

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 654 641**

51 Int. Cl.:

H01Q 3/42 (2006.01)

H01Q 25/00 (2006.01)

G01S 19/36 (2010.01)

G01S 19/22 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.07.2010 PCT/AU2010/000839**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.01.2011 WO11000049**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.07.2010 E 10793437 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.10.2017 EP 2449627**

54 Título: **Método y aparato para formar un haz**

30 Prioridad:

01.07.2009 AU 2009903063

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

14.02.2018

73 Titular/es:

**LOCATA CORPORATION PTY LTD (100.0%)
111 Canberra Avenue
Griffith, Canberra ACT 2603, AU**

72 Inventor/es:

SMALL, DAVID

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 654 641 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

Método y aparato para formar un haz

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere en general a sistemas de posicionamiento y en particular a subsistemas para recibir señales de posicionamiento.

La invención se ha desarrollado principalmente para formar un haz para recibir señales de posicionamiento en un entorno de trayectos múltiples y se describirá en la presente memoria descriptiva y a continuación con referencia a esta aplicación. Sin embargo, se apreciará que la invención no está limitada a este campo de uso particular.

Antecedentes de la invención

10 Cualquier discusión de la técnica anterior a lo largo de la memoria descriptiva no se debe considerar de ninguna manera como una admisión de que la citada técnica anterior es ampliamente conocida o forma parte del conocimiento general común en el campo.

15 Como es conocido en la técnica, las tecnologías de posicionamiento operan generalmente midiendo el tiempo que una señal tarda en recorrer la distancia desde una fuente de señal al dispositivo receptor. En la mayoría de las aplicaciones de la técnica anterior, esta medición se toma comparando el momento en el que se envía una señal con el momento en el que se recibe la misma señal. Los sistemas de posicionamiento comunes, tales como el GPS, usan tres o más de estas señales y, mediante la trilateración, calculan la posición de un objeto. Puesto que los cálculos de medición son sensibles al tiempo, comúnmente se requiere una cuarta señal para garantizar que los relojes de la fuente y del receptor estén sincronizados correctamente.

20 La expresión trayectos múltiples se refiere al fenómeno por el cual las señales de posicionamiento se reflejan en otros objetos, tales como paredes y muebles. Esto es especialmente frecuente en un entorno cerrado, tal como en interiores, pero también es un problema importante en las áreas urbanizadas, tales como en las ciudades. Hablando de forma simplificada, las señales reflejadas tardan más tiempo en desplazarse desde una fuente hasta un receptor, lo que afecta la precisión de las mediciones. Además, el receptor ve señales conflictivas que se originan en la misma fuente y que tienen información de temporización diferente. Algunos receptores modernos usan algoritmos de selección para tratar de determinar la señal más apropiada para usar en la determinación de la posición. Sin embargo, los receptores típicamente no pueden diferenciar las señales de trayectos múltiples de las señales de posicionamiento genuinas con un alto grado de precisión.

30 También se conocen en la técnica sistemas en fase, que consisten en una serie de elementos de antena que se pueden controlar individualmente para dirigir un haz. En un sistema en fase típico, las señales recibidas en cada elemento son manipuladas individualmente en fase y en ganancia, dependiendo la manipulación exacta requerida de la dirección del haz requerida. La fase resultante y las señales manipuladas de ganancia de cada elemento se suman para obtener la dirección deseada del haz.

Hay tres formas principales de antenas de sistema en fase en uso en la actualidad:

- 35 a) formación de haces fijos;
b) formación de haces secuenciales; y
c) formación de haces simultáneos.

40 Las sistemas de antenas de formación de haces fijos tienen una relación de fase fija entre los elementos y solo pueden dirigir sus haces en una sola dirección. Como la dirección del haz es fija, este tipo de antena no se puede usar individualmente para rastrear una fuente de señal en movimiento en un sistema de posicionamiento, tal como un satélite en una aplicación de GPS. Se debe usar una antena de formación de haces fijos junto con algunos medios mecánicos para dirigir el haz a la fuente de transmisión. Además de los problemas de fiabilidad relacionados con el uso prolongado de equipos mecánicos, este movimiento mecánico se debe coordinar con la dirección en la que apunta el haz. Esto agrega una fuente adicional de error potencial.

