

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 727 466**

51 Int. Cl.:

**H04B 1/10**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.06.2005 PCT/US2005/019725**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.01.2006 WO06007282**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.06.2005 E 05772367 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019 EP 1767045**

54 Título: **Algoritmo de estimación de tiempo de llegada efectivo para entorno de trayectoria múltiple**

30 Prioridad:

**23.06.2004 US 875368**

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

**16.10.2019**

73 Titular/es:

**GUANGDONG OPPO MOBILE  
TELECOMMUNICATIONS CORP., LTD. (100.0%)  
No. 18 Haibin Road, Wusha, Chang'an, Dongguan  
Guangdong 523860, CN**

72 Inventor/es:

**GOLDEN, STUART y  
FWU, JONG-KAE**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

**ES 2 727 466 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**

Algoritmo de estimación de tiempo de llegada efectivo para entorno de trayectoria múltiple

5 Dentro de un sistema de comunicación, un dispositivo de comunicaciones móvil puede ubicarse usando un receptor de Sistema de Posicionamiento Global (GPS) que toma posiciones y tiempos de múltiples satélites para medir y determinar con precisión las distancias. El dispositivo de comunicaciones móvil compara su tiempo con el tiempo emitido por al menos 3 satélites cuyas posiciones son conocidas y calcula su propia posición en la tierra.

El sistema GPS depende de costosos relojes atómicos en los transmisores GPS para generar las mediciones de precisión. Sería deseable tener una alternativa al sistema GPS basado en satélites que proporcione mediciones de posicionamiento precisas que puedan usarse en una variedad de entornos.

10 El documento WO 01/65271 discute métodos y aparatos para estimar la posición y velocidad de un Receptor Móvil (MR) usando ya sea el Tiempo de Llegada de señales recibidas por el MR, su Fase de Llegada, su Fuerza de Llegada, su Frecuencia de Llegada, o una combinación de los mismos.

15 De acuerdo con un aspecto, la presente invención proporciona un método para usar la descomposición de trayectoria múltiple para determinar el tiempo de llegada en un dispositivo de radio sin hardware sincronizado como se expone en la reivindicación 1.

Breve descripción de los dibujos

20 El tema de discusión considerado como la invención se señala particularmente y se reivindica claramente en la porción concluyente de la especificación. Sin embargo, la invención, tanto como para la organización como método de operación, junto con los objetivos, características, y ventajas de la misma, puede entenderse mejor por referencia a la siguiente descripción detallada cuando se lee con los dibujos acompañantes, en los que:

La figura 1 ilustra un dispositivo de comunicaciones inalámbricas móvil que opera en una red con otros dispositivos móviles de acuerdo con la presente invención;

La figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra características de la presente invención para proporcionar Línea Visual (LOS), resultados de distancia;

25 La figura 3 ilustra un formato de preámbulo que muestra una señal recibida y una versión retardada de la señal recibida;

La figura 4 es un diagrama que muestra una realización de bloques de hardware que pueden usarse para implementar la función de coste; y

La figura 5 es un diagrama de potencia de ruido usada para determinar el número de trayectorias para señales de canal usando técnicas de error residual.

30 Se apreciará que por simplicidad y claridad de ilustración, los elementos ilustrados en las figuras no necesariamente se han dibujado a escala. Por ejemplo, las dimensiones de algunos de los elementos pueden ser exageradas en relación con otros elementos para claridad. Adicionalmente, cuando se considera apropiado, los números de referencia se han repetido entre las figuras para indicar elementos correspondientes o análogos.

Descripción detallada

35 En la siguiente descripción detallada, se describen numerosos detalles específicos con el fin de proporcionar una comprensión exhaustiva de la invención. Sin embargo, será entendido por los experimentados en la técnica que la presente invención puede practicarse sin estos detalles específicos. En otros casos, los métodos, procedimientos, componentes y circuitos bien conocidos no se han descrito en detalle para no confundir la presente invención.

40 En la siguiente descripción y reivindicaciones, se pueden usar los términos "acoplado" y "conectado", junto con sus derivados. Debe entenderse que estos términos no están previstos como sinónimos entre sí. Más bien, en realizaciones particulares, "conectado" se puede usar para indicar que dos o más elementos están en contacto físico o eléctrico directo entre sí. "Acoplado" puede significar que dos o más elementos no están en contacto directo entre sí, pero aún así cooperan o interactúan entre sí.

45 La figura 1 ilustra un dispositivo 10 de comunicaciones inalámbricas móvil que opera con otros dispositivos móviles de acuerdo con la presente invención. Como se muestra en la figura, la red de comunicación puede ser un sistema de comunicación con estaciones base para suministrar a múltiples usuarios dentro de una región de cobertura. Los múltiples dispositivos móviles pueden compartir una estación base y emplear un esquema de acceso múltiple tal como un esquema de Acceso Múltiple por División de Código (CDMA). El dispositivo 10 de comunicaciones inalámbricas se muestra comunicándose con las estaciones 30 y 40 base y otros dispositivos 20 móviles en la red.

50 Las realizaciones pueden incluir intercambios de paquetes entre usuarios de dispositivos de comunicación y puntos de acceso en una Red de Área Local inalámbrica (WLAN). Por ejemplo, una o más estaciones móviles o un punto de

acceso pueden operar en conformidad con un estándar de red inalámbrica tal como ANSI/IEEE Std. 802.11, Edición de 1999, aunque esto no es una limitación de la presente invención. Como se usa aquí, el término "802.11" se refiere a cualquier estándar IEEE 802.11 pasado, presente, o futuro, o una extensión del mismo, incluyendo, pero no limitado a, la edición de 1999. Notar que el tipo de red de comunicación y el tipo de acceso múltiple empleado por los dispositivos que emiten energía de señal de RF se proporcionan solo como ejemplos, y las diversas realizaciones de la presente invención no están limitadas a la realización mostrada en la figura.

El dispositivo 10 de comunicaciones inalámbricas incluye un receptor 12 para recibir una señal modulada de una o más antenas. La señal modulada recibida puede ser convertida en dirección descendente según frecuencia, filtrada, y entonces convertida en una señal digital, de banda base. La conversión de frecuencia puede incluir señales de Frecuencia Intermedia (IF), pero se debe anotar que en una realización alternativa las señales de RF moduladas pueden ser convertidas directamente en dirección descendente sin el uso de mezcladores de IF. El alcance de las reivindicaciones está previsto a cubrir cualquier realización del receptor. Las señales convertidas en dirección descendente se pueden convertir a valores digitales mediante Convertidores de Analógico a Digital (ADCs).

El dispositivo 10 de comunicaciones inalámbricas incluye además un transmisor 14 que tiene un Convertidor de Digital a Analógico (DAC) que convierte un valor digital generado por el procesador en una señal analógica. La señal analógica se puede modular, convertir en dirección ascendente a frecuencias de RF y amplificar usando un amplificador de potencia (con o sin control de retroalimentación) para controlar la potencia de salida de la señal analógica que se transmite desde las antenas.

