes entre el nodo a localizar DL_J y los nodos balizas DPC_{i1} , ..., DPC_{in} , se puede realizar el proceso de trilateración resolviendo el sistema de ecuaciones formado por todas las circunferencias (2D)/esferas (3D) con centros las posiciones conocidas de los nodos baliza POS_{i1} , POS_{i2} , ..., POS_{in} y radios las distancias estimadas $d_{il,j}$, $d_{i2,j}$, ..., $d_{in,j}$. Este sistema de ecuaciones no es sencillo de resolver debido a que las ecuaciones no son lineales.

50

Para solventar este problema, en la invención se linealizan las ecuaciones conducentes a determinar la posición del dispositivo DL_j . Para ello, en lugar de circunferencias (2D)/esferas (3D), se utilizan los ejes radicales resultantes de combinar sin repetición las circunferencias (2D)/esferas (3D) de dos en dos. Por lo tanto sustituyendo las ecuaciones de las circunferencias (2D)/esferas (3D) por las de los ejes radicales se consigue simplificar el arduo problema de resolver un sistema no lineal en uno lineal formado por las ecuaciones de todos los ejes radicales.

55

ES 2 345 698 B2

Descripción detallada de un modo de realización de la invención: Redes inalámbricas IEEE 802.11

En este apartado describimos el funcionamiento de la invención en el caso de ser utilizada en una red inalámbrica IEEE 802.11.

En una red IEEE 802.11 existen varios nodos con posiciones fijas llamados puntos de acceso. Estos, puntos de acceso tienen la función de encaminar los datos en estas redes. En la presente invención, estos puntos de acceso jugarán el papel de nodos baliza cuya posición asumiremos previamente conocida.

Dado que los puntos de acceso emiten de forma periódica unas tramas llamadas *beacon* con la misma potencia de transmisión, todos los nodos inalámbricos pertenecientes a una red IEEE 802.11 tienen la capacidad de cuantificar el nivel de potencia que están recibiendo desde cada uno de los puntos de acceso que se encuentran dentro de su rango de cobertura. Este cuantificador está definido en el estándar IEEE 802.11 y se le conoce como RSSI. A partir de ese indicador, y realizando las conversiones oportunas según el fabricante de tarjetas inalámbricas, se puede obtener el valor de potencia recibida en *Wattios* o *dBW*.

Si en una red IEEE 802.11 se desea localizar un nodo DL_J utilizando el procedimiento propuesto en la presente invención, se obraría de la siguiente forma: (i) se determina el valor de potencia a partir de los valores RSSI que está obteniendo ese nodo a localizar respecto de las señales beacon enviadas por tres o más puntos de acceso, (ii) A partir de esos valores de potencias recibidos, y asumiendo conocidas las posiciones de los puntos de acceso, DPC_il, ..., DPC_in, se determinan los parámetros óptimos que caracterizan los modelos de propagación en base a la maximización de la función de compatibilidad de distancias. Este proceso de maximización se puede realizar mediante técnicas robustas como es el conocido algoritmo de Levenberg-Marquardt. (iii) A partir de esos modelos de propagación y los valores de potencia recibida se estiman las distancias que separan el nodo a localizar DLJ de cada uno de los puntos de acceso DPC_il, ..., DPC_in. (iv) A partir de esas distancias estimadas se determina la posición siguiendo el proceso de trilateración descrito en la invención.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra una descripción del procedimiento seguido por la invención para determinar la posición del nodo a localizar.

En esa figura:

DPC_il, DPC_i2, ..., DPC_in, se refieren a los nodos baliza con posición conocida.

POS_il, POS_i2, ..., POS_in se refieren a las posiciones de los nodos baliza.

DL_J, se refiere al nodo a localizar.

PR_il,j, PR_i2,j, ..., PR_in,j, son los valores de potencia recibida en la comunicación entre el nodo a localizar y los nodos con posiciones conocidas.

MP_il,j, MP_i2,j, ..., MP_in,j, son los modelos de propagación que describen la dependencia entre los valores de potencia recibida y las distancias.

d_il,j, d_i2,j, ..., d_in,j son las distancias estimadas entre el nodo a localizar DL_j y cada uno de los nodos baliza DPC_il, DPC_i2, ..., DPC_in.

LINEALIZACION: se refiere al proceso descrito en la invención mediante el cual se determinan los ejes radicales de las circunferencias (2D)/esferas (3D) de centros POS_il, POS_i2, ..., POS_in y radios d_il,j, d_i2,j, ..., d_in,j.

LOCALIZACIÓN: se refiere al proceso descrito en la invención mediante el cual se determina la posición del nodo DL_J, resolviendo las ecuaciones lineales definidas por los ejes radicales.