45 Las antenas de sistema en fase que forman haces secuenciales utilizan circuitos discretos de fase y de ganancia unidos a cada elemento para formar haces secuencialmente en múltiples direcciones. Se requiere un circuito discreto porque cada elemento debe ser controlado individualmente. Por lo tanto, cada elemento debe tener acceso a su propio conjunto de componentes electrónicos, tales como desfases, amplificadores de ganancia variable y señales de control asociadas. Además de los costos adicionales que se producen por todos los circuitos discretos requeridos y los problemas introducidos en el control de esta circuitería con la precisión requerida, este método está severamente restringido cuando se usa en sistemas de posicionamiento porque solo se puede dirigir un único haz a la vez. Como se ha señalado más arriba, los sistemas de posicionamiento tales como el GPS requieren el seguimiento de al menos tres señales, y para obtener los resultados más precisos, estas señales deben ser rastreadas simultáneamente. Por lo tanto, los sistemas en fase de formación de haces secuenciales no son

adecuados para el uso en sistemas de posicionamiento porque no pueden rastrear más de una señal simultáneamente.

Las antenas de sistema en fase de formación de haces simultáneos también están ampliamente en uso. Las antenas de formación de haces simultáneos tradicionales utilizan grandes conjuntos de elementos con circuitería compleja para formar simultáneamente haces en múltiples direcciones. Estos sistemas requieren extremos frontales de RF y convertidores analógico a digital para cada elemento, y un sistema muy complejo de lógica digital en la banda de base para combinar todas las señales de elementos juntas. El tamaño, el consumo de energía y el costo de estos sistemas limitan su uso a instalaciones muy grandes que típicamente usan cientos de elementos, por ejemplo en aplicaciones militares. Claramente, el tamaño, la complejidad, el consumo de energía y el costo de estos sistemas los hacen inadecuados para su uso en sistemas de posicionamiento. El documento DE10125474 describe un dispositivo y un método para recibir señales emitidas desde satélites, comprendiendo el citado dispositivo antenas orientadas de forma diferente y una unidad de procesamiento para determinar cuál de las antenas recibe el nivel de señal más alto. Además, para los sistemas de posicionamiento que utilizan técnicas interferométricas, no se puede tolerar ninguna polarización de línea o retardo de grupo introducido por el procesamiento en paralelo a gran escala de los sistemas de antenas de formación de haces simultáneos tradicionales. Todos estos errores se deben estimar y calibrar fuera del sistema para lograr precisiones de posicionamiento centimétricas. Este es un problema no trivial, ya que estas polarizaciones cambiarán con la temperatura del circuito, el voltaje y las tolerancias de los componentes. De nuevo, esto hace que los sistemas de antenas de formación de haces simultáneos tradicionales sean inadecuados para su uso en sistemas de posicionamiento de alta precisión.

20 **Sumario de la invención**

El objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo para formar un haz de un sistema de antenas de acuerdo con la cláusula genérica de la reivindicación 1 que tiene una estructura mucho más simple que los dispositivos conocidos de este tipo y que es más fácil y más barato de producir. Este objeto se logra por las características de la reivindicación 1.

25 En el dispositivo de acuerdo con la invención solo se requiere un único canal de recepción y un correlador asociado en el receptor. El correlador, aunque sigue funcionando de la manera habitual, es decir, correlacionando la señal entrante con una señal de referencia generada internamente, se usa al mismo tiempo para formar un haz. Se pueden formar múltiples haces simplemente utilizando múltiples correladores, que generalmente no requieren hardware adicional ya que los receptores estándar normalmente comprenden correladores múltiples de todos modos.

