



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 296 725**

51 Int. Cl.:
H04Q 7/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **01850054 .6**

86 Fecha de presentación : **23.03.2001**

87 Número de publicación de la solicitud: **1137305**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **26.09.2001**

54 Título: **Método y sistema para localizar estaciones móviles en una red de comunicaciones móviles.**

30 Prioridad: **23.03.2000 EP 00850053**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.05.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.05.2008

73 Titular/es:
TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (publ)
164 83 Stockholm, SE

72 Inventor/es: **Cedervall, Mats;**
Kangas, Ari y
Jobber, Johan

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 296 725 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).

ES 2 296 725 T3

DESCRIPCIÓN

Método y sistema para localizar estaciones móviles en una red de comunicaciones móviles.

5 La invención se ocupa de la posición de estaciones móviles en una red de comunicaciones móviles que incluye estaciones móviles y estaciones de base.

Antecedentes técnicos

10 Se espera que los servicios basados en la posición de estaciones móviles representen un papel importante en aplicaciones futuras de sistemas inalámbricos. Algunos ejemplos de tales servicios son servicios de emergencia, asistencia en carretera, "páginas amarillas" que tengan en cuenta la posición e información de tráfico.

15 Se han desarrollado una amplia variedad de tecnologías para localizar estaciones móviles. Muchas han seleccionado como objetivo el requisito de la Comisión Federal de Comunicaciones de los EE.UU. (US FCC) de determinar la posición de comunicantes con el servicio de llamadas de emergencia de manera muy precisa. Estas tecnologías pueden clasificarse en métodos externos o métodos que tomen como base la red. Un ejemplo de un método externo es el Sistema global de determinación de posición (GPS). Los métodos que toman como base una red pueden clasificarse adicionalmente en función de si las mediciones de señales necesarias las realiza la red o la estación móvil. Las mediciones de señales pueden incluir el tiempo de recepción de señales comunicadas entre una estación de base BS y una estación móvil MS, el ángulo de señales de llegada, mediciones de tiempos de ida y vuelta de señales comunicadas entre una BS de servicio y una MS, o sus combinaciones.

25 Casi todos los métodos requieren equipos específicos en la MS y/o en la red. Por otro lado, algunos métodos requieren unidades de medición de posición (LMU) para conseguir información de las diferencias de tiempo relativas de transmisión de señales a estaciones móviles diferentes. Ello significa que el operador tiene que hacer frente a una inversión inicial en nuevos equipos. Lo anterior es válido tanto para métodos basados en la red como para los basados en la estación móvil.

30 En el caso de muchos servicios basados en la posición, se espera que una precisión de 500 o incluso más metros sea suficiente. Para estos tipos de servicios, las inversiones en equipos nuevos costosos no se justifica fácilmente. En ocasiones, una solución por etapas es la opción más atractiva. En ese caso, el operador ofrecerá inicialmente servicios basados en métodos de determinación de posición poco precisos y, posteriormente, puede invertir en nuevos equipos, a medida que los ingresos aumenten.

35 Por estas razones, resulta interesante investigar qué puede hacerse con un mínimo de impacto en la red. La información de red disponible en un momento determinado en relación con la posición de una MS incluye la identificación de la célula de servicio, el avance de temporización y los informes de mediciones provenientes de la MS. El avance de temporización consiste en una estimación de un tiempo de propagación de una señal y se usa para calcular la distancia entre la BS de servicio y la MS. Los informes de mediciones de la MS incluyen mediciones de las intensidades de las señales recibidas e identidades de BS próximas, así como las de las BS de servicio.

45 Las mediciones de tiempo de llegada (TOA) proporcionan un tiempo de propagación de señales entre una MS y una BS. Las mediciones de diferencias de tiempo de llegada (TDOA) proporcionan la diferencia de tiempo de propagación de señales entre la MS y dos BS diferentes. Las mediciones de las dos BS se usan, entonces, para calcular la posición real de la MS. Este procedimiento, que usa ecuaciones geométricas bien conocidas, se denomina triangulación.

50 En un procedimiento de medición de TOA, ilustrado en la figura 1, una estación móvil MS comunica con, al menos, tres estaciones de base BS₁-BS₃. Con el fin de determinar la posición de la MS, se mide la distancia entre la MS y cada una de las tres BS, usando la técnica de TOA. La distancia medida R₁ a la BS₁ define un círculo C₁ en torno a la BS₁, y la MS estará localizada en algún punto del círculo C₁. Igualmente, se miden las distancias R₂ y R₃ a las BS₂ y BS₃, respectivamente, para definir los círculos C₂ y C₃ correspondientes. La intersección de los círculos C₁, C₂ y C₃ define la posición de la MS. Esta técnica se describe con más detalle en la solicitud de patente internacional WO 99/21389.

55 En la técnica de medición por diferencia de tiempo de llegada (TDOA), las determinaciones de posición usan cálculos de TDOA que se basan, adicionalmente, en mediciones de tiempo de llegada (TOA). De acuerdo con este método, la posición de la estación móvil se localiza en el punto, o cerca de él, en que se crucen una pluralidad de arcos de hipérbola. Un método de este tipo se describe en la solicitud de patente internacional WO 99/29130.