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento de localización de nodos o dispositivos en redes inalámbricas a partir de los valores del nivel de potencia de las señales recibidas de otros nodos o dispositivos de la red dentro de su radio de cobertura que se **caracteriza** por:

- 10 a. Estimar dinámicamente cada uno de los parámetros de los distintos modelos de propagación que caracterizan cada uno de los canales de propagación entre el nodo a localizar y cada uno de los nodos de la red inalámbrica que se encuentren en su radio de cobertura, mediante un proceso recursivo de maximización de una función de compatibilidad que aglutina todas las estimaciones de distancia a los nodos baliza en rango de cobertura.
- 15 b. Definir una función de compatibilidad de distancias para la estimación dinámica de los parámetros, que caracterizan los distintos modelos de propagación, que mide el grado de concurrencia de los ejes radicales de las parejas de circunferencias (en el caso de localizar en 2D) o esferas (en el caso de localizar en 3D) cuyos centros son los elementos de la red con posiciones conocidas, y cuyos radios son las diferentes estimaciones de distancias al elemento de la red que se desea localizar, a partir de todos los valores de potencia recibidos, y otorgando diferente importancia a los valores de potencia recibidos en función del nodo baliza del que provengan.
- 20 c. Estimar la posición del nodo de red a localizar utilizando las estimaciones de distancia previas y las posiciones conocidas de los nodos baliza a través del proceso de trilateración que linealiza el sistema de ecuaciones conducentes a la solución, mediante el uso de los ejes radicales de las parejas de circunferencias (en el caso de localizar en 2D) o esferas (en el caso de localizar en 3D).
- 25

30 2. Un programa implementado sobre cualquier nodo o dispositivo físico o virtual, adaptado para ejecutar el procedimiento de cualquier reivindicación anterior.

