

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 397 388**

21 Número de solicitud: 201100870

51 Int. Cl.:

G01S 5/02

(2010.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

22.07.2011

43 Fecha de publicación de la solicitud:

06.03.2013

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (100.0%)
PLAZA DE SANTA 8
47002 VALLADOLID ES**

72 Inventor/es:

**PRIETO TEJEDOR, Javier;
BAHILLO MARTINEZ, Alfonso;
FERNANDEZ REGUERO, Patricia;
DURAN BARROSO, Ramon Jose;
ABOY CEBRIAN, Irene;
LORENZO MATEO, Ruben Mateo y
ABRIL DOMINGO, Evaristo Jose**

54 Título: **PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACION DE LA POSICION FUSIONANDO LA INFORMACION DE LOS NIVELES DE POTENCIA Y EL RETARDO TEMPORAL DE PROPAGACION DE LAS SEÑALES RECIBIDAS.**

57 Resumen:

Procedimiento para la determinación de la posición fusionando la información de los niveles de potencia y el retardo temporal de propagación de las señales recibidas.

La invención se refiere a un procedimiento para la estimación de la posición de un dispositivo móvil que forma parte de una red inalámbrica, haciendo uso del nivel de potencia recibido y/o del retardo de propagación de las señales transmitidas entre el dispositivo a localizar y ciertos nodos de la red con posiciones fijas y conocidas denominados balizas. El procedimiento modela de manera adaptativa las principales fuentes de error en la estimación de la posición del dispositivo móvil en entornos complejos, que son propagación multicamino y ausencia de visión directa entre dispositivos. En la estimación de la posición se considera su evolución en el tiempo y se utiliza toda la información recogida hasta el momento mediante el empleo de un proceso de estimación recursiva.

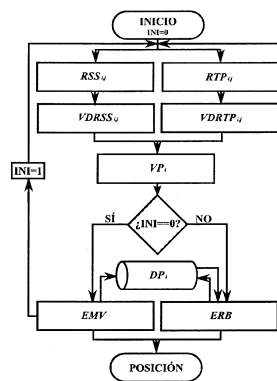


Figura 1

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la determinación de la posición fusionando la información de los niveles de potencia y el retardo temporal de propagación de las señales recibidas.

5 Sector de la técnica:

La presente invención se engloba dentro del sector técnico de las comunicaciones inalámbricas, y más específicamente dentro del sector de la radiolocalización, es decir, dentro de las tecnologías de localización que hacen uso de mediciones tomadas sobre las señales radioeléctricas que se transmiten en una red inalámbrica.

Estado de la técnica:

Los sistemas GNSS (*Global Navigation Satellite System*), con el sistema GPS (*Global Positioning System*) a la cabeza, han precedido el desarrollo de servicios basados en localización en áreas abiertas, donde existe una línea de visión directa (LOS, *Line-Of-Sight*) entre los satélites y el dispositivo móvil a localizar. Sin embargo, a pesar del éxito de dichas tecnologías, existe una demanda de servicios basados en localización en entornos densos urbanos y de interior (para, por ejemplo, mantener localizado a un paciente, para el guiado de personas, para publicidad personalizada, para ofrecer servicios de realidad aumentada, etc.). No obstante, en estos entornos complejos, el comportamiento de las señales inalámbricas, impredecible y cambiante con el tiempo, hace que implementaciones convencionales no obtengan el resultado deseado, y que sistemas como GPS resulten completamente inútiles dada la degradación sufrida por dichas señales.

Hasta la fecha, se han desarrollado varios procedimientos para determinar la posición, que utilizan métricas tomadas sobre las señales radioeléctricas. Así por ejemplo, para localizar un dispositivo inalámbrico se puede emplear: el nivel de potencia recibida (*RSS*, *Received Signal Strength*) como en US6269246, US6393294, ES2242873T3 y EP0631453A2; el retardo temporal de propagación (*RTP*) como en ES2208954T3 y EP0800319A1; diferencias entre tiempos de llegada (P0260625); o el ángulo de llegada (E02006908) de dichas señales. Estos procedimientos intentan, en la medida de lo posible, mitigar las dos principales fuentes de error en entornos complejos, que son la propagación multicamino y la falta de visión directa (NLOS, *Non-Line-Of-Sight*) entre dispositivos. Sin embargo, a pesar de que aumentando las fuentes de información se puede conseguir una mayor precisión en las estimaciones, son pocos los procedimientos que combinan varias de estas métricas. Por ejemplo, E02006908 se sirve del RTP y del ángulo de llegada de las señales intercambiadas en la red, resolviendo el problema

desde el punto de vista de la máxima verosimilitud sin tener en cuenta la relación de las posiciones del dispositivo inalámbrico en el tiempo (por ejemplo, la persona que porte este dispositivo no puede haberse alejado 100 metros de su posición anterior en un segundo). Además, estos procedimientos asumen modelos estáticos para relacionar mediciones con posiciones, premisa que no se cumple en entornos complejos.