60 Los dos métodos de determinación de posición conocidos más comunes son el método de diferencia de tiempo de llegada observada para enlace de bajada (DL-OTDOA) y el método de tiempo de llegada para enlace de subida (UL-TOA). El método DL-OTDOA se basa en mediciones realizadas por la MS.

65 La figura 2 ilustra el modo de funcionamiento del método DL-OTDOA. Una estación móvil comunica con una estación de base de servicio SBS, a una distancia d₀, y, además, con dos estaciones de base próximas NBS₁ y NBS₂, a distancias d₁ y d₂, respectivamente. Las diferencias de tiempo de llegada observadas (OTDOA) de señales de bajada recibidas a partir de las dos estaciones de base definen una hipérbola, que se ilustra con línea discontinua en la figura 2. Las superficies indicadas en torno a las líneas discontinuas representan márgenes de errores de medición.

Cuando estén disponibles tres o más BS pueden definirse una pluralidad de hipérbolas y la MS estará localizada en la intersección de estas hipérbolas, que se indica mediante una superficie en negro que incluye los márgenes de errores de medición respectivos. Con el fin de compensar cualesquiera transmisiones no alineadas en el tiempo provenientes de las diferentes BS, tienen que conocerse las diferencias de tiempo real (RTD), si las BS no están sincronizadas, por ejemplo, con una referencia de tiempo global. Las RTD pueden obtenerse, por ejemplo, disponiendo de LMU en, al menos, algunas de las BS.

El método UL-TOA funciona de manera similar, aunque en este caso, la BS realiza mediciones de señales de subida transmitidas por la MS.

La precisión del método es función de, por ejemplo, la precisión de las mediciones, pero, también, de las posiciones relativas de la MS y las BS implicadas. La precisión puede ser muy baja para algunas configuraciones, lo que a veces se denomina Dilución geométrica de la precisión (GDOP). Matemáticamente, la GDOP se define como la razón entre la precisión de la determinación de la posición y la precisión de las mediciones.

El objeto de la invención consiste en ofrecer un método simple para localizar estaciones móviles en relación con estaciones de base no sincronizadas sin necesidad de unidades de medición de posición (LMU).

Un método y un aparato para identificar posiciones de una pluralidad de teléfonos celulares móviles se describe en el documento US 5 973 643 A, por el que una red se divide en zonas geográficas específicas, que comprenden, cada una, cierto número de sensores de posición de móviles (MLS) distribuidos, conectados con un procesador de posición en tiempo real central (RLP) asociado con una central de comunicaciones móviles MSC. Los sensores de posición de móviles reciben y miden señales transmitidas a partir de teléfonos celulares móviles activos en la zona geográfica respectiva. Los datos medidos se transmiten a los RLP respectivos para su tratamiento, y, finalmente, se transmite información de posición tratada a una aplicación de posición disponible. Cada sensor de posición de móviles puede estar previsto en yuxtaposición con una estación de base, usando las antenas de estaciones de base respectivas para recibir señales, o con una unidad independiente de la estación de base respectiva, dotada de su propia antena.

Otro método y aparato, que utiliza acceso múltiple por división espacial (SDMA) para ejecutar la estimación de la posición de múltiples estaciones móviles celulares simultáneamente se describe en el documento US 5 515 378 A. El tiempo de llegada (TOA) y/o la dirección de llegada (DOA) se miden en cierto número de estaciones de base. Los resultados de mediciones obtenidos se tratan en un controlador de acceso múltiple por división espacial (SDMA), con el fin de obtener estimaciones de posiciones de usuarios.

Pero estos métodos alternativos para localizar estaciones móviles requieren modificaciones considerables de los equipos existentes, y, por tanto, no están orientados a minimizar el impacto en la red si se desea determinar las posiciones de las MS, como en el caso de la presente invención.

Compendio de la invención

La posición de estaciones móviles en una red de comunicaciones de acuerdo con la invención incluye localizar, al menos, dos estaciones móviles, simultáneamente, minimizando una función de coste, que se consigue usando un número suficiente de ecuaciones. En cada una de estas ecuaciones, la posición de una estación móvil es función de la posición de una estación de base en la red y de mediciones de señales realizadas, que incluyen tiempos de recepción. Por tanto, se elimina la necesidad de LMU para localizar estaciones móviles usando estaciones de base no sincronizadas.

Las mediciones de señales pueden realizarse mediante las estaciones móviles y comprenden tiempos de recepción de señales recibidas desde estaciones de base de la red, y, opcionalmente, mediciones de tiempos de ida y vuelta (RTT). El tiempo de ida y vuelta es el tiempo de propagación de ida de una señal desde una estación de base a una estación móvil y de vuelta a la estación de base. En función de la situación, se decide si deben realizarse mediciones de RTT en relación con una estación de base de servicio o una estación de base próxima. Esta decisión puede depender, por ejemplo, del equipo disponible o de la complejidad del sistema de red.

La posición de una estación móvil se representa mediante coordenadas geográficas de dimensiones predeterminadas, típicamente dos o tres coordenadas. El número de ecuaciones, el número de estaciones móviles localizadas simultáneamente y el número de estaciones de base implicadas necesarias para determinar la posición de estaciones móviles, serán en función de las dimensiones predeterminadas de las coordenadas y de la información de los RTT.

