

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 506 290**

51 Int. Cl.:

H04B 7/04 (2006.01)

H04B 7/10 (2006.01)

H04B 7/12 (2006.01)

G01S 5/02 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.03.2004 E 12006660 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.08.2014 EP 2546672**

54 Título: **Sistema y procedimiento para atenuación del efecto de trayectos múltiples por medio de señales de posicionamiento en grupo**

30 Prioridad:

31.03.2003 AU 2003901463

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

13.10.2014

73 Titular/es:

**LOCATA CORPORATION (100.0%)
9 Island View
Irvine, CA 92604, US**

72 Inventor/es:

SMALL, DAVID

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 506 290 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

Sistema y procedimiento para atenuación del efecto de trayectos múltiples por medio de señales de posicionamiento en grupo

Sector de la invención

5 La presente invención se refiere de manera general a sistemas y procedimientos para generar determinaciones precisas de posición en ambientes de radiofrecuencia reflectantes. En particular, la presente invención se aplica a sistemas de determinación de posición que reciben e interpretan señales de posición procedentes sustancialmente de la misma localización, para atenuar los efectos perjudiciales de la multiplicidad de trayectos. La presente invención tiene aplicación específica pero no exclusiva en tecnologías de posicionamiento en las que es esencial una información precisa de alcance libre de perturbaciones del efecto de trayectos múltiples para un posicionamiento preciso.

Antecedentes de la invención

15 Los efectos de trayectos múltiples ("multipath") es un problema presente en todo momento en las comunicaciones de RF y en los sistemas de posicionamiento. Provoca intensidades degradadas de la señal y bajas anchuras de banda de datos para los sistemas de comunicación, así como mediciones inexactas de alcance para los sistemas de posicionamiento. En particular, el efecto de trayectos múltiples en entornos interiores es muy grave, siendo reflejadas las señales por la mayor parte de objetos, incluyendo paredes, techos, suelos, muebles y personas.

20 Se han desarrollado una serie de distintos métodos para atenuar los efectos de trayectos múltiples en sistemas de comunicación. Incluyen diversidad espacial, de frecuencias y de polarización. Estos métodos tradicionales están diseñados para minimizar la cancelación de señal provocada por las señales directas y las señales reflejadas, que interaccionan de forma destructiva. Estos sistemas de la técnica anterior se caracterizan por:

25 (a) disponer de una serie de elementos de antena de recepción distribuidos espacialmente (diversidad espacial), que están configurados con medios de control para seleccionar de manera continua el elemento de antena con la mayor intensidad de señal, o (b) disponer de una serie de elementos de antena de recepción que tienen polarización única (diversidad de polarización), que están configurados con medios de control para seleccionar de manera continuada el elemento de antena con la mayor intensidad de señal, o (c) disponer de un elemento de antena de recepción único configurado para recibir una serie de frecuencias que transmiten idéntica información (diversidad de frecuencia) y configurar medios de control para seleccionar de manera continua la frecuencia con la mayor intensidad de señal. El elemento de antena o frecuencia con la mayor intensidad de señal que se ha recibido es utilizado a continuación para desmodular los datos de comunicaciones. Estos sistemas de diversidad de la técnica anterior no discriminan de modo alguno entre señales directas y reflejadas. Una fuerte señal reflejada con buena intensidad de señal será aceptada con referencia a una señal directa más débil. No obstante, para sistemas de posicionamiento que funcionen correctamente es vital que se mida la señal con trayecto directo, incluso aunque pueda no ser necesariamente la señal que presente la mayor intensidad de señal recibida. Por lo tanto, los métodos de diversidad tradicionales, basados en comunicaciones, de la técnica anterior, no son adecuados para la atenuación del efecto de trayectos múltiples en los sistemas de posicionamiento.

Los métodos de atenuación del efecto de trayectos múltiples tradicionales para sistemas de posicionamiento se clasifican en cinco amplias categorías que se indican a continuación:

- 40 (1) técnicas de modulación mejoradas;
- (2) técnicas de correlación de receptor mejoradas;
- (3) antenas limitadoras del efecto de trayectos múltiples;
- (4) soluciones de posición super-determinada; y
- (5) Control de la Integridad Autónoma del Receptor ("Receiver Autonomous Integrity Monitoring") (RAIM).

45 1) Las técnicas de modulación mejoradas para atenuación del efecto de trayectos múltiples se refieren en general a proporciones de fraccionamiento ("chipping") aumentadas de códigos de números pseudo aleatorios (PRN) de Acceso Múltiple con División de Código (CDMA). Al aumentar las proporciones de fraccionamiento, la correlación del efecto de trayectos múltiples disminuye. No obstante, la utilización del espectro de RF, el consumo de potencia del receptor y la complejidad del receptor aumentan asimismo.

50 2) Las técnicas de correlación de receptor mejoradas consiguen atenuación del efecto de trayectos múltiples en los correlacionadores de receptor al hacer la función de seguimiento de autocorrelación más resistente a las alteraciones del efecto de trayectos múltiples. Una de las técnicas más destacadas en esta categoría es la llamada de *correlacionador estrecho* ("narrow correlator"), mediante la cual los brazos de seguimiento anteriores y posteriores del correlacionador son reducidos con respecto a la separación convencional de medio chip a una separación de un décimo de chip. Esta separación más estrecha se encuentra libre del efecto de trayectos múltiples

con largo retardo, siendo, no obstante, todavía susceptible del efecto de trayectos múltiples de retardo corto. La técnica del correlacionador estrecho requiere también una anchura de banda ampliada del receptor para mejorar la definición de la función de autocorrelación, que aumenta el consumo de potencia y la complejidad del receptor.

5 3) Las antenas limitadoras del efecto de trayectos múltiples conforman la pauta de ganancia de recepción y/o
transmisión de la antena para reducir la intensidad de señales reflejadas, descentradas. La forma más habitual de
esta antena es la llamada antena de *anillo estrangulador* ("choke ring"), utilizada en general en aplicaciones de GPS
para atenuar las reflexiones del suelo. Los métodos de antena de limitación del efecto de trayectos múltiples orientan
el la pauta o modelo del haz de la antena en una dirección y, de esta manera, tienen aplicación limitada en entornos
10 con elevado efecto de trayectos múltiples, tales como ocurre en interiores, en los que las señales se reflejan desde
muchas direcciones.

Por el documento WO 98/14018 A1, se conoce un sistema de posicionamiento en el que varias estaciones de base
en localizaciones fijas emiten señales que son recibidas por una estación móvil que determina su posición
basándose en retardos de tiempo de las señales que indican la distancia entre la estación de base y la estación
móvil. La estación móvil distingue señales que no se encuentran en la línea de visión, es decir, que la han alcanzado
15 mediante un trayecto indirecto, con respecto a señales según la línea de visión por determinación de grado de
regularidad o suavidad de la distancia medida como función del tiempo y corrige la distancia medida si es posible. El
sistema se ocupa de una señal única procedente de una determinada estación de base en cada caso y no intenta
seleccionar una señal directa y eliminar señales indirectas distorsionadas por el efecto de trayectos múltiples,
procedentes de una fuente única.

20 El documento US 6.421.000 B1 da a conocer un receptor para GPS u otros sistemas similares de posicionamiento
basados en satélites, en el que un conjunto de antena de elementos múltiples es utilizado para detectar y suprimir
señales del efecto de trayectos múltiples basándose en sus ángulos de llegada. Un sistema de este tipo no es
adecuado para sistemas de posicionamiento terrestre en los que el ángulo de llegada no puede ser normalmente
utilizado para distinguir entre señales del efecto de trayectos múltiples y señales directas.

25 4) Las soluciones de posicionamiento super-determinado utilizan más transmisores de los requeridos para formar
una solución de posición. Esto mejora la exactitud de posición al disminuir la significación de señales de
posicionamiento alteradas por el efecto de trayectos múltiples en la solución de la posición. Una ventaja adicional es
la geometría mejorada proporcionada por un número mayor de transmisores geoméricamente diversos. No
obstante, para que este método sea efectivo, la mayor parte de señales de posicionamiento no deben sufrir
30 alteraciones en ningún momento dado. Este no es generalmente el caso en entornos con elevado efecto de
trayectos múltiples.

5) El Control de la Integridad Autónoma del Receptor (RAIM: "Receiver Autonomous Integrity Monitoring") es un
algoritmo utilizado por receptores de posición a comprobar la integridad de las señales de posición recibidas y, por lo
tanto, eliminar mediciones espúreas de las soluciones de posición. En su forma más simple, un algoritmo RAIM
35 observa residuales de alcance de diferentes combinaciones de señales de posicionamiento del transmisor para
determinar alcances espúreos alterados por el efecto de trayectos múltiples. Los transmisores que están asociados
con residuales de alcance grandes, se consideran alterados por el efecto de trayectos múltiples y son eliminados de
la posible solución. Se consiguen diferentes combinaciones de transmisor utilizando mediciones de señal de
posicionamiento redundantes de transmisores adicionales. Por lo tanto, el método de RAIM requiere un número
40 significativo de transmisores redundantes para proporcionar una herramienta de mitigación de trayectos múltiples
eficaz, lo que en muchos casos es altamente impráctico. Además, si el algoritmo de RAIM considera que una señal
de posicionamiento está alterada por el efecto de trayectos múltiples, el transmisor es eliminado de la solución de
posición, lo que reduce adicionalmente la diversidad geométrica.

Señales de posicionamiento geoméricamente libres

45 Las señales de posicionamiento geoméricamente libres se definen como señales de posicionamiento únicas que
son transmitidas en frecuencias portadoras individuales desde la misma localización, de manera que el vector
unidad y el alcance geométrico de cada señal de posicionamiento única son idénticos con respecto a un receptor
que efectúa la observación. Esto requiere la transmisión de una serie de frecuencias a través del mismo centro de
fase del mismo conjunto físico de antenas, lo que resulta en la práctica cada vez más difícil al resultar dispersas las
50 frecuencias. Además, la sincronización cronológica precisa de señales de posicionamiento geoméricamente libres
es también difícil, dado que el retardo de grupo y las influencias de línea de los componentes electrónicos dentro de
cada trayecto de transmisión de frecuencia varían independientemente con la temperatura y el voltaje. Las señales
de posicionamiento geoméricamente libres se utilizan en general para la determinación de los llamados "deslices de
ciclo" ("cycle slips") en sistemas de posicionamiento basados en portadoras. Un desliz de ciclo es un entero
55 repentino o salto de medio ciclo en la fase de portadora observable de una señal de posicionamiento, provocado por
una pérdida de bloqueo ("lock") de una portadora del receptor que hace la observación según un bucle de
seguimiento (en general un bucle de bloqueo de fase). En sistemas de posicionamiento de frecuencia única se ha
demostrado difícil detectar de manera precisa y fiable los deslices de ciclo y corregir los mismos. Los métodos
tradicionales de detección de deslices de ciclo han utilizado combinaciones lineales de magnitudes observables de
60 manera geoméricamente libre, típicamente entre las frecuencias de portadora L1 y L2 de GPS. Estos

5 procedimientos geoméricamente libres detectan deslices de ciclo al observar discontinuidades en las series de tiempo de Fase Portadora Integrada (ICP: "Integrated Carrier Phase") de señales de posicionamiento geoméricamente libres. No obstante, estos procedimientos de la técnica anterior no toman en consideración la coherencia de las mediciones de alcance geoméricamente libres en la determinación de las alteraciones producidas por efecto de trayectos múltiples.

10 Los sistemas de la técnica anterior (a) no pueden distinguir entre señales de posicionamiento alteradas por efecto de trayectos múltiples y directas, transmitidas desde sustancialmente la misma localización, (b) no pueden proporcionar atenuación del efecto de trayectos múltiples sin transmisores redundantes geoméricamente diversos, (c) no pueden proporcionar un sistema de diversidad libre de la dificultad de retardo de grupo con variación de tiempo y (d) no pueden mejorar la atenuación del efecto de trayectos múltiples sin incrementar los anchos de banda de transmisión, aumentar el consumo de potencia del receptor y aumentar la complejidad del receptor. Un sistema que pueda proporcionar mediciones de alcance precisas, sin ninguna de estas limitaciones sería altamente deseable.

Definición de términos

15 Vector de alcance ("range vector") - Un vector de alcance es un vector que define la relación espacial de dos puntos en el espacio al definir la dirección y distancia del primer punto al segundo punto. Por ejemplo, dados dos puntos en el espacio, p_1 y p_2 , con vectores de posición asociados \vec{P}_1 y \vec{P}_2 , el vector de alcance \vec{R} de p_1 a p_2 se define como vector sustracción de los vectores de posición, de manera que $\vec{R} = \vec{P}_2 - \vec{P}_1$. \vec{R} define la dirección y la distancia del punto p_1 al p_2 .

20 Alcance geométrico ("geometric range") - El alcance geométrico es la distancia escalar entre dos puntos en el espacio. Por ejemplo, el alcance geométrico de un vector de alcance \vec{R} se define como $|\vec{R}|$.

Vector unidad ("unit vector") - Un vector unidad es un vector con una magnitud de unidad. Los vectores unidad son utilizados para definir la dirección. Por ejemplo, la dirección de un vector de alcance \vec{R} puede ser representada por un vector unidad, \hat{r} que tiene la misma dirección que \vec{R} y magnitud unidad.

25 Diversidad ("diversity") - La diversidad, tal como se define en la presente invención, es la transmisión y/o recepción de señales de radio que muestran reflexiones de radio únicas en entornos reflectantes de radio (efecto de trayectos múltiples). La diversidad se consigue en general utilizando medios espaciales, de frecuencia o de polarización.

Enlaces de radio diversos ("diverse radio links") - Los enlaces de radio diversos o diversidad de enlaces de radio son señales de radio que utilizan diversidad de métodos.

30 Grupo de transmisión ("transmit cluster") - Una serie de señales de posicionamiento únicas, cada una de las cuales es transmitida de manera sincronizada, desde sustancialmente la misma localización, conservando al mismo tiempo diversidad de enlaces de radio; se conocen como "grupo de transmisión".

Grupo de recepción ("receive cluster") - Una serie de señales de posicionamiento separadas, cada una de las cuales es recibida de manera sincronizada, sustancialmente en la misma localización de recepción, conservando al mismo tiempo diversidad de enlaces de radio, se conocen como "grupo receptor".

35 Señales de posicionamiento sustancialmente coherentes ("substantially coherent positioning signals") - Las señales de posicionamiento sustancialmente coherentes son señales de posicionamiento que, cuando se han recibido e interpretado por un receptor de observación, producen mediciones sustancialmente similares.

Dispositivo de Unidad de Posicionamiento ("Positioning-Unit Device") - Un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento es una forma transmisor de posicionamiento que transmite señales de posicionamiento.

40 Receptor de observación ("observing receiver") - Un receptor de observación es un receptor que recibe e interpreta señales de posicionamiento.

Objetivo de la invención

45 Es un objetivo de la invención proporcionar un sistema y procedimiento de diversidad que puede distinguir entre señales de posicionamiento directas y alteradas por el efecto de trayectos múltiples transmitidas sustancialmente desde el mismo lugar.

Otro objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un sistema de diversidad y su procedimiento que pueden distinguir entre señales de posicionamiento directas y alteradas por el efecto de trayectos múltiples que se han recibido sustancialmente en la misma localización.

Otro objetivo adicional de la presente invención consiste en proporcionar un sistema y procedimiento de diversidad para llevar a cabo mediciones de señales de posicionamiento precisas en presencia del efecto de trayectos múltiples sin necesidad de transmisores redundantes.

5 Otro objetivo adicional de la presente invención consiste en proporcionar un sistema y procedimiento de diversidad para llevar a cabo mediciones precisas de señales de posicionamiento libres de las limitaciones de retardos de grupo variables en el tiempo.

Otro objetivo adicional de la presente invención consiste en proporcionar un sistema de posicionamiento y su procedimiento para llevar a cabo determinaciones precisas de posición en presencia del efecto de trayectos múltiples, sin necesidad de incrementar las anchuras de banda de transmisión.

10 Otro objetivo adicional de la presente invención consiste en proporcionar un sistema y procedimiento de diversidad para la estimación de mediciones precisas de señales de posicionamiento, en presencia del efecto de trayectos múltiples, que han sido transmitidas y/o recibidas sustancialmente desde la misma localización.

Resumen de la invención

15 Los anteriores objetivos de la presente invención se consiguen por medio de la interpretación de una pluralidad de señales de posicionamiento sincronizadas, recibidas mediante diferentes enlaces de radio que muestran alcances geométricos sustancialmente iguales y vectores unidad con respecto a un receptor de observación. El receptor de observación está configurado para comprar y luego seleccionar señales de posicionamiento sustancialmente coherentes y/o crear una estimación de correlación óptima de las señales de posicionamiento medidas, de manera que se puedan determinar mediciones de posición precisas en entornos afectados por efecto de trayectos múltiples.

