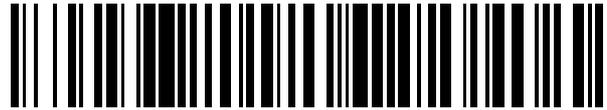


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 524 595**

51 Int. Cl.:

H01Q 3/26 (2006.01)
H01Q 3/24 (2006.01)
H01Q 21/29 (2006.01)
H04B 7/06 (2006.01)
H04B 7/08 (2006.01)
G01S 1/02 (2010.01)
G01S 5/02 (2010.01)
G01S 5/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.09.2003 E 03797103 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.09.2014 EP 1547196**

54 Título: **Sistema y procedimiento para la atenuación del multitrayecto y la mejora de las relaciones señal/ruido en redes de localización de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA)**

30 Prioridad:

20.09.2002 AU 2002951632

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

10.12.2014

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 2 524 595 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 la atenuación del multitrayecto y la mejora de las relaciones señal/ruido en redes de localización de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA)

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere, en general, a sistemas y procedimientos para la generación de determinaciones precisas de posiciones para aparatos móviles en presencia de ruido e interferencia multitrayecto. En particular, la presente invención se refiere a la atenuación de multitrayecto de código y de fase de portadora, y a la mejora de las relaciones señal/ruido en señales de posicionamiento recibidas, generadas por redes de localización de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA).

10 Antecedentes de la invención

Una de las mayores fuentes de error en todos los sistemas de posicionamiento por radiofrecuencia (RF) es el multitrayecto. El multitrayecto se refiere al fenómeno de una señal que alcanza una antena de recepción a través de dos o más trayectos. Habitualmente, una antena de recepción recibe una señal directa y una o varias señales reflejadas desde estructuras en la proximidad de la antena de recepción. Las mediciones subsiguientes de la distancia determinadas por un receptor de posición son la suma de las señales recibidas, que en general se miden "largas" debido a la naturaleza retardada de las recepciones multitrayecto. Por lo tanto, las recepciones multitrayecto causan sesgos en la pseudodistancia basada en código en las redes de localización, los cuales pueden degradar sustancialmente la precisión de la posición absoluta medida mediante un receptor de posición. Además, las recepciones multitrayecto que llegan a la antena de recepción con fases diferentes a las de la señal directa se sumarán destructivamente con la señal directa, y por lo tanto provocan una pérdida de potencia de la señal recibida, conocida como desvanecimiento de la señal. Un desvanecimiento moderado de la señal provoca errores de la fase medida de la portadora de hasta +/- 90 grados, y sesgos en la pseudodistancia del orden de decenas de metros. Los desvanecimientos severos de la señal provocan desestabilización del bucle de seguimiento del receptor, pérdidas de ciclo, sesgos de la pseudodistancia del orden de cientos de metros, y posiblemente la pérdida completa de bloqueo en la señal de posicionamiento. Además, la medición no intencionada de las señales multitrayecto fuera del eje corrompe las mediciones Doppler del receptor, lo que conduce a una degradación significativa en la precisión de las mediciones de la velocidad y de la distancia del portador en un receptor de posición. Esto hace que las mediciones de velocidad se lean "bajas", y que las mediciones integradas de la fase de portadora se proporcionen "cortas".

Las relaciones señal/ruido recibidas de las señales de posicionamiento afectan asimismo a la precisión medida de las señales de distancia. En general, cuanto mayor es la intensidad de la señal recibida mejor es la precisión de la medición. Las relaciones señal/ruido se degradan mediante (1) el aumento de la distancia desde la fuente de transmisión, (2) la atenuación de la señal provocada por obstrucciones en el campo visual, tales como edificaciones y follaje, (3) el desvanecimiento de la señal por multitrayecto y (4) un mayor ruido de fondo provocado por inhibidores de señal intencionados o involuntarios que emiten señales a la frecuencia de la señal de posicionamiento.

Las metodologías de la técnica anterior para la atenuación del ruido y del multitrayecto que utilizan diseños de antenas se han centrado en dos áreas clave: (1) antenas de limitación del multitrayecto y (2) sistemas de antenas de haces múltiples programables. Las antenas de limitación de multitrayecto conforman el diagrama de ganancia de la antena de recepción para reducir la intensidad de las señales reflejadas fuera del eje. La forma más común de esta antena es la denominada antena de anillo estrangulador utilizada en aplicaciones GPS para atenuar las reflexiones en tierra de la señal de satélite. Las antenas de limitación del multitrayecto posicionan habitualmente una antena de ganancia direccional en una orientación fijada, generalmente posicionada en oposición a la superficie reflectante problemática (el suelo, en el caso de una antena GPS de anillo estrangulador). Este procedimiento tiene una aplicación limitada en entornos de gran multitrayecto, tales como en interiores o en áreas urbanas, donde las señales se reflejan desde muchas direcciones que incluyen edificios, muros, suelos, tejados, mobiliario y personas.

Los sistemas de antenas de haces múltiples programables conforman dinámicamente el diagrama de ganancia de la antena de recepción para reducir el efecto de fuentes de interferencia, tales como inhibidores de señal intencionados, y reducen asimismo el efecto de las señales multitrayecto. Los sistemas de antenas de haces múltiples programables (1) combinan una serie de elementos de antena para formar una ganancia nula en un diagrama de ganancia de una sola antena, o (2) combinan una serie de antenas de ganancia direccional, cada una de estas enfocada a uno de los satélites GPS, para formar una serie de picos en un diagrama de ganancia de una sola antena, o bien (3) monitorizan individualmente una serie de antenas de ganancia direccional, cada una enfocada sobre uno de los satélites GPS, a través de una matriz de circuitos del receptor. Un sistema de antenas de haces múltiples programables, que produce una ganancia nula ajustable dinámicamente en su diagrama de ganancia de la antena, tiene aplicación para atenuar el efecto de la inhibición de señales y mejora por lo tanto las relaciones señal/ruido recibidas reduciendo la ganancia de la antena en la dirección de la fuente de ruido. Sin embargo, este sistema de antenas tiene aplicación limitada para atenuación de multitrayecto en entornos de multitrayecto elevado, donde las señales multitrayecto se reflejan desde muchas direcciones. Un sistema de antenas de haces múltiples programable, que produce una serie de picos de ganancia ajustables dinámicamente en su

diagrama de ganancia de antena, tiene aplicación para atenuar el efecto de la inhibición de señales y mejorar las relaciones señal/ruido recibidas aumentando la ganancia en la dirección de los satélites y reduciendo la ganancia en la dirección de la fuente de ruido. Sin embargo, este sistema de antenas tiene aplicación limitada para atenuación de multitrayecto en entornos de multitrayecto elevado, en los que se recibe una cantidad significativa de multitrayecto a través de picos de ganancia de antena fuera del eje, que están previstos para la recepción de otras señales de posicionamiento de satélite. La monitorización individual de una serie de antenas de ganancia direccional mediante una matriz de circuitos de receptor tiene aplicación para atenuar el efecto de la inhibición de señales y mejorar las relaciones señal/ruido recibidas, y atenúa asimismo el efecto del multitrayecto. Sin embargo, una matriz de circuitos del receptor tiene muchos inconvenientes, que incluyen: (a) la introducción potencial de retardos de grupo variables con el tiempo y de sesgos de línea en mediciones de señales de posicionamiento individuales debido a la utilización de trayectos de recepción diferentes. Estos retardos cambian con variaciones de la temperatura de los componentes y de la tensión de alimentación, provocando por tanto errores de distancia variables con el tiempo y las subsiguientes imprecisiones de posición en las soluciones de posición, velocidad y tiempo (PVT, Position Velocity Time) del receptor de posición; (b) gran consumo de energía debido a los circuitos adicionales de radiofrecuencia (RF), que hacen el receptor de posición inadecuado para aplicaciones en que están limitados el peso y el tamaño de la batería; (c) la exigencia de más componentes electrónicos, proporcionalmente, que un diseño de un único receptor frontal estándar, que hace el receptor de posición relativamente costoso de fabricar; y (d) el gran factor de forma necesario para alojar los circuitos de receptor adicionales, que hacen el receptor más grande que un único receptor frontal estándar. Es muy deseable un sistema que pueda proporcionar señales de posicionamiento carentes de la carga de multitrayecto severo y de relaciones señal/ruido degradadas, sin ninguna de estas limitaciones. La presente invención consigue este objetivo deseable sincronizando espacialmente un sistema de antenas direccionales adaptativas de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) con una red de localización de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) cronológicamente síncrona, tal como se describe a continuación.

El documento WO99/50968 da a conocer un sistema para la determinación de la localización, en el que se transmiten simultáneamente señales de localización desde varias estaciones para permitir una triangulación en una unidad de recepción.

Objetivo de la invención

Un objetivo de la presente invención es dar a conocer un sistema y un procedimiento de posicionamiento para realizar mediciones precisas de la distancia por código y fase de portadora, carentes de la carga de multitrayecto severo, de tal modo que se puedan determinar soluciones precisas de solución de posición, velocidad y tiempo (PVT) por código y fase de portadora.

Un objetivo más de la presente invención es dar a conocer un sistema y un procedimiento de posicionamiento para proporcionar relaciones señal/ruido (SNR, signal-to-noise ratios) mejoradas de señales de posicionamiento, de tal modo que se puedan determinar soluciones precisas de posición, velocidad y tiempo (PVT) por código y fase de portadora.

Un objetivo más de la presente invención es dar a conocer un sistema y un procedimiento de posicionamiento para mejorar las relaciones señal/ruido (SNR) mejoradas de señales de posicionamiento sobre distancias relativamente grandes, o a través de entornos obstruidos en radiofrecuencia (RF), o a través de entornos inhibidos en radiofrecuencia (RF), de tal modo que se puedan determinar soluciones de posición, velocidad y tiempo (PVT) precisas por código y fase de portadora.