En la invención que se propone, se resuelve el problema técnico de determinación de la posición de un dispositivo inalámbrico en entornos complejos, a partir de valores *RSS*, o de valores *RTP*, o de ambos a la vez, sin necesidad de una etapa previa de calibración del entorno y sin conocer la relación exacta entre dichos valores y la posición. Dichas mediciones son obtenidas a partir de las señales radioeléctricas intercambiadas entre el dispositivo a localizar y varios nodos con posición conocida llamados balizas. Además, la invención aborda de manera dinámica las principales fuentes de error en este tipo de entornos, propagación multicamino y NLOS. Para ello, se obtiene una función de verosimilitud adaptativa de la posición del dispositivo inalámbrico, empleando funciones kernel para representar los valores medidos, y un modelo que los relaciona con la posición del dispositivo inalámbrico. Este modelo considera además el sesgo provocado por las mencionadas fuentes de error de un entorno complejo. Finalmente, a la hora de estimar la posición, se consideran las estimaciones anteriores realizadas a lo largo del tiempo mediante un proceso de estimación recursiva bayesiana.

El trabajo más cercano al problema que resuelve la presente invención se encuentra en el artículo de Bor-Sen Chen *et al.* titulado “*Mobile Location Estimator in a Rough Wireless Environment Using Extended Kalman-Based IMM and Data Fusion*” (Estimador de la localización de un móvil en un entorno inalámbrico difícil utilizando IMM basado en Kalman extendido y fusión de datos), publicado en el *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, VOL. 58, NO. 3, en Marzo de 2009. En este artículo se hace uso también de las métricas *RSS* y *RTP* para estimar la posición del dispositivo móvil. Sin embargo, el artículo se basa en la detección de propagación en LOS o NLOS mediante un modelo múltiple interactivo (IMM), se emplean modelos estáticos para el canal de propagación y errores gaussianos. La presente invención, por el contrario, no realiza ninguna de estas suposiciones, difícilmente asumibles en entornos complejos, y que pueden causar un incremento del error en la estimación de la posición.

Descripción general de la invención:

En lo que sigue, la invención que se propone, se refiere a un procedimiento para la determinación de la posición de un dispositivo perteneciente a una red inalámbrica, haciendo

uso de los niveles de potencia y/o del retardo temporal de propagación que se estén obteniendo en ese instante de tiempo, y del conocimiento de las posiciones de ciertos elementos de la red inalámbrica que llamaremos nodos baliza.

- 5 La invención propuesta resuelve el problema técnico de la estimación de la posición a partir de mediciones realizadas sobre las señales transmitidas entre los nodos de la red, en condiciones de propagación multicamino y/o falta de visión directa (NLOS). Además, emplea de manera recursiva todos los valores *RSS* y/o *RTP* obtenidos hasta el instante de tiempo para el que se estima la posición. Puesto que la posición de un dispositivo móvil no puede variar
- 10 infinitamente en un periodo corto de tiempo, la invención tiene en cuenta también la relación de las posiciones en el tiempo. Todo esto se realiza además sin la necesidad de una etapa previa de calibración del entorno.

Descripción detallada de la invención:

15

La presente invención utiliza los valores de potencia (*RSS*) y/o del retardo temporal de propagación (*RTP*) de la señal, para localizar un dispositivo móvil. A continuación se explica en detalle la invención con ayuda de las figuras 1, 2 y 3.

- 20 En una red inalámbrica existen M dispositivos inalámbricos móviles que se desean localizar, a los que llamaremos $DL_1, DL_2, \dots, DL_M$. Para poder localizar a un dispositivo concreto DL_i , es necesario que se reciban señales de al menos tres nodos baliza en el caso de localizar en 2 dimensiones (2D), o de al menos cuatro nodos baliza, en el caso de localizar en 3 dimensiones (3D). A los N_i nodos baliza de los que recibe señal el dispositivo móvil DL_i en un
- 25 instante de tiempo concreto, los llamaremos $DB_{i,1}, DB_{i,2}, \dots, DB_{i,N_i}$. Los nodos de la red pueden medir valores *RSS* y/o *RTP*, y pueden ser indistintamente el nodo a localizar, o los nodos baliza.

- A partir de los valores *RSS* correspondientes a las señales intercambiadas entre el nodo a localizar DL_i y cada nodo baliza en su rango de cobertura se determinan de forma dinámica los
- 30 parámetros que caracterizan los modelos de propagación. Estos modelos de propagación relacionan los valores *RSS* medidos con la distancia entre el nodo a localizar DL_i y cada uno de los nodos baliza en su rango de cobertura.

- Para el nodo a localizar DL_i y un nodo baliza $DB_{i,j}$ dado, se obtiene una función de
- 35 verosimilitud de la distancia $VDRSS_{i,j}$, utilizando los parámetros estimados para dicho canal de propagación y los valores *RSS* de las señales intercambiadas entre estos dos nodos mediante el

proceso adaptativo que se describe más adelante (ver figura 2). El proceso se repite con cada nodo baliza en rango de cobertura del que se tienen mediciones RSS , de modo que si, por ejemplo, se tienen valores RSS de los N_i nodos baliza en rango de cobertura, se tendrán N_i funciones de verosimilitud de la distancia $VDRSS_{i,1}, VDRSS_{i,2}, \dots, VDRSS_{i,N_i}$.