20 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 es una representación gráfica de la primera realización de un grupo de transmisión, de acuerdo con la presente invención, en la que un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento (“positioning-unit device”) que incorpora un grupo de transmisión especialmente diverso, emite cuatro únicas señales de posicionamiento a través de elementos de antena distribuidos espacialmente a un receptor de observación en un entorno libre del efecto de trayectos múltiples.

La figura 2 es una representación gráfica de la primera realización de un grupo de transmisión, de acuerdo con la presente invención, en el que un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento, que incorpora un grupo de transmisión espacialmente diverso, emite cuatro únicas señales de posicionamiento, a través de cuatro elementos de antena distribuidos espacialmente, a un receptor de observación en un entorno afectado por efecto de trayectos múltiples.

30 La figura 3 es una representación gráfica de la primera realización de grupos de transmisión de acuerdo con la presente invención, de manera que una red de cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento cronológicamente sincronizados, cada uno de los cuales incorpora un grupo de transmisión espacialmente diverso, emite dieciséis señales únicas de posicionamiento a través de dieciséis elementos de antena distribuidos espacialmente a un receptor de observación.

35 La figura 4 es una representación gráfica de la primera realización de un grupo receptor, de acuerdo con la presente invención, de manera que un receptor de observación, que incorpora un grupo de recepción espacialmente diverso, recibe dieciséis señales de posicionamiento separadas procedentes de cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a través de cuatro elementos de antena de recepción distribuidos espacialmente.

40 La figura 5 es una representación gráfica de una configuración de receptor de observación de acuerdo con la presente invención, en la que una red de cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento sincronizados cronológicamente, cada uno de los cuales incorpora un grupo de transmisión espacialmente diverso, emite dieciséis señales únicas de posicionamiento, a través de dieciséis elementos de antena espacialmente distribuidos, a un receptor de observación. El receptor de observación está configurado para pasar la totalidad de las dieciséis señales únicas de posicionamiento a un algoritmo de solución de la posición.

45 La figura 6 es una representación gráfica de una configuración de receptor de observación de acuerdo con la presente invención, en la que una red de cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento sincronizados cronológicamente, cada uno de los cuales incorpora un grupo de transmisión espacialmente diverso, emite dieciséis señales únicas de posicionamiento, a través de dieciséis elementos de antena espacialmente distribuidos, a un receptor de observación. El receptor de observación está configurado para preprocesar la totalidad de las dieciséis
50 señales únicas de posicionamiento antes de pasar las señales de posicionamiento preprocesadas a un algoritmo de solución de la posición.

La figura 7 es una representación gráfica de una configuración de receptor de observación de acuerdo con la presente invención, de manera que un receptor de observación, que incorpora un grupo de recepción espacialmente diverso, recibe dieciséis señales separadas de posicionamiento procedentes de cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a través de cuatro elementos de antena espacialmente distribuidos. El receptor de observación está
55

configurado para pasar la totalidad de las dieciséis señales de posicionamiento separadas a un algoritmo de solución de la posición.

5 La figura 8 es una representación gráfica de una configuración de receptor de observación de acuerdo con la presente invención, de manera que un receptor de observación, que incorpora un grupo de recepción espacialmente diverso, recibe dieciséis señales separadas de posicionamiento procedentes de cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a través de cuatro elementos de antena de recepción espacialmente distribuidos. El receptor de observación está configurado para preprocesar la totalidad de las dieciséis señales de posicionamiento separadas antes de pasar las señales de posicionamiento preprocesadas a un algoritmo de solución de la posición.

Visión general

10 La presente invención da a conocer un sistema y procedimiento para la atenuación del efecto de trayectos múltiples de código y de fase de portadora en los sistemas de posicionamiento por medio de la interpretación de señales de posicionamiento sincronizadas independientes, recibidas a través de diferentes enlaces de radio, que muestran alcances geométricos y vectores unidad sustancialmente iguales con respecto a un receptor de observación. Estos diferentes enlaces de radio son conocidos como un "grupo" de señales de posicionamiento. En condiciones de libertad del efecto de trayectos múltiples, un grupo de señales de posicionamiento proporcionan mediciones sustancialmente coherentes en un receptor de observación. La coherencia de la medición de la señal de posicionamiento es debida al alcance geométrico y vector unidad para cada señal de posicionamiento que es sustancialmente el mismo con respecto al receptor de observación. No obstante, en condiciones del efecto de trayectos múltiples, un receptor de observación no medirá todas las señales de posicionamiento procedentes de un grupo de manera coherente. La coherencia de la señal de posicionamiento se degrada en entornos multitrayecto debido a la diversidad de enlaces de radio que crea diferentes reflexiones multitrayecto que afectan las mediciones de la señal de posicionamiento de cada enlace individualmente. La magnitud de la coherencia entre señales de posicionamiento depende de la severidad del entorno del efecto de trayectos múltiples.

25 Además, la presente invención da a conocer medios de interpretación de una serie de señales de posicionamiento únicas, sincronizadas, recibidas a través de diversos enlaces de radio que muestran sustancialmente iguales alcances geométricos y vectores unidad con respecto a un receptor de observación. El receptor de observación está configurado para (a) determinar señales de posicionamiento únicas, sincronizadas, que muestren sustancialmente iguales alcances geométricos y vectores unidad con respecto a sí mismas, (b) comparar y a continuación seleccionar señales de posicionamiento sustancialmente coherentes y/o crear una estimación de correlación óptima de las señales de posicionamiento únicas, sincronizadas, determinadas, y (c) determinar una solución de posicionamiento filtrada o de correlación óptima, tal que se puedan determinar, en entornos afectados por multitrayecto, mediciones de alcance óptimas y subsiguientes soluciones de posicionamiento precisas.

30 En una realización preferente de la invención, un receptor de observación está configurado para comparar un grupo de señales de posicionamiento y, a continuación, seleccionar señales de posicionamiento sustancialmente coherentes, de manera que se eliminan los enlaces afectados por efecto de trayectos múltiples de la medición de alcance. En otra realización de la presente invención, un receptor de observación está configurado para crear una estimación de correlación óptima a partir de un grupo de señales de posicionamiento, de manera que se determina una medición de alcance sustancialmente libre del efecto de trayectos múltiples. Por lo tanto, la presente invención facilita la capacidad de discriminar entre señales de trayectos directas y señales afectadas por multitrayecto utilizando señales de posicionamiento transmitidas desde y/o recibidas sustancialmente en el mismo lugar. Por consiguiente, se pueden calcular a continuación soluciones de posicionamiento precisas, libres del efectos perjudiciales de trayectos múltiples por el receptor de observación una vez se encuentran a la vista suficientes transmisores.

Sistema y procedimiento

45 Una primera realización de la invención da a conocer la transmisión de señales de posicionamiento únicas, sincronizadas, a través de una serie de elementos de antena de transmisión distribuidos espacialmente. Todos los elementos de antena de transmisión están dispuestos con alcances geométricos y vectores unidad sustancialmente iguales con respecto a un receptor de observación y separados preferentemente en la mitad de la longitud de onda portadora transmitida o menos. Cada elemento de antena está dispuesto en una localización conocida y transmitiendo una señal de posicionamiento única. Preferentemente, cada señal de posicionamiento única está codificada con un código (PRN) de números pseudo aleatorio único a efectos de crear un sistema de Acceso Múltiple con División de Código (CDMA), siendo todas las señales de posicionamiento únicas transmitidas en frecuencias de portadora idénticas. Un receptor de observación está configurado para recibir e interpretar la pluralidad de señales de posicionamiento únicas transmitidas a efectos de diferenciar señales alteradas por el efecto de trayectos múltiples de señales libres del efecto de trayectos múltiples y, por lo tanto, atenuar el efecto perjudicial de los trayectos múltiples en la exactitud de la señal de posicionamiento.

Haciendo referencia a continuación a la figura 1, se ha mostrado un entorno libre del efecto de trayectos múltiples, en el que un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 101 incorpora cuatro elementos de antena distribuidos espacialmente 102, 103, 104 y 105, que se conocen colectivamente como grupo de transmisión 106. El Dispositivo

de unidad de posicionamiento 101 transmite cuatro códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados 107, 108, 109 y 110 por medio de los cuatro elementos de antena distribuidos espacialmente 102, 103, 104 y 105. Los elementos de antena distribuidos espacialmente 102, 103, 104 y 105 están posicionados en localizaciones conocidas, que están separadas preferentemente por la mitad de la longitud de onda portadora transmitida o menos. Cada elemento de antena transmite una señal única de posicionamiento en la misma frecuencia portadora. También se ha mostrado un receptor de observación en un primer instante de tiempo 111 que recibe los cuatro códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 107, 108, 109 y 110 a través de una única antena de recepción 112. Los vectores de unidad 113, 114, 115 y 116 y los alcances geométricos 117, 118, 119 y 120 de los cuatro códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 107, 108, 109 y 110 son sustancialmente iguales entre el grupo de transmisión 106 y la antena de recepción 112. También se ha mostrado el receptor de observación en un segundo instante de tiempo 121, que recibe los cuatro códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 107, 108, 109 y 110 por medio de una antena de recepción única 122. También en este caso, los vectores de unidad 123, 124, 125 y 126 y los alcances geométricos 127, 128, 129 y 130 de los cuatro códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 107, 108, 109 y 110 son sustancialmente iguales entre el grupo de transmisión 106 y la antena de recepción 122.

Tal como se ha mostrado por la línea de trayectoria 131, el receptor de observación se desplaza desde su posición original 111, hacia el Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 101, hasta su nueva localización 121. Durante este movimiento, a lo largo de la línea de trayectoria 131, los pseudo alcances del receptor de observación y las mediciones de Fase de Portadora Integrada (ICP) para todos los códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos 107, 108, 109 y 110 desde el grupo de transmisión 106 disminuyen proporcionalmente. Simultáneamente, las mediciones Doppler del receptor de observación y las intensidades de señal para todos los códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos 107, 108, 109 y 110 desde el grupo de transmisión 106 aumentan proporcionalmente. Al final del desplazamiento 121, los alcances geométricos 127, 128, 129 y 130 y los vectores unidad 123, 124, 125 y 126 de la antena 122 del receptor de observación al grupo 106 del Dispositivos de Unidad de Posicionamiento han cambiado, pero de manera importante la relación relativa de los vectores unidad 123, 124, 125 y 126 y alcances geométricos 127, 128, 129 y 130 entre los cuatro códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 107, 108, 109 y 110 no han cambiado sustancialmente. Todas las mediciones de los cuatro códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 107, 108, 109 y 110 han permanecido sustancialmente iguales. Por lo tanto, se puede apreciar que en entornos libres del efecto de trayectos múltiples, un grupo espacialmente diverso de señales de posicionamiento transmitidas, que muestran sustancialmente iguales alcances geométricos y vectores unidad con respecto a un receptor de observación proporcionarán mediciones de señales de posicionamiento sustancialmente coherentes.

Haciendo referencia a la figura 2, se ha mostrado un entorno multitrayecto, de manera que un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 201 incorpora cuatro elementos de antena distribuidos espacialmente 202, 203, 204 y 205 que se conocen colectivamente como grupo de transmisión 206. El Dispositivo de Unidad de Posicionamiento 201 transmite cuatro códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 207, 208, 209 y 210 mediante los cuatro elementos de antena espacialmente distribuidos 202, 203, 204 y 205. Los elementos de antena espacialmente distribuidos 202, 203, 204 y 205 están dispuestos en lugares conocidos, transmitiendo cada elemento una señal de posicionamiento única en la misma frecuencia portadora. También se ha mostrado un receptor de observación 211, que recibe los cuatro códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 207, 208, 209 y 210 mediante una antena de recepción única 212. Los vectores de unidad 213, 214, 215 y 216, y los alcances geométricos 217, 218, 219 y 220 de los cuatro códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 207, 208, 209 y 210 son sustancialmente iguales entre el grupo de transmisión 206 y la antena de recepción 212. También se ha mostrado, con objetivo ilustrativo, cuatro componentes multitrayecto espectrales 221, 222, 223 y 224, relativo cada uno de ellos a un código (PRN) de números pseudo aleatorios único específico 207, 208, 209 y 210, que ha sido generado de un elemento de antena espacialmente distribuido 202, 203, 204 y 205.

La primera señal multitrayecto espectral 221 es generada a partir de un primer código (PRN) de números pseudo aleatorios único 207, que ha sido transmitido desde el primer elemento de antena espacialmente distribuido 202. Esta señal espectral multitrayecto 221 se refleja sobre la superficie 225 y llega a la antena de recepción 212 con un desplazamiento de fase de ciento ochenta grados con respecto al código (PRN) de números pseudo aleatorios único 207 transmitido y, por lo tanto, crea una cancelación destructiva del primer código (PRN) de números pseudo aleatorios único 207. Esta cancelación destructiva crea una baja intensidad de la señal recibida y desestabilización del código (PRN) de números pseudo aleatorios y de bucles de seguimiento de fase de portadora dentro del receptor de observación 211. Esta desestabilización del bucle de seguimiento degrada sustancialmente la precisión de medición de la Fase de Portadora Integrada (ICP) y el pseudo alcance del primer código (PRN) de números pseudo aleatorios único 207.

La segunda señal espectral multitrayecto 222 es generada del segundo código (PRN) pseudo aleatorio único 208 que ha sido transmitido desde el segundo elemento de antena espacialmente distribuido 203. Esta señal espectral multitrayecto 222 se refleja de la superficie 225 y llega a la antena de recepción 212 con un desplazamiento de fase de cero grados con respecto al segundo código (PRN) pseudo aleatorio único 208 y, por lo tanto, facilita una adición constructiva del segundo código (PRN) de números pseudo aleatorios único 208. Esta adición constructiva crea una elevada intensidad de señal recibida con un desplazamiento de fase cero. El código (PRN) de números pseudo aleatorios y los bucles de seguimiento de fase de portadora dentro del receptor de observación 211 permanecen

estables, lo que no altera las mediciones de Fase de Portadora Integrada (ICP) del segundo código (PRN) de números pseudo aleatorios único 208.

La tercera señal espectral multitrayecto 223 es generada desde el tercer código (PRN) de números pseudo aleatorios único 209 que ha sido transmitido desde el tercer elemento de antena espacialmente distribuido 204. Esta señal multitrayecto espectral 223 se refleja sobre la superficie 226 y llega a la antena de recepción 212 con un desplazamiento de fase de noventa grados con respecto al tercer código (PRN) de números pseudo aleatorios único 209 y, por lo tanto, crea una cancelación destructiva moderada del tercer código (PRN) de números pseudo aleatorios único 209. Esta cancelación destructiva moderada crea intensidades de señal recibidas moderadamente bajas con un error de seguimiento de fase asociado. El código (PRN) de números pseudo aleatorios y bucles de seguimiento de fase de portadora, dentro del receptor de observación 211, son afectados moderadamente, lo que altera moderadamente las mediciones de pseudo alcance y mediciones de Fase de Portadora Integrada (ICP) a partir del tercer código (PRN) de números pseudo aleatorios único 209.

La cuarta señal multitrayecto espectral 224 es generada a partir del cuarto código (PRN) de números pseudo aleatorios único 210 que ha sido transmitido desde el cuarto elemento de antena espacialmente distribuido 205. Esta señal multitrayecto espectral 224 se refleja sobre la superficie 226 y no es recibida por la antena de recepción 212 y, por lo tanto, no crea alteración alguna del cuarto código (PRN) de números pseudo aleatorios único 210. Las intensidades de señal recibidas siguen siendo iguales, sin error de seguimiento de fase asociado. El código (PRN) de números pseudo aleatorios y bucles de seguimiento de fase de portadora dentro del receptor de observación 211 permanecen sin afectación, lo que deja las mediciones de pseudo alcance y de Fase de Portadora Integrada (ICP) del cuarto código (PRN) de números pseudo aleatorios único 210 sin alteración.

El receptor de observación está configurado para recibir e interpretar los cuatro códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 207, 208, 209 y 210 transmitidos desde los cuatro elementos de antena espacialmente distribuidos 202, 203, 204 y 205, combinados con los cuatro componentes multitrayecto espectrales 221, 222, 223 y 224. La configuración está dispuesta para seleccionar códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sustancialmente coherentes, 208 y 210 y/o para proporcionar una estimación de correlación óptima del pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler y mediciones de intensidad de señal entre el grupo de transmisión 206 y la antena 212 del receptor de observación.