Aunque la presente invención se muestra en un dispositivo 10 de comunicaciones inalámbricas, las realizaciones de la presente invención se pueden usar en una variedad de aplicaciones. Debe señalarse que las realizaciones de adquisición de tiempo no se limitan a dispositivos de comunicación inalámbrica e incluyen dispositivos de comunicación con línea de cable. La presente invención puede incorporarse a microcontroladores, microprocesadores de propósito general, Procesadores de Señal Digital (DSP), Cálculo de Conjuntos de Instrucciones Reducidas (RISC), Cálculo de Conjuntos de Instrucciones Complejas (CISC), entre otros componentes electrónicos. En particular, la presente invención se puede usar en teléfonos inteligentes, comunicadores y Asistentes Personales Digitales (PDAs), equipo médico o de biotecnología, equipo de protección y seguridad para automóviles, y productos para automóviles. Sin embargo, debe entenderse que el alcance de la presente invención no se limita a estos ejemplos.

La figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra características de la presente invención al proporcionar Línea Visual (LOS), Tiempo de Llegada (TOA), resultados de distancia. La señal de LOS es un rayo de señal transferido sobre un canal de trayectoria múltiple que recorre directo del transmisor al receptor, pero notar que la señal de LOS puede ser interferida destructivamente por una señal de trayectoria indirecta. Por consiguiente, la señal de LOS puede estar severamente atenuada, especialmente en aplicaciones de interior debido a la obstrucción de objetos. El algoritmo descrito puede usarse para calcular la distancia para aplicaciones de ubicación de posición independientemente de si el dispositivo 10 de comunicaciones inalámbricas opera en un entorno de trayectoria múltiple e independientemente de si el dispositivo móvil opera en interiores o exteriores.

El algoritmo para determinar la Línea Visual, Tiempo de Llegada, resultado de distancia incluye un proceso 210 para proporcionar una adquisición de tiempo inicial; un proceso 220 para proporcionar compensación de desplazamiento de frecuencia; un proceso 230 que descompone la señal recibida en componentes asociados con diversas trayectorias y proporciona estimación de parámetro mediante descomposición de trayectoria múltiple; un proceso 240 para determinar el número de trayectorias en la señal recibida; y un proceso 250 para seleccionar la señal de LOS. En algunas realizaciones, el algoritmo o porciones del mismo pueden realizarse por una estación móvil, un procesador, o un sistema electrónico. El algoritmo no está limitado por el tipo particular de aparato, elemento de software, o sistema que realiza el método. Las diversas acciones pueden realizarse en el orden presentado, o pueden realizarse en un orden diferente y en algunas realizaciones, algunas acciones enumeradas en la figura 2 pueden ser omitidas.

#### 45 Proceso 210 de adquisición de tiempo inicial

El proceso 210 proporciona una adquisición de tiempo inicial basado en señales comunicadas entre dos dispositivos de RF tal como dos dispositivos móviles, dos estaciones base, un dispositivo móvil y una estación base, o en general, cualquiera de dos unidades de comunicación inalámbrica que tengan un transmisor y un receptor. A modo de ejemplo, el dispositivo 10 de comunicaciones inalámbricas puede iniciar la transmisión de una señal a otro dispositivo inalámbrico, pero debe señalarse que cualquiera de las dos unidades de comunicación puede iniciar una secuencia de transmisión. También se debe anotar que las dos unidades de comunicación pueden comunicarse de manera sincronizada o pueden estar no sincronizadas, es decir, sus relojes pueden diferir por algún tiempo desconocido fijo.

Para estimar señales de trayectoria múltiple, una solución es estimar los parámetros asociados para todas las trayectorias conjuntamente, es decir, una estimación conjunta óptima. Sin embargo, esto presenta un problema de estimación de parámetro multidimensional no lineal. Aunque las soluciones iterativas eficientes se pueden obtener fácilmente, estas soluciones requieren una buena estimación inicial. La calidad de la estimación inicial afecta significativamente el rendimiento de algoritmo, y por lo tanto, el algoritmo de estimación de trayectoria múltiple iterativo/secuencial propuesto se puede usar para proporcionar estimaciones iniciales rápidas y precisas para un algoritmo de estimación óptimo que estima conjuntamente todos los parámetros de trayectoria múltiple

simultáneamente. Al proporcionar el algoritmo de estimación conjunta simultánea con una estimación inicial rápida y precisa del método secuencial propuesto, el rendimiento y velocidad del algoritmo de estimación óptimo del conjunto de parámetros de trayectoria múltiple pueden mejorarse significativamente.

5 El algoritmo de tiempo inicial para adquisición de tiempo grueso inicial es robusto a variaciones de frecuencia, especialmente durante el período de adquisición de tiempo inicial cuando la adquisición de frecuencia aún no se ha completado. El proceso 210 encuentra las estimaciones de tiempo grueso iniciales al explotar la propiedad periódica del preámbulo transmitido entre dispositivos electrónicos. El algoritmo de tiempo rápido puede implementarse de una manera recursiva para proporcionar eficiencia de cálculo significativa. Se puede aplicar un esquema de estimación de tiempo de segunda etapa (precisión más fina) para refinar la estimación de tiempo en un momento posterior. Debido a su naturaleza genérica, este algoritmo puede modificarse y aplicarse a otros sistemas de comunicación para sacar provecho de propiedades periódicas similares en la forma de onda de señal.

10 La figura 3 muestra un ejemplo de un formato de preámbulo que puede usarse para ilustrar la adquisición de tiempo inicial en el proceso 210. El formato de preámbulo muestra una señal 308 recibida y una versión retardada de la señal 328 recibida. En esta realización la unidad de datos de Protocolo de Convergencia de Capa Física (PLCP) de Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM) incluye el preámbulo de PLCP, la SEÑAL 318 de OFDM y un campo 320 de DATOS. El campo 318 de SEÑAL, como parte del encabezado de PLCP, puede contener un campo de LONGITUD, un campo de TASA, un bit reservado y un bit de paridad, aunque el alcance de la invención no está limitado a este respecto. El campo 320 de DATOS puede ser de longitud variable y contener un campo de SERVICIO y datos de PSDU.

15 El preámbulo puede consistir a menudo de símbolos 310 de entrenamiento cortos, un prefijo 312 y dos símbolos 314 y 316 de entrenamiento largos, pero el tema de discusión reivindicado no se limita a este formato específico. En otras palabras, un formato de preámbulo que tiene más o menos de diez símbolos de entrenamiento cortos y un formato de preámbulo que tiene más o menos de dos símbolos de entrenamiento largos se pueden usar en el proceso 210. En esta realización usando el ejemplo del formato de preámbulo 802.11a, los símbolos 310 de entrenamiento cortos se muestran en la figura como una repetición a menudo 's', los dos símbolos 314 y 316 de entrenamiento largos se representan cada uno como ('a1|a2|a3|a4'), con el intervalo 312 de guarda representado como ('a3|a4'). Dado que el intervalo (GI2) de guarda es el prefijo circular del símbolo largo con duración de 1.6 us, su contenido se denota como ('a3|a4').

20 Para el ejemplo de una tasa de muestreo de 40 Mmuestras/segundo, cada pequeño segmento de datos etiquetados como 's', 'a1', 'a2', 'a3' o 'a4' representa un intervalo de 0.8us. De este modo, cada uno de los símbolos 310 de entrenamiento cortos tiene un intervalo de símbolo de 0,8 microsegundos (us), cada uno de los dos símbolos 314 y 316 de entrenamiento largos tienen un intervalo de símbolo de 3.2 us y el intervalo 312 de guarda tiene un intervalo de símbolo de 1.6 us. Con la tasa de muestreo de 40 Mmuestras/segundo, notar que ocurren 640 muestras dentro del intervalo de entrenamiento de preámbulo total de 16 us.