5

Para los valores RTP recogidos en un instante de tiempo, se procede de manera similar, dado un modelo que relaciona los valores RTP y la distancia entre cada nodo baliza y el dispositivo a localizar. Para el nodo a localizar DL_i y un nodo baliza $DB_{i,j}$ dado, se obtiene una función de verosimilitud de la distancia $VD RTP_{i,j}$, utilizando el modelo que relaciona RTP y distancia y los valores RTP de las señales intercambiadas entre estos dos nodos mediante el proceso adaptativo descrito más adelante (ver figura 3). El proceso se repite con cada nodo baliza en rango de cobertura del que se tienen mediciones RTP , de modo que si, por ejemplo, se tienen valores RTP de los N_i nodos baliza en rango de cobertura, se tendrán N_i funciones de verosimilitud de la distancia $VD RTP_{i,1}, VD RTP_{i,2}, \dots, VD RTP_{i,N_i}$.

15

Una vez obtenidas las funciones de verosimilitud de la distancia a cada nodo baliza en rango de cobertura provenientes de valores RSS y/o RTP , se expresan estas como una función de las coordenadas de la posición del dispositivo móvil DL_i y de las posiciones conocidas de los nodos baliza. Hecho esto, y dada la independencia entre los valores RSS y RTP , se obtiene la función de verosimilitud de la posición, VP_i , del nodo a localizar, DL_i , como producto de todas las funciones de verosimilitud de la distancia a cada nodo baliza anteriores. De esta forma, por ejemplo, si para el nodo a localizar DL_i y un nodo baliza $DB_{i,j}$ se han estimado las funciones de verosimilitud $VDRSS_{i,j}$ y $VD RTP_{i,j}$, si para el mismo nodo DL_i y un nodo baliza $DB_{i,k}$ solo se tiene la función de verosimilitud de la distancia a partir de valores RSS , $VDRSS_{i,k}$, y si para ese nodo DL_i y un tercer nodo baliza $DB_{i,l}$ solo se tiene la función de verosimilitud de distancia a partir de valores RTP , $VD RTP_{i,l}$, la función de verosimilitud de la posición se obtendría como:

$$VP_i = VDRSS_{i,j} \cdot VD RTP_{i,j} \cdot VDRSS_{i,k} \cdot VD RTP_{i,l}.$$

Obtenida, para el nodo a localizar DL_i , la función de verosimilitud de su posición VP_i se procede de la siguiente manera en función de en qué caso de los dos siguientes nos encontremos:

- (i) Estimación de la posición inicial: se obtendrá por máxima verosimilitud, es decir, la posición inicial será aquella que hace máxima la función de verosimilitud de la posición VP_i . Además, esta función de verosimilitud será almacenada para

35

inicializar el proceso recursivo de estimación bayesiana mediante el que se estimarán las posiciones en los instantes siguientes.

- (ii) Estimación de la posición en instantes siguientes al inicial: mediante un proceso de estimación recursiva bayesiana se obtiene la estimación de la posición del dispositivo móvil DL_i en instantes de tiempo posteriores al inicial. Este proceso tiene en cuenta el hecho de que la posición no puede cambiar de manera brusca en periodos cortos de tiempo, así como la función de verosimilitud obtenida a partir de los valores RSS y/o RTP medidos.

Descripción del proceso de obtención adaptativa de la función de verosimilitud a partir de las mediciones de potencia de la señal recibida:

Utilizando los valores RSS de las señales transmitidas entre el dispositivo a localizar DL_i y un nodo baliza $DB_{i,j}$ dado, y los parámetros estimados del modelo del canal de propagación que relaciona los valores RSS con la distancia entre estos dos nodos, se puede obtener una función de verosimilitud adaptativa de dicha distancia. Esta función es adaptativa en el sentido de que cambiará para cada instante de tiempo según lo hagan los valores RSS (es decir, según lo haga el canal de propagación), al contrario de las funciones estáticas empleadas en los procedimientos mencionados en el estado de la técnica. Para ello, se modela cada valor RSS como una función kernel, representando la distribución de un valor RSS como un sumatorio (una mixtura) de las funciones kernel correspondientes a cada medición. Puesto que los valores RSS son muestras independientes de la distribución obtenida, a partir de esta mixtura, se obtiene la distribución de todo el conjunto de valores RSS como el producto de cada uno de los valores RSS evaluados en la distribución anterior. Teniendo en cuenta que existirá un sesgo en esta distribución causado por el error en la estimación de los parámetros del canal de propagación, se puede obtener a su vez una función de verosimilitud de la distancia entre los dos nodos mediante un proceso conocido como marginalización. El proceso descrito es igualmente válido para cualquier distribución escogida para el sesgo.