Haciendo referencia a continuación a la figura 3, se ha mostrado una red de cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento cronológicamente sincronizados 301, 302, 303 y 304, configurado cada uno de ellos con un grupo de transmisión espacialmente distribuido 305, 306, 307 y 308 que transmiten en frecuencias de portadora idénticas. El primer grupo de transmisión 305 transmite cuatro códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 309, 310, 311 y 312 a través de cuatro elementos de antena espacialmente distribuidos 313, 314, 315 y 316. El segundo grupo de transmisión 306 transmite cuatro códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 317, 318, 319 y 320 a través de cuatro elementos de antena espacialmente distribuidos 321, 322, 323 y 324. El tercer grupo de transmisión 307 transmite cuatro códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 325, 326, 327 y 328 a través de cuatro elementos de antena espacialmente distribuidos 329, 330, 331 y 332. El cuarto grupo de transmisión 308 transmite cuatro códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 333, 334, 335 y 336 mediante cuatro elementos de antena espacialmente distribuidos 337, 338, 339 y 340. Todos los elementos de antena espacialmente distribuidos 313, 314, 315, 316, 321, 322, 323, 324, 329, 330, 331, 332, 337, 338, 339 y 340 están dispuestos en localizaciones conocidas, transmitiendo cada elemento una señal de posicionamiento única en la misma frecuencia de portadora. También se ha mostrado un receptor de observación 341, que recibe los dieciséis códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 309, 310, 311, 312, 317, 318, 319, 320, 325, 326, 327, 328, 333, 334, 335 y 336 de los cuatro grupos de transmisión espacialmente distribuidos 305, 306, 307 y 308 mediante una antena de recepción 342. Los vectores unidad 343, 344, 345 y 346 y los alcances geométricos 347, 348, 349 y 350 de los cuatro códigos (PRN) de número pseudo aleatorios únicos, sincronizados, generados de cada grupo de transmisión, son sustancialmente iguales entre cada grupo de transmisión y la antena de recepción 342.

El receptor de observación 341 requiere suficientes Dispositivos de Unidad de Posicionamiento para encontrarse en condiciones de determinar una solución de posición. Preferentemente, el receptor de observación 341 utiliza, como mínimo, tres Dispositivos de Unidad de Posicionamiento para determinar una solución de posición bidimensional o un mínimo de cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento para determinar una solución de posición tridimensional. No obstante, las soluciones de posición determinadas por el receptor de observación 341 utilizando menos de tres Dispositivos de Unidad de Posicionamiento se encuentran dentro del alcance y ámbito amplios de la presente invención. El receptor de observación 341 está configurado para recibir e interpretar las dieciséis señales de posicionamiento únicas, sincronizadas, transmitidas desde los cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento 301, 302, 303 y 304, de manera que se puede determinar una posición precisa. El receptor de observación puede :

1) Suministrar todos los pseudo alcances de señales de posicionamiento única recibidas, Fase de Portadora Integrada (ICP) , Doppler y mediciones de intensidad de señal al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación, preparados para producir una solución de posición super-determinada dados los suficientes Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a la vista. La situación de cada elemento de antena de transmisión dentro de cada grupo de transmisión puede ser también proporcionada al algoritmo de posicionamiento de receptor

de observación para ayudar en una determinación de medición precisa de pseudo alcance y Fase de Portadora Integrada (ICP) entre cada elemento de antena de transmisión y la antena del receptor de observación,

5 2) Suministrar todas las mediciones recibidas de pseudo alcances de señal de posicionamiento única, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación que utiliza un algoritmo RAIM (Control de la Integridad Autónoma del Receptor). Considerando el suficiente número de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a disposición el algoritmo de RAIM selecciona las señales de posicionamiento menos afectadas por trayectos múltiples de cada grupo de transmisión de Dispositivo de Unidad de Posicionamiento y a continuación utiliza estas señales de correlación óptima en la solución de posición. La situación de cada elemento de antena de transmisión dentro de cada grupo puede ser facilitada también al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación para ayudar a una determinación de medición precisa de pseudo alcance y Fase de Portadora Integrada (ICP) entre cada elemento de antena de transmisión y la antena del receptor de observación,

15 3) Suministrar todas las mediciones recibidas de pseudo alcances de señal de posicionamiento única, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación que utiliza un algoritmo matemático apropiado para producir una solución de posición de correlación óptima, por ejemplo, un Filtro Kalman. El algoritmo de posicionamiento estima la mejor medición de alcance de cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento utilizando todas las mediciones de pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal disponibles al algoritmo de posicionamiento de todos los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento considerados. La situación de cada elemento de antena de transmisión dentro de cada grupo puede ser facilitada también al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación para ayudar a una determinación de medición precisa de pseudo alcance y Fase de Portadora Integrada (ICP) entre cada elemento de antena de transmisión y la antena del receptor de observación,

25 4) Combinar y promediar todas las mediciones de pseudo alcances de señal de posicionamiento única recibida, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal de cada grupo de transmisión para formar mediciones medias de pseudo alcance de Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal. Estas mediciones medias de señal de posicionamiento de grupo, junto con la aparente localización media de todos los elementos de antena dentro del grupo de transmisión, son facilitados a continuación al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación, preparados para producir una solución de posición, una vez que el suficiente número de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento se encuentren a la vista,

30 5) Suministrar todas las mediciones recibidas de pseudo alcances de señal de posicionamiento única, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal de un grupo de transmisión al algoritmo de estimación de alcance del receptor de observación. El algoritmo de estimación de alcance estima la medición de alcance con correlación óptima recibida de un grupo de transmisión antes de pasar una medición de pseudo alcance de correlación óptima, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación. El algoritmo de estimación de alcance puede incluir cualquier algoritmo matemático apropiado que produzca una solución de correlación óptima, tal como, por ejemplo, una regresión de cuadrados mínimo, regresión de cuadrados mínimos ponderados, media ponderada, estimación filtrada, estimación suavizada o técnica similar conocida por los técnicos en la materia. Las mediciones de señal de posicionamiento de correlación óptima junto con la localización aparente con correlación óptima de todos los elementos de antena dentro del grupo de transmisión son facilitados a continuación al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación preparados para producir una solución de posición una vez que el suficiente número de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento se encuentran a disposición,

45 6) Determinar la coherencia entre todas las señales de posicionamiento únicas recibidas de cada grupo por comparación de la información seleccionada desde el grupo que comprende mediciones de bucle de seguimiento de portadora en fase y en cuadratura (I+Q), mediciones de bucle de seguimiento de código de pseudo alcance, de Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidades de señal recibidas, para:

50 a) seleccionar señales de posicionamiento únicas sustancialmente coherentes de cada grupo de transmisión para suministrar al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación, preparadas para producir una solución de posición super-determinada una vez se encuentra a disposición el suficiente número de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento. La situación de cada elemento de antena de transmisión seleccionada con cada grupo se puede facilitar también al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación, de manera que se puedan determinar mediciones precisas de pseudo alcance y Fase de Portadora Integrada (ICP),,

55 b) seleccionar señales de posicionamiento únicas sustancialmente coherentes de cada grupo de transmisión para suministrar al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación, que utiliza el algoritmo RAIM (Control de la Integridad Autónoma del Receptor). Con suficientes Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a la vista, el algoritmo RAIM selecciona las señales afectadas al mínimo por el efecto de trayectos múltiples de cada grupo de transmisión del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento y, a continuación, utiliza estas señales con correlación óptima en la solución de posición. La situación de elementos de antena de transmisión seleccionados dentro de cada grupo se puede proporcionar también al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación para ayudar

a la determinación precisa de mediciones de pseudo alcance y Fase de Portadora Integrada (ICP) entre cada elemento de antena de transmisión y la antena del receptor de observación,

5 c) seleccionar señales de posicionamiento únicas sustancialmente coherentes de cada grupo de transmisión para el suministro al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación, que utiliza un algoritmo matemático apropiado para producir una solución con correlación óptima, por ejemplo un Filtro Kalman. El algoritmo de posicionamiento estima la medición mejor de alcance de cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento utilizando todas las mediciones seleccionadas sustancialmente coherentes de pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal, disponibles para el algoritmo de posicionamiento desde todos los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a la vista. La situación de cada uno de los elementos seleccionados de antena de transmisión dentro de cada grupo puede ser proporcionada también al receptor de observación, puede ser proporcionada también al algoritmo de posicionamiento de observación de posición para ayudar a una determinación precisa de la pseudo alcance y de la Fase de Portadora Integrada (ICP) entre cada elemento de antena de transmisión y la antena del receptor de observación,

15 d) seleccionar señales de posicionamiento únicas sustancialmente coherentes de cada grupo de transmisión para combinar y calcular el promedio de las mediciones de pseudo alcances, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal para formar mediciones medias de pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal. Estas mediciones de la señal de posicionamiento medias del grupo, junto con la localización media aparente de todos los elementos de antena seleccionados dentro del grupo de transmisión, son facilitadas a continuación al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación, preparadas para producir una solución de posición una vez se encuentren a la vista suficientes Dispositivos de Unidad de Posicionamiento,

20 e) seleccionar señales de posicionamiento únicas sustancialmente coherentes de cada grupo de transmisión y estimar mediciones de correlación óptima de alcance utilizando un algoritmo de estimación de alcance de correlación óptima, tal como una regresión de cuadrados mínimos, regresión de cuadrados mínimos ponderados, media ponderada, estimación filtrada, estimación suavizada o técnica similar conocida por los técnicos en la materia. Las mediciones estimadas de pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal, junto con la estimación aparente de correlación óptima de localizaciones de elementos de antena seleccionadas son facilitadas a continuación al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación, preparadas para producir una solución de posición una vez se encuentren disponibles suficientes Dispositivos de Unidad de Posicionamiento,

25 f) seleccionar señales de posicionamiento únicas, sustancialmente coherentes, de cada grupo, que son combinadas y promediadas para formar mediciones de señal de posicionamiento medias, que son pasadas a continuación a un algoritmo de posicionamiento RAIM (Control de la Integridad Autónoma del Receptor). Con Dispositivos de Unidad de Posicionamiento redundantes a disposición, el algoritmo RAIM selecciona las señales de posicionamiento medias menos afectadas por el efecto de trayectos múltiples disponibles y a continuación utiliza estas señales de correlación óptima en la solución de posición.

30 g) seleccionar señales de posicionamiento únicas sustancialmente coherentes de cada grupo, que son combinadas y promediadas para formar mediciones de señal de posicionamiento medias que son pasadas a continuación al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación. El algoritmo de posicionamiento puede incluir cualquier algoritmo matemático que produzca una solución de correlación óptima, por ejemplo, un Filtro Kalman. El algoritmo de posicionamiento estima la medición mejor de alcance desde cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento, utilizando todas las mediciones disponibles de pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal disponibles para el algoritmo de posicionamiento de todos los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a disposición. La situación media aparente de elementos de antena de transmisión seleccionados dentro de cada grupo puede ser facilitada también al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación para ayudar a una determinación de la medición precisa del pseudo alcance y de la Fase de Portadora Integrada (ICP) entre cada elemento de antena de transmisión y la antena del receptor de observación,

35 h) seleccionar señales de posicionamiento únicas, sustancialmente coherentes, de cada grupo de transmisión, que son pasadas a través de un algoritmo de estimación de alcance de correlación óptima para formar mediciones de correlación óptima de pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal. Estas mediciones de señal de posicionamiento de correlación óptima son pasadas a continuación al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación, que utiliza un algoritmo de RAIM (Control de la Integridad Autónoma del Receptor). Con Dispositivos de Unidad de Posicionamiento redundantes a la vista, el algoritmo de RAIM selecciona las señales de posicionamiento menos afectadas por trayectos múltiples disponibles y, a continuación, utiliza las señales con correlación óptima en la solución de posición.

40 i) seleccionar señales de posicionamiento únicas sustancialmente coherentes de cada grupo de transmisión, que son pasadas a través de un algoritmo de estimación de alcance con correlación óptima para formar mediciones de correlación óptima de pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal. Estas mediciones de señal de posicionamiento de correlación óptima son pasadas a continuación al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación, que utiliza un algoritmo matemático apropiado para producir una solución de correlación óptima, por ejemplo un Filtro Kalman. El algoritmo de posicionamiento estima la medición mejor de alcance de cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento utilizando todas las señales de posicionamiento

de correlación óptima de suficientes Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a la vista. La situación de los elementos de antena de correlación óptima seleccionados, dentro de cada grupo, puede ser facilitada también al algoritmo de estimación del receptor de observación para ayudar a una determinación de mediciones precisas de pseudo alcance y Fase de Portadora Integrada (ICP) entre cada elemento de antena de transmisión y la antena del receptor de observación.

Cualquier combinación de las realizaciones anteriormente descritas se encontrará dentro del amplio ámbito y alcance de la presente invención. Por ejemplo, se pueden reprocesar señales de posicionamiento sustancialmente coherentes con un algoritmo de estimación de alcance de correlación óptima, que son procesadas a continuación con un algoritmo de posicionamiento de correlación óptima, que se hacen pasar a continuación a través de un algoritmo de RAIM (Control de la Integridad Autónoma del Receptor).

Separación de los elementos del grupo

No existe una separación mínima de elementos dentro de un grupo de transmisión distribuido espacialmente. Cuanto más cerca se disponen los elementos, mayor se hace la coherencia del efecto de trayectos múltiples entre códigos (PRN) de números pseudo aleatorios y menor es la diversidad espacial que se consigue. La separación máxima de elementos viene determinada por la separación del receptor de observación mínima esperada desde el grupo de transmisión. Para conseguir resultados óptimos, el vector unidad de cada elemento de antena dentro del grupo de transmisión al receptor de observación debe continuar sustancialmente igual. Un receptor de observación situado más alejado del grupo de transmisión experimentará una mayor similitud de los vectores unidad en comparación con un receptor de observación dispuesto con mucha proximidad. La separación de los elementos de antena de transmisión de muchas longitudes de onda es practicable cuando la separación del receptor de observación es grande. En la realización preferente, un grupo de elementos de antena está situado con una separación de la mitad de longitud de onda de portadora entre elementos para hacer máxima la diversidad espacial y minimizar la dispersión de vector unidad. A una frecuencia de portadora de 2,4 GHz, esto representa una separación de elementos de antena del orden de 60 mm.

Realizaciones de grupo de transmisión

Todas las realizaciones de receptor descritas anteriormente pueden ser aplicadas también a cualquier forma de grupo de transmisión. Un grupo de transmisión puede estar configurado para utilizar, sin que ello sea limitativo, diversidad espacial, de frecuencia o de polarización. Además, un grupo de transmisión puede estar configurado para utilizar cualquier combinación de diversidad espacial, de frecuencia o de polarización. A continuación se describen tres realizaciones de un grupo de transmisión:

a) Grupo de transmisión con diversidad espacial - Un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento está configurado para transmitir una serie de señales de posicionamiento únicas, sincronizadas, desde una serie elementos de antena distribuidos espacialmente. Los elementos de antena están situados con alcances geométricos y vectores unidad sustancialmente iguales con respecto a los receptores de observación, estando cada elemento situado en una localización conocida y transmitiendo una única señal de posicionamiento. La separación de elementos de antena es preferentemente la mitad de la longitud de onda de la portadora y las señales de posicionamiento únicas sincronizadas son, preferentemente, códigos (PRN) de números pseudo aleatorios transmitidos en frecuencias de portadora idénticas.

b) Grupo de transmisión con diversidad de frecuencia - Un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento está configurado para transmitir una serie de señales de posicionamiento únicas sincronizadas en una serie de frecuencias, siendo transmitida cada señal única de posicionamiento en su propia frecuencia única. La serie de señales de posicionamiento son transmitidas a través de un único elemento de antena situado en una localización conocida. Las señales de posicionamiento únicas sincronizadas son, preferentemente, códigos (PRN) de números pseudo aleatorios transmitidos en frecuencias portadoras individuales.

c) Grupo de transmisión con diversidad de polarización - Un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento está configurado para transmitir una serie de señales de posicionamiento únicas, sincronizadas, desde una serie de elementos de antena polarizados ortogonalmente. Los elementos de antena están situados con alcance y vectores unidad sustancialmente iguales con respecto a todos los receptores de observación, encontrándose cada elemento situado en una localización conocida y transmitiendo una señal única de posicionamiento. Los elementos de antena están preferentemente situados con gran proximidad entre sí y las señales de posicionamiento únicas son preferentemente códigos (PRN) de números pseudo aleatorios transmitidos en frecuencias de portadora idénticas.

En la realización preferente, se generan códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, simultáneamente desde un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento y son transmitidos simultáneamente desde cada elemento de antena dentro de un grupo de transmisión. En realizaciones alternativas, los códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, pueden ser generados de manera sucesiva dentro de un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento y transmitidos a continuación a través de cada elemento de antena dentro de un grupo de transmisión en un esquema de acceso múltiple con división de tiempo (TDMA), de manera que cada

elemento transmite un único código (PRN) de números pseudo aleatorio único, en un periodo de tiempo ("slot") único.