35

40

45

50

55

60

65

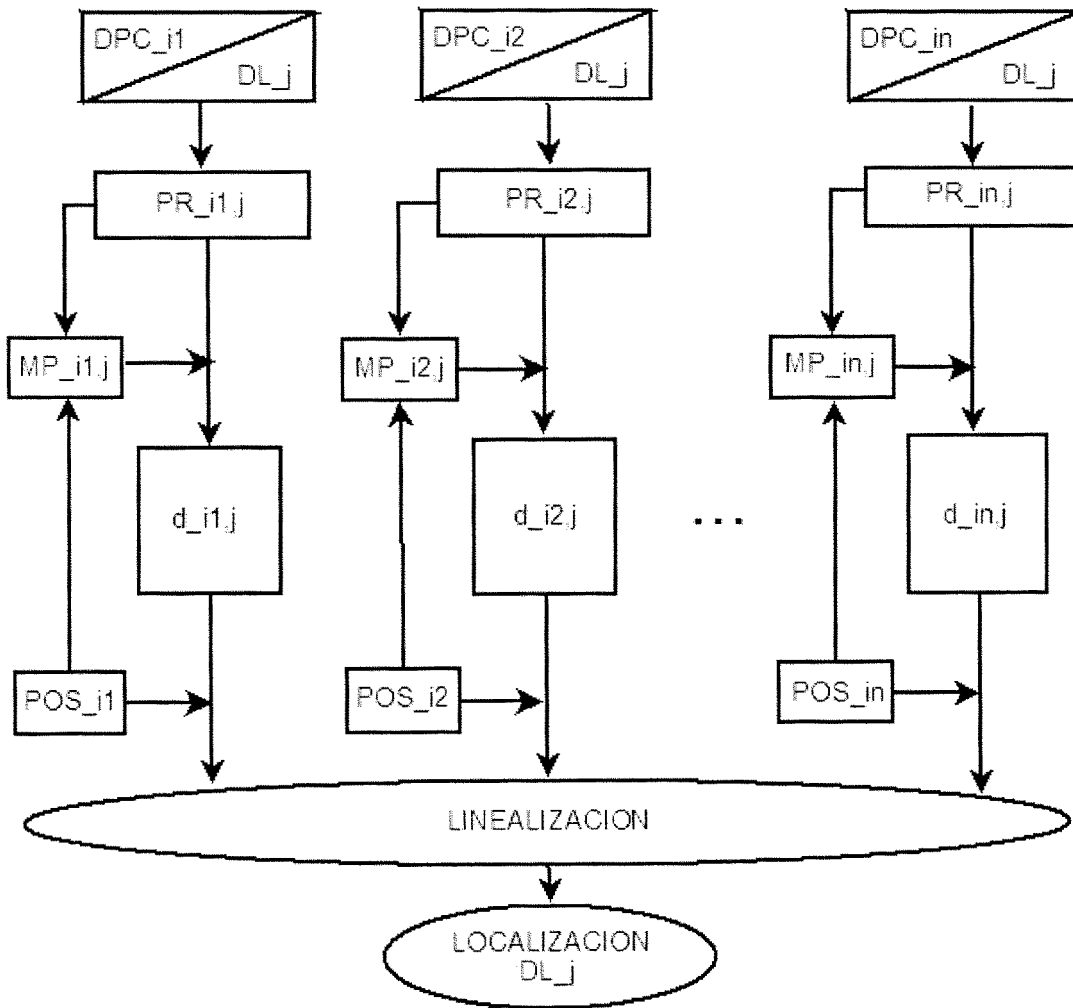


Figura 1



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 345 698

② Nº de solicitud: 200801314

③ Fecha de presentación de la solicitud: **30.04.2008**

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **H04W 64/00** (2009.01)
G01S 5/02 (2010.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	XINRONG LI. RSS-Based Location Estimation with Unknown Pathloss Model . Wireless Communications, IEEE Transactions on Volumen: 5, Issue: 12. Páginas 3626-3633. DOI 10.1109: 2006, Página(s): 3626-3633 11 Diciembre 2006, todo el documento.	1-4
A	A P. F. LAMMERTSMA. Satellite Navigation. Institute of Information and Computing Sciences Utrecht University. Febrero 2, 2005. Páginas 8,9 "4.3 Concept".	1-4

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

<p>Fecha de realización del informe 09.09.2010</p>	<p>Examinador J. Santaella Vallejo</p>	<p>Página 1/4</p>
---	---	-----------------------

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H04W, G01S

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, INTERNET

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 09.09.2010

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-4	SÍ
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	SÍ
	Reivindicaciones 1-4	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de **aplicación industrial**. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión:

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como ha sido publicada.

Consideraciones:

Para la realización de esta opinión escrita se han utilizado las reivindicaciones contenidas en la solicitud.

La invención trata de un procedimiento para de localización de dispositivos en redes inalámbricas a partir solo de los valores del nivel de potencia de las señales recibidas de otros dispositivos de la red, estimando de forma dinámica los parámetros del modelo de propagación

El documento del estado de la técnica más próximo a la invención es D01 describe un técnica de cálculo de los de forma dinámica de los parámetros del modelo de propagación aplicada para los valores del nivel de potencia utilizándose en localización.

Para mayor claridad, y en la medida de lo posible, se emplea la misma redacción utilizada en la reivindicación 1. Las referencias entre paréntesis corresponden al D01. Las características técnicas que no se encuentran en el documento D01 se indican entre corchetes.

1. Documentos considerados:

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	Xinrong Li. RSS-Based Location Estimation with Unknown Pathloss Model . Wireless Communications, IEEE Transactions on Volume: 5 , Issue: 12. páginas 3626 - 3633 DOI 10.1109: 2006 , Page(s): 3626 - 3633. 11 December 2006 t	--
D02	A P. F. Lammertsma. Satellite Navigation. Institute of Information and Computing Sciences Utrecht University 2.02.2005	--

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Reivindicación 1

Procedimiento de localización de nodos o dispositivos en redes inalámbricas a partir de los valores del nivel de potencia de las señales recibidas de otros nodos o dispositivos de la red dentro de su radio de cobertura que comprende las siguientes etapas (Título, resumen):

- a. Utilización de los modelos de propagación que relacionan la distancia que separa los nodos inalámbricos con el valor sobre el nivel de potencia que se está recibiendo.
- b. Estimación dinámica de los parámetros del modelo de propagación, a partir de los valores de potencia recibidos y las posiciones conocidas de los nodos baliza, que mejor caracterizan las condiciones de propagación existentes entre el nodo a localizar y cada uno de los restantes nodos que se encuentran dentro de su rango de cobertura.
- c. Estimación de las distancias existentes entre los nodos de la red inalámbrica mediante la utilización de los valores de potencias recibidas en ese instante a través del modelo de propagación anterior, cuyos parámetros se determinan de forma dinámica, y sin la utilización de una calibración previa del entorno.
- d. [Estimación de la posición del nodo inalámbrico a localizar utilizando las estimaciones de distancia previas y las posiciones conocidas de los nodos baliza a través del proceso de trilateración que linealiza, mediante el uso de los ejes radicales de las parejas de circunferencias (2D) / esferas (3D), el sistema de ecuaciones conducentes a la solución.]

Las etapas a, b c se descubre a lo largo del documento D01 donde se describe un la estimación de los parámetros del modelo de propagación para la estimación de la distancia del emisor. A diferencia de la solicitud el documento D01 carece de el paso de estimación de la posición

Este paso, Estimación de la posición es una técnica muy conocida y por lo tanto, obvia para un experto en la materia. Por lo tanto a la luz de D01 el objeto de la invención es nuevo pero carece de actividad inventiva tal como está establecido en artículo 8 de Ley 11/1986

Reivindicaciones 2 y 4

A la vista del documento citado D01 y D02, el resto de reivindicaciones son cuestiones prácticas, las cuales son conocidas previamente del documento citado o son obvias para un experto en la materia.

Las reivindicaciones 2 y 4 son nuevas pero carecen de actividad inventiva tal como está establecido en artículo 8 de Ley 11/1986