Descripción del proceso de obtención adaptativa de la función de verosimilitud a partir de las mediciones de tiempo de llegada:

Utilizando los valores RTP de las señales transmitidas entre el dispositivo a localizar DL_i y un nodo baliza $DB_{i,j}$ dado, y el modelo que relaciona el RTP y la distancia a estos dos nodos, se puede obtener una función de verosimilitud adaptativa de dicha distancia. Esta función es

adaptativa en el sentido de que cambiará para cada instante de tiempo según lo hagan los valores RTP (es decir, según lo haga el canal de propagación), al contrario de las funciones estáticas empleadas en los procedimientos mencionados en el estado de la técnica. Para ello, se modela cada valor RTP como una función kernel, representando la distribución de un valor

5 RTP como un sumatorio (una mixtura) de las funciones kernel correspondientes a cada medición. Puesto que los valores RTP son muestras independientes de la distribución obtenida, a partir de esta mixtura se obtiene la distribución de todo el conjunto de valores RTP como el producto de los valores RTP medidos evaluados en la distribución anterior. Teniendo en cuenta que existirá un sesgo positivo en esta distribución causado por la falta de visión directa (NLOS)

10 entre los nodos, se puede obtener a su vez una función de verosimilitud de la distancia entre los dos nodos mediante un proceso conocido como marginalización. El proceso descrito es igualmente válido para cualquier distribución escogida para el sesgo.

Descripción detallada de un modo de funcionamiento de la invención: red inalámbrica

15 IEEE 802.15.4

En este apartado detallamos el funcionamiento de la invención propuesta para un caso particular de localización de un dispositivo móvil en 3D, utilizando la infraestructura de una red inalámbrica, basada en el estándar IEEE 802.15.4, desplegada en un entorno complejo de

20 interior.

En esta red 802.15.4, los *end devices* jugarán el papel de nodos baliza, encontrándose en posiciones que asumimos conocidas de antemano. Como dispositivo a localizar DL_i se utiliza un coordinador de red capaz de comunicarse con los nodos baliza y de enviar la información a un

25 centro de procesamiento de datos donde se recogen los datos de los sensores y donde se estimarán las posiciones.

Dado que los *end devices* emiten periódicamente *beacons* de idéntica potencia, los nodos inalámbricos pertenecientes a la red 802.15.4 tendrán la capacidad de cuantificar el nivel de

30 potencia que están recibiendo desde cada una de las N_i balizas que se encuentran dentro de su rango de cobertura $DB_{i,1}, DB_{i,2}, \dots, DB_{i,N_i}$. La manera de cuantificarlo será a través del campo LQI (*Link Quality Indicator*) de 1 byte (256 niveles) dedicado a cuantificar el nivel de potencia recibido, fácilmente convertible a valores RSS en mWattios o en dBm.

Las motas 802.15.4 elegidas disponen de un motor de cálculo de tiempos de vuelo capaz de

35 estimar el RTP a partir del tiempo que transcurre desde que el dispositivo a localizar envía un

mensaje hasta que recibe la respuesta desde un nodo baliza. Al realizar todas las mediciones del *RTP* desde el mismo extremo de la comunicación, esto soluciona el problema de que los relojes de los dispositivos en una red 802.15.4 no estén sincronizados. Sin embargo, el procedimiento es igualmente válido para el caso en el que los nodos están sincronizados y se mide el *RTP* en una sola dirección.

Por lo tanto, si en una red 802.15.4 se desea localizar un nodo DL_i utilizando el procedimiento propuesto en la presente invención, se obraría de la forma que se expone a continuación con ayuda del diagrama de flujo de la figura 1:

(i) Obtención de valores *RSS* y *RTP*:

- a. Se determina el valor *RSS* a partir de los valores que está obteniendo el nodo a localizar respecto de las señales enviadas por cuatro o más balizas.
- b. A su vez, se recogen los valores de *RTP* que está obteniendo el nodo a localizar respecto de las señales enviadas por cuatro o más balizas.

(ii) Estimación adaptativa de la función de verosimilitud:

- a. A partir de los valores de potencia recibidos, y asumiendo conocidas las posiciones de las balizas, $DB_{i,1}, DB_{i,2}, \dots, DB_{i,N_i}$, se determinan los parámetros óptimos que caracterizan los distintos modelos de propagación. Para ello se puede utilizar el procedimiento descrito en el artículo de Santiago Mazuelas *et al.* "Robust Indoor Positioning Provided by Real-Time RSSI Values in Unmodified WLAN Networks", publicado en la *IEEE Journal of Selected TOPics in Signal Processing*, VOL. 3, NO. 5, en Octubre de 2009. A partir de los modelos de propagación estimados y de las potencias recibidas se estima la función de verosimilitud adaptativa de la distancia a cada uno de los N_i nodos baliza en rango de cobertura, $VDRSS_{i,1}, VDRSS_{i,2}, \dots, VDRSS_{i,N_i}$, mediante el proceso descrito anteriormente (ver figura 2). Se puede emplear, como función kernel, por ejemplo, una distribución gaussiana estándar.
- b. A su vez, a partir de los valores de *RTP* y de los parámetros de una transformación afín que relaciona el *RTP* con la distancia, se estima la función de verosimilitud adaptativa de la distancia $VD RTP_{i,1}, VD RTP_{i,2}, \dots, VD RTP_{i,N_i}$, a cada uno de los N_i nodos baliza en rango de cobertura (ver figura 3). Se puede emplear, como función kernel, por

ejemplo, una distribución gaussiana estándar. Los parámetros de la transformación afín pueden ser aportados por el fabricante del dispositivo, obtenidos en una etapa previa en un escenario LOS o estimados a partir de mediciones intercambiadas entre los nodos baliza.