Al determinar la posición de, al menos, dos MS simultáneamente, resulta posible obviar el requisito de usar LMU cuando las BS no estén sincronizadas. En este contexto, "simultáneamente" significa que las mediciones de señales tienen que hacerse lo bastante próximas en el tiempo como para que los relojes de las BS no puedan derivar significativamente. En la práctica, ello podría significar, por ejemplo, que las mediciones tengan que hacerse en, aproximadamente, menos de un minuto.

En lo que sigue se describen algunas realizaciones preferidas de la invención con referencia a las figuras adjuntas. Pero la invención no se limita, en modo alguno, a los distintos detalles de las realizaciones descritas, que se presentan, solamente, con fines ilustrativos.

Figuras

La figura 1 es una vista esquemática que ilustra un método de determinación de posición de la técnica anterior.

5 La figura 2 es una vista esquemática que ilustra otro método de determinación de posición de la técnica anterior.

La figura 3 es una vista esquemática de una realización preferida de la invención.

10 La figura 4 es un diagrama que presenta resultados de simulación del método de la invención comparados con resultados de un método de la técnica anterior.

Descripción detallada

15 Al determinar la posición de, al menos, dos estaciones móviles MS mediante la realización de mediciones de señales que afecten, al menos, a tres estaciones de base BS, la minimización de una función de coste proporciona las posiciones de, al menos, dos MS. La función de coste puede obtenerse mediante un número suficiente de ecuaciones, incluyendo cada una de ellas la posición de una MS en función de la posición de una BS, y mediciones de señales realizadas.

20 En el caso general, la distancia entre una estación de base BS_i y una estación móvil MS_j viene dada por la ecuación siguiente:

$$T_{ij} = T_i + d_{ij}/c + \tau_j + e_{ij} \tag{1}$$

25 en la que

$T_i = T_1, \dots, T_{nb}$ denota el tiempo de transmisión desde la BS_i ($i = 1, \dots, nb$),

30 T_{ij} denota el tiempo de recepción en una MS_j de una señal proveniente de una BS_i,

$\tau_j = \tau_1, \tau_2 \dots \tau_{nm}$ denota un desfase de tiempo igual a la diferencia entre la base de tiempo usada como referencia por MS₁, MS₂ ... MS_{nm}, y una referencia de tiempo común,

35 c es la velocidad de propagación de las ondas de radio,

e_{ij} representa errores de medición,

40 $j = 1, \dots, nm$, denotando nm el número de MS,

$i = 1, \dots, nb$, denotando nb el número de BS, y

d_{ij} es la distancia entre la BS_i y la MS_j.

45 d_{ij} puede expresarse del modo siguiente:

$$d_{ij} = \|B_i - M_j\|$$

50 en la que

M_j denota las coordenadas de la MS_j, y

55 B_i denota las coordenadas de la BS_i.

Como las mediciones de las MS se realizan con referencia a la base de tiempo de cada estación móvil respectiva, las relaciones entre las bases de tiempo de las MS, representadas por τ , son términos desconocidos adicionales, puesto que las MS no están sincronizadas, es decir, no tienen una referencia de tiempo común. Puede definirse una referencia de reloj común que sea igual al reloj de, por ejemplo, la MS₁, por tanto, $\tau_1 = 0$, lo que reduciría el número de términos desconocidos en una unidad. Además, cada BS puede medir el tiempo RTT de señales, de ida desde la BS a una MS y de vuelta a la BS. Esta medición se relaciona con la distancia entre MS_j y BS_i como sigue:

$$RTT_{ij} = 2*d_{ij}/c + v_{ij} \tag{2}$$

65 denotando v_{ij} un error de medición. Debe hacerse notar que la ecuación (2) permite definir RTT para más de una BS por cada MS.

ES 2 296 725 T3

La posición de una MS puede definirse mediante dos o tres coordenadas geográficas, en función de si es necesario determinar la posición en altura. La tercera coordenada, de altura, puede ser necesaria en, por ejemplo, entornos montañosos o edificios con múltiples plantas.

5 Es un hecho bien sabido que para calcular valores desconocidos, el número de ecuaciones tiene que ser igual, al menos, al número de incógnitas. Si el RTT de una estación de base es conocido para todas las MS, el número de ecuaciones es $nm \cdot nb + nm$. Si no se conoce RTT alguno, el número de ecuaciones será $nm \cdot nb$. En ambos casos, el número de incógnitas es $(C+1) \cdot nm + nb - 1$, siendo C el número de coordenadas usadas, es decir, 2 o 3. $C \cdot nm$ es el número de coordenadas desconocidas de nm estaciones móviles, nb es el número de tiempos de transmisión T_i desconocidos, y $nm - 1$ es el número de desfases de tiempo τ_j desconocidos.

15 Las tablas siguientes muestran el número de ecuaciones menos el número de incógnitas para números diferentes de MS y BS, y sus combinaciones. Las tablas incluyen casos que usan coordenadas bi o tridimensionales, así como casos con o sin información acerca de los RTT de una BS.