Determinación de grupos

5 Un receptor de observación, cuando capta señales de posicionamiento únicas, determina en primer lugar qué señales de posicionamiento únicas están asociadas con cada grupo de transmisión específico. El receptor de observación recibe cada señal de posicionamiento única e interpreta datos de navegación contenidos en la misma para determinar la localización de cada elemento de antena de transmisión. El receptor de observación determina qué lugares de elementos de antena de transmisión se encuentran con gran proximidad entre sí y si los elementos de antena de transmisión muestran sustancialmente iguales vectores unidad y alcances geométricos con respecto al receptor de observación. El receptor de observación determina que son un grupo de transmisión los elementos de antena de transmisión que muestran vectores de unidad y alcances geométricos sustancialmente iguales con respecto al receptor de observación. Además, cada señal de posicionamiento única puede transmitir datos de identificación de grupo dentro de su mensaje de datos de navegación y, por lo tanto, permite la asociación de cada señal de posicionamiento única con un grupo de transmisión específico. El receptor de observación recibe e interpreta estos datos de identificación de grupo para identificar y asociar cada señal de posicionamiento única con cada grupo de transmisión.

Grupo de recepción

20 Una señal de posicionamiento única, recibida en un receptor de observación, a través de diferentes elementos de antena de recepción, que son interpretados individualmente a través de canales de recepción separados, crea una serie de señales de posicionamiento separadas. Estas señales de posicionamiento separadas muestran mediciones sustancialmente coherentes en entornos libres del efecto de trayectos múltiples debido a que el vector unidad y el alcance geométrico de cada elemento de antena de recepción al transmisor son sustancialmente iguales. No obstante, en un entorno del efecto de trayectos múltiples, las señales de posicionamiento separadas recibidas desde diferentes elementos de antena de recepción muestran mediciones de posicionamiento no coherentes en un receptor de observación. Esta falta de coherencia es debida a que el receptor de observación mide diferentes señales de trayecto reflejadas desde cada elemento de antena de recepción que, cuando se combinan con sus respectivas señales directas, provocan diferentes mediciones de alcance y de intensidad de señal para cada señal de posicionamiento. La magnitud de la falta de coherencia entre señales de posicionamiento depende de la severidad del entorno del efecto de trayectos múltiples.

30 La presente invención da a conocer atenuación de código y efecto de trayectos múltiples en fase de portadora en sistemas de posicionamiento por medio de la recepción de una señal de posicionamiento única a través de una serie de elementos de antena de recepción espacialmente distribuidos o recibiendo una única señal de posicionamiento a través de una serie de elementos de antena de recepción con diversidad de polarización. Todos los elementos de antena de recepción están dispuestos sustancialmente con iguales alcances geométricos y vectores unidad con respecto a la señal transmitida, estando dispuesto cada elemento en una relación conocida con respecto a otro y recibiendo individualmente la misma señal de posicionamiento única. Preferentemente, todos los elementos de antena de recepción están situados a una distancia de media longitud de onda de portadora o menos. El receptor de observación está configurado para recibir, hacer el seguimiento e interpretar individualmente la serie de señales de posicionamiento separadas, a efectos de atenuar el efecto perjudicial de trayectos múltiples sobre la exactitud del posicionamiento.

45 Haciendo referencia a continuación a la figura 4, se han mostrado cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento 401, 402, 403 y 404, cada uno de ellos configurado con un elemento de antena de transmisión único 405, 406, 407 y 408 dispuesto en localizaciones conocidas y configurado cada uno para transmitir una señal de posicionamiento sincronizada única 409, 410, 411 y 412. Se ha mostrado también un grupo de recepción espacialmente diverso 413, que incorpora cuatro elementos de antena de recepción distribuidos espacialmente 414, 415, 416 y 417. Cada elemento de antena de recepción 414, 415, 416 y 417 está conectado a un trayecto receptor separado 418, 419, 420 y 421 dentro de un receptor de observación 422. Cada trayecto receptor 418, 419, 420 y 421 está sincronizado desde un reloj receptor común 423 y alimentado a una unidad de proceso 424. Los elementos de antena de recepción separados 414, 415, 416 y 417 que están conectados a trayectos de receptor separados 418, 419, 420 y 421 crean cuatro mediciones separadas de pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal para cada señal de posicionamiento única recibida 409, 410, 411 y 412, y, por lo tanto, crean dieciséis señales de posicionamiento separadas para los cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a la vista 401, 402, 403 y 404. La unidad de proceso 424 está preparada para recibir estas dieciséis señales de posicionamiento separadas y:

55 1) Suministrar todas las mediciones separadas recibidas de pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación, preparadas para producir una solución de posición super-determinada dados los suficientes Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a la vista. La situación de cada elemento de antena de recepción dentro de cada grupo de recepción con respecto a una referencia puede ser también proporcionada al algoritmo de posicionamiento de

receptor de observación para ayudar a una determinación de medición precisa de pseudo alcance y Fase de Portadora Integrada (ICP) entre la antena de transmisión y el grupo receptor de observación.

5 2) Suministrar todas las señales de posicionamiento separadas recibidas de pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación que utiliza un algoritmo RAIM (Control de la Integridad Autónoma del Receptor). Con el suficiente número de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a la vista, el algoritmo de RAIM selecciona las señales de posicionamiento menos afectadas por trayectos múltiples de cada grupo de transmisión del Dispositivo de Unidad de Posicionamiento y a continuación utiliza estas señales de correlación óptima en la solución de posición. La situación de cada elemento de antena dentro de cada grupo de recepción, con respecto a una relación de referencia, puede ser facilitada también al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación para ayudar a la medición precisa de pseudo alcances y Fase de Portadora Integrada (ICP) entre la antena de transmisión y el grupo receptor de observación,

10 3) Suministrar todas las mediciones de pseudo alcances de señales de posicionamiento separadas recibidas, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación que utiliza un algoritmo matemático apropiado para producir una solución de posición de correlación óptima, por ejemplo, un Filtro Kalman. El algoritmo de posicionamiento estima la mejor medición de alcance de cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento utilizando todas las mediciones disponibles de pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal para el algoritmo de posicionamiento de todos los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a la vista. La situación de cada elemento de antena de recepción dentro del grupo de recepción, con respecto a una relación de referencia, puede ser facilitada también al algoritmo de estimación de posicionamiento del receptor de observación para ayudar a una determinación de medición precisa de pseudo alcance y Fase de Portadora Integrada (ICP) entre la antena de transmisión y el grupo receptor de observación,

15 4) Combinar y promediar todas las mediciones de pseudo alcance de señal de posicionamiento separada recibidas, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal de cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento para formar mediciones medias de pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal. Estas mediciones medias de señal de posicionamiento del grupo de recepción, junto con la localización media aparente de todos los elementos de antena dentro del grupo de recepción, son facilitadas a continuación al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación preparadas para producir una solución de posición una vez que el suficiente número de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento se encuentren a la vista,

20 5) Suministrar todas las mediciones de pseudo alcances de señales de posicionamiento separadas recibidas, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal procedentes de un grupo de recepción al algoritmo de estimador de alcance del receptor de observación. El algoritmo de estimación de alcance estima la medición con correlación óptima recibida de un grupo de recepción antes de pasar una medición de correlación óptima de pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación. El algoritmo de estimación de alcance puede incluir cualquier algoritmo matemático apropiado que produzca una solución de correlación óptima, tal como, por ejemplo, una regresión de cuadrados mínimos, regresión de cuadrados mínimos ponderados, media ponderada, estimación filtrada, estimación suavizada u otra técnica similar conocida por los técnicos en la materia. Estas mediciones de señal de posicionamiento de correlación óptima junto con la situación de correlación óptima aparente de todos los elementos de antena dentro del grupo de recepción son facilitados a continuación al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación, preparadas para producir una solución de posición una vez que el suficiente número de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento se encuentran a la vista,

25 6) Determinar la coherencia entre todas las señales de posicionamiento separadas recibidas del grupo de recepción por comparación de información seleccionada del grupo que comprende mediciones de bucle de seguimiento de portadora en fase y en cuadratura (I+Q), mediciones de bucle de seguimiento de código pseudo aleatorio, de pseudo alcances, Fase de Portadora Integrada (ICP), mediciones de Doppler e intensidades de señal recibida, para:

30 a) seleccionar señales de posicionamiento separadas sustancialmente coherentes de cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento para suministrar al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación, preparadas para producir una solución de posición super-determinada una vez se encuentra a la vista el suficiente número de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento. La situación de cada elemento de antena de recepción seleccionada dentro del grupo de recepción, con respecto a una relación de referencia, se puede facilitar también al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación, de manera que se puedan determinar mediciones precisas de pseudo alcance y Fase de Portadora Integrada (ICP),

35 b) seleccionar señales de posicionamiento separadas sustancialmente coherentes de cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento para suministrar al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación que utiliza un algoritmo de RAIM (Control de la Integridad Autónoma del Receptor). Con suficientes Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a la vista, el algoritmo de RAIM selecciona las señales de posicionamiento menos afectadas por el efecto de trayectos múltiples de cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento y, a continuación, utiliza estas señales con correlación óptima en la solución de posición. La situación de elementos de antena de recepción seleccionados dentro del grupo de recepción, con respecto a una relación de referencia, se puede facilitar también al

algoritmo de posicionamiento del receptor de observación para ayudar a una determinación de mediciones precisas de pseudo alcances y Fase de Portadora Integrada (ICP) entre cada elemento de antena de transmisión y el elemento de antena del receptor de observación,

- 5 c) seleccionar señales de posicionamiento separadas sustancialmente coherentes de cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento para suministrar al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación, que utiliza un algoritmo matemático apropiado para producir una solución con correlación óptima, por ejemplo un Filtro Kalman. El algoritmo de posicionamiento estima la mejor medición de alcance de cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento utilizando todas las mediciones sustancialmente coherentes de pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal, disponibles, al algoritmo de posicionamiento desde todos los
- 10 Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a la vista. La situación de cada uno de los elementos de antena de recepción dentro de cada grupo de recepción, con respecto a una relación de referencia, puede ser proporcionada también al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación para ayudar a una determinación precisa del pseudo alcance y de la Fase de Portadora Integrada (ICP) entre la antena de transmisión y el grupo del receptor de observación,
- 15 d) seleccionar señales de posicionamiento separadas sustancialmente coherentes de cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento para combinar y promediar las mediciones de pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal para formar mediciones medias de pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal. Estas mediciones medias de la señal de posicionamiento del grupo, junto con la situación media aparente de todos los elementos de antena de recepción seleccionados dentro del grupo son
- 20 facilitadas a continuación al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación preparadas, para producir una solución de posición una vez se encuentren a la vista suficientes Dispositivos de Unidad de Posicionamiento,
- e) seleccionar señales de posicionamiento separadas sustancialmente coherentes de cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento y estimar mediciones de correlación óptima de alcance utilizando un algoritmo de estimación de alcance de correlación óptima, tal como una regresión de cuadrados mínimos, regresión de cuadrados mínimos
- 25 ponderados, media ponderada, estimación filtrada, estimación suavizada o cualquier otro algoritmo de estimación de alcance. Las mediciones estimadas de pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal, junto con la estimación de correlación óptima de situaciones de elementos de antena seleccionados son facilitadas a continuación al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación, preparadas para producir una solución de posición una vez se encuentren a la vista suficientes Dispositivos de Unidad de Posicionamiento,
- 30 f) seleccionar señales de posicionamiento separadas, sustancialmente coherentes, de cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento, que son combinadas y promediadas para formar mediciones medias de señal de posicionamiento, que son pasadas a continuación a un algoritmo de posicionamiento de RAIM (Control de la Integridad Autónoma del Receptor). Con Dispositivos de Unidad de Posicionamiento redundantes a la vista, el algoritmo de RAIM selecciona las señales de posicionamiento medios menos afectadas por el efecto de trayectos
- 35 múltiples disponibles y, a continuación, las utiliza como señales de correlación óptima en la solución de posición,
- g) seleccionar señales de posicionamiento separadas sustancialmente coherentes de cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento, que son combinadas y promediadas para formar mediciones medias de señal de posicionamiento que son pasadas a continuación al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación. El algoritmo de posicionamiento puede incluir cualquier algoritmo matemático apropiado que produzca una solución de correlación
- 40 óptima, por ejemplo, un Filtro Kalman. El algoritmo de posicionamiento estima la medición mejor de alcance desde cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento, utilizando todas las mediciones disponibles de pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal para el algoritmo de posicionamiento desde todos los Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a la vista. La situación de cada elemento de antena de recepción dentro del grupo de recepción, con respecto a una relación de referencia, puede ser facilitada también al algoritmo
- 45 de estimación de posicionamiento del receptor de observación para ayudar a una determinación de medición precisa de pseudo alcances y Fase de Portadora Integrada (ICP) entre la antena de transmisión y el grupo del receptor de observación, o
- h) seleccionar señales de posicionamiento separadas, sustancialmente coherentes, de cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento, que son pasadas a través de un algoritmo de estimación de alcance de correlación óptima para
- 50 formar mediciones de correlación óptima de pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal. Estas mediciones correlación óptima son pasadas a continuación al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación, que utiliza un algoritmo de RAIM (Control de la Integridad Autónoma del Receptor). Con Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a la vista, el algoritmo de RAIM selecciona las señales de posicionamiento menos afectadas por el efecto de trayectos múltiples disponibles y, a continuación,
- 55 utiliza las señales de correlación óptima en la solución de posición,
- i) seleccionar señales de posicionamiento separadas sustancialmente coherentes de cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento, que son pasadas a través de un algoritmo de estimación de alcance de correlación óptima para formar mediciones de correlación óptima de pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal. Estas mediciones de señal de posicionamiento de correlación óptima son pasadas a
- 60 continuación al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación, que utiliza un algoritmo matemático

apropiado para producir una solución de correlación óptima, por ejemplo un Filtro Kalman. El algoritmo de posicionamiento estima la mejor medición de alcance de cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento utilizando señales de posicionamiento de correlación óptima de suficientes Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a la vista. La situación de los elementos de antena de recepción de correlación óptima seleccionados, dentro de cada grupo puede ser facilitada también al algoritmo de posicionamiento del receptor de observación para ayudar a una determinación precisa de mediciones de pseudo alcance y Fase de Portadora Integrada (ICP) entre cada elemento de antena de transmisión y la antena del receptor de observación.

Cualquier combinación de las realizaciones anteriormente descritas se encuentra dentro del alcance y ámbito amplios de la presente invención. A efectos de ejemplo ilustrativo, se pueden preprocesar señales de posicionamiento sustancialmente coherentes con un algoritmo de estimación de alcance con correlación óptima, que son procesadas a continuación con un algoritmo de posicionamiento de correlación óptima, que son pasadas a continuación a través de un algoritmo de RAIM (Control de la Integridad Autónoma del Receptor).

Interpretación del receptor

Un receptor de observación está configurado para recibir e interpretar una serie de señales de posicionamiento separadas y/o únicas recibidas de grupos de señales de posicionamiento. El receptor de observación asigna canales de recepción, de acuerdo con el número de señales de posicionamiento a seguir. A continuación, el receptor de observación capta y sigue de forma autónoma cada señal de posicionamiento a través de un canal de posicionamiento independiente. Este seguimiento autónomo de las señales de posicionamiento permite la medición independiente de cada señal de posicionamiento procedente de un grupo, sin que ninguna medición de señal de posicionamiento quede afectada por una señal de posicionamiento alterada por un efecto de multitrayecto adyacente. Cuanto mayor es el número de señales de posicionamiento disponibles de un grupo mayor es la integridad obtenida de la medición de alcance.

Haciendo referencia ahora a la figura 5, se ha mostrado en ella una red de cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento cronológicamente sincronizados 501, 502, 503 y 504, cada uno de los cuales está configurado con un grupo de transmisión distribuido espacialmente 505, 506, 507 y 508 que transmite en frecuencias portadoras. El primer grupo de transmisión 505 transmite cuatro códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 509, 510, 511 y 512 a través de cuatro elementos de antena distribuidos espacialmente 513, 514, 515 y 516. El segundo grupo de transmisión 506 transmite cuatro códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 517, 518, 519 y 520 a través de cuatro elementos de antena distribuidos espacialmente 521, 522, 523 y 524. El tercer grupo de transmisión 507 transmite cuatro códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 525, 526, 527 y 528 a través de cuatro elementos de antena distribuidos espacialmente 529, 530, 531 y 532. El cuarto grupo de transmisión 508 transmite cuatro códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 533, 534, 535 y 536 a través de cuatro elementos de antena distribuidos espacialmente 537, 538, 539 y 540. Todos los elementos de antena distribuidos espacialmente 513, 514, 515, 516, 521, 522, 523, 524, 529, 530, 531, 532, 537, 538, 539 y 540 están situados en localizaciones conocidas, transmitiendo cada elemento una señal de posicionamiento única en la misma frecuencia de portadora. Se ha mostrado también un receptor de observación 541, que recibe los dieciséis códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 509, 510, 511, 512, 517, 518, 519, 520, 525, 526, 527, 528, 533, 534, 535 y 536 desde los cuatro grupos de transmisión distribuidos espacialmente 505, 506, 507 y 508 a través de una antena de recepción 542. Los vectores unidad 543, 544, 545 y 546 y los alcances geométricos 547, 548, 349 y 550 de los cuatro códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, generados desde cada grupo de transmisión 505, 506, 507 y 508 son sustancialmente iguales dentro de cada grupo de transmisión 505, 506, 507 y 508 con respecto a la antena de recepción 542.