5

(iii) Estimación de la función de verosimilitud de la posición: se obtiene la función de verosimilitud de la posición, VP_i , por multiplicación de las funciones de verosimilitud de la distancia a cada nodo baliza.

10

(iv) Estimación de la posición:

a. Si se está estimando la posición inicial, se obtiene maximizando la función de verosimilitud de posición obtenida mediante el proceso descrito anteriormente. Una implementación práctica podría ser: llamando (x,y,z) a las coordenadas de la posición, la posición máxima en (x) (igualmente en (y) o (z)) del dispositivo a localizar será el valor mínimo de la posición en (x) (igualmente en (y) o (z)) de cualquier nodo baliza en rango, más su correspondiente rango de cobertura, ya que si la posición del dispositivo a localizar fuese mayor que esta suma, dicho nodo baliza no estaría en rango. Así mismo, la posición mínima en (x) (igualmente en (y) o (z)), será el valor máximo de la posición en (x) (igualmente en (y) o (z)) de cualquier nodo baliza en rango (respectivamente), menos su rango de cobertura. De esta forma, en el espacio definido por los valores máximos y mínimos de las 3 coordenadas, se pueden generar posiciones aleatorias distribuidas uniformemente en dicho espacio, y evaluarlas en la funciones de verosimilitud de la posición, VP_i . Repitiendo el proceso con todas las posiciones generadas aleatoriamente, se obtendrá una aproximación a la función de verosimilitud de la posición representada por los valores de posición aleatorios generados y su verosimilitud. La posición inicial, se obtendrá como el valor de máxima verosimilitud de los generados anteriormente, y la función de verosimilitud, alimentará el filtrado recursivo bayesiano de las siguientes etapas (por ejemplo, en esta implementación práctica, se utiliza un filtro de partículas, por lo que los valores de posición generados y su verosimilitud, servirían como partículas y pesos iniciales, respectivamente).

35

b. Si se está estimando una posición diferente a la inicial, se predice su valor mediante filtrado bayesiano en base a la estimación de la posición anterior y el modelo dinámico, y se actualiza este valor a partir de la función de

verosimilitud obtenida. En lugar de almacenar únicamente la posición, se almacenará la función de densidad a posteriori para así conservar, y utilizar de manera recursiva, toda la información recogida hasta el momento en las sucesivas estimaciones de la posición. Puesto que se está utilizando un modelo no lineal y funciones de verosimilitud no Gaussianas, esta implementación puede llevarse a cabo mediante un filtro de partículas, empleando como modelo dinámico el desarrollo en serie de Taylor de cada una de las coordenadas. A partir de la función de densidad a posteriori, se obtiene un valor para la posición eligiendo un estimador como, por ejemplo, el máximo a posteriori.

Breve descripción de los dibujos:

En el diagrama de la figura 1, hemos representado los principales procesos que sigue la invención para estimar la posición del dispositivo a localizar DL_i . En esta figura:

- INI : indica si ya se ha estimado o no la posición inicial.
- $RSS_{i,j}$: se refiere a la recogida, en cada instante de tiempo, de los valores RSS de las señales transmitidas entre el dispositivo a localizar DL_i y cada uno de los N_i nodos baliza en rango de cobertura $DB_{i,1}, DB_{i,2}, \dots, DB_{i,N_i}$.
- $RTP_{i,j}$: se refiere a la recogida, en cada instante de tiempo, de los valores de RTP de las señales transmitidas entre el dispositivo a localizar DL_i y cada uno de los N_i nodos baliza en rango de cobertura $DB_{i,1}, DB_{i,2}, \dots, DB_{i,N_i}$.
- $VDRSS_{i,j}$: hace referencia a la obtención de una función que asigne una verosimilitud a cada valor de distancia entre el nodo DL_i y los N_i nodos en rango de cobertura $DB_{i,1}, DB_{i,2}, \dots, DB_{i,N_i}$, mediante la utilización de una función kernel para modelar cada valor RSS , de los parámetros estimados de los modelo que relaciona valores RSS y distancia, y de una función de distribución para el sesgo.
- $VDRTP_{i,j}$: hace referencia a la obtención de una función que asigne una verosimilitud a cada valor de distancia entre el nodo DL_i y los N_i nodos en rango de cobertura $DB_{i,1}, DB_{i,2}, \dots, DB_{i,N_i}$, mediante la utilización de una función kernel

para modelar cada valor RTP , de un modelo que relaciona valores RTP y distancia, y de una función de distribución positiva para el sesgo.