25 La señal en el símbolo de entrenamiento corto es una señal periódica que tiene 32 muestras en un período, y ocurren 320 muestras en el intervalo de 8us de los símbolos de entrenamiento cortos. Las señales en el símbolo de entrenamiento largo también son periódicas y tienen 128 muestras, y ocurren 320 muestras en el intervalo de 8us del intervalo de guarda y los símbolos de entrenamiento largos. Notar que la OFDM PHY proporciona la capacidad de transmitir marcos de PSDU a múltiples tasas de datos para redes WLAN, y por lo tanto, se entiende que los ajustes para diferentes tasas de muestreo se pueden hacer tal como, por ejemplo, 20 Mmuestras/segundo, 60 Mmuestras/segundo, entre otras tasas. En otras palabras, se anticipan otras longitudes de intervalo de los símbolos de entrenamiento cortos, el intervalo de guarda y los símbolos de entrenamiento.

30 Aún refiriéndose a la figura 3, una versión retardada de la señal 328 recibida se retarda de la señal 308 recibida. Dada la naturaleza periódica del preámbulo, la función de autocorrelación tendrá algún patrón de pico a un valor máximo (máximo local o máximo global) al retardar un múltiplo de 32 muestras (contribuido desde el símbolo corto) o 128 muestras (contribuido desde tanto los símbolos largos como los símbolos cortos). De acuerdo con la presente invención, el preámbulo de PLCP se usa para la sincronización entre los dos dispositivos electrónicos. El algoritmo de tiempo inicial para adquisición de tiempo grueso inicial en el proceso 210 convolucionada la señal recibida con la versión retardada de la señal para encontrar el límite de marco. La correlación se calcula usando los datos dentro del intervalo de integración móvil.

35 La duración de separación e intervalo de integración se pueden elegir de acuerdo con varios criterios, incluyendo usar la mayor cantidad de datos útiles para aumentar la consistencia de detección; maximizar una función de coste en el límite de marco para disminuir la tasa de falsa alarma y aumentar la robustez de detección; y/o seleccionar un método de cálculo rápido y menor coste de hardware. Notar que la duración de separación es mayor que cero, es decir, se excluye una duración de separación 'd' igual a cero en la adquisición de tiempo dado que no se contribuye desde el patrón periódico de la señal de preámbulo.

40 Se proporciona una primera realización como un ejemplo para optimizar la duración de separación e intervalo de integración para el rendimiento dada la restricción de hardware/memoria de más bajo coste. La figura 3 ilustra una señal 328 retardada separada en tiempo por una duración de separación 'd' de la señal 308 de recepción original.

5 Dadas las propiedades periódicas del preámbulo y selección adecuada de la duración de separación, la señal 308 recibida y la señal 328 retardada pueden ser sustancialmente idénticas dentro de algún intervalo de integración. El intervalo de integración efectivo entre la señal original y señal retardada varía para diferentes valores de la duración de separación 'd'. Para lograr un rendimiento de detección óptimo, la duración de separación 'd' puede diseñarse para maximizar el intervalo de integración para aumentar la consistencia de detección. En otras palabras, la duración de separación 'd' se puede seleccionar de tal manera que una función de coste c'[n] (descrita adelante y también referida como una función de correlación) se maximice en el límite de marco para disminuir la tasa de falsa alarma y aumentar la robustez de detección.

10 El intervalo de integración efectivo máximo puede obtenerse cuando la duración de separación 'd' se elige para que sea cuatro veces el período del símbolo corto, es decir, 4 veces 0.8 us = 3.2us, aunque la selección de esta duración de separación no es una limitación de la presente invención. La duración de separación 'd' se representa en la figura desde el tiempo t<sub>0</sub> hasta tiempo t<sub>1</sub>, que tiene 128 muestras. Como se muestra en este ejemplo de dos intervalos de integración, el intervalo de integración total se representa como seis periodos de símbolo desde el símbolo corto 's' en el intervalo 340 de integración y seis periodos de símbolo desde el símbolo largo a3, a4, a1, a2, a3, a4 en intervalo 342 de integración. El intervalo 340 de integración se representa desde el tiempo t<sub>1</sub> hasta tiempo t<sub>2</sub>, que tiene 192 muestras, y el intervalo 342 de integración se representa desde el tiempo t<sub>3</sub> hasta tiempo t<sub>4</sub>, también tiene 192 muestras. Notar que el intervalo de integración máximo dentro de un preámbulo para una duración de separación 'd' (excepto 'd'=0) se puede establecer igual a doce períodos de símbolo cortos.

20 En operación, la selección de valores de parámetros para la duración de separación 'd' y el intervalo de integración son importantes para la adquisición de tiempo inicial en el proceso 210. En este ejemplo donde la señal recibida y la señal recibida retardada están correlacionadas, el algoritmo de tiempo inicial puede expresarse al calcular la función de coste c'[n] en la ecuación:

$$c'[n] = \left\| \sum_{i \in \text{Ventana}} r[n+i] \times r^*[n+i-d] \right\|, \forall n = 1, 2, \dots, n_{\max}.$$

donde r es la señal de banda base recibida,

25 n es el número de muestras de datos,

r\* es el conjugado de r, y

d es la duración de separación.

30 Para el presente ejemplo a 40 Mmuestras/segundo, la función de correlación puede calcularse donde la duración de separación 'd' es igual a 128 muestras. La función de correlación c'[n] se puede calcular en un intervalo 340 de integración que tiene 192 muestras y el resultado se compara contra un valor de umbral. Si la función de coste c'[n1] tiene un valor mayor que un valor de umbral predeterminado, entonces el límite de marco inicial se ha determinado en n=n1. De este modo, el segmento de datos periódicos se ha determinado usando el intervalo 340 de integración en los símbolos cortos.

35 Si se determina la detección del límite de marco, entonces la verificación del límite de marco puede continuar usando los símbolos largos en el intervalo 342 de integración. La función de correlación c'[n] se puede calcular para 'n' igual a (n1+1); 'n' igual a (n1+2), ..., y 'n' igual a (n1+W), donde W es un desplazamiento entre el símbolo corto y el símbolo largo. Si se evalúa que la función de correlación c'[n1+W] tiene un valor mayor que el valor de umbral, se verifica el límite de marco ya encontrado. De este modo, encontrar el segmento de datos periódicos dentro del símbolo largo que sigue al símbolo corto verifica el límite de marco. Para el ejemplo de 40 Mmuestras/segundo, el desplazamiento W que tiene un valor de ((10 x 32) +1) es igual a 321 muestras, que es aproximadamente igual a 8us. Notar que se introduce una muestra extra al concatenar el símbolo corto y el símbolo largo.