Un objetivo más de la presente invención es dar a conocer un sistema y un procedimiento de posicionamiento para realizar mediciones de distancia precisas por código y fase de portadora, en presencia de ruido y multitrayecto, utilizando un receptor de posición que incorpora un diseño de receptor frontal único.

Compendio de la invención

Los anteriores objetivos de la presente invención se consiguen orientando una antena de recepción direccional en sincronización espacial con una serie de transmisiones de dispositivos de unidad de posicionamiento de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), de tal modo que la antena de recepción direccional es orientada hacia el dispositivo de unidad de posicionamiento que transmite actualmente, o es orientada hacia el origen de la señal de posicionamiento recibida actualmente. La antena de recepción direccional está controlada mediante un algoritmo determinista basado en el conocimiento de las localizaciones de los dispositivos de unidad de posicionamiento, la localización de la antena de recepción direccional, la actitud de la antena de recepción direccional, la secuencia de transmisión de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) de la red, los retardos de propagación de las señales de posicionamiento de dispositivos de unidad de posicionamiento, y el tiempo de la red.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una representación gráfica del sistema de posicionamiento de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), según la presente invención, en el que una red de dispositivos de unidad de posicionamiento sincronizados cronológicamente transmite señales de posicionamiento de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) síncronas cronológicamente, a un receptor de posición itinerante, a través de un sistema adaptativo de antena direccional

TDMA no sincronizado espacialmente. El sistema adaptativo de antena direccional TDMA no sincronizado espacialmente está configurado en un diagrama de ganancia omnidireccional para la obtención de la señal de posicionamiento.

5 La figura 2 es una representación gráfica del sistema de posicionamiento de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) según la presente invención, que representa un lapso de tiempo posterior al lapso de tiempo representado en la figura 1. Un receptor de posición recibe una transmisión de señal de posicionamiento de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) procedente de un dispositivo de unidad de posicionamiento que transmite actualmente, a través de un sistema adaptativo de antena direccional TDMA sincronizado espacialmente. El sistema adaptativo de antena direccional TDMA sincronizado espacialmente está configurado para dirigir un diagrama de ganancia
10 direccional hacia el dispositivo de unidad de posicionamiento que transmite actualmente, para el seguimiento individual de las señales de posicionamiento.

15 La figura 3 es una representación gráfica del sistema de posicionamiento de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) según la presente invención, que representa un lapso de tiempo posterior al lapso de tiempo representado en la figura 2. Un receptor de posición recibe una transmisión de señal de posicionamiento de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) procedente de un dispositivo de unidad de posicionamiento que transmite actualmente, a través de un sistema adaptativo de antena direccional TDMA sincronizado espacialmente. El sistema adaptativo de antena direccional TDMA sincronizado espacialmente está configurado para dirigir un diagrama de ganancia direccional hacia el dispositivo de unidad de posicionamiento que transmite actualmente, para el seguimiento individual de las señales de posicionamiento.

20 La figura 4 es una representación gráfica de un sistema adaptativo de antena direccional TDMA que incorpora una serie de antenas de ganancia direccional. Cada antena de ganancia direccional está conectada a un receptor de posición a través de un medio de control que incorpora una serie de conmutadores de radiofrecuencia (RF).

25 La figura 5 es una representación gráfica del sistema de posicionamiento de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), según la presente invención, conforme al cual un receptor de posición recibe una señal de posicionamiento de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) a través de un sistema adaptativo de antena direccional TDMA que incorpora una serie de antenas de ganancia direccional.

Visión general

30 Una serie de dispositivos de unidad de posicionamiento sincronizados cronológicamente, posicionados en localizaciones conocidas, transmiten señales de posicionamiento en una secuencia predeterminada de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), de tal modo que cada transmisor tiene un intervalo único de tiempo de transmisión. Un receptor de posición está configurado para recibir señales de posicionamiento de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) desde la red de dispositivos de unidad de posicionamiento a través de una antena de haz direccionalmente ágil. La antena de haz direccionalmente ágil, conocida como un sistema adaptativo de antena direccional TDMA, puede producir un diagrama de ganancia direccional que se puede dirigir satisfactoriamente en diversas direcciones. El sistema adaptativo de antena direccional TDMA está configurado con un medio de determinación de la actitud, tal como un sistema de navegación inercial (INS, Inertial Navigation System), para proporcionar la orientación del sistema adaptativo de antena direccional TDMA.
35

40 El receptor de posición está configurado para sincronizar espacialmente el sistema adaptativo de antena direccional TDMA con la secuencia de transmisión de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) de la red de dispositivos de unidad de posicionamiento utilizando: (1) las localizaciones de los dispositivos de unidad de posicionamiento determinadas a partir de mensajes de navegación de los dispositivos de unidad de posicionamiento; (2) las secuencias de transmisión de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) determinadas a partir de los mensajes de navegación de los dispositivos de unidad de posicionamiento; (3) la actitud del sistema adaptativo de antena direccional TDMA proporcionada por el medio de determinación de la actitud; (4) la localización del sistema adaptativo de antena direccional TDMA determinada mediante la solución de posición, velocidad y tiempo (PVT) del receptor de posición; (5) el tiempo de la red determinado mediante la solución de posición, velocidad y tiempo (PVT) del receptor de posición; y (6) los retardos de propagación de transmisión acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) de señales de posicionamiento, determinados a partir de las localizaciones adquiridas de los dispositivos de unidad de posicionamiento y de la localización determinada del sistema adaptativo de antena direccional TDMA. El diagrama de ganancia direccional del sistema adaptativo de antena direccional TDMA se conmuta secuencialmente para seguir la secuencia de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) de las transmisiones de los dispositivos de unidad de posicionamiento, de tal modo que el diagrama de ganancia direccional se orienta hacia el dispositivo de unidad de posicionamiento que transmite actualmente, o se orienta hacia el origen de la señal de posicionamiento que se recibe actualmente. Cuando la localización y la actitud del sistema adaptativo de antena direccional TDMA cambian debido al desplazamiento del usuario, el receptor de posición ajusta el acimut y la elevación del diagrama de ganancia direccional del sistema adaptativo de antena direccional TDMA para seguir al dispositivo de unidad de posicionamiento que transmite actualmente, o para seguir el origen de la señal de posicionamiento recibida actualmente.
50
55

60 Por lo tanto, tal como se detalla a continuación, el sistema adaptativo de antena direccional TDMA es una antena de recepción especializada que está sincronizada espacialmente con una red de acceso múltiple por división de tiempo

(TDMA) cronológicamente síncrona de dispositivos de unidad de posicionamiento. El sistema adaptativo de antena direccional TDMA proporciona atenuación de multitrayecto y relaciones mejoradas señal/ruido para señales de posicionamiento recibidas mediante un receptor de posición, dirigiendo sucesivamente una antena de recepción direccional hacia el dispositivo de unidad de posicionamiento que transmite actualmente, o dirigiendo sucesivamente una antena de recepción direccional hacia el origen de la señal de posicionamiento recibida actualmente.

Sistema y procedimiento

Haciendo referencia a la figura 1, se representa una red de dispositivos de unidad de posicionamiento sincronizados cronológicamente 101, 102, 103 y 104 que transmiten señales de posicionamiento 105, 106, 107, 108 de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) síncronas cronológicamente. Se representa asimismo un receptor de posición 109, un sistema adaptativo 110 de antena direccional TDMA y un medio 111 de determinación de la actitud. La red de dispositivos de unidad de posicionamiento sincronizados cronológicamente 101, 102, 103 y 104 transmite señales de posicionamiento 105, 106, 107 y 108 de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), de tal modo que cada transmisión de dispositivo de unidad de posicionamiento tiene su propio intervalo de tiempo único. El receptor de posición 109 está configurado para recibir señales de posicionamiento 105, 106, 107, 108 de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) desde la red de dispositivos de unidad de posicionamiento 101, 102, 103 y 104, a través del sistema adaptativo 110 de antena direccional TDMA. El sistema adaptativo 110 de antena direccional TDMA incorpora un medio 111 de determinación de la actitud, de tal modo que se puede determinar la orientación del sistema adaptativo 110 de antena direccional TDMA. El receptor de posición 109 configura inicialmente el sistema adaptativo 110 de antena direccional TDMA en un diagrama de ganancia omnidireccional 112 para permitir la adquisición de todos los dispositivos de unidad de posicionamiento a la vista 101, 102, 103 y 104. El receptor de posición 109 interroga los datos de navegación transmitidos desde cada dispositivo de unidad de posicionamiento adquirido, para determinar la localización 101, 102, 103 y 104 de los dispositivos de unidad de posicionamiento y la secuencia de transmisión pulsada 105, 106, 107 y 108 de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) del dispositivo de unidad de posicionamiento. El receptor de posición 109 produce a continuación una solución de posición, velocidad y tiempo (PVT) para determinar la posición aproximada del receptor, la velocidad aproximada del receptor y el tiempo aproximado de la red. Las soluciones de posición, velocidad y tiempo (PVT), conocidas asimismo como soluciones "de posición de un solo punto", son bien conocidas en la técnica y no son materia de la presente invención. Con las localizaciones de dispositivos de unidad de posicionamiento determinadas a partir de mensajes de navegación recibidos, y la localización aproximada del receptor determinada mediante la solución de posición, velocidad y tiempo (PVT), el receptor de posición 109 calcula la información aproximada de elevación y acimut para todos los dispositivos 101, 102, 103 y 104 de unidad de posicionamiento a la vista. El receptor de posición 109 determina asimismo la orientación del sistema adaptativo 110 de antena direccional TDMA procesando datos de actitud 113 proporcionados por el medio 111 de determinación de la actitud.