- 5
 - VP_i : se refiere al proceso de obtener una función de verosimilitud, VP_i , de la posición del nodo a localizar DL_i como producto de las funciones de verosimilitud de la distancia a cada nodo baliza en rango de cobertura, estimadas en la etapa anterior.
- 10
 - EMV : se refiere al proceso de estimación mediante máxima verosimilitud de la posición inicial del nodo DL_i a partir de la función de verosimilitud de la posición VP_i .
- 15
 - ERB : se refiere al proceso de estimación recursiva bayesiana de la posición, en instantes posteriores al inicial, mediante el empleo de la estimación inicial, un modelo dinámico y todas la información aportada por los valores RSS y RTP recogidos hasta ese momento.
- 20
 - DP_i : se refiere a la función de densidad a posteriori de la posición estimada en cada instante de tiempo. A partir de esta función se asignará un valor concreto a la estimación de la posición.

En el diagrama de la figura 2, hemos representado el proceso de estimación de la función de verosimilitud de la distancia entre el nodo a localizar DL_i y cada uno de los N_i nodos baliza en rango de cobertura de los que se obtienen valores RSS . En esta figura:

- 25
 - $RSS_{i,j}$: se refiere a la recogida, en cada instante de tiempo, de un conjunto de valores RSS a partir de las señales transmitidas entre el dispositivo a localizar DL_i y cada uno de los N_i nodos baliza en rango de cobertura $DB_{i,1}, DB_{i,2}, \dots, DB_{i,N_i}$.
- 30
 - Parámetros canal $i, 1$: hace referencia a la estimación dinámica de los parámetros de los distintos modelos que caracterizan cada uno de los canales de propagación existentes entre el nodo DL_i y los N_i nodos en su rango de cobertura $DB_{i,1}, DB_{i,2}, \dots, DB_{i,N_i}$.
- 35
 - Distribución $RSS_{i,j}$: se refiere al proceso de modelado de cada valor RSS como una función kernel, representando la distribución de un valor RSS como un sumatorio

(una mixtura) de las funciones kernel correspondientes a cada medición. La distribución de todo el conjunto de valores $RSS_{i,j}$ se obtiene como el producto de cada uno de los valores RSS evaluados en la distribución anterior.

- 5 • Sesgo RSS : hace referencia a la función de distribución del sesgo utilizada para modelar el error en la estimación de los parámetros del canal. Puede ser cualquier función y puede ser diferente o no para cada nodo baliza.
- 10 • Marginalización: se refiere al proceso de marginalización obtención de la función de verosimilitud de la distancia entre los dos nodos a partir de la distribución del sesgo y de la distribución obtenida para el conjunto de valores RSS .
- $VDRSS_{i,j}$: es la función de verosimilitud de la distancia estimada entre el nodo a localizar DL_i y el nodo baliza $DB_{i,j}$.

15

En el diagrama de la figura 3, hemos representado el proceso de estimación de la función de verosimilitud de la distancia entre el nodo a localizar DL_i y cada uno de los N_i nodos baliza en rango de cobertura de los que se obtienen valores RTP . En esta figura:

- 20 • $RTP_{i,j}$: se refiere a la recogida, en cada instante de tiempo, de un conjunto de valores RTP a partir de las señales transmitidas entre el dispositivo a localizar DL_i y cada uno de los N_i nodos baliza en rango de cobertura $DB_{i,1}, DB_{i,2}, \dots, DB_{i,N_i}$.
- 25 • Modelo RTP -distancia: hace referencia a los parámetros que permiten transformar, en un entorno de visión directa, las mediciones RTP en la distancia entre el nodo a localizar y un nodo baliza.
- 30 • Distribución $RTP_{i,j}$: se refiere al proceso de modelado de cada valor RTP como una función kernel, representando la distribución de un valor RTP como un sumatorio (una mixtura) de las funciones kernel correspondientes a cada medición. La distribución de todo el conjunto de valores $RTP_{i,j}$ se obtiene como el producto de cada uno de los valores RTP evaluados en la distribución anterior.
- 35 • Sesgo RTP : hace referencia a la función de distribución del sesgo utilizada para modelar el error positivo introducido en el RTP como consecuencia de la falta de

visión directa (NLOS). Puede ser cualquier función y puede ser diferente o no para cada nodo baliza.

- 5
- Marginalización: se refiere al proceso de obtención de la función de verosimilitud de la distancia entre los dos nodos a partir de la distribución del sesgo y de la distribución obtenida para el conjunto de valores RTP .
 - $VD RTP_{i,j}$: es la función de verosimilitud de la distancia estimada entre el nodo a localizar DL_i y el nodo baliza $DB_{i,j}$.