40 Los datos de símbolos cortos en el primer intervalo 340 de integración se usan para la detección inicial del límite de marco. Alternativamente, el algoritmo para proporcionar la adquisición de tiempo inicial en el proceso 210 se puede modificar para usar tanto el intervalo 340 de integración como intervalo 342 de integración. Los datos de símbolos largos en el intervalo 342 de integración se pueden usar para verificar la detección inicial del límite de marco, y de este modo, aumentar fiabilidad de detección. También, el símbolo largo puede usarse cuando la operación inicial del módem tiene una tasa de falsa alarma más alta al detectar límites de marco. Adicionalmente, en lugar de usar un valor de umbral para la detección, el algoritmo puede evaluarse usando el primer intervalo 340 de integración junto con el segundo intervalo 342 de integración para encontrar el valor máximo del límite de marco.

50 Se proporciona una segunda realización que optimiza la duración de separación 'd' y el intervalo de integración para el rendimiento óptimo. Para lograr el rendimiento mejorado, se puede usar una detección de dos etapas del límite de marco. La primera etapa incluye una adquisición de tiempo inicial que solo usa símbolos cortos junto con una duración de separación 'd' acortada de 32 muestras (tasa de 40 Mmuestras/segundo), por ejemplo. La función de correlación o función de coste C'[n] se calcula en un intervalo de integración que incluye 288 muestras (320 muestras - d es igual a 288 muestras). El resultado calculado de C'[n] entonces puede compararse contra un valor de umbral. Si en n=n1 la

función de coste  $C'[n1]$  tiene un valor mayor que un valor de umbral predeterminado, entonces el límite de marco inicial se ha determinado en  $n=n1$ . De este modo, el segmento de datos periódicos se ha determinado usando el intervalo 340 de integración en los símbolos cortos.

5 El intervalo de integración máximo dentro del preámbulo corto es cuando la duración de separación 'd' es igual a una duración de símbolo corto, es decir 0.8us. De nuevo, en el ejemplo de 40 Mmuestras/segundo, la duración de separación 'd' es equivalente a 32 muestras. Una vez que se selecciona la duración de separación 'd', el intervalo 340 de integración se selecciona para incluir la mayor cantidad de datos útiles. En este caso, el intervalo de integración máximo dentro del preámbulo corto es igual a nueve periodos de símbolos cortos. El intervalo de integración es equivalente a 288 muestras (32 muestras por símbolo corto por 9 símbolos cortos).

10 De nuevo, en esta realización la adquisición de tiempo inicial de primera etapa en un símbolo corto se usa para la detección inicial del límite de marco, y la detección de segunda etapa se usa para verificar la detección inicial. La segunda etapa usa tanto símbolos cortos como símbolos largos, de nuevo con una duración de separación 'd' de 128 muestras e intervalos 340 y 342 de integración que tienen 192 muestras para el ejemplo de 40 Mmuestras/segundo. De este modo, la detección de segunda etapa se muestra en la figura 3 usando tanto los símbolos cortos como los  
15 símbolos largos con una duración de separación 'd' que es igual a 4 símbolos cortos. Este método permite un umbral bajo en el primer algoritmo de detección de tal manera que los paquetes no se pierdan. Un umbral alto en la segunda etapa reduce el número de falsas alarmas y mejora la fiabilidad de detección. Alternativamente, en vez de usar una duración de separación 'd' que es igual a cuatro símbolos cortos, se puede usar un símbolo largo dado que cuatro símbolos cortos son iguales a un símbolo largo.

20 La figura 4 es un diagrama que muestra una realización de bloques 400 de hardware que se pueden usar para implementar la función de coste  $c'[n1]$ . Un registro 410 de desplazamiento recibe un flujo de datos de entrada, que desplazan los datos a celdas de almacenamiento N, donde N es de una longitud suficiente para capturar datos que corresponden a la duración de separación 'd' más una celda de almacenamiento adicional. La longitud de registro 410 de desplazamiento permite que la señal recibida sea convolucionada mediante el multiplicador 412 con la versión retardada de la señal. Refiriéndose brevemente a la figura 3, la señal 308 recibida son los datos de entrada en los bloques de hardware de la figura 4. El registro 410 de desplazamiento es de longitud suficiente para capturar al menos un bit de la versión retardada de la señal 328 recibida. El registro 414 de desplazamiento recibe el bit de datos multiplicado del multiplicador 412 y desplaza esos datos a la primera de las celdas de almacenamiento M, donde M es de una longitud suficiente para capturar y almacenar datos en la longitud seleccionada del intervalo de integración, más una celda de almacenamiento adicional. Un multiplicador 416 proporciona una función de multiplicación/acumulación de los datos durante el intervalo de integración, mientras que un multiplicador 418 resta o elimina los datos que han pasado fuera de la ventana definida por el intervalo de integración. De este modo, se calcula la correlación mediante los bloques 400 de hardware usando los datos dentro del intervalo de integración móvil. La salida del MAC (multiplicadores 416 y 418) es la función de coste  $C'[n]$ .

35 El método de adquisición de tiempo que se describe en las figuras 3 y 4 utiliza la propiedad periódica de la forma de onda de preámbulo y no necesita estar sincronizado en frecuencia. El algoritmo proporciona un mecanismo para la adquisición de tiempo grueso inicial, que proporciona el cálculo significativamente más rápido y la ventaja de no ser sensible a los desajustes de frecuencia entre el transmisor y el receptor. Debido a su naturaleza genérica, el esquema puede ser modificado y aplicado a otros sistemas de comunicación.

40 Las figuras 3 y 4 ilustran una adquisición de tiempo inicial basada en señales comunicadas entre dos dispositivos de RF. El algoritmo de tiempo inicial descrito para la adquisición de tiempo grueso inicial explota la propiedad periódica del preámbulo transmitido entre los dispositivos electrónicos, sin embargo, debe señalarse que pueden emplearse otros métodos para adquirir una adquisición de tiempo inicial. Ahora volviendo a la figura 2 y continuando con el proceso 220.

45 Proceso 220 de compensación de desplazamiento de frecuencia

En el proceso 220 se calcula un valor de compensación de desplazamiento de frecuencia para corregir el desplazamiento de frecuencia entre la señal recibida y la señal de referencia, es decir, la señal del módem remoto. Las señales son sensibles al desplazamiento de frecuencia portadora entre el transmisor y los osciladores locales de receptor, lo que puede causar autointerferencia, por ejemplo, entre los subcanales, es decir subportadoras moduladas en un formato de modulación de OFDM. El desplazamiento de frecuencia portadora entre el transmisor y los osciladores locales puede estimarse y compensarse en el receptor.

50 Dejar que  $y_n$  sea los datos recibidos muestreados discretos y  $s_n$  los datos de referencia en el tiempo discreto n. La relación entre la señal recibida y la señal de referencia se puede representar como:

$$y_n = A_1 s_{n-\tau_1} \times \exp(j\omega n) + e_n,$$

55 donde  $A_1$  es la amplitud de señal,

$\tau_1$  es el retraso llevado a la muestra más cercana,

$\omega$  es el desplazamiento de frecuencia entre la señal recibida y la señal de referencia, y

$e_n$  es el ruido muestreado en el tiempo  $n$ .

Para estimar el desplazamiento de frecuencia, se minimiza la siguiente función de coste de mínimos cuadrados:

$$(\hat{A}, \hat{\omega}) = \min_{(A, \omega)} \left\| y_n - A s_n \times \exp(j\omega n) \right\|^2,$$

5 donde  $(\hat{A}, \hat{\omega})$  representan "valores estimados" para amplitud y desplazamiento de frecuencia.