Después de la figura 1, y haciendo referencia a continuación a la figura 2, se muestra una red de dispositivos de unidad de posicionamiento sincronizados cronológicamente 201, 202, 203 y 204, que transmiten señales de posicionamiento 205, 206, 207, 208 de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) síncronas cronológicamente, en un subsiguiente intervalo de tiempo de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). Se representa asimismo un receptor de posición 209, un sistema adaptativo 210 de antena direccional TDMA y un medio 211 de determinación de la actitud. El receptor de posición 209 interroga los datos de transmisión transmitidos desde cada dispositivo de unidad de posicionamiento obtenido 201, 202, 203 y 204 para determinar la localización 201, 202, 203 y 204 del dispositivo de unidad de posicionamiento y la secuencia de transmisión pulsada TDMA 205, 206, 207 y 208 del dispositivo de unidad de posicionamiento. El receptor de posición 209 produce a continuación una solución de posición, velocidad y tiempo (PVT) para determinar la posición del receptor, la velocidad del receptor, el tiempo de la red y la información de elevación y acimut para todos los dispositivos 201, 202, 203 y 204 de unidad de posicionamiento a la vista. El receptor de posición 209 determina el dispositivo de unidad de posicionamiento 201 que comenzará la transmisión en el siguiente intervalo de tiempo de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), comparando el tiempo actual de la red proporcionado por la solución de posición, velocidad y tiempo (PVT) con las secuencias de transmisión de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) de los dispositivos de unidad de posicionamiento, proporcionadas por los mensajes de navegación de los dispositivos de unidad de posicionamiento. El receptor de posición 209 determina la dirección de llegada de la siguiente señal de posicionamiento 205 del dispositivo de unidad de posicionamiento 201, comparando la información calculada de acimut y elevación obtenida a partir de la solución de posición, velocidad y tiempo (PVT), con la actitud actual del sistema adaptativo 210 de antena direccional TDMA proporcionada por el medio 211 de determinación de la actitud. El receptor de posición 209 configura el sistema adaptativo 210 de antena direccional TDMA para producir un diagrama 212 de ganancia direccional, que es dirigido a la dirección del siguiente dispositivo de unidad de posicionamiento de transmisión 201 al comienzo de su transmisión 205. El receptor de posición 209 continúa dirigiendo el diagrama 212 de ganancia direccional del sistema adaptativo 210 de antena direccional TDMA hacia el origen de la señal de posicionamiento 205 del dispositivo de unidad de posicionamiento 201 recibida actualmente, hasta la interrupción de su transmisión pulsada 205 de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA).

Después de la figura 2, y haciendo referencia a continuación a la figura 3, se muestra una red de dispositivos de unidad de posicionamiento sincronizados cronológicamente 301, 302, 303 y 304, que transmiten señales de posicionamiento 305, 306, 307, 308 de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) síncronas cronológicamente, en un subsiguiente intervalo de tiempo de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). Se representa asimismo

un receptor de posición 309, un sistema adaptativo 310 de antena direccional TDMA y un medio 311 de determinación de la actitud. El receptor de posición 309 interroga los datos de navegación transmitidos desde cada dispositivo de unidad de posicionamiento adquirido 301, 302, 303 y 304 para determinar la localización 301, 302, 303 y 304 del dispositivo de unidad de posicionamiento, y la secuencia de transmisión pulsada 305, 306, 307 y 308 de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) del dispositivo de unidad de posicionamiento. El receptor de posición 309 produce a continuación una solución de posición, velocidad y tiempo (PVT) para determinar la posición del receptor, la velocidad del receptor, el tiempo de la red y la información de elevación y acimut para todos los dispositivos 301, 302, 303 y 304 de unidad de posicionamiento a la vista. El receptor de posición 309 determina el dispositivo de unidad de posicionamiento 302 que se recibirá en el siguiente intervalo de tiempo TDMA, comparando el tiempo actual de la red proporcionado por la solución de posición, velocidad y tiempo (PVT), con secuencias de transmisión de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) de dispositivos de unidad de posicionamiento y la localización del dispositivo de unidad de posicionamiento proporcionadas por los mensajes de navegación de los dispositivos de unidad de posicionamiento. El receptor de posición 309 determina la dirección de llegada de la siguiente señal de posicionamiento 306 del dispositivo de unidad de posicionamiento 302, comparando la información calculada de acimut y elevación obtenida a partir de la solución de posición, velocidad y tiempo (PVT), con la actitud actual del sistema adaptativo 310 de antena direccional TDMA proporcionada por el medio 311 de determinación de la actitud. El receptor de posición 309 configura el sistema adaptativo 310 de antena direccional TDMA para producir un diagrama 312 de ganancia direccional que es dirigido a la dirección del siguiente dispositivo de unidad de posicionamiento de transmisión 302 al comienzo de su transmisión 306. El receptor de posición 309 continúa dirigiendo el diagrama 312 de ganancia direccional del sistema adaptativo 310 de antena direccional TDMA hacia el origen de la señal de posicionamiento 306 del dispositivo de unidad de posicionamiento 302 recibida actualmente, hasta la interrupción de su transmisión pulsada 306 de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). El proceso descrito anteriormente se repite continuamente para todos los intervalos de tiempo de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) disponibles.

A continuación, la posición, la velocidad y el tiempo precisos pueden ser determinados por el receptor de posición produciendo una solución de posición, velocidad y tiempo (PVT) mientras el sistema adaptativo de antena direccional TDMA está sincronizado espacialmente. El multitrayecto fuera del eje se atenúa mediante el efecto limitador de multitrayecto de la antena de ganancia direccional, y las relaciones señal/ruido recibidas se incrementan mediante la mayor ganancia directa de la antena de ganancia direccional. Por lo tanto, en redes de localización de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) que incorporan un sistema adaptativo de antena direccional TDMA se pueden determinar soluciones de posición por código y fase de portadora más precisas que en redes de localización de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) que no lo hacen.

Procedimientos de sistema adaptativo de antena direccional TDMA

Un sistema adaptativo de antena direccional TDMA se puede crear utilizando diversos procedimientos. En una primera realización, el sistema adaptativo de antena direccional TDMA incorpora una serie de elementos de antena distribuidos espacialmente, incorporando cada elemento de antena una salida de fase y amplitud regulable. Todas las salidas de elementos de antena se combinan para formar una única salida, que es alimentada a la entrada de radiofrecuencia (RF) del receptor de posición. Cada fase y amplitud de elemento de fase está controlada por un medio de control, tal como un microprocesador, de tal modo que se pueden emitir simultáneamente varios valores predeterminados de fase y amplitud desde cada elemento de antena. Estas salidas, cuando se combinan, crean diversos diagramas de ganancia de antena que permiten de hecho que el sistema de antenas sea dirigido consecutivamente en una serie de direcciones. Esta forma de sistema adaptativo se conoce como un "sistema en fase" y es bien conocido en la técnica.

En una segunda realización, el sistema adaptativo de antena direccional TDMA incorpora un elemento de antena guiado, que está conectado a la entrada de radiofrecuencia (RF) del receptor de posición, rodeado por una serie de elementos de antena parásitos distribuidos espacialmente. Un elemento parásito de antena se activa cortocircuitando el elemento de antena a tierra a través de un conmutador de radiofrecuencia (RF), que cambia a continuación el diagrama de ganancia del sistema parásito. Cada conmutador de RF de elemento parásito de antena está controlado a través de un medio de control, tal como un microprocesador, de tal modo que se pueden activar combinaciones de elementos parásitos para crear diversos diagramas de ganancia de antena y, por lo tanto, permitir que el diagrama de ganancia de la antena se dirija consecutivamente a una serie de direcciones. Esta forma de sistema adaptativo se conoce como "Switched Parasitic Antenna Array" (sistema conmutado de antena parásita) y, asimismo, es bien conocido en la técnica.

En una tercera realización, el sistema adaptativo de antena direccional TDMA incorpora una serie de antenas de ganancia direccional, cada una orientada en una dirección única. Cada salida de antena de ganancia direccional está conectada a un conmutador de radiofrecuencia (RF). Las salidas de todos los conmutadores de radiofrecuencia (RF) son combinadas y alimentadas a la entrada de radiofrecuencia (RF) del receptor de posición. Cada conmutador de radiofrecuencia (RF) está controlado a través de un medio de control, tal como un microprocesador, de manera que cada elemento de antena, o una combinación de elementos de antena, se puede activar en diversos momentos para crear diversos diagramas de ganancia de antena. Esto permite que el diagrama de sistema adaptativo de antena direccional TDMA se dirija consecutivamente en una serie de direcciones. En la realización preferida, se

activa la antena orientada hacia el origen de la señal de posicionamiento recibida actualmente del dispositivo de unidad de posicionamiento, estando desactivadas todas las demás antenas.