El receptor de observación 541 requiere suficientes Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a la vista para determinar una solución de posición. Preferentemente, el receptor de observación 541 utiliza, como mínimo, tres Dispositivos de Unidad de Posicionamiento para determinar una solución de posición bidimensional y, como mínimo, cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento para determinar una solución de posición tridimensional. No obstante, las soluciones de posición determinadas por el receptor de observación 541 utilizando menos de tres Dispositivos de Unidad de Posicionamiento continúan dentro del ámbito y alcance amplios de la presente invención. El receptor de observación 541 está configurado para pasar todas las señales de posicionamiento únicas 509, 510, 511, 512, 517, 518, 519, 520, 525, 526, 527, 528, 533, 534, 535 y 536 a los medios 551 de algoritmo de solución de posicionamiento del receptor de observación, a efectos de determinar (a) una solución de posicionamiento superdeterminada, (b) una solución de posicionamiento dependiente de RAIM, (c) una solución de posicionamiento filtrada por un algoritmo de estimación de posición, tal como un Filtro Kalman, o bien (d) cualquier combinación de estas soluciones.

Haciendo referencia a continuación a la figura 6, se ha mostrado una red de cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento cronológicamente sincronizados 601, 602, 603 y 604, cada uno de ellos configurado con un grupo de transmisión distribuido espacialmente 605, 606, 607 y 608 que transmite en frecuencias de portadora idénticas. El primer grupo de transmisión 605 transmite cuatro códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 609, 610, 611 y 612 a través de cuatro elementos de antena distribuidos espacialmente 613, 614, 615 y 616. El segundo grupo de transmisión 606 transmite cuatro códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 617, 618, 619 y 620 a través de cuatro elementos de antena distribuidos espacialmente 621, 622, 623

y 624. El tercer grupo de transmisión 607 transmite códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 625, 626, 627 y 628 a través de cuatro elementos de antena distribuidos espacialmente 629, 630, 631 y 632. El cuarto grupo de transmisión 608 transmite cuatro códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 633, 634, 635 y 636 a través de cuatro elementos de antena distribuidos espacialmente 637, 638, 639 y 640. Todos los elementos de antena espacialmente distribuidos 613, 614, 615, 616, 621, 622, 623, 624, 629, 630, 631, 632, 637, 638, 639 y 640 están situados en localizaciones conocidas, transmitiendo cada elemento una señal de posicionamiento única en la misma frecuencia de portadora. Se ha mostrado también un receptor de observación 641, que recibe los dieciséis códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, 609, 610, 611, 612, 617, 618, 619, 620, 625, 626, 627, 628, 633, 634, 635 y 636 desde los cuatro grupos de transmisión distribuidos espacialmente 605, 606, 607 y 608 a través de una antena de recepción 642. Los vectores unidad 643, 644, 645 y 646 y los alcances geométricos 647, 648, 649 y 650 de los cuatro códigos (PRN) de números pseudo aleatorios únicos, sincronizados, generados desde cada grupo de transmisión 605, 606, 607 y 608 son sustancialmente iguales dentro de cada grupo de transmisión 605, 606, 607 y 608 con respecto a la antena de recepción 642.

El receptor de observación 641 requiere suficientes Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a la vista para determinar una solución de posición. Preferentemente, el receptor de observación 641 utiliza, como mínimo, tres Dispositivos de Unidad de Posicionamiento para determinar una solución de posición bidimensional o, como mínimo, cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento para determinar una solución de posición tridimensional. No obstante, las soluciones de posición determinadas por el receptor de observación 641 utilizando menos de tres Dispositivos de Unidad de Posicionamiento continúan dentro del ámbito y alcance amplios de la presente invención. El receptor de observación 641 está configurado para pasar señales de posicionamiento únicas 609, 610, 611, 612 a unos primeros medios de algoritmo de preproceso 652, señales de posicionamiento únicas 617, 618, 619 y 620 a unos segundos medios de algoritmo de preproceso 653, señales únicas de posicionamiento 625, 626, 627 y 628 a unos terceros medios de algoritmo de preproceso 654 y señales de posicionamiento únicas 633, 634, 635 y 636 a unos cuartos medios de algoritmo de preproceso 655. Los medios de algoritmo de preproceso 652, 653, 654 y 655 procesan las señales de posicionamiento agrupadas recibidas utilizando (a) un algoritmo de promediado para producir el pseudo alcance medio de cada grupo, (b) un algoritmo de estimación de alcance para producir una estimación de pseudo alcance con correlación óptima de cada grupo, o (c) un algoritmo de determinación de coherencia para seleccionar pseudo alcances sustancialmente coherentes de cada grupo, o bien (d) cualquier combinación de los algoritmo anteriormente descritos. Las señales de posicionamiento preprocesadas son pasadas a continuación a los medios de algoritmo de posicionamiento receptor de observación 651, a efectos de determinar ya sea (a) una solución de posicionamiento super-determinada, (b) una solución de posicionamiento dependiente de RAIM, (c) una solución de posicionamiento filtrada por un algoritmo de estimación de posición, tal como un Filtro Kalman, o bien (d) cualquier combinación de estas soluciones.

Haciendo ahora referencia a la figura 7, se han mostrado cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento 701, 702, 703 y 704, configurado cada uno de ellos con un único elemento de antena de transmisión 705, 706, 707 y 708 dispuestos en localizaciones conocidas y configurado cada uno de ellos para transmitir una única señal de posicionamiento sincronizada 709, 710, 711 y 712. También se ha mostrado un grupo de recepción con diversidad espacial 713, que incorpora cuatro elementos de antena espacialmente distribuidos 714, 715, 716 y 717. Cada elemento de antena de recepción 714, 715, 716 y 717 está conectado a un trayecto receptor separado 718, 719, 720 y 721 dentro del receptor de observación 722. Cada trayecto receptor 718, 719, 720 y 721, está sincronizado desde un reloj receptor común 723. Los elementos de antena de recepción separados 714, 715, 716 y 717 que están conectados a trayectos receptores separados 718, 719, 720 y 721 crean cuatro mediciones separadas de pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal para cada señal de posicionamiento única recibida 709, 710, 711 y 712, creando de este modo dieciséis señales de posicionamiento separadas para los cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a la vista 701, 702, 703 y 704.

El receptor de observación 722 requiere suficientes Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a la vista para determinar una solución de posición. Preferentemente, el receptor de observación 722 utiliza, como mínimo, tres Dispositivos de Unidad de Posicionamiento para determinar una solución de posición bidimensional o, como mínimo, cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento para determinar una solución de posición tridimensional. No obstante, soluciones de posición determinadas por el receptor de observación 722 utilizando menos de tres Dispositivos de Unidad de Posicionamiento continúan dentro del ámbito y alcance amplios de la presente invención. El receptor de observación 722 está configurado para pasar señales de posicionamiento únicas 709, 710, 711, 712 a los medios de algoritmo de preproceso 724, a efectos de determinar (a) una solución de posicionamiento super-determinada, (b) una solución de posicionamiento dependiente de RAIM, (c) una solución de posicionamiento filtrada por un algoritmo de estimación de posición, tal como un Filtro Kalman, o bien (d) cualquier combinación de estas soluciones.

Haciendo referencia a continuación a la figura 8, se han mostrado cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento 801, 802, 803 y 804, cada uno de ellos configurado con un único elemento de antena de transmisión 805, 806, 807 y 808 situados en localizaciones conocidas y configurado cada uno de ellos para transmitir una señal de posicionamiento, sincronizada, 809, 810, 811 y 812. Se ha mostrado también un grupo de recepción con diversidad espacial 813, que incorpora elementos de antena receptores espacialmente distribuidos 814, 815, 816 y 817. Cada uno de los elementos de antena de recepción 814, 815, 816 y 817 está conectado a un trayecto receptor separado 818, 819, 820 y 821 dentro de un receptor de observación 822. Cada trayecto receptor 818, 819, 820 y 821 está

sincronizado desde un reloj receptor común 823. Los elementos de antena receptores separados 814, 815, 816 y 817 que están conectados a trayectos receptores separados 818, 819, 820 y 821 crean cuatro mediciones separadas de pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal para cada señal de posicionamiento única recibida 809, 810, 811 y 812, y, por lo tanto, crean dieciséis señales de posicionamiento separadas para los cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a la vista 801, 802, 803 y 804.

El receptor de observación 822 requiere suficientes Dispositivos de Unidad de Posicionamiento a la vista para determinar una solución de posición. Preferentemente, el receptor de observación 822 utiliza, como mínimo, tres Dispositivos de Unidad de Posicionamiento para determinar una solución de posición bidimensional o, como mínimo, cuatro Dispositivos de Unidad de Posicionamiento para determinar una solución de posición tridimensional. No obstante, las soluciones de posición determinadas por el receptor de observación 822 utilizando menos de tres Dispositivos de Unidad de Posicionamiento continúan dentro del ámbito y alcance amplios de la presente invención. El receptor de observación 822 está configurado para pasar señales de posicionamiento únicas 809, 810, 811 y 812 desde el primer elemento de antena de recepción 814 a unos primeros medios de algoritmo de preproceso 825, señales de posicionamiento únicas 809, 810, 811 y 812 desde el segundo elemento de antena de recepción 815 a unos segundos medios de algoritmo de preproceso 826, señales únicas de posicionamiento 809, 810, 811 y 812 desde el tercer elemento de antena de recepción 816 a unos terceros medios de algoritmo de preproceso 827 y señales de posicionamiento únicas 809, 810, 811 y 812 desde el cuarto elemento de antena de recepción 817 a unos cuartos medios de algoritmo de preproceso 828. Los medios de algoritmo de preproceso 825, 826, 827 y 828 procesan las señales de posicionamiento agrupadas recibidas utilizando (a) un algoritmo de promediado para producir el alcance medio desde cada grupo, (b) un algoritmo de estimación de alcance para producir una estimación de alcance con correlación óptima desde cada grupo, o (c) un algoritmo de determinación de coherencia para seleccionar alcances sustancialmente coherentes de cada grupo, o bien (d) cualquier combinación de los algoritmo anteriormente descritos. Las señales de posicionamiento preprocesadas son pasadas a continuación a los medios 824 de algoritmo de posicionamiento del receptor de observación, a efectos de determinar (a) una solución de posicionamiento super-determinada, o (b) una solución de posicionamiento dependiente de RAIM, (c) una solución de posicionamiento filtrada por un algoritmo de estimación de posición, tal como un Filtro Kalman, o bien (d) cualquier combinación de estas soluciones.

Si bien las figuras 1-8, a efectos de claridad, muestran ejemplos ilustrativos que utilizan un número definido de señales de posicionamiento y elementos de antena dentro de un grupo, no hay limitación intrínseca al número posible de señales de posicionamiento o elementos de antena en un grupo. Cuanto mayor es el número de señales de posicionamiento transmitidas o recibidas de un grupo, mejor es la integridad de la medición de alcance obtenida. Además, dado el gran número de señales de posicionamiento transmitidas o recibidas por un sistema de grupo, un receptor no necesita recibir cada una de las señales transmitidas para funcionar de acuerdo con la presente invención. Este nivel de redundancia intrínseco no existe en los sistemas de posicionamiento anteriormente conocidos.

Mediciones de la señal de posicionamiento

Dentro del ámbito de la presente invención, se ha prestado atención específica a mediciones de las señales de posicionamiento de pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler e intensidad de señal. No obstante, cualquier otra información de posición que se pueda tener de las señales de posicionamiento y se pueda utilizar para deducir integridad de señal de posicionamiento se encuentra dentro del campo y ámbito amplios de la presente invención. Por ejemplo, la medición de las mediciones en fase y cuadratura (I+Q) de los bucles de seguimiento de portadora del receptor de observación, o bien las mediciones previas y posteriores del brazo de seguimiento del correlacionador de los bucles de bloqueo de retardo (DLL) de códigos (PRN) de números pseudo aleatorios del receptor de observación pueden ser utilizados como indicadores adicionales de integridad de señal de posicionamiento y, por lo tanto, se encuentran dentro del ámbito de la presente invención.

Las mediciones de pseudo alcance son creadas por la correlación de códigos (PRN) de números pseudo aleatorios recibidos con códigos (PRN) de números de pseudo aleatorios generados internamente desde un receptor de observación. Este proceso es intrínsecamente ruidoso y muy afectado por efecto de trayectos múltiples. Los métodos tradicionales para mejorar estas mediciones intrínsecamente ruidosas comportan el aumento de la velocidad segmentación ("chipping") de los códigos (PRN) de números pseudo aleatorios para disminuir el ruido de pseudo alcance que simultáneamente aumenta la atenuación del efecto de trayectos múltiples. No obstante, las velocidades de segmentación incrementadas aumentan el ancho de banda de RF, el consumo de potencia del receptor y la complejidad de este último. La presente invención da a conocer un sistema y método por los que una serie de señales diversas únicas y/o separadas de posicionamiento, que muestran vectores unidad y alcances geométricas sustancialmente iguales son interpretadas de forma paralela para disminuir instantáneamente el ruido de pseudo alcance y atenuar el efecto del efecto de trayectos múltiples sin las limitaciones impuestas por las mayores velocidades de segmentación.

La función Doppler, en el contexto de la presente invención, es la medición del movimiento relativo entre un Dispositivo de Unidad de Posicionamiento y un receptor de observación. La función Doppler se mide utilizando los valores del oscilador controlado digitalmente (DCO) del bucle de seguimiento de la portadora del receptor de observación de cada canal de seguimiento. Los osciladores controlados digitalmente (DCO) de seguimiento de

portadora siguen y miden la velocidad del receptor de observación con respecto a cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento referenciado con respecto al reloj local del receptor de observación. Esto significa que los osciladores controlados digitalmente (DCO) efectúan también el seguimiento del desplazamiento del reloj del receptor de modalidad común. Todas las mediciones Doppler de un grupo serán sustancialmente iguales en un entorno libre del efecto de trayectos múltiples, con independencia de cualquier movimiento de usuario o desplazamiento de reloj del receptor de modalidad común. En entornos del efecto de trayectos múltiples, los osciladores controlados digitalmente (DCO) de bucle de seguimiento de portadora son fácilmente desestabilizados debido a las grandes fluctuaciones de fase y potencia de señal provocadas por las señales reflejadas que se combinan de manera destructiva. Con el conocimiento de que todos los valores de oscilador controlados digitalmente (DCO) procedentes de un grupo serán sustancialmente iguales en un entorno libre del efecto de trayectos múltiples, es posible estimar de manera precisa el valor de oscilador controlado digitalmente (DCO) correcto en condiciones del efecto de trayectos múltiples. Esto se consigue comprando todos los valores de oscilador controlado digitalmente (DCO) muestreados instantáneamente, procedentes de un grupo y determinando un valor de oscilador controlado digitalmente (DCO) de correlación óptima y/o sustancialmente coherente en cada fase de medición.

La Fase de Portadora Integrada (ICP) se deduce al acumular mediciones Doppler que se utilizan en receptores de observación para determinar una medición precisa de cambio de alcance. Por lo tanto, los valores de oscilador controlados digitalmente (DCO) de bucles de seguimiento de portadora con correlación óptima y/o sustancialmente coherentes proporcionan una ventaja significativa en la determinación de una medición de Fase de Portadora Integrada (ICP) precisa.

Las mediciones de intensidad de señal determinan la capacidad de un receptor de observación en hacer el seguimiento de las señales de posicionamiento recibidas. Si la intensidad de señal recibida desciende por debajo de un valor predeterminado, el seguimiento de la señal de posicionamiento por el receptor de observación se hará marginal y puede cesar por completo. Esto puede ocurrir cuando el receptor de observación se ha desplazado en una distancia significativa en alejamiento de una fuente de transmisión o también puede ocurrir cuando reflexiones del efecto de trayectos múltiples de tipo destructivo provocan intensidades de señal degradadas. Un receptor de observación que tiene solamente acceso a una señal de una fuente de transmisión no tiene forma de determinar si ha superado el alcance de la fuente de transmisión o si se encuentra en un debilitamiento de trayectos múltiples ("multipath"). En entornos libres del efecto de trayectos múltiples, las intensidades de señal procedentes de un grupo serán sustancialmente iguales, dado que la distancia entre cada elemento de antena dentro de un grupo es relativamente pequeña en comparación con la distancia entre la fuente de transmisión y el receptor de observación. No obstante, en condiciones del efecto de trayectos múltiples, las intensidades de señal variarán ampliamente. Con conocimiento de que todos los valores de intensidad de señal procedentes de un grupo serán sustancialmente iguales en un entorno libre del efecto de trayectos múltiples, es posible estimar de manera precisa el valor de intensidad de señal correcto en condiciones del efecto de trayectos múltiples, comparando todos los valores de intensidad de señal procedentes de un grupo y determinando un valor de intensidad de señal de correlación óptima y/o sustancialmente coherente. Además, las señales de posicionamiento que son medidas por debajo del valor de intensidad de señal sustancialmente coherente y/o de correlación óptima, se puede considerar afectada por efecto de trayectos múltiples y como tal eliminada de la estimación del alcance.