El producto cruzado  $z_n = y_n s_n^*$  se puede definir. Notar que el valor para  $z_n$  no tiene que ser recalculado para cada valor de frecuencia hipotético que se usa. La amplitud estimada es dada por:

$$\hat{A} = \frac{\sum z_n \exp(-j\omega n)}{\sum |s_n|^2},$$

y el desplazamiento de frecuencia estimado puede obtenerse mediante un algoritmo de búsqueda usando:

10 
$$\hat{\omega} = \arg \min_{\omega} \sum |y_n|^2 - |\hat{A}|^2 \sum |s_n|^2.$$

El desplazamiento de frecuencia estimado entonces se aplica a la señal recibida para la corrección de desplazamiento de frecuencia.

Proceso 230 de estimación de parámetro por descomposición de trayectoria múltiple

15 Una vez que se compensa el desplazamiento de frecuencia, la estimación de TOA para señales de trayectoria múltiple no estima directamente solo la señal de LOS. En vez, el algoritmo estima las señales de trayectoria múltiple (tanto LOS como no LOS) y usa propiedades específicas observadas en las señales para seleccionar la señal de LOS. También, en vez de estimar todas las señales de trayectoria múltiple simultáneamente, el método descrito estima el componente dominante de trayectoria múltiple de manera secuencial para lograr una solución rápida.

20 El proceso 230 determina la estimación de parámetro por descomposición de trayectoria múltiple. Los dispositivos de comunicación inalámbricos típicamente operan sobre un canal que tiene más de una trayectoria desde el transmisor hasta el receptor, a menudo referido como un canal de trayectoria múltiple. Las diversas trayectorias recorridas por estas señales pueden ser causadas por reflejos de edificios, objetos, o refracción. Por consiguiente, las señales recibidas en el receptor tienen diferentes atenuaciones y retrasos de tiempo que corresponden a la trayectoria de recorrido de la señal. El proceso 230 descompone la señal recibida en componentes asociados con las diversas trayectorias y proporciona estimación de parámetro por descomposición de trayectoria múltiple.

25 El algoritmo de descomposición asociado con el proceso 230 estima de manera secuencial trayectorias múltiples basado en la relación de energía del componente de señal y el componente de ruido (ESNR). Con la ESNR generada para cada una de las señales de trayectoria múltiple, el algoritmo de descomposición dispone los componentes de señal desde la ESNR más fuerte hasta la ESNR más débil. Dado que una ESNR baja puede dar como resultado en rendimiento de estimación pobre usando la información de TOA, el algoritmo de descomposición ejecutado en el proceso 230 da cuenta de problemas de la ESNR baja de acuerdo con la presente invención. Por consiguiente, las señales de recepción atenuadas obstruidas por objetos y/o la energía/potencia de señal de no LOS que es sustancialmente mayor que la de la señal de LOS se contabiliza en el proceso 230.

30 En el algoritmo de descomposición,  $\hat{y}_i(t)$  representa la señal usada para estimar el componente de trayectoria  $i$ -ésima. Durante el proceso de descomposición de la trayectoria  $i$ -ésima, la señal más fuerte  $\hat{y}_i(t)$  se estima y elimina de las señales residuales.

El problema de estimación se formula mediante un proceso iterativo dejando primero  $r(t) = y(t)$ , entonces

$$(\hat{A}_i, \hat{\tau}_i) = \min_{(A_i, \tau_i)} \int \left\| r(t) - A_i s(t - \tau_i) \right\|^2,$$

La estimación final se convierte:

40 
$$Z(\omega) = r(\omega) * S^*(\omega)$$

$$\hat{A} = \frac{\sum |Z(\omega) \exp(-j\omega\tau_i)|^2}{\sum |S(\omega)|^2}$$

Donde

$$\hat{\tau}_i = \arg \min_{\tau} \sum_{\omega} |r(\omega)|^2 - |\hat{A}_i|^2 \sum_{\omega} |S(\omega)|^2$$

De nuevo, notar que Z(ω) solo se calcula una vez por minimización. Notar que la iteración se repite con:

5 
$$r(t) = r(t) - \hat{A}_i * s(t - \hat{\tau}_i)$$

El algoritmo de descomposición asociado con el proceso 230 puede generalizarse a un ejemplo de trayectoria M sin una relación de fuerza de señal específica entre trayectorias. La determinación del número de trayectorias M, y la selección de la señal de LOS se ilustra en preparación para la estimación final de TOA para la señal de LOS. Dejar que A1>A2>A3 ..., y a modo de ejemplo, suponer que la señal de LOS es la tercera señal más fuerte, es decir, y<sub>LOS</sub>(t) = A<sub>3</sub>s(t-τ<sub>3</sub>). En este ejemplo la señal de LOS tiene una ESNR más pequeña que cualquiera de las otras dos trayectorias de no LOS.

El mecanismo para seleccionar el número de trayectorias M y la señal de LOS se describe adelante, pero se supone que estos parámetros son conocidos. El algoritmo de descomposición primero estima el componente de señal más fuerte y<sub>1</sub>(t) = A<sub>1</sub>s(t-τ<sub>1</sub>) y almacena la información. El valor ŷ<sub>1</sub>(t) se elimina de y(t) y la señal restante se convierte en error residual r(t) = y(t)-ŷ<sub>1</sub>(t). Después de separar el ŷ<sub>1</sub>(t) de la señal recibida y(t), el segundo componente de señal más fuerte y<sub>2</sub>(t) entonces se estima de r(t). Se repite el mismo procedimiento para la trayectoria i-ésima hasta i = M. La información de tiempo de llegada τ<sub>LOS</sub> se obtiene de ŷ<sub>LOS</sub>(t) = Â<sub>LOS</sub>s(t-τ<sub>LOS</sub>), donde LOS = 3 en este ejemplo.

La figura 5 ilustra una grafica de potencia de señal/ruido residual durante varios componentes de trayectoria. El eje Y representa la potencia de señal/ruido residual y el eje X representa el retraso estimado τ<sub>i</sub> asociado con una trayectoria i-ésima. Durante el proceso de descomposición, la ESNR se estima para cada una de las señales de componente y la señal más fuerte ŷ<sub>i</sub>(t) se determina a la vez y se elimina del error residual. Notar que la señal/ruido residual disminuye a medida que aumenta el número de trayectorias. En el ejemplo ilustrado en la figura 5, el primer componente 502 se muestra como la trayectoria más fuerte entre las señales de trayectoria M, segundo componente 504 es la siguiente trayectoria más fuerte, seguido por el tercer componente 506.

Como se declara anteriormente, el algoritmo de descomposición asociado con el proceso 430 estima de manera secuencial trayectorias múltiples basado en ESNR. Como se muestra en la figura 5, el primer componente 502 tiene la ESNR más fuerte y de acuerdo con el algoritmo de descomposición se selecciona para eliminación. Después de la eliminación del primer componente 502, el ruido residual de los componentes restantes es significativamente más bajo. Notar que el ruido residual de los componentes restantes es alrededor de 20dB más bajo después de eliminar la primera señal de trayectoria.