TABLA 1

20 Indica el número de ecuaciones menos el número de incógnitas cuando se usen coordenadas bidimensionales, y los RTT entre una BS y todas las MS sean conocidos.

n.MS/nBS	1	2	3	4	5	6
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2	-2	-1	0	1	2	3
3	-3	-1	1	3	5	7

TABLA 2

35 El número de ecuaciones menos el número de incógnitas cuando se usen coordenadas bidimensionales y los RTT sean desconocidos.

n.MS/nBS	1	2	3	4	5	6
1	-2	-2	-2	-2	-2	-2
2	-4	-3	-2	-1	0	1
3	-6	-4	-2	0	2	4
4	-8	-5	-2	1	4	7

TABLA 3

50 El número de ecuaciones menos el número de incógnitas cuando se usen coordenadas tridimensionales y los RTT sean conocidos.

n.MS/nBS	1	2	3	4	5	6
1	-2	-2	-2	-2	-2	-2
2	-4	-3	-2	-1	0	1
3	-6	-4	-2	0	2	4

ES 2 296 725 T3

TABLA 4

El número de ecuaciones menos el número de incógnitas cuando se usen coordenadas tridimensionales y los RTT sean desconocidos.

n.MS/nBS	1	2	3	4	5	6	7
1	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
2	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
3	-9	-7	-5	-3	-1	1	3

A partir de estas tablas, puede entenderse que los cálculos son significativamente más sencillos cuando se usen coordenadas bidimensionales.

El requisito de un número necesario de ecuaciones en relación con el número de incógnitas no es la única condición para realizar determinaciones de posición con éxito. Un caso de distribución geográfica de MS se conoce como degenerado cuando la geometría hace imposible determinar las posiciones de las MS. Un ejemplo trivial de caso degenerado se produce cuando las MS estén muy cerca unas de otras, lo que dará lugar a una GDOP inadecuada.

La figura 3 ilustra una realización preferida de la invención, prevista en un escenario sencillo, que hace uso de dos estaciones móviles MS₁, MS₂ y tres estaciones de base BS₁-BS₃. En este ejemplo, BS₁ es la estación de base de servicio en el momento considerado para MS₁ y MS₂.

Tanto MS₁ como MS₂ miden y comunican tiempos de recepción, o tiempos de llegada TOA, de señales transmitidas a partir de BS₁, BS₂ y BS₃, respectivamente. En general, T_{ij} es el tiempo de recepción, en MS_j, de una señal proveniente de BS_i (véase (1)). Los RTT de MS₁ y MS₂ se miden en la BS₁. Con fines ilustrativos, únicamente, se supone que las mediciones están libres de ruido, siendo las ecuaciones resultantes (véanse también (1) y (2)):

$$T_{11} = T_1 + d_{11}/c \quad (3)$$

$$T_{21} = T_2 + d_{21}/c \quad (4)$$

$$T_{31} = T_3 + d_{31}/c \quad (5)$$

$$T_{12} = T_1 + d_{12}/c + \tau_2 \quad (6)$$

$$T_{22} = T_2 + d_{22}/c + \tau_2 \quad (7)$$

$$T_{32} = T_3 + d_{32}/c + \tau_2 \quad (8)$$

$$RTT_{11} = 2 * d_{11}/c \quad (9)$$

$$RTT_{12} = 2 * d_{12}/c \quad (10)$$

De la ecuación (10) puede concluirse que la MS₂ está situada en algún punto de un círculo definido por la posición de BS₁ y la distancia d₁₂. Correspondientemente, de la ecuación (9) puede concluirse que la MS₁ está situada en algún punto de un círculo definido por la posición de BS₁ y la distancia d₁₁.

T₁ puede determinarse sustituyendo d₁₁, a partir de la ecuación (10), en (3). Luego, puede determinarse τ₂, sustituyendo T₁ y d₁₂, a partir de (9), en (6).

A continuación, se define D₂ como la diferencia de las distancias de MS₁ y MS₂ a BS₂:

$$d_{22} = d_{21} + D_2 \quad (11)$$

D₂ está relacionado con la diferencia de retardos de propagación de señales de BS₂ a MS₂ y MS₁, es decir, D₂ puede calcularse restando (7) de (4), con el resultado siguiente:

$$D_2 = c * (T_{22} - T_{21} - \tau_2)$$

De modo correspondiente, se define D₃ como la diferencia de las distancias de MS₁ y MS₂ a BS₃, relacionada con la diferencia de retardos de propagación de señales de BS₃ a MS₁ y MS₂, es decir,

$$d_{31} = d_{32} + D_3 \quad (12)$$

ES 2 296 725 T3

Debe hacerse notar que se ha cambiado el orden de MS_1 y MS_2 con el fin de garantizar que D_2 sea una distancia positiva, de acuerdo con la figura 3. Ello se hace solamente con fines ilustrativos. D_3 puede obtenerse restando (5) de (8):

$$D_3 = c * (T_{31} - T_{32} + \tau_2)$$

Así, MS_1 estará localizada en una posición definida por los tres círculos siguientes:

- el círculo definido por la posición de BS_1 y la distancia d_{11} ,
- el círculo definido por la posición de BS_2 y la distancia d_{21} , y
- el círculo definido por la posición de BS_3 y la distancia $d_{32} + D_3$.

MS_2 estará localizada en una posición definida por los tres círculos siguientes:

- el círculo definido por la posición de BS_1 y la distancia d_{12} ,
- el círculo definido por la posición de BS_2 y la distancia $d_{21} + D_2$, y
- el círculo definido por la posición de BS_3 y la distancia d_{32} .