10

Reivindicaciones:

1. Procedimiento de localización de nodos o dispositivos en redes inalámbricas a partir de los valores de retardo temporal de propagación y del nivel de potencia de las señales intercambiadas entre el nodo a localizar y el resto de nodos de la red, **que comprende** las etapas de:

a. obtener valores de potencia recibida de las señales intercambiadas entre el dispositivo a localizar y cada uno de los nodos baliza en su rango de cobertura.

b. estimar dinámicamente todos los parámetros de los modelos de propagación que caracterizan cada uno de los distintos canales de propagación existentes entre el nodo a localizar y cada uno de los restantes nodos baliza que se encuentran dentro de su rango de cobertura.

c. estimar dinámicamente la distribución de los valores de potencia recibidos de las señales transmitidas entre el dispositivo a localizar y los nodos baliza en rango de cobertura, mediante una mixtura de funciones kernel.

d. estimar cada una de las funciones de verosimilitud de la distancia entre el nodo a localizar y los nodos baliza en rango de cobertura, a partir de la distribución de los valores de potencia recibida, los parámetros de los modelos de propagación que caracterizan cada uno de los distintos canales, y una función de distribución del sesgo provocado por el error en la estimación de dichos parámetros.

e. obtener valores del retardo de propagación de las señales intercambiadas entre el dispositivo a localizar y cada uno de los nodos baliza en su rango de cobertura.

f. estimar dinámicamente la distribución de los valores del retardo temporal de propagación de las señales transmitidas entre el dispositivo a localizar y los nodos baliza en rango de cobertura, mediante una mixtura de funciones kernel.

g. estimar cada una de las funciones de verosimilitud de la distancia entre el nodo a localizar y el resto de nodos baliza en rango de cobertura a partir de la distribución de los valores de retardo temporal de propagación, el modelo que relaciona este retardo con la distancia entre los nodos, y una función de distribución del sesgo positivo provocado por la falta de una línea de visión directa (NLOS).

h. estimar dinámicamente la función de verosimilitud de la posición del nodo a localizar mediante multiplicación de las funciones de verosimilitud de la

distancia a cada uno de los nodos baliza en su rango de cobertura, expresadas estas en función de las coordenadas del dispositivo a localizar.

i. estimar la posición inicial por maximización de la función de verosimilitud de la posición del nodo a localizar.

5 j. estimar la posición del dispositivo a localizar en cada instante de tiempo distinto al inicial utilizando, de manera recursiva, todas las funciones de verosimilitud de la posición previamente estimadas, así como el modelo dinámico que relaciona la posición en un instante de tiempo con la posición en el instante de tiempo siguiente.

10

2. Un programa implementado sobre cualquier dispositivo físico adaptado para ejecutar el método de la reivindicación anterior.