Las combinaciones de mediciones de señal de posicionamiento se pueden utilizar para evaluar la coherencia de la señal de posicionamiento. Por ejemplo, los valores de oscilador controlado digitalmente (DCO) sustancialmente coherentes, procedentes de un grupo, se pueden comparar con intensidades de señal sustancialmente coherentes del grupo para mejorar la integridad de la coherencia.

Señales de posicionamiento sustancialmente coherentes

Las señales de posicionamiento sustancialmente coherentes se definen como señales de posicionamiento que, cuando se reciben e interpretan por un receptor de observación producen mediciones sustancialmente similares. Son ejemplos de mediciones producidas en un receptor de observación, sin que ello sea limitativo, pseudo alcance, Fase de Portadora Integrada (ICP), Doppler, intensidad de señal y valores de bucle de seguimiento en fase y en cuadratura (I+Q). La calificación de las mediciones como sustancialmente similares se establece preferentemente a través de procedimientos matemáticos, tales como: 1) mediciones de diferenciación y comparación de las diferencias con un umbral o tolerancia, 2) análisis espectral, 3) convolución, 4) correlación, 5) análisis por transformación de Fourier, o cualquier otra técnica capaz de observar coherencia que sería reconocida por técnicos en la materia de coherencia matemática. Los valores de calificación específicos de coherencia son determinados por decisiones de diseño asociadas con cada realización específica de la invención. Solamente a efectos de ejemplo ilustrativo, los valores de tolerancia pueden ser configurados de manera que los pseudo alcances medidos, dentro de un metro uno de otro, se consideran coherentes según código, las mediciones de Fase de Portadora Integrada (ICP) que se encuentran dentro de 0,1 ciclos de la portadora entre sí, se considera que son coherentes de portadora, valores de oscilador controlado digitalmente (DCO) de bucle de seguimiento de portadora que se encuentran dentro de 0,1 Hertzios entre sí, se consideran coherentes de Doppler, y las intensidades de señal recibidas que se encuentran dentro de 1 dB entre sí se consideran coherentes de intensidad. La asignación de valores de tolerancia depende de la configuración del sistema y de las exigencias del usuario y, como tales, se pueden ajustar individualmente en cada receptor de observación. Por ejemplo, la configuración del sistema

determinará el número de señales de posicionamiento disponibles desde cada grupo de transmisión y, por lo tanto, a cuántos objetos observables tiene acceso un algoritmo de preproceso y/o posicionamiento de un receptor de observación. Cuantos más objetos observables mejor es la integridad de la coherencia y, por lo tanto, se pueden ajustar con más proximidad los valores con tolerancia asignados. Las exigencias de los usuarios también difieren. Algunos usuarios pueden escoger la transacción de la coherencia del grupo (es decir, exactitud del sistema en condiciones del efecto de trayectos múltiples) por disponibilidad del sistema, mientras que otros usuarios pueden escoger una mayor coherencia del grupo para asegurar una integridad incrementada del sistema.

Diversidad

Se pueden crear diferentes enlaces de radio, ya sea en el transmisor o en el receptor, o tanto en el receptor como en el transmisor simultáneamente. La diversidad de transmisión se consigue preferentemente utilizando medios espaciales, de frecuencia o de polarización (tal como se describe más adelante), si bien se pueden utilizar otras formas de diversidad, permaneciendo dentro del ámbito y alcance amplios de la presente invención.

a) La transmisión de diversidad espacial requiere una serie de elementos de antena colocados muy cerca entre sí (preferentemente a la mitad de la longitud de onda de la portadora o menos), estando situado cada elemento en una localización conocida y transmitiendo una señal de posicionamiento única, sincronizada.

b) La transmisión de diversidad de frecuencia requiere la transmisión de una serie de frecuencias por un elemento de antena situado en un lugar conocido, transmitiendo cada frecuencia una señal de posicionamiento única, sincronizada.

c) La transmisión de diversidad de polarización requiere una serie de elementos de antena polarizados de manera exclusiva, situados muy cerca entre sí (preferentemente a menos de la mitad de la longitud de onda portadora), estando cada elemento situado en un lugar conocido y transmitiendo una señal de posicionamiento única, sincronizada.

La diversidad espacial de frecuencia o de polarización se puede combinar para generar una diversidad mayor. Por ejemplo, un grupo de elementos de antena espacialmente distribuidos con características de polarización exclusivas puede transmitir, cada uno de ellos, una serie de señales de posicionamiento únicas en una serie de frecuencias portadoras.

La diversidad de recepción se consigue también preferentemente utilizando medios espaciales, de frecuencia o de polarización, si bien se pueden utilizar otras formas de diversidad, permaneciendo dentro del alcance amplio de la invención.

a) La recepción de diversidad espacial requiere una serie de elementos de antena colocados muy cerca entre sí (preferentemente a la mitad de la longitud de onda de la portadora), recibiendo individualmente cada elemento y efectuando el seguimiento de la misma señal de posicionamiento única, transmitida.

b) La recepción de diversidad de frecuencia requiere la recepción individual de una serie de señales de posicionamiento únicas, sincronizadas, que han sido transmitidas en una pluralidad de frecuencias.

c) La recepción de diversidad de polarización requiere una serie de elementos de antena polarizados de manera exclusiva, situados muy cerca entre sí (preferentemente a menos de la mitad de la longitud de onda portadora), recibiendo cada elemento individualmente y efectuando el seguimiento de la misma señal de posicionamiento única.

La diversidad de recepción espacial, de frecuencia o de polarización puede ser combinada para generar incluso una diversidad mayor. Por ejemplo, un grupo receptor de elementos de antena espacialmente distribuidos con características de polarización únicas puede recibir cada uno de ellos una serie de señales de posicionamiento únicas en una serie de frecuencias de portadora.

La presente invención puede incorporar además cualquier combinación de los diferentes métodos anteriormente descritos de enlace por radio para incrementar la diversidad. Estos métodos incluyen tanto combinaciones de diversidad de frecuencia única como combinaciones de diversidad de frecuencias múltiples. Con combinaciones de diversidad de frecuencia única, el receptor de observación interpreta una serie de señales de posicionamiento únicas transmitidas en frecuencias portadoras idénticas. La transmisión de señales de posicionamiento en una frecuencia portadora única tiene la ventaja de no sufrir retardo variable de grupo, tal como se experimenta por múltiples sistemas de frecuencia. Las combinaciones de diversidad de frecuencia única incluyen, sin que ello sea limitativo:

a) Un grupo de transmisión con diversidad espacial que transmite una serie de señales de posicionamiento únicas a un grupo receptor con diversidad espacial.

b) Un grupo de transmisión con diversidad espacial que transmite una serie de señales de posicionamiento únicas a un grupo receptor con diversidad de polarización.

c) Un grupo de transmisión con diversidad de polarización que transmite una serie de señales de posicionamiento únicas a un grupo receptor con diversidad de polarización.

d) Un grupo de transmisión con diversidad de polarización que transmite una serie de señales de posicionamiento únicas a un grupo receptor con diversidad espacial.

Además, la presente invención permite múltiples combinaciones de diversidad de frecuencia transmitiendo a receptores de observación con antena única, incluyendo, sin que ello sea limitativo:

5 a) Un grupo de transmisión con diversidad espacial combinado con un grupo de transmisión de diversidad de frecuencia que transmite una serie de señales de posicionamiento únicas a una antena sobre un receptor de observación en multifrecuencia.

10 b) Un grupo de transmisión con diversidad de polarización combinado con un grupo de transmisión de diversidad de frecuencia que transmite una serie de señales de posicionamiento únicas a una antena única sobre un receptor de observación en multifrecuencia.

c) Un grupo de transmisión con diversidad espacial combinado con un grupo de transmisión de diversidad de polarización que transmite una serie de señales de posicionamiento únicas a un receptor de observación con frecuencia única.

15 d) Un grupo de transmisión con diversidad espacial combinado con un grupo de transmisión de diversidad de frecuencia, combinado con un grupo de transmisión de diversidad de polarización, que transmite una serie de señales de posicionamiento únicas a una antena única sobre un receptor de observación en multifrecuencia.

Indicador de severidad del efecto de trayectos múltiples

20 El nivel de falta de coherencia de las señales de posicionamiento medidas desde un grupo se puede utilizar también como Indicador de Severidad del efecto de trayectos Múltiples (MSI). Una baja coherencia de grupo indica fuertes condiciones del efecto de trayectos múltiples y una elevada coherencia de grupo indica bajas condiciones del efecto de trayectos múltiples. En situaciones en las que se dispone de señales redundantes de Dispositivo de Unidad de Posicionamiento, un receptor de observación puede utilizar el indicador de severidad del efecto de trayectos múltiples (MSI) calculado para determinar la severidad del efecto de trayectos múltiples de cada Dispositivo de Unidad de Posicionamiento y a continuación seleccionar el juego de Dispositivos de Unidad de Posicionamiento menos afectado por efecto de trayectos múltiples para facilitarlo al algoritmo de posición. Además, el indicador de severidad del efecto de trayectos múltiples (MSI) puede ser utilizado como comprobación de integridad del efecto de trayectos múltiples. Si todas las señales de posicionamiento de todos los grupos indican una baja coherencia de grupo, se puede facilitar un aviso al usuario indicando una degradación estimada de la exactitud de la posición.

Detección de desplazamiento de ciclo y recuperación

30 El proceso de seleccionar señales de posicionamiento sustancialmente coherentes y/o con correlación óptima de un grupo, tal como se ha descrito anteriormente en esta descripción, elimina el fenómeno de desplazamiento de ciclo ("cycle slip"). No obstante, a efectos de completar el concepto, se debe observar que los sistemas receptores que no incorporan las metodologías anteriormente explicadas de receptor pueden utilizar las señales de posicionamiento de no coherencia de un grupo para proporcionar un método fiable de detección de desplazamiento de ciclo de la portadora y su recuperación. Los desplazamientos de ciclo son detectados comparando las señales de posicionamiento de un grupo e identificando los siguientes elementos no coherentes:

a) funciones de salto de ciclo completo o medio ciclo en las mediciones de Fase de Portadora Integrada (ICP); y/o

b) 'puntas' en los valores DCO de la portadoras, y/o

c) 'puntas' en las mediciones de la pseudo alcance; y/o

40 d) debilitamiento brusco de la intensidad de señal, y/o

e) cambios bruscos en los valores I+Q del bucle de seguimiento de la portadora.

45 Cuando se detecta un desplazamiento de ciclo, la medición de la Fase de Portadora Integrada (ICP) del canal responsable se corrige mediante el número requerido de medios ciclos o ciclos completos para recuperar su acuerdo con las mediciones de Fase de Portadora Integrada (ICP) de las señales de posicionamiento sustancialmente coherentes dentro del grupo.

Se observará, evidentemente, que aunque la explicación anterior se ha facilitado a título de ejemplo ilustrativo de la invención, cualquier tipo de modificaciones y variaciones de la misma que serían evidentes a técnicos en la materia se considera que están comprendidas dentro del alcance y ámbito amplios de la invención, como se expone en esta memoria.

50

REIVINDICACIONES

1. Un método para la atenuación de interferencia del efecto de trayectos múltiples en una medición de alcance en un sistema de posicionamiento, cuyo procedimiento comprende:

5 transmitir una pluralidad de señales de posicionamiento únicas, sincronizadas, (207, 208, 209, 210) procedentes de un o más elementos de antena de transmisión (202, 203, 204, 205) en lugares conocidos, en el que cada una de las citadas señales de posicionamiento (207, 208, 209, 210) contiene datos de navegación que identifican la situación del respectivo elemento de antena de transmisión (202, 203, 204, 205); y

recibir dicha pluralidad de señales de posicionamiento únicas, sincronizadas, (207, 208, 209, 210) en un receptor de observación (211);

10 caracterizado por que

dicha pluralidad de señales de posicionamiento únicas, sincronizadas, (207, 208, 209, 210) forman uno o más grupos de transmisión (206) que proporcionan diversidad de enlaces de radio, comprendiendo cada grupo (206) una pluralidad de señales de posicionamiento únicas, sincronizadas, que son transmitidas desde un grupo de uno o más elementos de antena de transmisión (202, 203, 204, 205);

15 se determina, en base a dichos datos de navegación, cuales de dicha pluralidad de señales de posicionamiento únicas, sincronizadas, (207, 208, 209, 210), están asociadas con cada grupo de transmisión particular (206); y

se interpretan las señales dentro de cada grupo de transmisión para calcular mediciones óptimas de alcance entre el citado receptor de observación (211) y dichos elementos de antena de transmisión (202, 203, 204, 205).

20 2. Un método para la atenuación de interferencia del efecto de trayectos múltiples en una medición de alcance en un sistema de posicionamiento, cuyo procedimiento comprende:

transmitir una o más señales de posicionamiento únicas, sincronizadas, (409, 410, 411, 412) procedentes de uno o más elementos de antena de transmisión (405, 406, 407, 408) en lugares conocidos, en el que cada una de dichas señales de posicionamiento (409, 410, 411, 412) contiene datos de navegación que identifican la situación del respectivo elemento de antena de transmisión (405, 406, 407, 408); y

25 recibir cada una de dichas una o más de señales de posicionamiento únicas, sincronizadas, (409, 410, 411, 412), en un receptor de observación (422);

caracterizado por que

30 cada una de dichas una o más señales de posicionamiento únicas, sincronizadas, (409, 410, 411, 412), es recibida a través de una pluralidad de elementos de antena de recepción (414, 415, 416, 417) del receptor de observación (422) situados en estrecha proximidad entre sí, para proporcionar un grupo receptor (413) con diversidad de enlaces de radio, siendo cada uno de los elementos de antena de recepción (414, 415, 416, 417) conectado a un trayecto receptor separado (418, 419, 420, 421) dentro de dicho receptor de observación (422); e

35 interpretar las señales de cada grupo receptor en dicho receptor de observación (422) para calcular mediciones de alcance óptimas entre dichos elementos de antena de recepción (414, 415, 416, 417) y dichos uno o más elementos de de antena de transmisión (405, 406, 407, 408).

3. Un método según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que la citada interpretación de señales comprende determinar la degradación de coherencia de la señal de posicionamiento debida a la citada diversidad de enlaces de radio, para eliminar enlaces alterados por el efecto de trayectos múltiples de dichas mediciones de alcance.

40 4. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que dicha interpretación de señales comprende la determinación de estimaciones de correlación óptima de cada grupo de transmisión o recepción.

5. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que dicha interpretación de señales comprende la determinación de mediciones de alcance promedio de cada grupo de transmisión o recepción.

45 6. Un método según la reivindicación 1,, caracterizado por que cada uno de dichos grupos de transmisión (206) comprende una pluralidad de señales de posicionamiento (207, 208, 209, 210) transmitidas desde una pluralidad de elementos de antena de transmisión (202, 203, 204, 205) situados muy próximos entre sí para proporcionar diversidad espacial.

50 7. Un método según la reivindicación 1, caracterizado por que cada uno de dichos grupos de transmisión comprende una pluralidad de señales de posicionamiento transmitidas en una pluralidad similar de frecuencias desde un único elemento de antena de transmisión, para proporcionar diversidad de frecuencias.

8. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que dichas mediciones de alcance óptimas son suministradas a un algoritmo de posicionamiento para determinar una solución de posición para dicho receptor de observación.
- 5 9. Un método según la reivindicación 8, caracterizado por que dicho algoritmo de posicionamiento comprende un algoritmo de control de integridad autónomo del receptor o un filtro Kalman u otro algoritmo de posicionamiento de correlación óptima.
10. Sistema para llevar a cabo el método de la reivindicación 1, comprendiendo dicho sistema:
- uno o más elementos de antena de transmisión (202, 203, 204, 205) en lugares conocidos para transmitir una pluralidad de señales de posicionamiento únicas, sincronizadas, (207, 208, 209, 210), en el que cada una de dichas
10 señales de posicionamiento (207, 208, 209, 210) contiene datos de navegación que identifican la situación del respectivo elemento de antena de transmisión (202, 203, 204, 205); y
- un receptor de observación (211) para recibir dichas señales de posicionamiento únicas, sincronizadas, (207, 208, 209, 210);
- caracterizado por que
- 15 dichas señales de posicionamiento únicas, sincronizadas, (207, 208, 209, 210) forman uno o más grupos de transmisión (206) que proporcionan diversidad de enlaces de radio, siendo cada grupo (206) transmitido desde un grupo de uno o más elementos de antena de transmisión (202, 203, 204, 205);
- estando dicho receptor de observación (211) adaptado para determinar, basándose en los citados datos de navegación, qué señales de posicionamiento únicas (207, 208, 209, 210) están asociadas con cada grupo particular
20 de transmisión (206); y
- dicho receptor de observación (211) está adaptado para interpretar las señales dentro de cada grupo de transmisión para calcular mediciones de alcance óptimas entre dicho receptor de observación (211) y dichos elementos de antena de transmisión (202, 203, 204, 205).
11. Sistema para realizar el método de la reivindicación 2, comprendiendo dicho sistema:
- 25 uno o más elementos de antena de transmisión (405, 406, 407, 408) en lugares conocidos para transmitir una o más señales de posicionamiento únicas, sincronizadas, (409, 410, 411, 412), en el que cada una de dichas señales de posicionamiento (409, 410, 411, 412) contiene datos de navegación que identifican la situación del respectivo elemento de antena de transmisión (405, 406, 407, 408); y
- un receptor de observación (422) para recibir dichas una o más señales de posicionamiento únicas, sincronizadas, (409, 410, 411, 412);
30
- caracterizado por que
- cada una de dichas una o más señales de posicionamiento únicas, sincronizadas, (409, 410, 411, 412), es recibida en el receptor de observación (422) a través de una pluralidad de elementos de antena de recepción (414, 415, 416, 417) situados muy próximos entre sí, para proporcionar un grupo de recepción (413) con diversidad de
35 enlaces de radio, estando cada uno de los elementos de antena de recepción (414, 415, 416, 417) conectado a un trayecto receptor separado (418, 419, 420, 421) dentro del citado receptor de observación (422); y
- dicho receptor de observación (422) está adaptado para interpretar las señales en cada grupo de recepción para calcular mediciones de alcance óptimas entre dichos elementos de antena de recepción (414, 415, 416, 417) y dichos uno o más elementos de antena de recepción (405, 406, 407, 408).
- 40 12. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 10 o la 11, caracterizado por que la interpretación de señales comprende la determinación de la degradación de coherencia de las señales de posicionamiento debido a la citada diversidad de enlaces de radio, para eliminar los enlaces alterados por el efecto de trayectos múltiples de dichas mediciones de alcance.
- 45 13. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado por que la interpretación de señales comprende la determinación de estimaciones de correlación óptima de cada grupo de transmisión o recepción.
14. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, caracterizado por que la interpretación de señales comprende la determinación de mediciones de alcance promedio de cada grupo transmisor o receptor.
- 50 15. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado por que cada uno de dichos grupos de transmisión (206) comprende una pluralidad de señales de posicionamiento (207, 208, 209, 210) transmitidas desde

un grupo de elementos de antena de transmisión (202, 203, 204, 205) situados muy próximos entre sí para proporcionar diversidad espacial.

- 5 16. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado por que cada uno de dichos grupos de transmisión comprende una pluralidad de señales de posicionamiento transmitidas en una pluralidad similar de frecuencias desde un elemento de antena de transmisión, para proporcionar diversidad de frecuencias.