En caso no degenerado, d_{21} y d_{32} , que son desconocidos, pueden estimarse gráficamente ajustándolos hasta que los tres círculos que correspondan a MS_1 se corten en un punto al mismo tiempo que los tres círculos que correspondan a MS_2 se corten en otro punto. Debe hacerse notar que cuando se ajusten d_{21} y d_{32} , se ajustan, también, d_{22} y d_{31} manteniendo las diferencias de distancias D_2 y D_3 entre los radios. Las coordenadas de los dos puntos de intersección proporcionarán las posiciones de MS_1 y MS_2 .

En la práctica se producirán errores de medición, de manera que los seis círculos no se cortarán en dos posiciones exactas. En el caso normal, las posiciones de las MS pueden determinarse merced a un enfoque de minimización, por ejemplo, usando el método de mínimos cuadrados. En resumen, ello significa que las posiciones de las MS se seleccionan de manera que se minimice la suma de los cuadrados de las distancias entre las MS y los seis círculos descritos, es decir, tres círculos por MS. Ello se conoce, en general, como minimización de una función de coste.

En lo que sigue, se ilustra el proceso de mínimos cuadrados en un marco algo más genérico. En primer lugar, se eliminan los tiempos de transmisión y los desfases de tiempo desconocidos restando dos veces, las ecuaciones (7) - (6) - ((4) - (3)) y ((8) - (6) - (5) - (3)), obteniéndose:

$$T_{22} - T_{12} - (T_{21} - T_{11}) = (d_{22} - d_{12} - (d_{21} - d_{11}))/c + e_1 \quad (13)$$

$$T_{32} - T_{12} - (T_{31} - T_{11}) = (d_{32} - d_{12} - (d_{31} - d_{11}))/c + e_2 \quad (14)$$

representando e_1 , e_2 la suma de errores de medición individuales. En (13) y (14), las únicas incógnitas son las coordenadas M_1 y M_2 de posición de las MS, incluidas en las distancias d_{ij} . Al añadir las mediciones RTT de (9) y (10), se tienen cuatro ecuaciones y cuatro incógnitas. Con el fin de simplificar la notación, se define lo siguiente:

$$y_1 = T_{22} - T_{12} - (T_{21} - T_{11})$$

$$y_2 = T_{32} - T_{12} - (T_{31} - T_{11})$$

$$f_1 = (d_{22} - d_{12} - (d_{21} - d_{11}))/c$$

$$f_2 = (d_{32} - d_{12} - (d_{31} - d_{11}))/c$$

Finalmente, el criterio de mínimos cuadrados se define a modo de formulación matricial:

$$V(M_1, M_2) = [y_1 - f_1 \quad y_2 - f_2 \quad RTT_{11} - d_{11}/c \quad RTT_{12} - d_{12}/c] Q$$

$$[y_1 - f_1 \quad y_2 - f_2 \quad RTT_{11} - d_{11}/c \quad RTT_{12} - d_{12}/c]' \quad (15)$$

Q es una matriz de ponderación, que se basa, normalmente, en estimaciones de los errores de medición en las ecuaciones (9) - (10), (13) - (14).

ES 2 296 725 T3

Los argumentos que minimicen el criterio de mínimos cuadrados (15) proporcionan estimaciones de las coordenadas de posición M_1 y M_2 :

$$M_1, M_2 = \arg \min V(M_1, M_2) \quad 16)$$

5

Ejemplo

Con el fin de evaluar la posibilidad de GDOP inadecuada, el método del invento ha sido evaluado mediante simulaciones numéricas y se ha comparado con un método de la técnica anterior.

10

Debe hacerse notar que una vez calculadas las posiciones de las MS, se conocen las diferencias de tiempo relativas RTD de las BS implicadas. Ello significa que si tiene que determinarse la posición de otra MS, es suficiente realizar mediciones mediante esa MS solamente, siempre que los relojes de las BS no hayan derivado significativamente entre sí.

15

En este ejemplo adicional, tres estaciones de base están situadas con un patrón uniforme y 1000 estaciones móviles están situadas al azar en la zona circundante. Se calculan los TOA verdaderos y se añade un error, que corresponda a 100 m, a todos los valores TOA (incluyendo los calculados merced a mediciones realizadas por *LMU* y BS). Entonces, las posiciones de las MS se estiman mediante el método de mínimos cuadrados, tanto para el método de acuerdo con la invención como para el método por OTDOA conocido previamente, que usa *LMU*.