Otro objeto de la invención es proporcionar un método para formar un haz.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirá una realización preferida de la invención, a modo de ejemplo solamente, con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

35 la figura 1 es una vista esquemática de un sistema de antenas acoplado a un receptor de posicionamiento de acuerdo con un aspecto de la invención;

la figura 2 es un diagrama de tiempos que muestra la relación entre las ranuras B y el período de integración.

la figura 3 es un diagrama de flujo de los pasos implicados para formar haces de acuerdo con un aspecto de la invención;

40 la figura 4 es una vista esquemática de un correlador modificado de acuerdo con un aspecto de la invención; y

las figuras 5a y 5b son vistas esquemáticas de un sistema de dos antenas de acuerdo con un aspecto de la invención.

Realización preferida de la invención

Vista general del sistema

45 De acuerdo con la invención, se proporciona un dispositivo y un método para formar un haz de un sistema de antenas en la dirección de una señal de posicionamiento entrante. Puesto que la dirección de la fuente de la señal de posicionamiento está predeterminada, el haz del sistema de antenas es formado en la dirección de la señal de posicionamiento entrante, maximizando la ganancia de esa señal de posicionamiento entrante mientras se atenúan las señales de otras direcciones, mitigando de esta manera cualquier efecto no deseado de trayectos múltiples.

50 Con referencia a la figura 1, un dispositivo 102 para formar un haz en un sistema de antenas incluye el sistema de antenas 104, que tiene una pluralidad de elementos distribuidos espacialmente 106. Un procesador 108 está acoplado al sistema de antenas 104 para conmutar selectivamente, por medio de conmutadores 110, los elementos 106 entre los estados primero y segundo en un patrón predeterminado, en el que, en el primer estado, los elementos

están configurados para recibir una señal de posicionamiento entrante y en el segundo estado los elementos están configurados para no recibir señales de posicionamiento entrantes.

Un receptor de posicionamiento está asociado operativamente con el sistema de antenas y el procesador para generar una señal de referencia, y se proporciona manipulando selectivamente la fase y/o la ganancia de la señal de referencia en sincronización sustancial con cada elemento conmutado a su primer estado respectivo. Esto crea una señal de referencia modificada que a continuación se mezcla con la señal de posicionamiento recibida para crear una señal mezclada. Esta señal mezclada se acumula después durante un período de integración predeterminado, de manera que la señal acumulada es indicativa de la dirección y de la magnitud del haz del sistema de antenas.

En una realización, los componentes discretos/bloques lógicos se usan en un circuito que utiliza mezcladores, osciladores y acumuladores para producir las señales acumuladas requeridas antes de pasar a un receptor de posicionamiento para su procesamiento posterior.

Sin embargo, la realización preferida es para incorporar el método de formación de haces de la presente invención en un receptor de posicionamiento estándar, como se muestra en la figura 4. Esto se debe a que gran parte del circuito requerido para formar los haces de acuerdo con la presente invención ya es parte de la arquitectura del receptor de posicionamiento estándar, y solo requiere modificaciones menores para permitir la formación de haces simultáneos. Esta circuitería requerida está incorporada en el correlador que, como entenderán los expertos en la técnica, incluye mezcladores, osciladores y acumuladores. Estos componentes del correlador se pueden utilizar en lugar de componentes discretos. Esto proporciona beneficios tales como ahorro de costos y energía, además de beneficios adicionales en miniaturización, integración y portabilidad del dispositivo receptor.