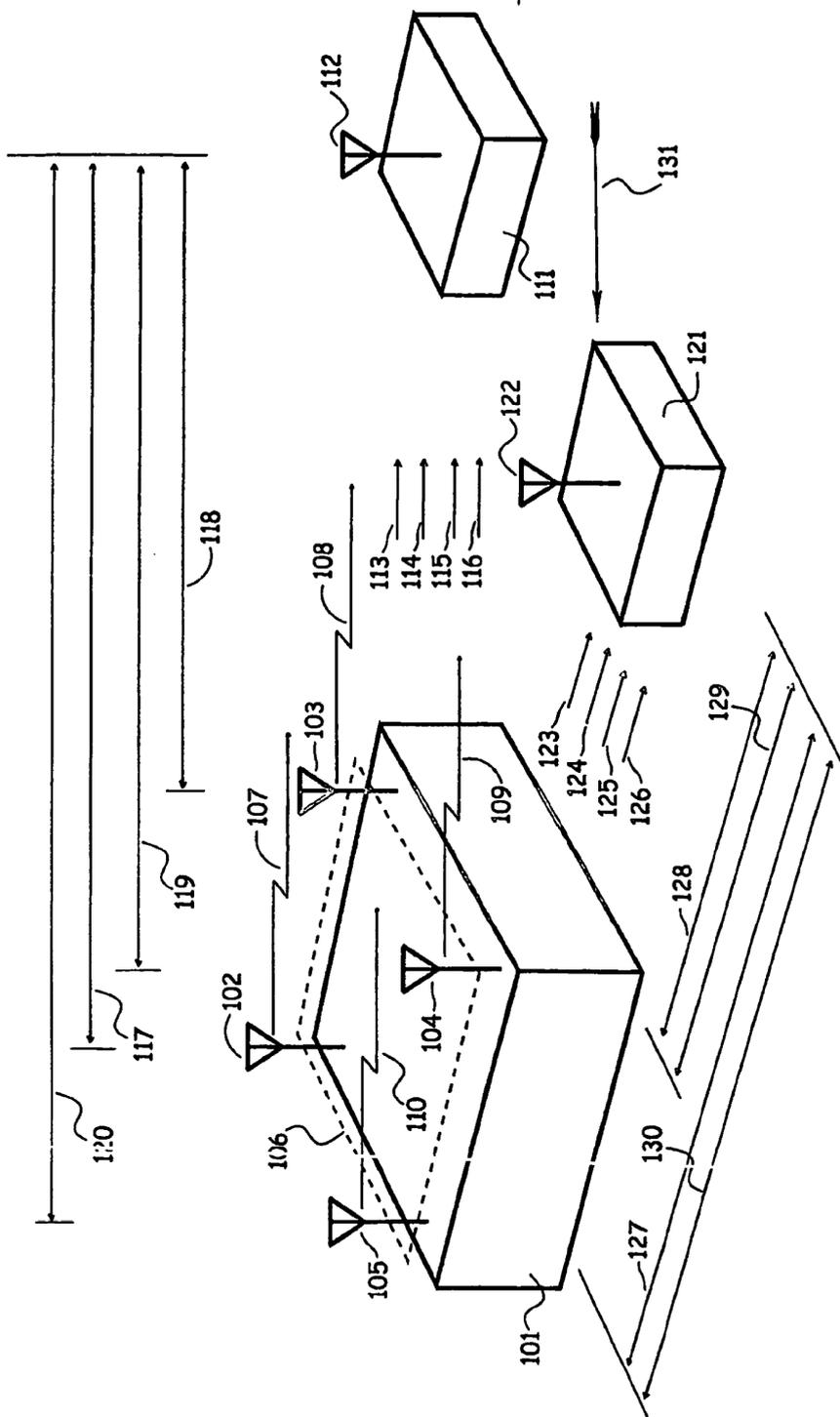


Fig. 1

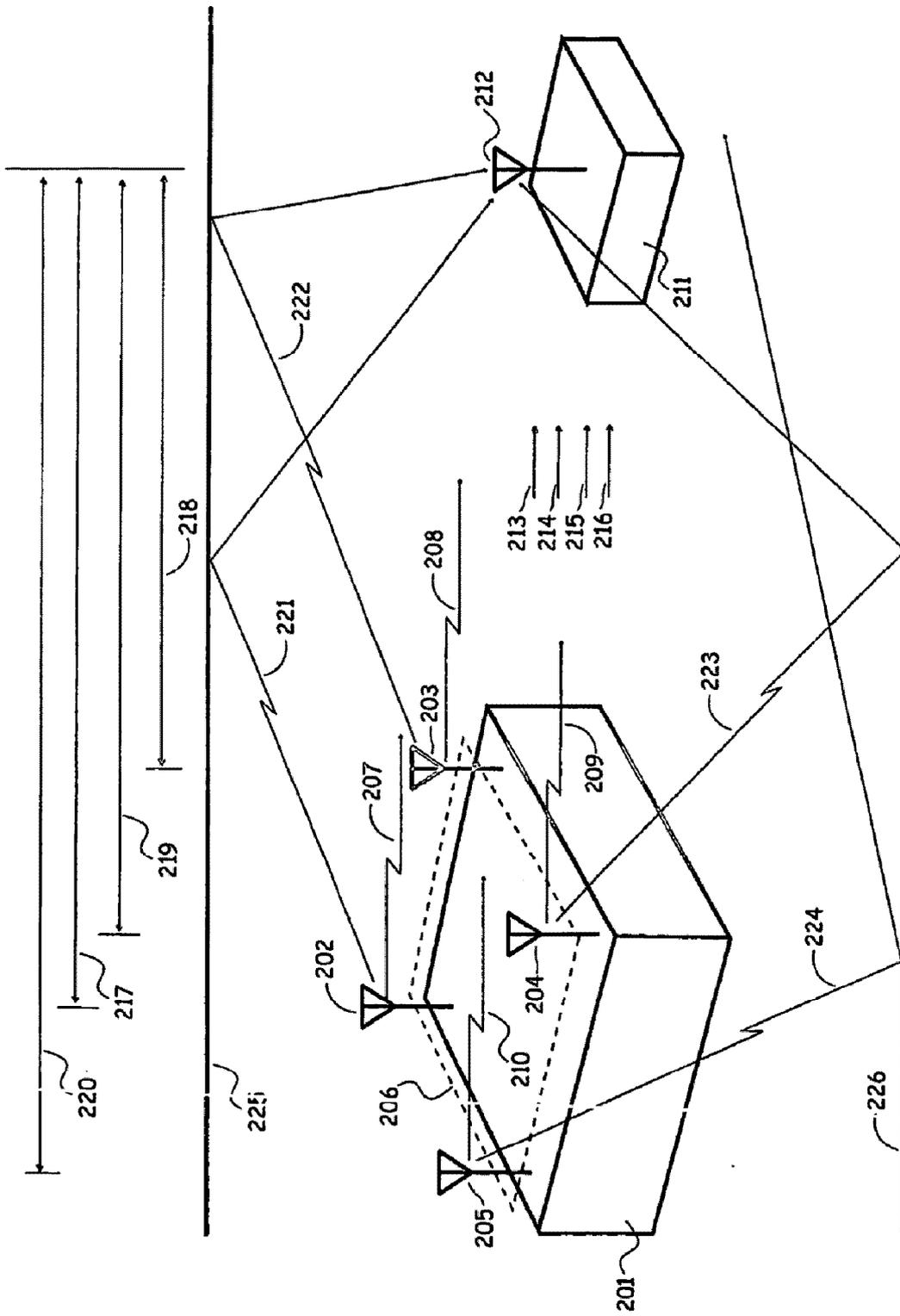


Fig. 2

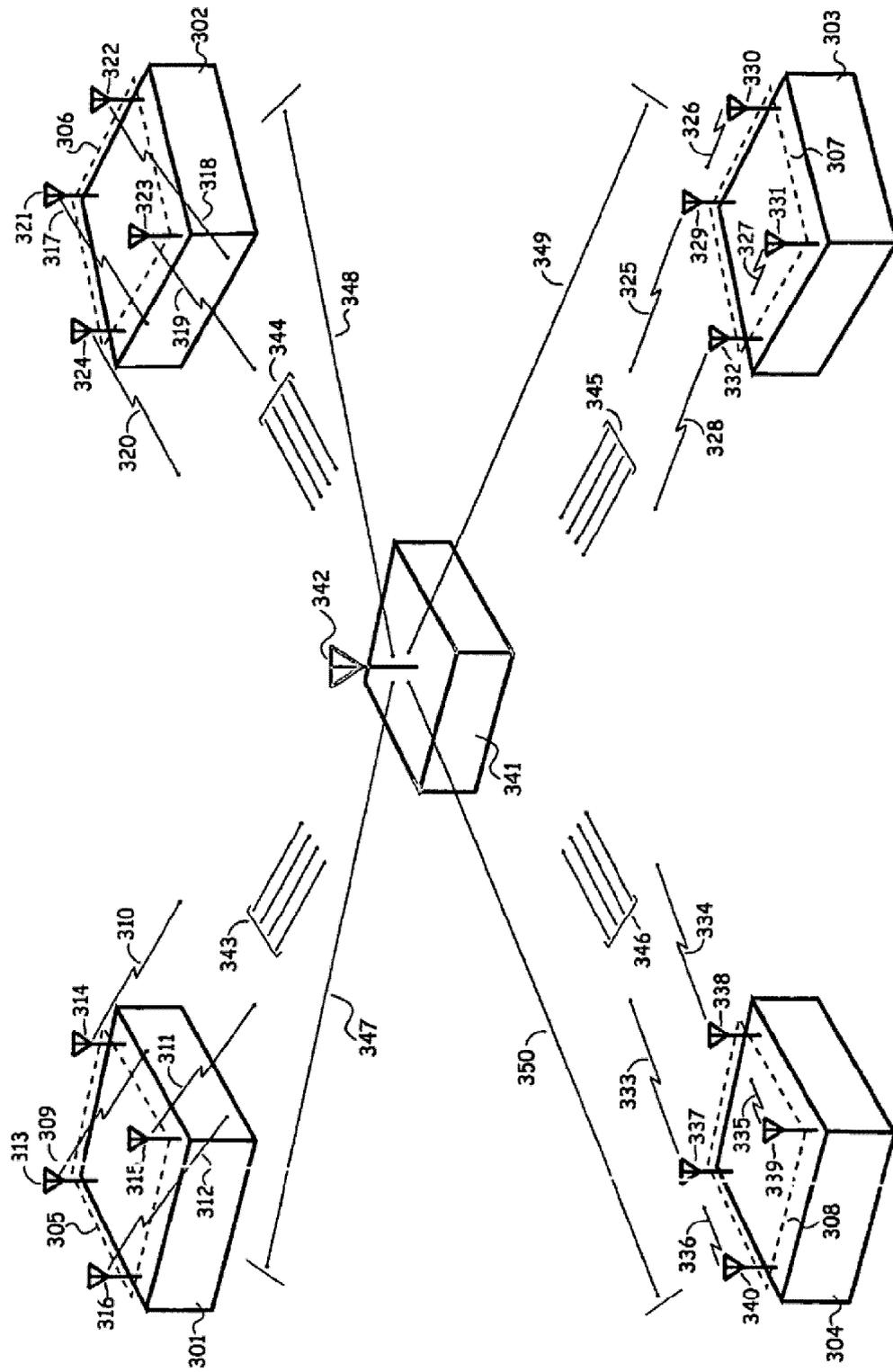


Fig. 3

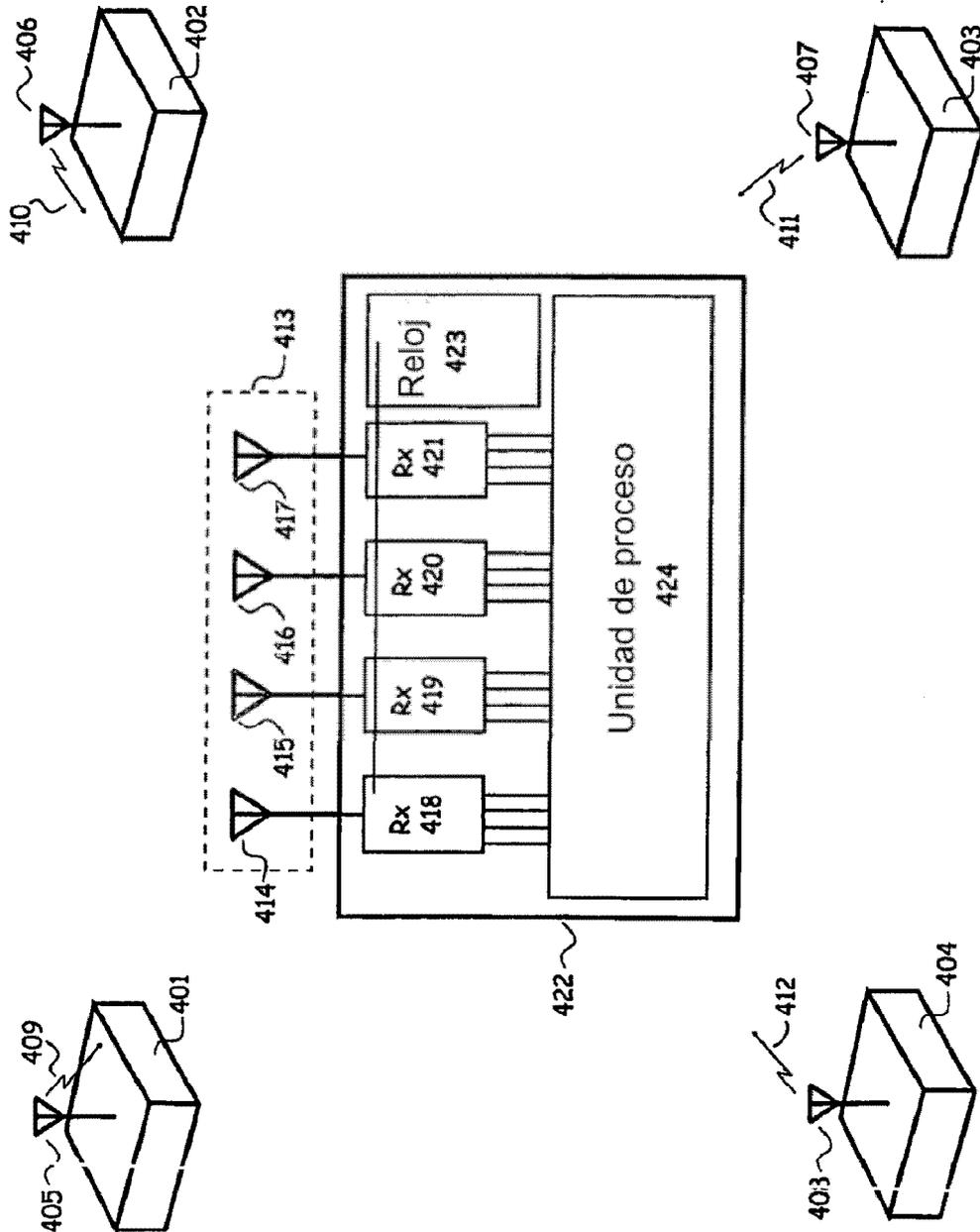


Fig. 4

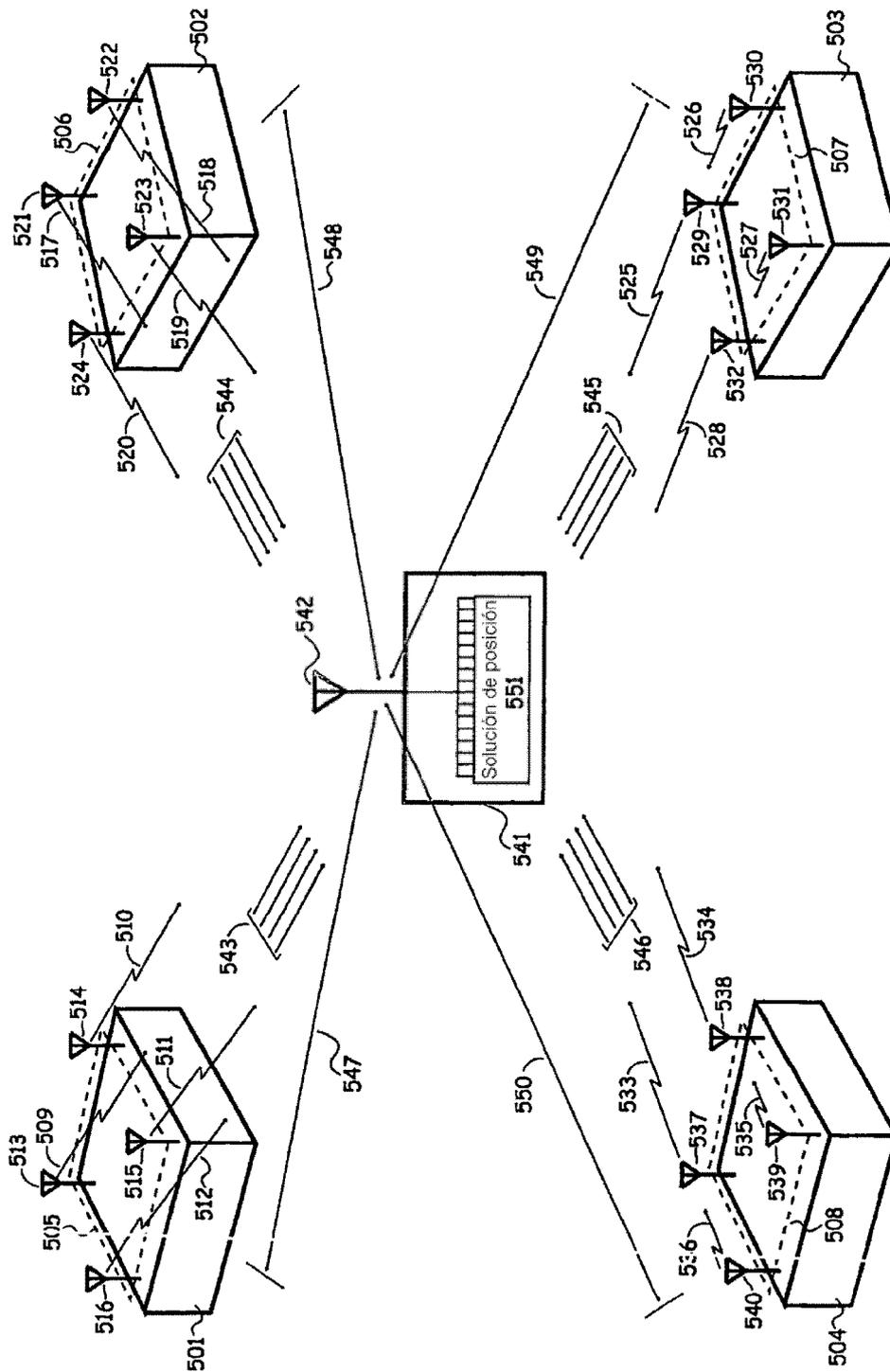


Fig. 5

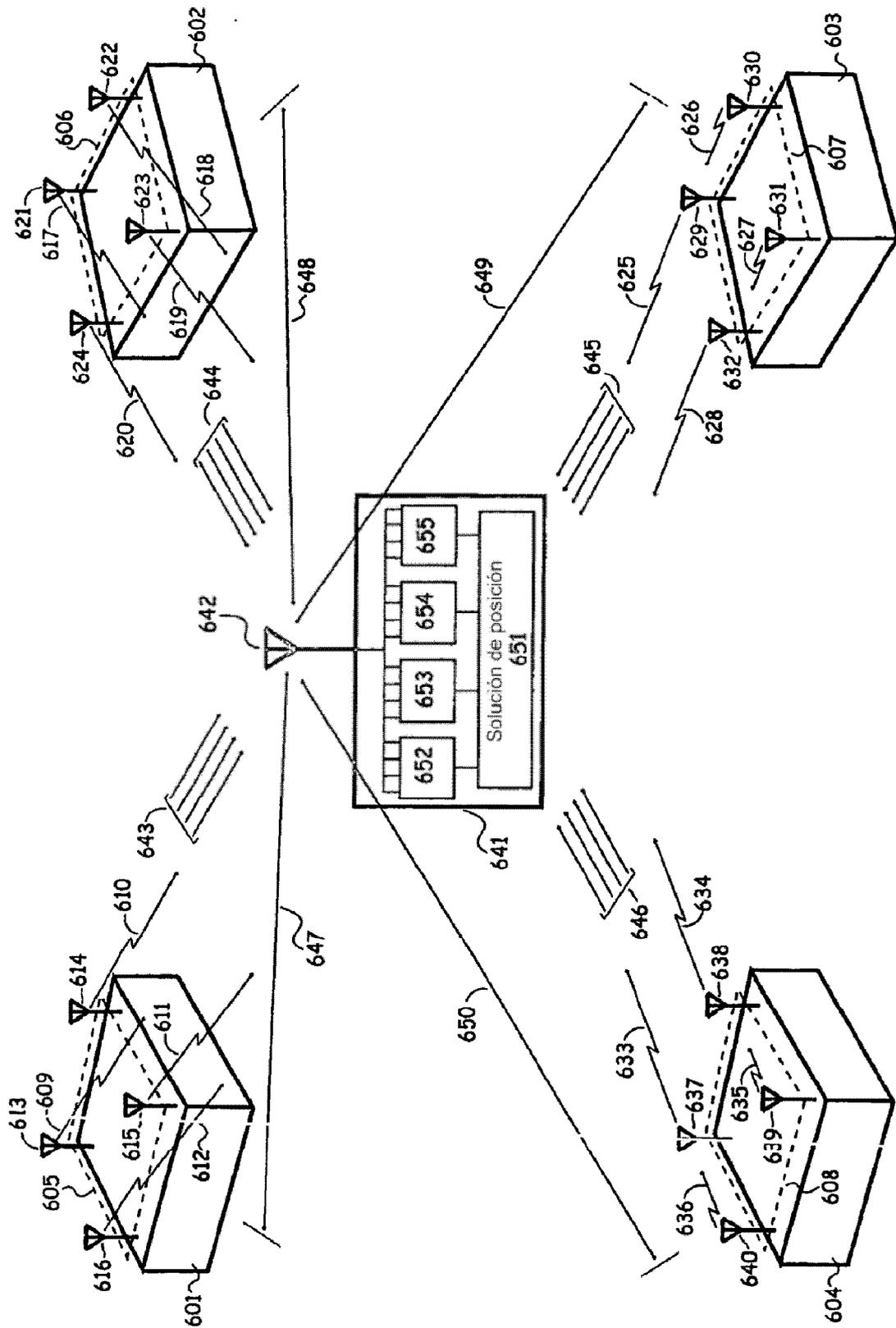


Fig. 6

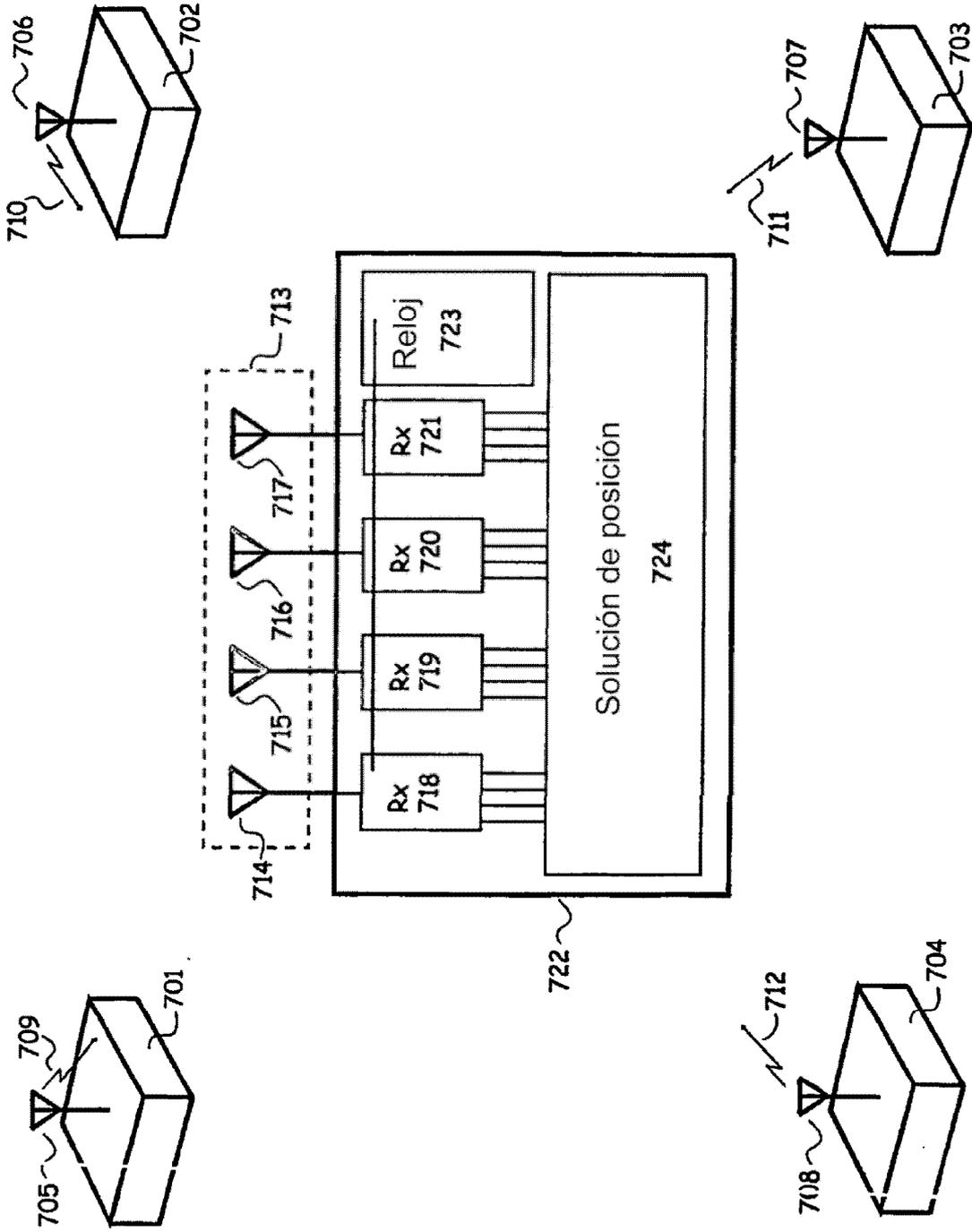


Fig. 7

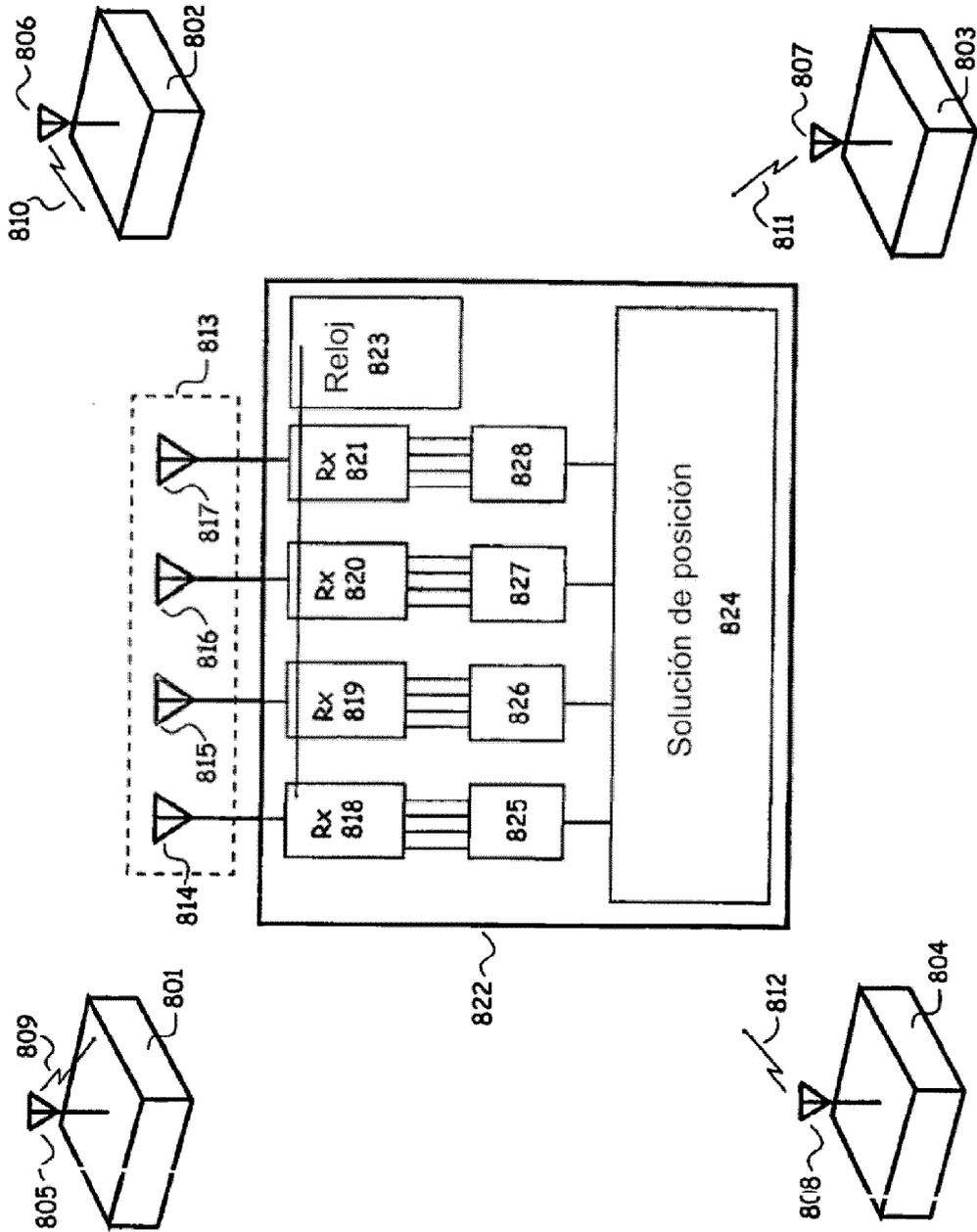


Fig. 8