20

El método del invento se evalúa en el caso en que se realicen mediciones de RTT y se consideren coordenadas bidimensionales. A modo de referencia, se evalúa el método por OTDOA estándar para las mismas MS. Los resultados de esta evaluación se muestran en la figura 4, que presenta las funciones de probabilidad de errores para el método de la invención y para el método por OTDOA estándar, que usa *LMU*. Como puede esperarse, el comportamiento del método del invento es algo inferior al del método OTDOA, pero, por otro lado, su puesta en práctica es más económica. Una razón para tal comportamiento inferior radica en las características de la GDOP.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 296 725 T3

REIVINDICACIONES

1. Un método para localizar estaciones móviles en una red de comunicaciones móviles que incluya una pluralidad de estaciones móviles ($MS_1 - MS_{nm}$) y una pluralidad de estaciones de base ($BS_1 - BS_{nb}$), por el que:

se realizan mediciones de señales comunicadas entre, al menos, tres estaciones de base (BS_1, BS_2, BS_3) y, al menos, dos estaciones móviles (MS_1, MS_2); **caracterizado** por la etapa de:

localizar las, al menos, dos estaciones móviles, simultáneamente, merced a un número N de ecuaciones, siendo N igual a:

$nm * nb + nm$ si el tiempo de ida y vuelta (RTT) en relación con una estación de base es conocido para todas las estaciones móviles

o

$nm * nb$ si no se conoce RTT alguno

siendo nm el número de estaciones móviles que tengan que localizarse, nb el número de estaciones de base implicadas, RTT el tiempo de ida de una señal desde una estación de base a una estación móvil y de vuelta a la estación de base, y

comprendiendo cada ecuación la posición de una estación móvil en función de la posición de una estación de base y las mediciones de señales realizadas.

2. El método de la reivindicación 1, por el que las mediciones de señales realizadas incluyen el tiempo de recepción de señales comunicadas entre dichas, al menos, tres estaciones de base y dichas, al menos, dos estaciones móviles.

3. El método de la reivindicación 1, por el que las mediciones de señales realizadas incluyen el tiempo de ida y vuelta de señales comunicadas entre dichas, al menos, tres estaciones de base y dichas, al menos, dos estaciones móviles.

4. El método de la reivindicación 1, por el que las posiciones de las estaciones móviles se definen mediante coordenadas de dimensiones predeterminadas.

5. El método de la reivindicación 4, por el que las posiciones de las estaciones móviles se definen mediante dos coordenadas.

6. El método de la reivindicación 4, por el que las posiciones de las estaciones móviles se definen mediante tres coordenadas.

7. El método de la reivindicación 4, por el que dicho número de ecuaciones se basa en dichas dimensiones predeterminadas de las coordenadas.

8. El método de la reivindicación 3, por el que dicho número de ecuaciones se basa en la información de dichos tiempos de ida y vuelta.

9. El método de la reivindicación 1, por el que el número de estaciones móviles localizadas simultáneamente y el número de estaciones de base implicadas en dichas mediciones de señal realizadas se basan en la información de tiempos de ida y vuelta medidos y las dimensiones predeterminadas de las coordenadas que definan las posiciones de las estaciones móviles.

10. El método de la reivindicación 1, por el que dichas mediciones de señales se realizan en menos de un minuto, de manera que los relojes de las estaciones de base no puedan derivar significativamente entre sí.

11. Un sistema para localizar estaciones móviles en una red de comunicaciones móviles que incluya una pluralidad de estaciones móviles ($MS_1 - MS_{nm}$) y una pluralidad de estaciones de base ($BS_1 - BS_{nb}$), por el que:

se realicen mediciones de señales comunicadas entre, al menos, tres estaciones de base (BS_1, BS_2, BS_3), y, al menos, dos estaciones móviles (MS_1, MS_2); **caracterizado** por:

medios para localizar las, al menos, dos estaciones móviles, simultáneamente, mediante un número N de ecuaciones, siendo N igual a:

$nm * nb + nm$ si el tiempo de ida y vuelta (RTT) en relación con una estación de base es conocido para todas las estaciones móviles

ES 2 296 725 T3

o

$nm \cdot nb$ si no se conoce RTT alguno

5

siendo nm el número de estaciones móviles que tengan que localizarse, nb el número de estaciones de base implicadas, RTT el tiempo de ida de una señal desde una estación de base a una estación móvil y de vuelta a la estación de base, y

10

comprendiendo cada ecuación la posición de una estación móvil en función de la posición de una estación de base y las mediciones de señales realizadas.

15

12. El sistema de la reivindicación 11, por el que dichas mediciones de señales realizadas incluyen el tiempo de recepción de señales comunicadas entre dichas, al menos, tres estaciones de base y dichas, al menos, dos estaciones móviles.

20

13. El sistema de la reivindicación 11, por el que dichas mediciones de señales realizadas incluyen el tiempo de ida y vuelta de señales comunicadas entre dichas, al menos, tres estaciones de base y dichas, al menos, dos estaciones móviles.

25

14. El sistema de la reivindicación 11, por el que las posiciones de las estaciones móviles se definen mediante coordenadas de dimensiones predeterminadas.

15. El sistema de la reivindicación 14, por el que las posiciones de las estaciones móviles se definen mediante dos coordenadas.

30

16. El sistema de la reivindicación 14, por el que las posiciones de las estaciones móviles se definen mediante tres coordenadas.

17. El sistema de la reivindicación 14, por el que dicho número de ecuaciones se basa en dichas dimensiones predeterminadas de las coordenadas.

35

18. El sistema de la reivindicación 13, por el que dicho número de ecuaciones se basa en la información de dichos tiempos de ida y vuelta.

19. El sistema de la reivindicación 11, por el que el número de estaciones móviles localizadas simultáneamente y el número de estaciones de base implicadas en dichas mediciones de señales realizadas se basan en la información de tiempos de ida y vuelta medidos y las dimensiones predeterminadas de las coordenadas que definan las posiciones de las estaciones móviles.