Haciendo referencia a continuación a la figura 4, se representa un sistema adaptativo de antena direccional TDMA que incorpora una serie de antenas de ganancia direccional 410, un medio 411 de determinación de la actitud, un receptor de posición 409 y un medio de control 412. El sistema adaptativo 410 de antena direccional TDMA incorpora ocho antenas de ganancia direccional 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419 y 420. Cada antena de ganancia direccional 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419 y 420 tiene un campo de visión (FOV, field-of-view) de cuarenta y cinco grados, proporcionándose un campo de visión (FOV) completo de 360 grados. La tabla 1 muestra el intervalo angular del campo de visión (FOV) de cada antena de ganancia direccional, donde cero grados es el centro del campo de visión (FOV) de una antena de ganancia direccional de referencia 413, aumentando los valores angulares en sentido horario

Antena de ganancia direccional	Intervalo de FOV
413	$x \geq 337,5^\circ \text{ ó } x \leq 22,5^\circ$
414	$22,5^\circ \leq x \leq 67,5^\circ$
415	$67,5^\circ \leq x \leq 112,5^\circ$
416	$112,5^\circ \leq x \leq 157,5^\circ$
417	$157,5^\circ \leq x \leq 202,5^\circ$
418	$202,5^\circ \leq x \leq 247,5^\circ$
419	$247,5^\circ \leq x \leq 292,5^\circ$
420	$292,5^\circ \leq x \leq 337,5^\circ$

Tabla 1

La salida de cada antena de ganancia direccional 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419 y 420 está conectada a conmutadores individuales 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427 y 428 de radiofrecuencia (RF), que pasan las señales de posicionamiento recibidas al receptor de posición 409 cuando están activados, o descartan a tierra la señal de posicionamiento recibida cuando están desactivados. Cada conmutador de radiofrecuencia (RF) 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427 y 428 está conectado asimismo a un medio 412 de control del receptor de posición, de tal modo que el receptor de posición 409 puede activar cada antena de ganancia direccional cuando se requiere y dirigir sucesivamente el diagrama de ganancia del sistema adaptativo de antena direccional TDMA en una dirección deseada. Un medio 411 de determinación de la actitud asociado con el sistema adaptativo 410 de antena direccional TDMA está alineado con la antena de ganancia direccional de referencia 413. El medio 411 de determinación de la actitud proporciona la orientación de la antena de ganancia direccional de referencia 413 con respecto a un indicador direccional común, tal como el norte geográfico. Esto se denomina la marcación de la orientación de referencia, y se envía continuamente mediante el medio 411 de determinación de la actitud al receptor de posición 409.

Haciendo referencia a continuación a la figura 5, se representa una red de dispositivos de unidad de posicionamiento sincronizados cronológicamente 501, 502, 503 y 504, que transmiten señales de posicionamiento 505, 506, 507, 508 de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) síncronas cronológicamente. Se representa asimismo un receptor de posición 509, un sistema adaptativo de antena direccional TDMA que incorpora una serie de antenas de ganancia direccional 510, un medio 511 de determinación de la actitud y un medio de conmutación 512. Como un ejemplo ilustrativo, la red de dispositivos de unidad de posicionamiento sincronizados cronológicamente 501, 502, 503 y 504 transmite señales de posicionamiento 505, 506, 507, 508, según el esquema de transmisión de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) de la red que se proporciona en la tabla 2, aunque el procedimiento de la presente invención es aplicable igualmente a otros esquemas de transmisión de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA).

Intervalo de tiempo	Dispositivo de unidad de posicionamiento de transmisión
1 (505)	501
2 (506)	502
3 (507)	503
4 (508)	504

Tabla 2

La localización conocida de cada dispositivo de unidad de posicionamiento 501, 502, 503 y 504 y el esquema de transmisión 505, 506, 507, 508 de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) de la red, se proporcionan preferentemente mediante cada mensaje de navegación de los dispositivos de unidad de posicionamiento, aunque esta información puede ser proporcionada con anterioridad al receptor de posición 509 por otros medios. En la realización preferida, la localización conocida de cada dispositivo de unidad de posicionamiento 501, 502, 503 y 504 se proporciona al receptor de posición 509 en coordenadas centradas y fijas en la tierra (ECEF, Earth Centered Earth Fixed), o en algún marco de coordenadas conveniente. Para este ejemplo ilustrativo se describen coordenadas de latitud y longitud.

Inicialmente, antes de que una solución de posición, velocidad y tiempo (PVT) sea calculada por el receptor de posición 509, la localización del sistema adaptativo 510 de antena direccional TDMA y el tiempo de la red son desconocidos. Por lo tanto, no es posible la sincronización del sistema adaptativo 510 de antena direccional TDMA con el esquema de transmisión TDMA 505, 506, 507, 508. Haciendo referencia de nuevo a la figura 4, el receptor de posición 409 activa a continuación todos los conmutadores de RF 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427 y 428, y pasa al receptor de posición 409 la salida de todas las antenas de ganancia direccional 414, 415, 416, 417, 418, 419 y 420 durante todos los intervalos de tiempo. De este modo, se obtienen las señales de posicionamiento del campo de visión (FOV) completo de 360 grados. Esto es análogo a utilizar una antena de recepción omnidireccional estándar. Haciendo referencia de nuevo a la figura 5, a partir de la solución aproximada de posición, velocidad y tiempo (PVT) calculada utilizando las señales de posicionamiento adquiridas 505, 506, 507 y 508, se determina el tiempo de la red aproximado y la posición aproximada del sistema adaptativo de antena direccional TDMA. Dadas las coordenadas de localización de cada dispositivo de unidad de posicionamiento 501, 502, 503 y 504, y las coordenadas de localización aproximadas del sistema adaptativo 510 de antena direccional TDMA, el receptor de posición 509 puede calcular los ángulos aproximados de acimut y elevación para cada dispositivo de unidad de posicionamiento a partir de la localización del sistema adaptativo 510 de antena direccional TDMA. Para este ejemplo ilustrativo, las localizaciones 501, 502, 503 y 504 de los dispositivos de unidad de posicionamiento, que se muestran en la tabla 3, y la localización del sistema adaptativo 510 de antena direccional TDMA se proporcionan en un marco de coordenadas bidimensional, aunque el procedimiento de la presente invención es aplicable igualmente a marcos de coordenadas tridimensionales.

Dispositivo de unidad de posicionamiento	Localización
501	Latitud: 35,04° Longitud: 148,97°
502	Latitud: 35,00° Longitud: 149,10°
503	Latitud: 34,93° Longitud: 149,00°
504	Latitud: 34,99° Longitud: 148,94°

Tabla 3

Se determina que localización aproximada del sistema adaptativo 510 de antena direccional TDMA está en las coordenadas 35,0° N, 149,0° E. El receptor de posición calcula el acimut para cada dispositivo de unidad de posicionamiento 501, 502, 503 y 504 a partir de la posición calculada del sistema adaptativo 510 de antena direccional TDMA, tal como se muestra en la tabla 4, columna 2.

Dispositivo de unidad de posicionamiento	Acimut	Desplazamiento del acimut	Desplazamiento del acimut $ 0° \leq x \leq 360° $
501	328°	13°	13°
502	90°	-225°	135°
503	180°	-135°	225°
504	258,5°	-56,5°	303,5°

Tabla 4

El medio 511 de determinación de la actitud determina que la marcación de orientación de referencia de la antena de ganancia direccional de referencia 513 es de 315 grados. La marcación de la orientación de referencia se resta del acimut calculado del dispositivo de unidad de posicionamiento para formar un denominado desplazamiento del acimut para cada dispositivo de unidad de posicionamiento, tal como se muestra en la tabla 4, columna 3. Por ejemplo, el primer dispositivo de unidad de posicionamiento 501 tiene un desplazamiento del acimut de 13 grados. Esto significa que el primer dispositivo de unidad de posicionamiento está situado 13 grados en sentido horario respecto de la antena de ganancia direccional de referencia 513 del sistema adaptativo 510 de antena direccional TDMA. Análogamente, el tercer dispositivo de unidad de posicionamiento 503, con un desplazamiento del acimut de

-135 grados está situado 135 grados en sentido antihorario desde la antena de ganancia direccional de referencia 513 del sistema adaptativo 510 de antena direccional TDMA. Los valores de desplazamiento del acimut se mapean asimismo al intervalo $[0^\circ \leq x < 360]$, tal como se muestra en la tabla 4, columna 4, mediante la función:

$$F(x) = \begin{cases} x & , \text{ si } x \geq 0; \\ 360 + x & , \text{ si } x < 0; \end{cases}$$

5 Los desplazamientos de acimut mapeados se utilizan a continuación para seleccionar la antena de recepción direccional adecuada para cada intervalo de tiempo en el esquema de transmisión de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) de la red, utilizando los valores proporcionados en la tabla 1 como tabla de consulta. La antena de ganancia direccional, cuyo intervalo de campo de visión (FOV) incluye el desplazamiento de acimut mapeado para un dispositivo de unidad de posicionamiento dado, se activa durante la transmisión de los intervalos de tiempo del acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) de los dispositivos de unidad de posicionamiento. Como un ejemplo ilustrativo, el desplazamiento de acimut mapeado para el tercer dispositivo de unidad de posicionamiento 503 es de 225 grados, lo que queda dentro del intervalo del campo de visión (FOV) de la sexta antena de ganancia direccional 518 ($202,5^\circ \leq x \leq 247,5^\circ$). Por lo tanto, durante la recepción de la tercera señal de posicionamiento 507 de intervalo de tiempo de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), el medio de control 512 pasa la salida de la sexta antena de ganancia direccional 518 al receptor de posición 509. Realizar esta operación para cada dispositivo de unidad de posicionamiento tiene como resultado la tabla de conmutación mostrada como tabla 5, que indica la antena de ganancia direccional a utilizar para cada intervalo de tiempo de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA).

Intervalo de tiempo	Antena de ganancia direccional activa
Intervalo de tiempo 1 (505)	513
Intervalo de tiempo 2 (506)	516
Intervalo de tiempo 3 (507)	518
Intervalo de tiempo 4 (508)	520

Tabla 5

20 Iterar este proceso para cada actualización en posición y actitud asegurará el alineamiento correcto del sistema adaptativo de antena direccional TDMA con el esquema de transmisión de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) de la red.