15

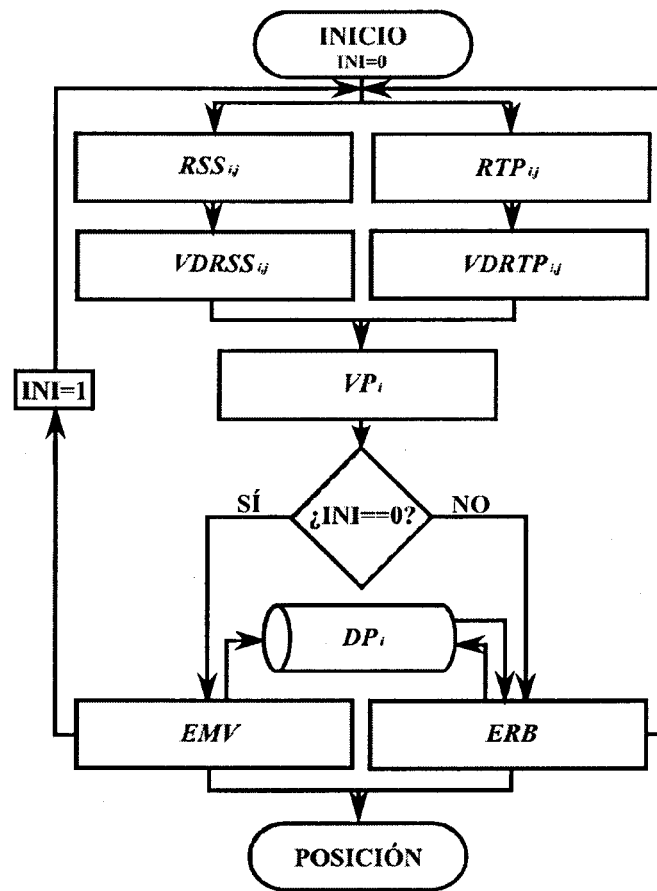


Figura 1

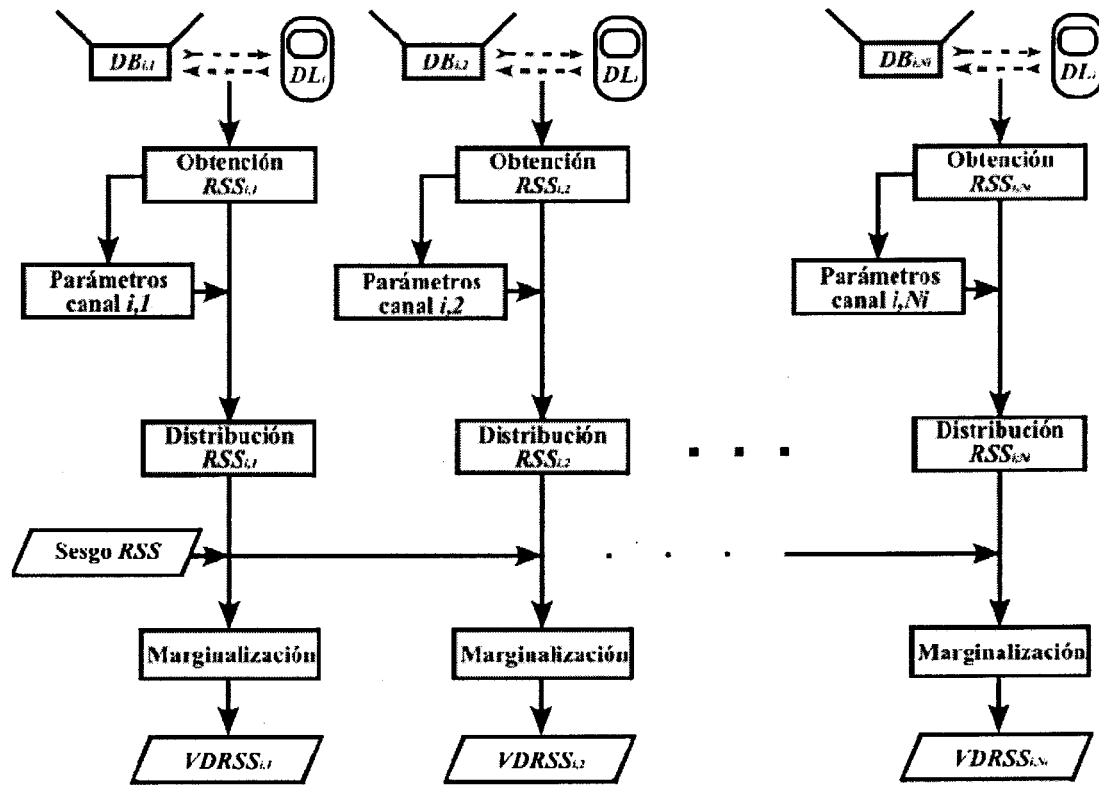


Figura 2

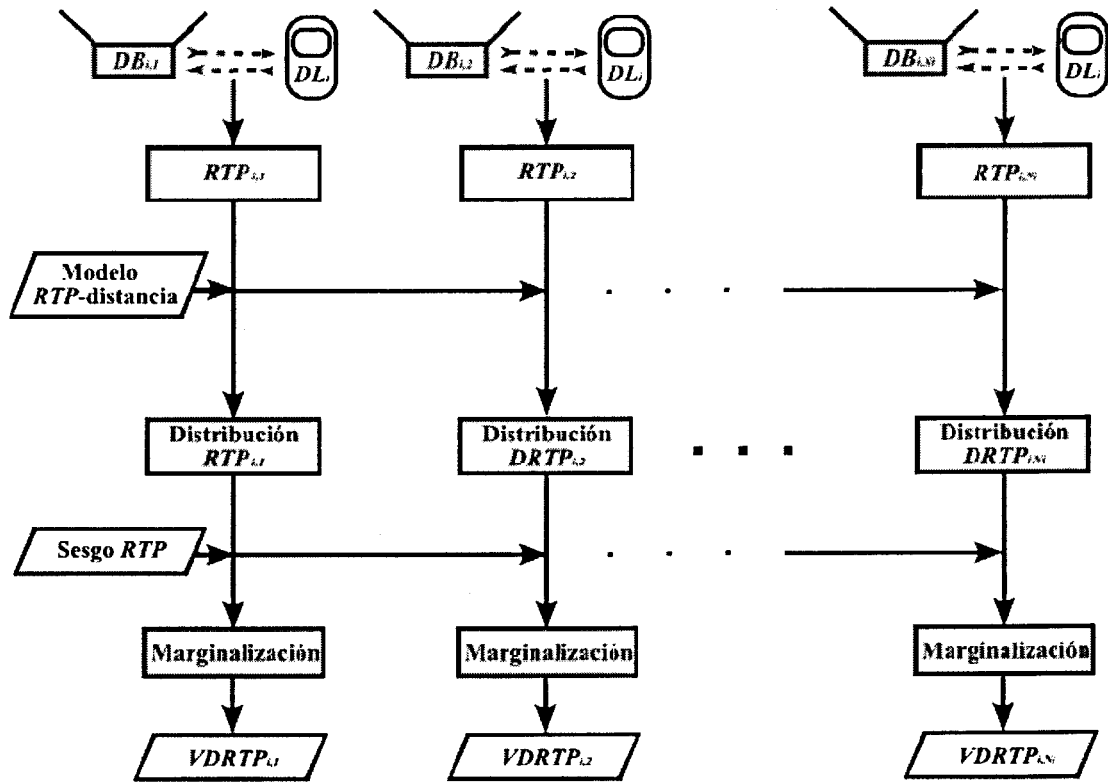


Figura 3