El proceso 230 continúa (figura 2), estimando secuencialmente las trayectorias múltiples restantes basado en ESNR. En este ejemplo, el segundo componente 504 es la señal de trayectoria múltiple restante que tiene la ESNR más fuerte. Esta segunda señal de trayectoria (segundo componente 504) entonces se elimina y el ruido residual de los componentes restantes cae además por unos pocos dB. Como se muestra en la figura, el tercer componente 506 es el componente seleccionado de los componentes restantes a medida que tiene la ESNR más fuerte. Después de eliminar el tercer componente 506, el ruido residual de los componentes restantes cae unos pocos dB adicionales.

Ahora volviendo a la figura 2 y continuando con el Proceso 240.

Proceso 240 de número de determinación de trayectorias

En el proceso 240 se determina el número de trayectorias en la señal recibida que afectan la señal residual. Continuando con el ejemplo, la potencia de ruido residual para los componentes restantes es relativamente plana lo que muestra que no hay efecto claro en la eliminación de cualquier otro componente de trayectoria múltiple en la señal residual. De este modo, se puede usar un umbral en la potencia de ruido residual o un límite de cambio residual para determinar el número de trayectorias en la señal recibida. En este ejemplo, se ha mostrado que tres trayectorias afectan la potencia de ruido residual final. Seleccionar componentes adicionales y eliminarlos no reduciría significativamente la señal residual, y por lo tanto, se determina que el número de trayectorias múltiples efectivas es tres, es decir, M=3.

Proceso 250 de detección de señal de LOS

En el proceso 250 la señal de LOS puede determinarse de entre los diversos componentes de trayectoria múltiple. Con el número de trayectorias M determinadas previamente, la distancia para cada trayectoria se puede calcular y se



5 puede calcular y asignar una distancia a la señal de LOS. A primera vista el número posible de combinaciones para el cálculo de distancia es  $M \times M = M^2$ . Sin embargo, se puede usar una propiedad simétrica entre el enlace de avance y de retroceso para reducir el número posible de candidatos en el entorno de trayectoria múltiple. Por ejemplo, las trayectorias  $M$  en el enlace de avance pueden asociarse con un número igual de trayectorias en el enlace de retroceso. Dicho de otra manera, se puede considerar que el recorrido de señal desde el dispositivo 10 móvil hasta la estación 40 base (véase figura 1) como que tiene propiedades similares comparado con el recorrido de señal desde la estación 40 base hasta el dispositivo 10 móvil. El componente de señal que tiene la potencia de señal más fuerte en el enlace de avance puede asociarse con, y emparejarse con, la trayectoria más fuerte en el enlace de retroceso. Utilizando esta propiedad simétrica, el número posible de combinaciones para el cálculo de distancia se puede reducir significativamente, de combinaciones  $M^2$  a combinaciones  $M$ . La distancia para cada uno de los posibles candidatos  $M$  puede ser calculada.

15 El componente de señal que se determina que tiene una distancia mayor que el componente más fuerte se elimina de la lista de candidatos de LOS. La eliminación se basa en la señal de LOS recibida a través de la trayectoria directa que tiene una trayectoria más corta que las señales recibidas a través de cualquier otra trayectoria. La señal de LOS tiene el retraso más pequeño entre todas las trayectorias. También, la estimación de parámetro de señal de trayectoria más fuerte (amplitud y retraso) es más precisa que otras trayectorias dado que tiene la ESNR más alta.

20 Notar que cualquier trayectoria que tenga una distancia negativa puede ignorarse a medida que no tenga significado físico real. La distancia negativa puede surgir debido a una condición causada por sobremodelado y/o ruido. Ese componente asociado con la distancia negativa debe eliminarse de la lista de candidatos de LOS. Otro criterio que puede imponerse es que la información temporal no debe cambiar drásticamente. Se pueden colocar límites en los cambios permitidos entre cálculos consecutivos, notando que la distancia entre los ensayos consecutivos diferenciales debe cambiar de una manera controlada.

25 Por ahora debería ser evidente que se ha presentado un algoritmo que identifica una señal de línea visual (LOS), y entonces proporciona una estimación efectiva de tiempo de llegada (TOA). El algoritmo permite una adquisición de tiempo inicial rápida, precisa; compensa el desplazamiento de frecuencia antes de realizar la estimación de trayectoria múltiple; estima las señales de trayectoria múltiple por el método de descomposición propuesto; determina el número de trayectorias efectivas en el entorno de trayectoria múltiple; calcula la distancia usando información de TOA; y selecciona la distancia asociada con la señal de LOS. Una vez que se determina la señal de LOS, la característica de ubicación de precisión puede implementarse usando mediciones de distancia múltiple de los algoritmos propuestos.

30 Aunque ciertas características de la invención se han ilustrado y descrito aquí, muchas modificaciones, sustituciones, cambios, y equivalentes ocurrirán ahora por los experimentados en la técnica. Por lo tanto, debe entenderse que las reivindicaciones anexas están previstas a cubrir todas las modificaciones y cambios tales a medida que caigan dentro del verdadero espíritu de la invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para usar la descomposición de trayectoria múltiple para determinar la línea visual, LOS, tiempo de llegada, TOA, y resultado de distancia en un dispositivo de radio sin hardware sincronizado, comprendiendo el método:
  - 5 estimar secuencialmente las trayectorias candidatas en una señal de trayectoria múltiple recibida basado en una relación de energía de un componente de señal y un componente de ruido, ESNR, al:
    - disponer los componentes de una ESNR más fuerte a una ESNR más débil;
    - seleccionar el componente que tiene la ESNR más fuerte en la descomposición de trayectoria múltiple como una trayectoria candidata;
    - 10 eliminar el componente que tiene la ESNR más fuerte de la señal de trayectoria múltiple recibida para dejar señales residuales que tienen una potencia de ruido residual reducida;
    - estimar secuencialmente trayectorias candidatas adicionales al seleccionar y eliminar el siguiente componente de las señales residuales que tienen la ESNR más fuerte hasta que se cumpla un umbral en la potencia de ruido residual o un límite de cambio residual de las señales residuales; y
    - determinar el número de trayectorias candidatas seleccionadas en la señal de trayectoria múltiple recibida;
    - 15 seleccionar una de las trayectorias candidatas como una señal de LOS;
    - estimar un TOA de la señal de LOS; y
    - determinar el resultado de distancia para la señal de LOS.
  2. El método de la reivindicación 1 que comprende además:
    - 20 usar las trayectorias múltiples estimadas secuencialmente como estimaciones iniciales para mejorar el rendimiento y velocidad de un algoritmo de estimación conjunta óptimo para un conjunto de parámetros de trayectorias múltiples.
  3. El método de la reivindicación 1 que incluye además:
    - usar la compensación de desplazamiento de frecuencia para mejorar precisión en la estimación de tiempo de llegada.
  4. El método de la reivindicación 3, en donde usar compensación de desplazamiento de frecuencia incluye minimizar una función de coste de mínimos cuadrados.
  - 25 5. El método de la reivindicación 4, que incluye además:
    - aplicar el desplazamiento de frecuencia a la señal recibida para corrección de desplazamiento de frecuencia.