Solapamiento de intervalos de tiempo de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA)

25 Cuando aumenta la distancia entre un dispositivo de unidad de posicionamiento y un receptor de posición, aumenta correspondientemente el retardo de propagación de la señal de posicionamiento transmitida. Esto conduce a la posibilidad de que las transmisiones de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) procedentes de un dispositivo de unidad de posicionamiento puedan no ser recibidas por completo en el intervalo de tiempo de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) asignado por el receptor de posición. Por consiguiente, el receptor de posición puede dirigir el diagrama de ganancia direccional del sistema adaptativo de antena direccional TDMA alejándolo del origen de la señal de posicionamiento recibida actualmente del dispositivo de unidad de posicionamiento, en el siguiente intervalo de tiempo asignado, y perder la cola de la transmisión anterior de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) de los dispositivos de unidad de posicionamiento. El retardo de propagación máximo, antes de que se reciba por completo una transmisión de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) en un intervalo de tiempo adyacente, depende de la anchura del pulso de transmisión utilizada en el esquema de transmisión de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) de la red. En la realización preferida, se transmite un pulso de 50 microsegundos una vez cada milisegundo. Esto proporciona una distancia de propagación de 15 kilómetros antes de que la señal de posicionamiento transmitida solape por completo con un intervalo de tiempo de 50 microsegundos adyacente. Cuando todos los dispositivos de unidad de posicionamiento están en estrecha proximidad con el receptor de posición, digamos a menos de 1 kilómetro, las señales de posicionamiento recibidas solaparán hasta en varios microsegundos. Este solapamiento provocará una reducción menor en las relaciones señal/ruido recibidas debido al ligero desalineamiento del sistema adaptativo de antena direccional TDMA. Cuando todos los dispositivos de unidad de posicionamiento están equidistantes del sistema adaptativo de antena direccional TDMA, las señales de posicionamiento de los dispositivos de unidad de posicionamiento recibidas no solaparán con transmisiones de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) vecinas. Sin embargo, si todos los dispositivos de unidad de posicionamiento están equidistantes a 15 kilómetros del receptor de posición, y el receptor de posición ignora el retardo de propagación de aproximadamente 50 microsegundos desde cada dispositivo de unidad de posicionamiento, el sistema adaptativo de antena direccional TDMA estará conmutando un intervalo de tiempo de

acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) adelantado respecto de las señales de posicionamiento recibidas, y puede fallar la subsiguiente solución de posición, velocidad y tiempo (PVT). Además, cuando las distancias desde los dispositivos de unidad de posicionamiento varían significativamente respecto del sistema adaptativo de antena direccional TDMA, las señales de posicionamiento recibidas pueden solapar significativamente con transmisiones de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) vecinas. Estos solapamientos pueden provocar un trastorno considerable en la sincronización del sistema adaptativo de antena direccional TDMA si se tienen en cuenta.

Por lo tanto, el receptor de posición tiene que tener en cuenta el retardo de propagación de las señales de cada dispositivo de unidad de posicionamiento cuando calcula el tiempo apropiado para dirigir el sistema adaptativo de antena direccional TDMA hacia el origen de la señal de posicionamiento recibida actualmente del dispositivo de unidad de posicionamiento. Cuando la localización del receptor de posición cambia, un algoritmo determinista considera el retardo de propagación de cada dispositivo de unidad de posicionamiento y ajusta la sincronización del sistema adaptativo de antena direccional TDMA para ajustarse mejor al tiempo de recepción de las transmisiones de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) de los dispositivos de unidad de posicionamiento. Esto requiere el ajuste dinámico de la posición y de la duración de los intervalos de tiempo de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) para el sistema adaptativo de antena direccional TDMA, dependiendo de la localización del receptor de posición.

Sincronización espacial sin actitud

En otra realización de la presente invención, un sistema adaptativo de antena direccional TDMA se puede sincronizar espacialmente con una red de localización de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) sin la necesidad de un medio de determinación de la actitud. Los medios de determinación de la actitud no son necesarios cuando: (1) el sistema adaptativo de antena direccional TDMA está posicionado estáticamente con actitud fija; o (2) el sistema adaptativo de antena direccional TDMA está montado sobre una plataforma de usuario que se desliza con actitud fija. Como un ejemplo ilustrativo, un sistema adaptativo de antena direccional TDMA puede estar posicionado estáticamente con actitud fija cuando está configurado con un dispositivo de unidad de posicionamiento estacionario, que está configurado para recibir señales de posicionamiento procedentes de otros dispositivos de unidad de posicionamiento en su proximidad. Como otro ejemplo ilustrativo, un sistema adaptativo de antena direccional TDMA puede estar posicionado estáticamente con actitud fija cuando está configurado con un receptor de posición de monitorización de la deformación. Los receptores de posición de monitorización de la deformación miden movimientos leves de estructuras, tales como puentes y edificios, que dependen de variables tales como la temperatura y la carga.

Además, un sistema adaptativo de antena direccional TDMA no requiere medios de determinación de la actitud cuando está montado en una plataforma de usuario que se desliza con actitud fija. Como un ejemplo ilustrativo, una grúa que se mueve en planos x, y, z fijos, pero no presenta cambios en el cabeceo, alabeo o guiñada, no requiere un sistema adaptativo de antena direccional TDMA configurado con un medio de determinación de la actitud. Por consiguiente, un receptor de posición está configurado para sincronizar espacialmente un sistema adaptativo de antena direccional TDMA de actitud fija a la secuencia de transmisión de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) de la red de dispositivos de unidad de posicionamiento utilizando: (1) las localizaciones de los dispositivos de unidad de posicionamiento determinadas a partir de mensajes de navegación de los dispositivos de unidad de posicionamiento; (2) las secuencias de transmisión de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) determinadas a partir de los mensajes de navegación de los dispositivos de unidad de posicionamiento; (3) la localización del sistema adaptativo de antena direccional TDMA determinada mediante la solución de posición, velocidad y tiempo (PVT) del receptor de posición; (4) el tiempo de la red determinado por la solución de posición, velocidad y tiempo (PVT) del receptor de posición; y (5) los retardos de propagación de transmisión de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) de las señales de posicionamiento determinados a partir de localizaciones de dispositivos de unidad de posicionamiento obtenidas y de la localización determinada del sistema adaptativo de antena direccional TDMA. El diagrama de ganancia direccional del sistema adaptativo de antena direccional TDMA se conmuta secuencialmente para seguir la secuencia de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) de las transmisiones de los dispositivos de unidad de posicionamiento, de tal modo que el diagrama de ganancia direccional se orienta hacia el dispositivo de unidad de posicionamiento que transmite actualmente, o se orienta hacia el origen de la señal de posicionamiento que se recibe actualmente. Cuando la localización del sistema adaptativo de antena direccional TDMA cambia debido al desplazamiento de la plataforma del usuario, el receptor de posición ajusta el acimut y la elevación del diagrama de ganancia direccional del sistema adaptativo de antena direccional TDMA para seguir el dispositivo de unidad de posicionamiento que transmite actualmente, o para seguir el origen de la señal de posicionamiento recibida actualmente.

Anchura del haz adaptativa

En otra realización de la presente invención, la anchura del haz del diagrama de ganancia direccional del sistema adaptativo de antena direccional TDMA se puede regular dinámicamente en función de las circunstancias del receptor de posición. Cuando la posición y el tiempo de las redes se determinan con mayor precisión por el receptor de posición, se conocerán mejor asimismo el acimut y la elevación de cada dispositivo de unidad de posicionamiento. Por consiguiente, la anchura del haz del sistema se puede estrechar para atenuar adicionalmente el multitrayecto y mejorar adicionalmente las relaciones señal/ruido recibidas. Las anchuras del haz se pueden

regular dinámicamente en un sistema adaptativo de antena direccional TDMA, en una realización que incorpora un sistema en fase, aumentando el número de elementos de antena distribuidos espacialmente en el sistema y configurando sus salidas de fase y de ganancia para ensanchar o estrechar el diagrama del haz resultante. Las anchuras de haz se pueden regular dinámicamente en un sistema adaptativo de antena direccional TDMA, en una
 5 realización que incorpora elementos de antena parásitos conmutados, aumentando el número de elementos de antena parásitos en el sistema y conmutando las combinaciones predeterminadas de estos elementos parásitos para ensanchar o estrechar el diagrama del haz resultante. Las anchuras de haz se pueden regular dinámicamente en un sistema adaptativo de antena direccional TDMA, en una
 10 realización que incorpora una serie de antenas de ganancia direccional adyacentes para ensanchar el diagrama de ganancia direccional, o desactivando antenas de ganancia direccional adyacentes para estrechar el diagrama del haz resultante.

Medio de determinación de la actitud

Un receptor de posición puede determinar la actitud, ya sea de manera bidimensional o tridimensional, del sistema adaptativo de antena direccional TDMA mediante un medio de determinación de la actitud configurado con el sistema adaptativo de antena direccional TDMA. El medio de determinación de la actitud puede incluir un sistema de navegación inercial (INS, Inertial Navigation System), una brújula, un seguidor estelar, un sensor de horizonte u otro
 15 sensor de determinación de la actitud. Se puede utilizar cualquier medio de determinación de la actitud que dote al sistema adaptativo de antena direccional TDMA de información de actitud y de orientación, para satisfacer los requisitos de la presente invención. Un sistema de navegación inercial (INS), tal como se describe en la presente
 20 invención, puede incluir dispositivos tales como una brújula electrónica, acelerómetros y giroscopios de velocidad de giro. Los sistemas de navegación inercial (INS) y los sistemas de determinación de la actitud son bien conocidos en la técnica, y no forman parte de la presente invención.