40

20. El sistema de la reivindicación 11, por el que dichas mediciones de señales se realizan en menos de un minuto, de modo que los relojes de las estaciones de base no puedan derivar significativamente entre sí.

45

50

55

60

65

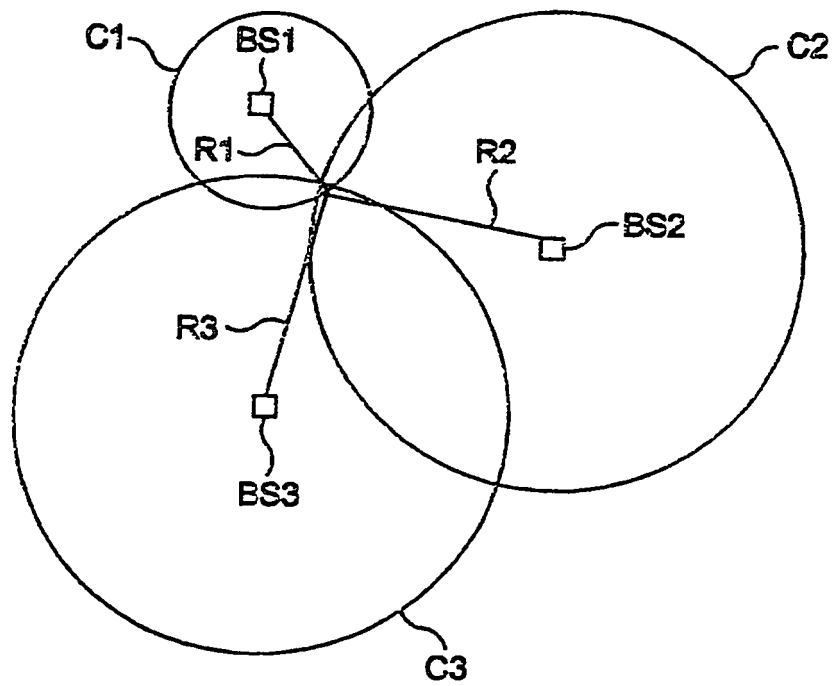


Fig. 1

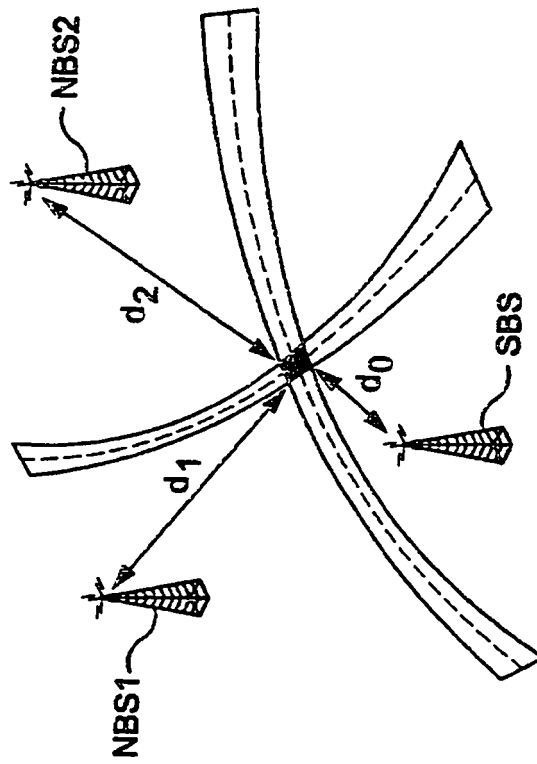


Fig. 2

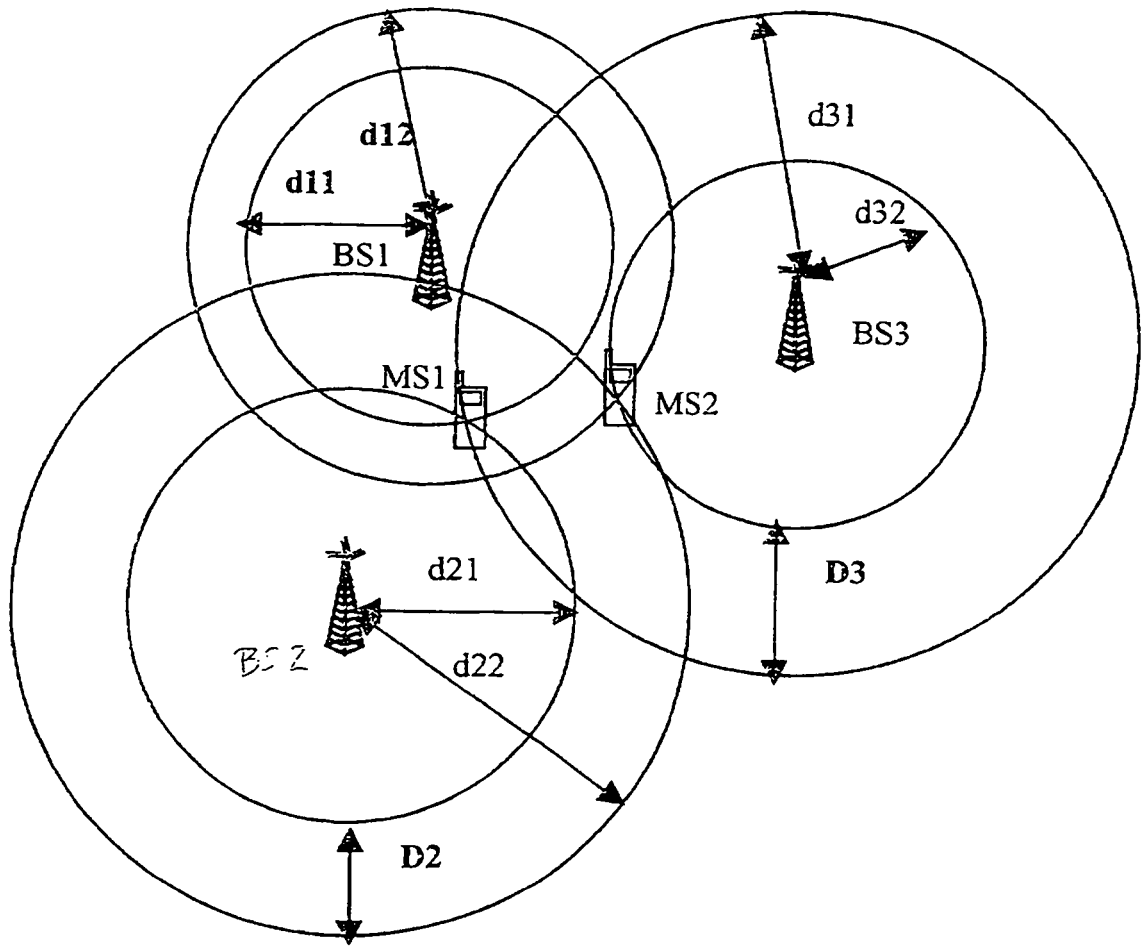


Fig. 3

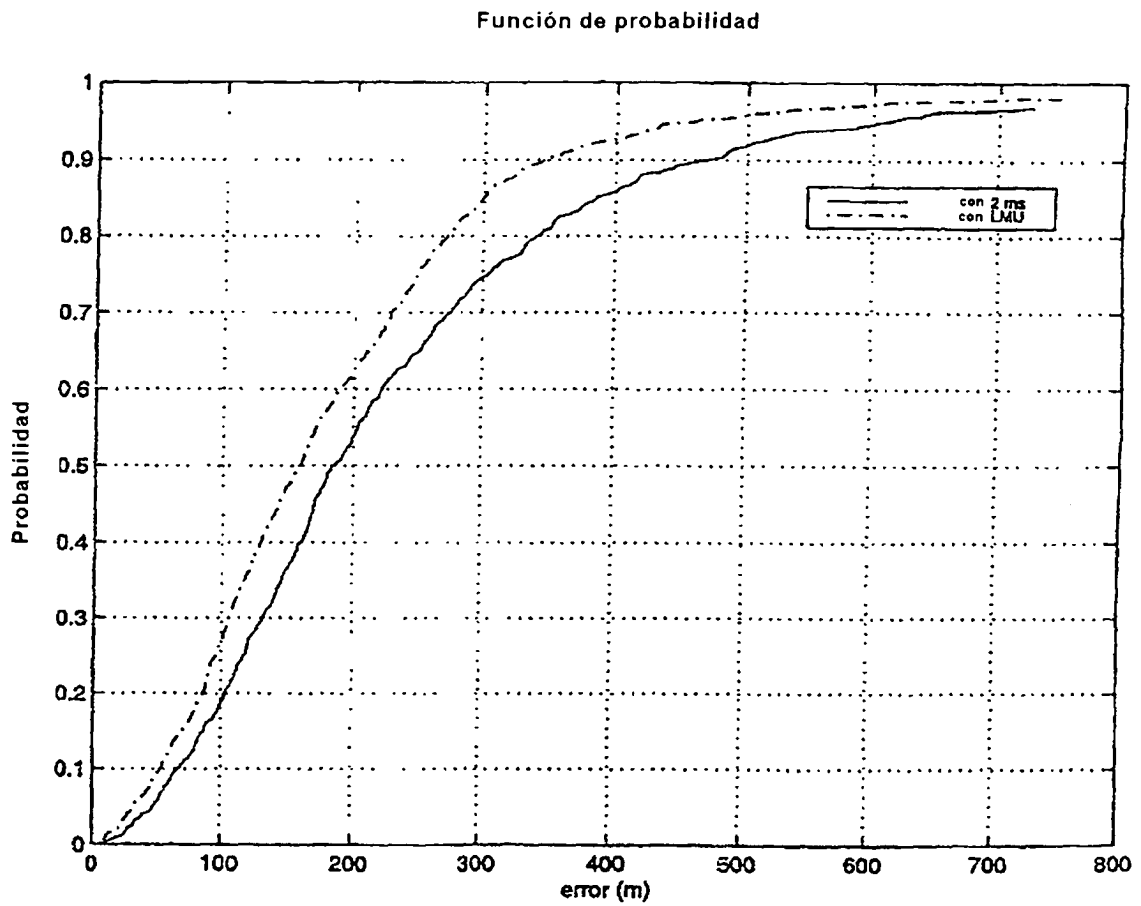


Fig. 4