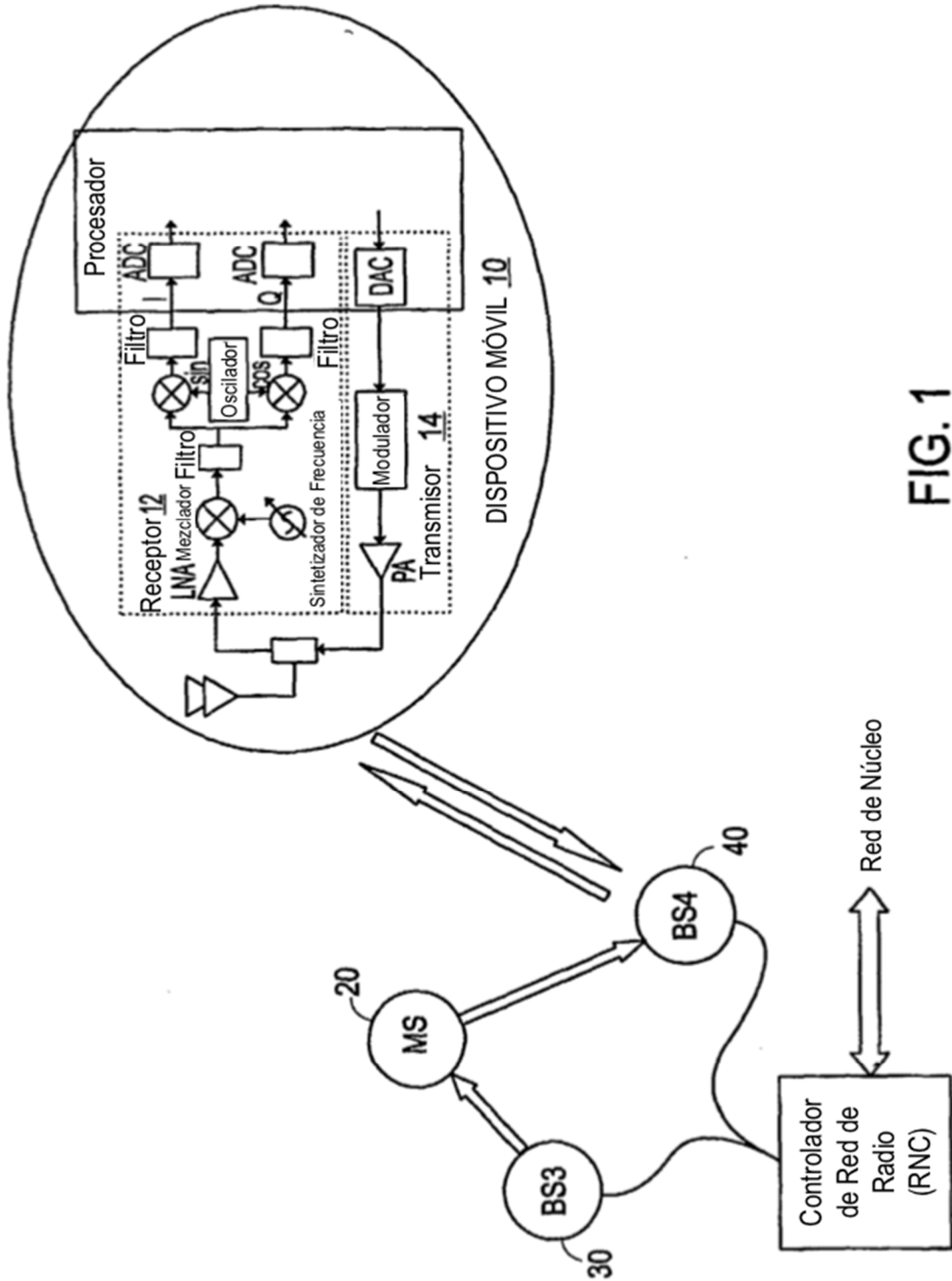


FIG. 1

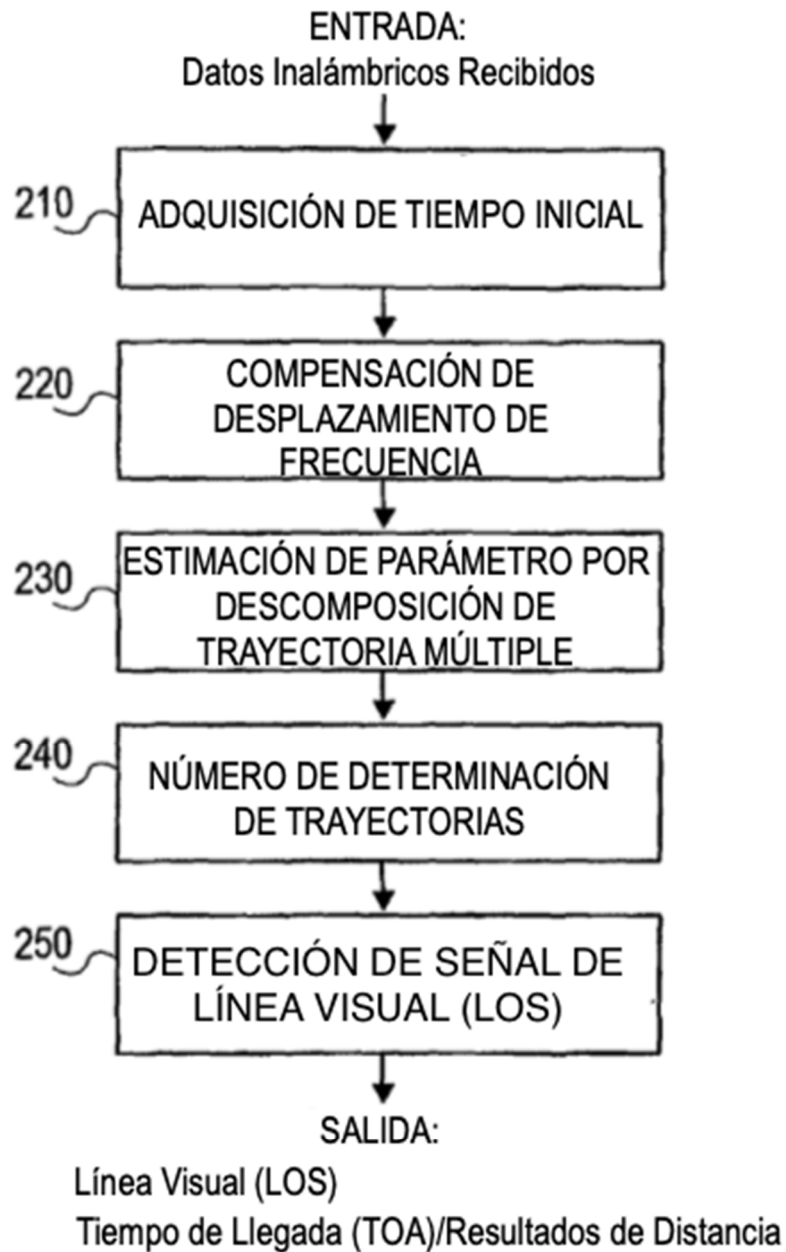


FIG. 2