Señales de posicionamiento únicas

En la realización preferida, cada dispositivo de unidad de posicionamiento transmite una señal de posicionamiento única, que consiste en un componente de portadora, un componente de código pseudoaleatorio y un componente de datos de navegación. El componente de portadora es una onda sinusoidal de radiofrecuencia transmitida preferentemente en la banda de 2,4GHz ISM, aunque el procedimiento de la presente invención es aplicable igualmente a otras bandas de frecuencia. El componente de número pseudoaleatorio (PRN) es modulado sobre el
 25 componente de portadora, y consiste en una secuencia de código única que puede ser distinguida entre otras secuencias de código pseudoaleatorias transmitidas por otros dispositivos en la misma frecuencia de portadora. Esta técnica se conoce como acceso múltiple por división de código (CDMA, Code Division Multiple Access), y es bien conocida en la técnica. El componente de datos de navegación, denominado asimismo el "mensaje de navegación", es información propietaria modulada sobre el componente de código pseudoaleatorio, y proporciona un enlace de comunicaciones para transferir información de navegación a dispositivos de unidad de posicionamiento y receptores de posición itinerantes. La información de navegación puede incluir el tiempo de la red, localizaciones de dispositivos de unidad de posicionamiento, secuencias de transmisión TDMA y otros datos de red deseados. Cada señal de
 30 posicionamiento única es pulsada de manera pseudoaleatoria en un esquema de transmisión de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) predeterminado, de tal modo que cada dispositivo de unidad de posicionamiento transmite su señal de posicionamiento única en un intervalo de tiempo único.

Transmisiones de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA)

En la realización preferida, cada dispositivo de unidad de posicionamiento pulsa su transmisión en una secuencia pseudoaleatoria de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). Un pulso de 50 microsegundos se transmite de manera pseudoaleatoria una vez cada milisegundo, repitiéndose la secuencia pseudoaleatoria cada 200 milisegundos. Esto proporciona un ciclo de trabajo del 5 % con 20 intervalos de tiempo de acceso múltiple por
 45 división de tiempo (TDMA) disponibles. La secuencia pseudoaleatoria de transmisión de pulsos de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) de cada dispositivo de unidad de posicionamiento se transmite en su mensaje de navegación. Un receptor de posición determina la secuencia pseudoaleatoria de transmisión de pulsos de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) de cada dispositivo de unidad de posicionamiento, mediante la interrogación de cada mensaje de navegación de los dispositivos de unidad de posicionamiento. En una realización alternativa, la secuencia pseudoaleatoria de transmisión de pulsos de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) se puede asociar con el código de número pseudoaleatorio (PRN) del dispositivo de unidad de posicionamiento. En esta realización, el receptor de posición determina la secuencia de transmisión de pulsos de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) asociando un código de número pseudoaleatorio (PRN) recibido, con una secuencia predeterminada de transmisión de pulsos de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). Un dispositivo de
 50 unidad de posicionamiento puede asimismo suministrar secuencias de transmisión de pulsos de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), códigos de número pseudoaleatorio (PRN) y coordenadas de posición para la totalidad de los dispositivos de unidad de posicionamiento en su proximidad, a través de su mensaje de navegación, permitiendo de este modo a un receptor de posición rápidamente obtener dispositivos de unidad de posicionamiento vecinos y sincronizarse con los mismos.

Por supuesto, se comprenderá que si bien lo anterior se ha proporcionado a modo de ejemplo ilustrativo de esta invención, se considera que todas estas y otras modificaciones y variaciones, tal como resultará evidente para los expertos en la materia, quedan dentro del amplio alcance y del ámbito de esta invención tal como se expone en la presente memoria.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento para determinar mediciones de distancia en entornos multitrayecto y mejorar a continuación la determinación de la localización en un receptor de posición (209) que incorpora una antena (210) de haz direccionalmente ágil, estando configurado dicho receptor de posición (209) para recibir señales de posicionamiento (205-208) de acceso múltiple por división de tiempo transmitidas, cada una en un intervalo de tiempo de transmisión único, mediante una red de dispositivos de unidad de posicionamiento sincronizados cronológicamente (201-204) en localizaciones conocidas en una secuencia predeterminada de acceso múltiple por división de tiempo, comprendiendo el procedimiento:
- 10 a) calcular la localización de dicho receptor de posición (209) a partir de dichas señales de posicionamiento (205-208) de acceso múltiple por división de tiempo recibidas; y
- b) dirigir un diagrama (212) de ganancia direccional de dicha antena (201) de haz direccionalmente ágil exclusivamente hacia el origen de la señal de posicionamiento (205) de acceso múltiple por división de tiempo recibida actualmente, siendo dicho direccionamiento sensible a:
- 15 i) dicha localización calculada de dicho receptor de posición (209), y
- ii) dichas localizaciones conocidas de dichos dispositivos de unidad de posicionamiento (201-204) sincronizados cronológicamente.
- 20 2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicho cálculo de la localización de dicho receptor de posición (209) a partir de dichas señales de posicionamiento (205-208) de acceso múltiple por división de tiempo recibidas incluye adicionalmente un cálculo de un tiempo de red de dichas señales de posicionamiento (205-208) transmitidas mediante dichos dispositivos de unidad de posicionamiento (201-204) en localizaciones conocidas, y dicho direccionamiento es sensible adicionalmente a dicho tiempo de red calculado.
- 25 3. El procedimiento según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que dicho cálculo de la localización de dicho receptor de posición (209) a partir de dichas señales de posicionamiento (205-208) de acceso múltiple por división de tiempo recibidas incluye adicionalmente la determinación de una secuencia de acceso múltiple por división de tiempo de dichas señales de posicionamiento (205-208) transmitidas mediante dichos dispositivos de unidad de posicionamiento (201-204) en localizaciones conocidas, y dicho direccionamiento es sensible adicionalmente a dicha secuencia de acceso múltiple por división de tiempo determinada.
- 30 4. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicho cálculo de la localización de dicho receptor de posición (209) a partir de dichas señales de posicionamiento (205-208) de acceso múltiple por división de tiempo recibidas incluye adicionalmente un cálculo del retardo de propagación de dichas señales de posicionamiento (205-208) transmitidas mediante dichos dispositivos de unidad de posicionamiento (201-204) en localizaciones conocidas, y dicho direccionamiento es sensible adicionalmente a dicho retardo de propagación calculado.
- 35 5. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que dicho receptor de posición (209) que incorpora una antena (210) de haz direccionalmente ágil está configurado además con un medio (211) de determinación de la actitud, dicho cálculo incluye una etapa adicional de determinación de la actitud de dicho receptor de posición (209) y dicho direccionamiento es sensible adicionalmente a dicha actitud determinada.
- 40 6. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que dicha etapa de cálculo de la localización de dicho receptor de posición (209) comprende configurar dicha antena (210) de haz direccionalmente ágil para recibir dichas señales de posicionamiento (205-208) desde todas las direcciones.
7. Un sistema para determinar mediciones de distancia en entornos multitrayecto en una red de localización de acceso múltiple por división de tiempo, comprendiendo el sistema:
- 45 a) una serie de dispositivos de unidad de posicionamiento sincronizados cronológicamente (201-204) en localizaciones conocidas que transmiten, cada uno en un intervalo de tiempo de transmisión único, señales de posicionamiento (205-208) en una secuencia predeterminada de acceso múltiple por división de tiempo;
- b) un receptor de posición (209) configurado con una antena (210) de haz direccionalmente ágil;
- c) un medio configurado para calcular la localización de dicho receptor de posición (209) a partir de dichas señales de posicionamiento transmitidas (205-208);
- 50 d) un medio configurado para dirigir un diagrama (212) de ganancia direccional de dicha antena (210) de haz direccionalmente ágil exclusivamente hacia el origen de la señal de posicionamiento recibida actualmente (205), siendo dicho direccionamiento sensible a:
- i) dicha localización calculada de dicho receptor de posición (209), y

- ii) dichas localizaciones conocidas de dichos dispositivos de unidad de posicionamiento (201-204) sincronizados cronológicamente.

- 5 8. El sistema según la reivindicación 7, en el que dicho medio configurado para calcular la localización de dicho receptor de posición (209) incluye adicionalmente un medio configurado para calcular un tiempo de red de dichas señales de posicionamiento (205-208) transmitidas mediante dichos dispositivos de unidad de posicionamiento (201-204) en localizaciones conocidas, y dicho medio de direccionamiento es sensible adicionalmente a dicho tiempo de red calculado.
- 10 9. El sistema según la reivindicación 7 o la reivindicación 8, en el que dicho medio configurado para calcular la localización de dicho receptor de posición (209) incluye adicionalmente un medio configurado para determinar una secuencia de acceso múltiple por división de tiempo de dichas señales de posicionamiento (205-208) transmitidas mediante dichos dispositivos de unidad de posicionamiento (201-204) en localizaciones conocidas, y dicho medio de direccionamiento es sensible adicionalmente a dicha secuencia determinada de acceso múltiple por división de tiempo.
- 15 10. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que dicho medio configurado para calcular la localización de dicho receptor de posición (209) incluye adicionalmente un medio configurado para calcular el retardo de propagación de dichas señales de posicionamiento (205-208) transmitidas mediante dichos dispositivos de unidad de posicionamiento (201-204) en localizaciones conocidas, y dicho medio de direccionamiento es sensible adicionalmente a dicho retardo de propagación calculado.
- 20 11. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en el que dicho receptor de posición (209) configurado con una antena (210) de haz direccionalmente ágil comprende además un medio (211) de determinación de la actitud configurado para determinar la actitud de dicho receptor de posición (209), y dicho medio de direccionamiento es sensible adicionalmente a dicha actitud determinada.
- 25 12. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, en el que dicho medio configurado para calcular la localización de dicho receptor de posición (209) comprende medios configurados para ajustar dicha antena (210) de haz direccionalmente ágil para recibir dichas señales de posicionamiento transmitidas (205-208) desde todas las direcciones.