Con referencia de nuevo a la figura 1, se representa un receptor de posicionamiento 114 usado en un sistema de posicionamiento de acuerdo con la realización preferida. El receptor de posicionamiento 114 hace uso de componentes existentes que incluyen al menos un canal de recepción 116 que tiene al menos un correlador 118 que está asociado operativamente con el sistema de antenas 104 y el procesador 108. Cada correlador 118 incorpora un oscilador portador controlado numéricamente (NCO) para generar una señal de referencia. Esta señal de referencia puede tener su fase y/o ganancia modificada por el procesador 108 en sincronismo sustancial con cada elemento que se conmuta a su primer estado, creando así una señal de referencia modificada. La señal de posicionamiento recibida se mezcla posteriormente con esta señal de referencia modificada para crear una señal mezclada. Esta señal mezclada se mezcla a continuación con una señal de referencia de código de NCO, de acuerdo con el procesamiento de correlador estándar, y posteriormente se acumula durante un período de integración predeterminado para crear una señal acumulada. La señal acumulada resultante es indicativa, por lo tanto, de la dirección y de la magnitud de un haz 122 formado dentro del correlador 118 del sistema de antenas 104. Al final de cada período de integración predeterminado, los bucles de bloqueo del correlador funcionan, como en la operación normal del correlador, sin ser perturbados por las manipulaciones de fase y/o de ganancia.

Modificación de la señal de referencia

Después de que la señal de referencia haya sido sintetizada por el NCO portador, es modificada manipulando selectivamente la fase y/o la ganancia de la señal de referencia en sincronismo sustancial con elementos que se están conmutando al primer estado. Específicamente, la manipulación de la fase y/o de la ganancia se logra aplicando un desplazamiento de fase y/o de ganancia a la señal de referencia, en el que el valor del desplazamiento de fase y/o de ganancia se determina con dependencia de los elementos respectivos que se conmutan al primer estado y de la dirección deseada en la que se debe formar el haz.

El sistema de antenas 104 está asociado operativamente con el correlador 118 por medio de la inserción del desplazamiento de fase y/o de ganancia respectivo dentro del circuito correlador. El funcionamiento del correlador y la inserción de los desplazamientos de fase y ganancia se describen en mayor detalle a continuación, con referencia a la figura 4.

En una realización, el valor del desplazamiento de fase y/o de ganancia se determina recuperando un valor predeterminado almacenado en una base de datos 120 que es accesible por el procesador. Una tabla de desplazamientos, tal como la tabla que se muestra en el ejemplo ilustrativo que sigue, se almacena en la base de datos 120 y es accesible de forma selectiva por el procesador 108. Aunque una base de datos almacenada de valores de desplazamiento predeterminados es el método preferido, los expertos en la técnica entenderán que en realizaciones alternativas, el procesador 108 calcula los desplazamientos de fase y/o de ganancia en tiempo real.

Elemento de antena

En la realización que se muestra en la figura 1, los elementos de parche se representan en un sistema de 3 x 3. Sin embargo, los expertos en la técnica entenderán que en otras realizaciones se utilizan monopolos, dipolos u otros elementos de antena adecuados. Se entenderá además que la descripción en la presente memoria descriptiva se aplica igualmente a elementos de antena desplegados en sistemas de antenas que tienen múltiples dimensiones. De hecho, en muchas aplicaciones prácticas, los elementos de antena se distribuyen espacialmente en una forma tridimensional.

A lo largo de esta memoria descriptiva y en las reivindicaciones, el "primer" estado se refiere a cuando un elemento está activo y el "segundo" estado se refiere a cuando un elemento está inactivo. La implementación real del estado inactivo varía de acuerdo con el tipo de elemento utilizado, enfocándose en hacer que los elementos no sean resonantes para mitigar los efectos de los parásitos o el acoplamiento mutuo. Por ejemplo, un elemento monopolo de $1/4 \lambda$ se conmuta para abrirse en el segundo estado mientras que un elemento de parche se conecta a tierra en el segundo estado. En algunas realizaciones, los conmutadores también proporcionan una conexión a una resistencia, tal como 50Ω en el segundo estado. Los expertos en la técnica apreciarán que el cambio a otras condiciones, tales como cargas reactivas, también es posible en el segundo estado.

Ranuras de formación de haces

En la realización preferida, solo un elemento 106 a la vez se encuentra en el primer estado durante el período de integración predeterminado, mientras que todos los demás elementos están en el segundo estado. Es decir, para cada haz formado, solo un elemento 106 puede recibir la señal entrante en cualquier instante dentro del período de integración. Cada elemento 106 se conmuta al primer estado durante el llamado período de subintegración, que es menor que el período de integración predeterminado. En una realización, estos períodos de sub - integración se conocen como "ranuras de formación de haces" (ranuras B).