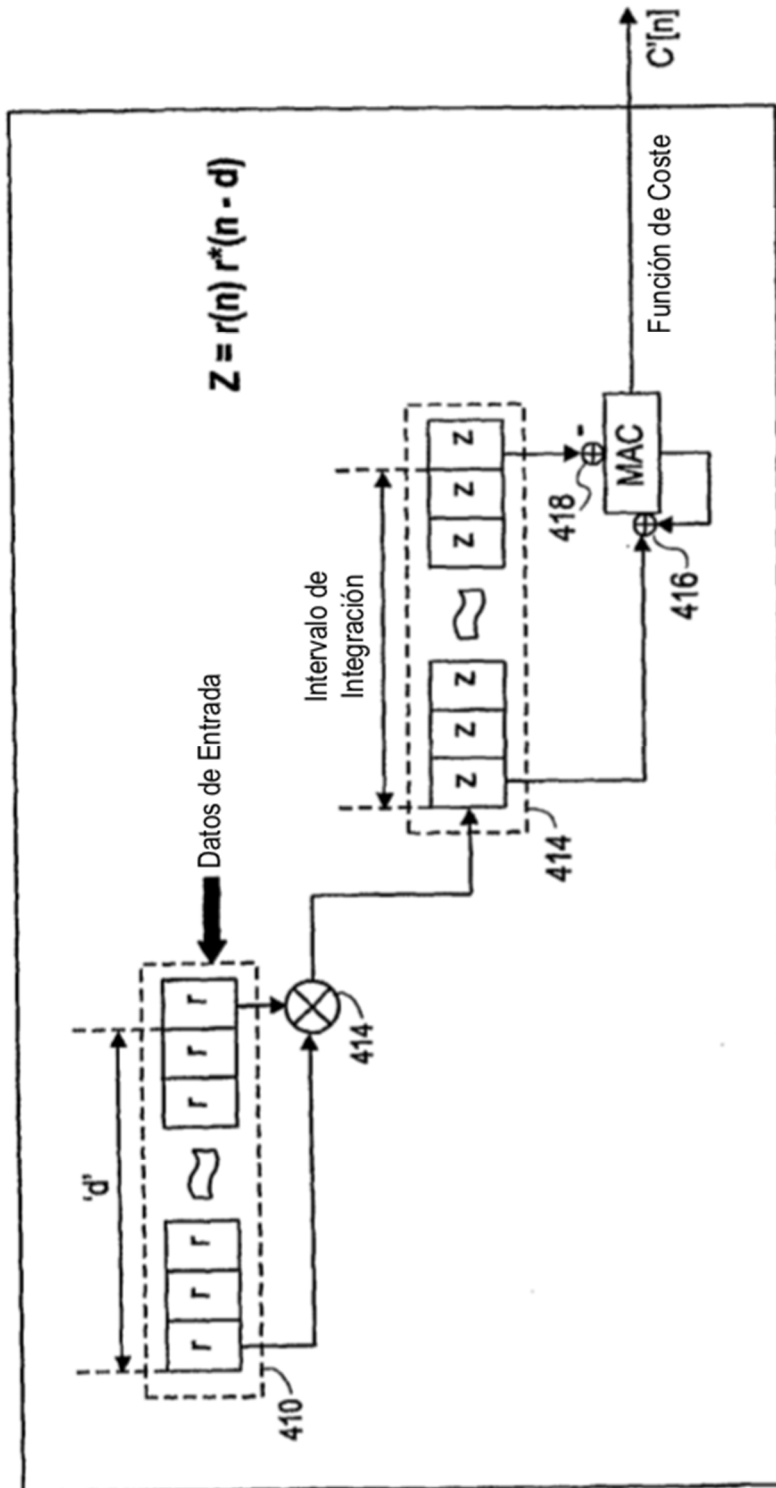


FIG. 4

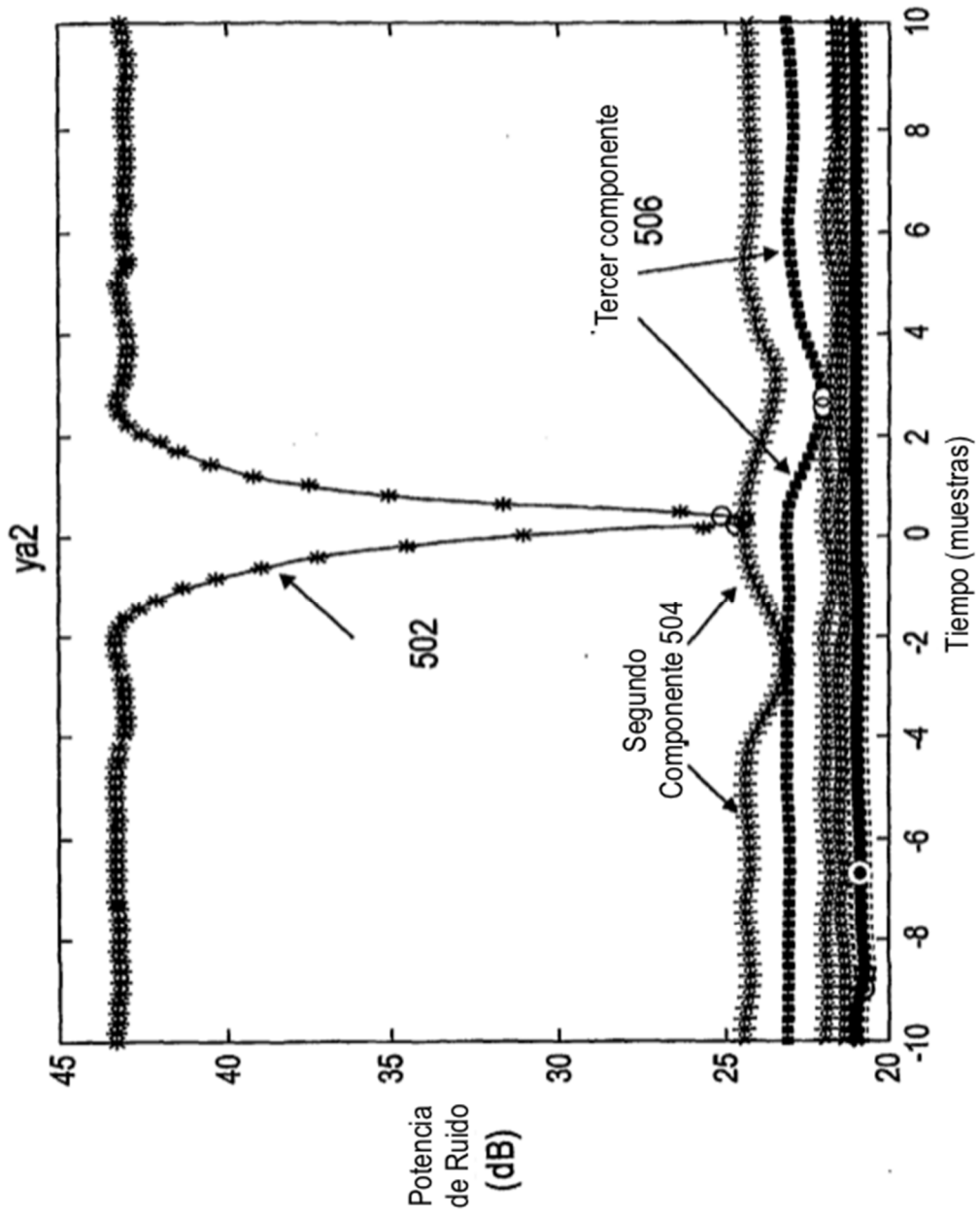


FIG. 5