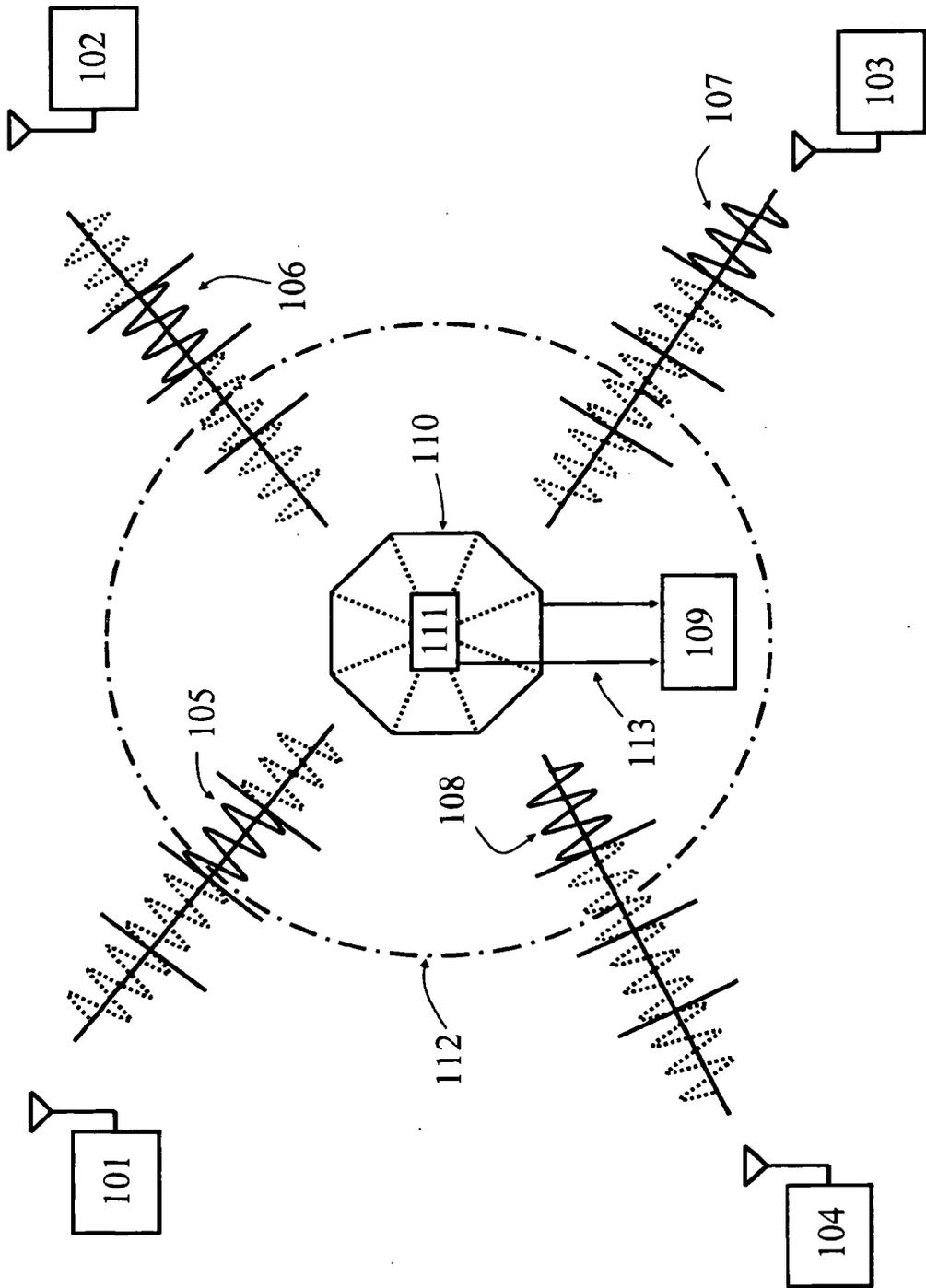


FIG 1

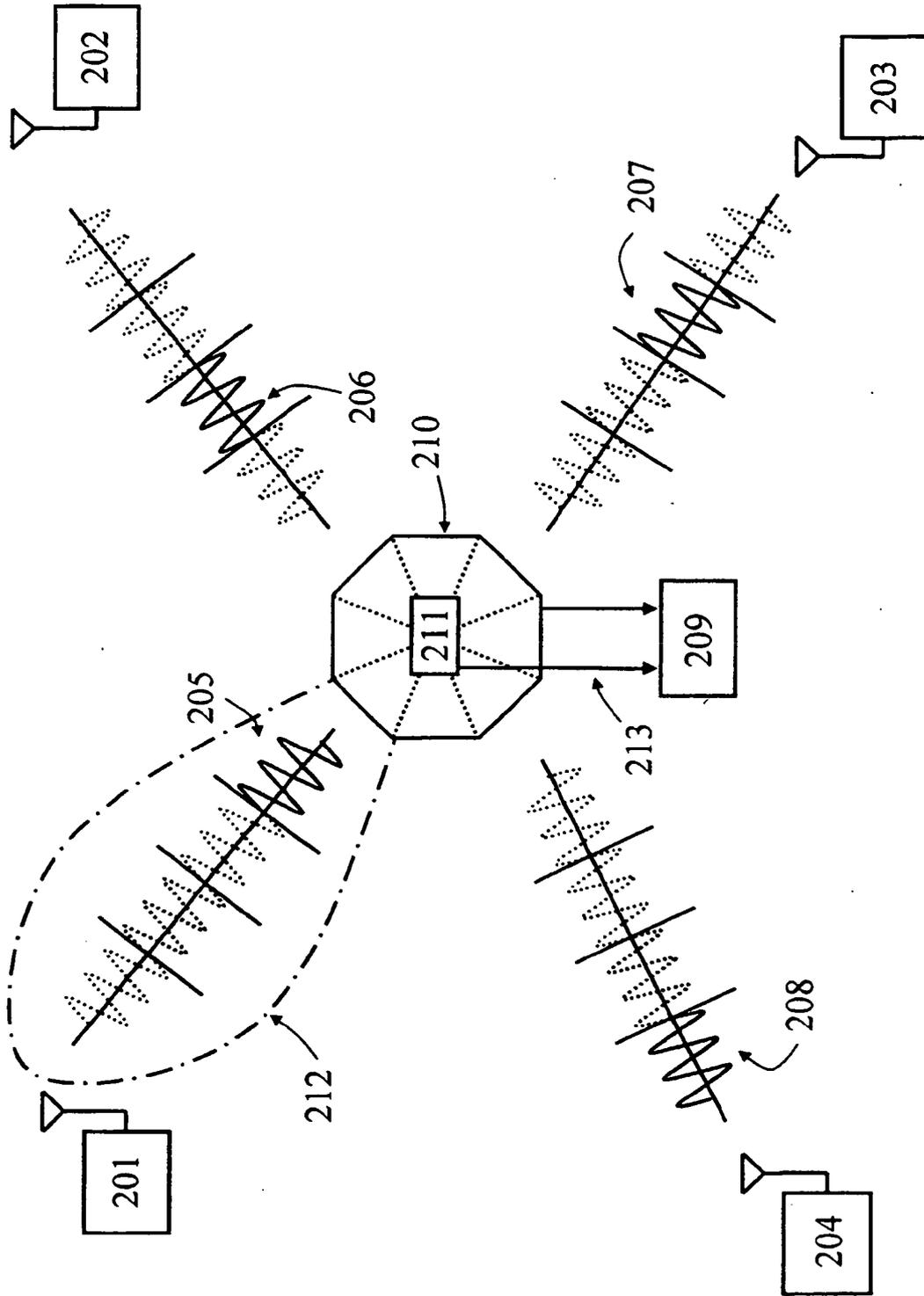


FIG 2

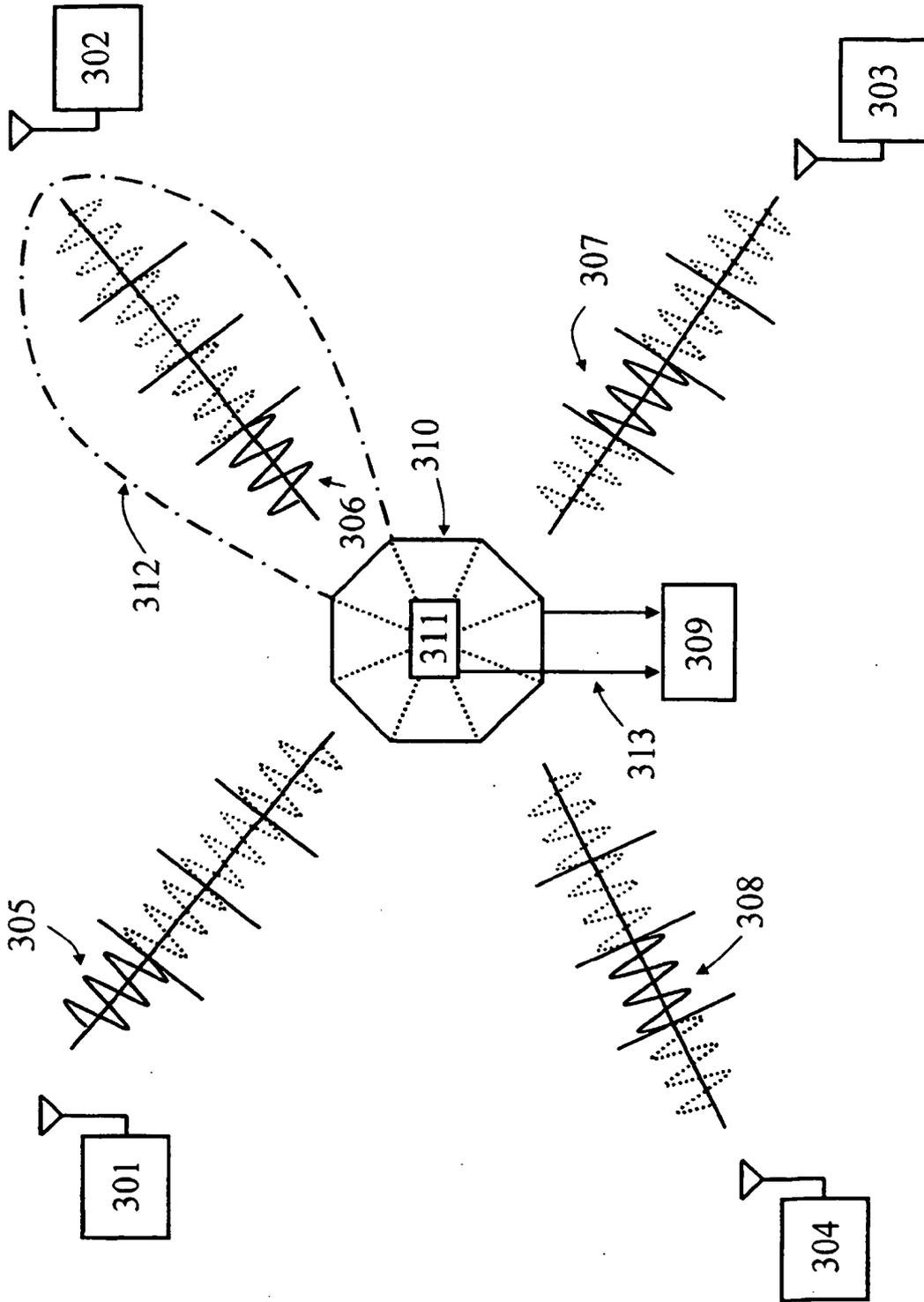