La relación entre las ranuras B y el período de integración se muestra mejor en la figura 2. En el ejemplo de la figura 2, cada una de las ranuras B 202 es de $1 \mu\text{s}$ de duración y el período de integración es de $N \mu\text{s}$ de duración. En esencia, la duración del período de integración se divide simplemente en un número de intervalos B iguales. Por lo tanto, una ranura B es simplemente un período de tiempo, durante el cual el elemento asociado que se conmuta al primer estado recibe una señal de posicionamiento entrante.

En una realización, los elementos 106 son asignados dinámicamente a una ranura B. En ciertas aplicaciones, tal como la operación del modo de exploración del lado brillante que se trata a continuación, solo se requiere un subconjunto de elementos en un sistema de antenas para formar un haz. Esto se puede lograr estableciendo los elementos no deseados para que permanezcan conmutados al segundo estado durante todo el período de integración, de manera que no se reciben señales de esos elementos y, por lo tanto, no se acumulen. Alternativamente, la longitud de las ranuras B se puede extender de manera que solo un subconjunto de elementos tenga asignada una ranura B, y por lo tanto solo se acumulen las señales recibidas desde ese subconjunto de elementos.

Sin embargo, en otra realización, el número mínimo de ranuras B requeridas corresponde al número de elementos 106 que están distribuidos espacialmente en el sistema de antenas 104. Por ejemplo, en una implementación en la que el sistema de antena solo incluye dos elementos, el número mínimo de ranuras B requeridas es dos. Cada elemento 106 se conmuta al primer estado durante toda la duración de su ranura B asignada.

En una realización adicional, diez elementos están distribuidos espacialmente en un sistema de antenas y se proporcionan diez ranuras B, una para cada elemento. Utilizando un período de integración de $1000 \mu\text{s}$, que es un período de integración típico de un receptor GPS estándar, los elementos son conmutados al primer estado durante un período de $100 \mu\text{s}$ cada uno, de una manera predeterminada (tal como secuencialmente o pseudo aleatoriamente). Cuando el primer elemento se conmuta al primer estado, el procesador también determina el desplazamiento de fase y/o de ganancia que se debe aplicar a la señal de referencia, correspondiente a la posición del primer elemento dentro del conjunto y a la dirección del haz requerida por el receptor de posicionamiento, y aplica los desplazamientos a la señal de referencia durante toda la duración de la primera ranura B asignada. En la ranura B posterior de $100 \mu\text{s}$, el segundo elemento es conmutado al primer estado, mientras el primer elemento y todos los demás elementos son conmutados a sus segundos estados. De nuevo, el procesador determina la desviación de fase y/o de ganancia correspondiente a la posición del segundo elemento dentro del conjunto y la dirección del haz requerida por el receptor de posicionamiento, y aplica ese desplazamiento de fase y/o de ganancia durante toda la duración de la segunda ranura. En este ejemplo, que utiliza un esquema de conmutación secuencial, el tercer elemento se conmuta al primer estado en la tercera ranura B mientras que los otros elementos se conmutan a sus segundos estados, y así sucesivamente para las siguientes ranuras B dentro de ese período de integración. Al finalizar el período de integración de $1000 \mu\text{s}$, las diez ranuras B de $100 \mu\text{s}$ se acumularán con la fase requerida y/o los desplazamientos de ganancia para producir el haz deseado requerido por el receptor de posicionamiento.

Los elementos individuales 106 en el sistema de antenas 104 solo pueden acceder al receptor cuando se conmutan al primer estado. Como la dirección del haz a formar es conocida *a priori*, se deduce que los elementos deben ser conmutados al primer estado en sincronización sustancial con la manipulación apropiada de la fase y/o de la ganancia de la señal de referencia para que el haz se forme en la dirección deseada. Además, para obtener el beneficio completo de la ranura B asignada, se deduce que la manipulación de fase y/o de ganancia se debe aplicar a la señal de referencia a lo largo de la totalidad de la ranura B asignada.