FIG 3

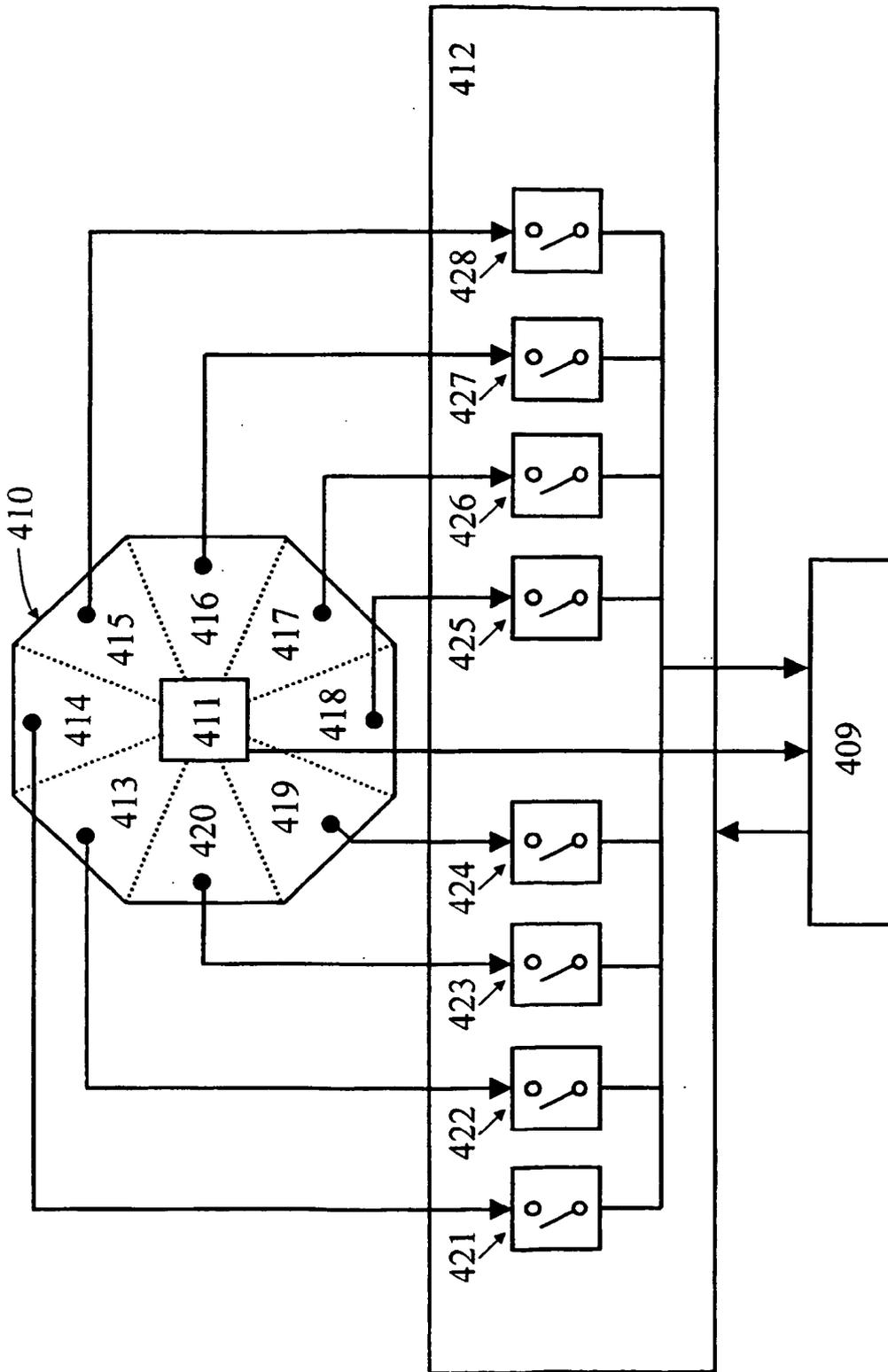


FIG 4

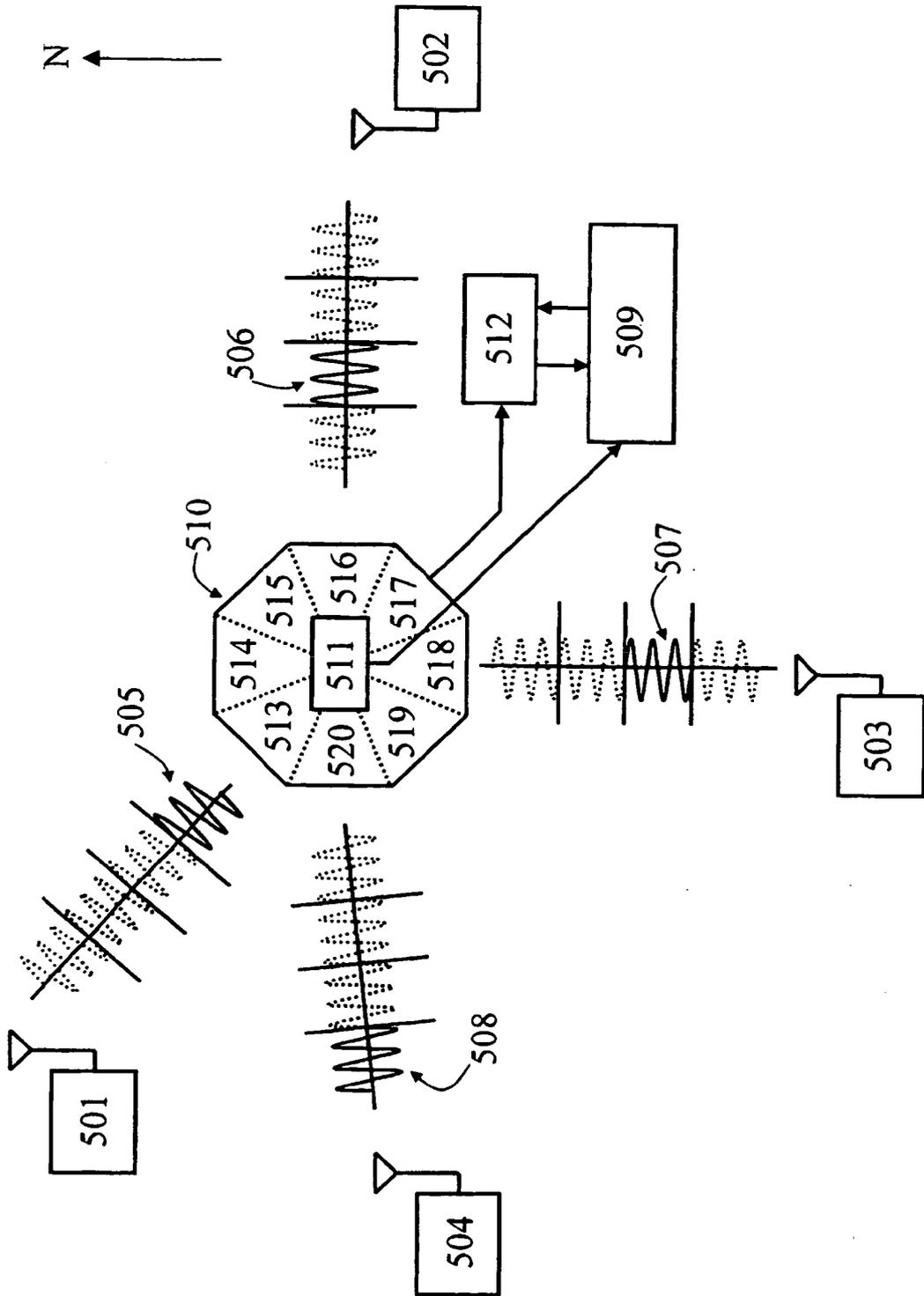


FIG 5