Metodología de formación de haces

Los pasos seguidos para formar haces usando el dispositivo que se describe en la presente memoria descriptiva se representan gráficamente en el diagrama de flujo de la figura 3. Una descripción de los pasos tomados se proporciona a continuación.

- 5 a) En el paso 301, se selecciona uno de los elementos distribuidos espacialmente en el sistema de antenas y se conmuta al primer estado para la primera ranura B.
- b) En el paso 302, el elemento conmutado al primer estado en el paso 301 recibe una señal entrante.
- c) En el paso 304, la señal entrante se muestrea en el extremo frontal de RF del sistema de antenas.
- d) En el paso 308, se genera una señal de referencia interna en el correlador para mezclar con la señal entrante.
- 10 e) En el paso 310, se aplica un desplazamiento predeterminado a la señal de referencia, en sincronización sustancial con el paso 302, para crear una señal de referencia modificada.
- f) En el paso 312, la señal de referencia modificada se mezcla con la señal recibida para crear una señal mezclada.
- g) En el paso 314, la señal mezclada se acumula en los acumuladores para crear una señal acumulada.
- 15 h) En el paso 306, el elemento seleccionado se conmuta al segundo estado, el siguiente elemento se conmuta al primer estado en la siguiente ranura B y el proceso comienza de nuevo desde el paso 301.
- i) En el paso 316, después de acumular todas las ranuras B juntas al final del período de integración, se forma un haz en los acumuladores en función del valor de todas las señales de la ranura B.
- 20 j) En el paso 318, los bucles de bloqueo de portador y de código se actualizan usando las señales de ranura B acumuladas.

Operación del correlador

Un receptor de posición GPS típicamente usa un bloque lógico llamado correlador para correlacionar una señal de posicionamiento entrante con señales de referencia generadas internamente. Con referencia a la figura 4, en el correlador 118, una señal de posicionamiento entrante se mezcla con dos señales de referencia generadas internamente. La primera señal de referencia es una señal de referencia de portador que es generada por el NCO portador 408. La mezcla de la señal de referencia de portador con la señal de posicionamiento entrante genera una señal de error que representa una diferencia de fase y frecuencia entre la señal de referencia de portador y la señal entrante. La segunda señal de referencia es una señal de referencia de código que, en esta realización, se genera mediante el código NCO 416. Una vez que la señal de posicionamiento entrante se ha mezclado con la señal de referencia del portador, la señal de posicionamiento entrante se mezcla con la señal de referencia del código, que genera una señal de error que representa el retardo entre la señal de referencia del código y la señal de posicionamiento entrante.

Para simplificar, la figura 4 solo muestra un único canal de recepción de un receptor de posicionamiento. Sin embargo, los expertos en la técnica apreciarán que los receptores modernos típicamente incluyen más de un único canal de recepción, incluyendo cada canal típicamente más de un correlador.

En la figura 4, la señal de posicionamiento entrante se recibe en la entrada 402 y se separa del componente de portador mezclando, en los mezcladores 404 y 406, la señal entrante con una señal de portador de referencia para producir los datos muestreados en fase (I) y fase cuadrática (Q). La señal de portador de referencia se sintetiza en el NCO portador 408 y las funciones discretas de mapeo de seno y coseno 410 y 412, respectivamente. Este proceso de separación produce señales I y Q como se muestra. En funcionamiento, el NCO portador está controlado por el bucle de bloqueo del portador 414. El objetivo del bucle de bloqueo de portador es mantener el error de fase entre la señal de referencia y la señal de posición entrante en, o lo más cerca posible de cero. Cuando el error de fase es cero, se dice que las señales están "en fase bloqueada" y las señales I están en un máximo mientras que las señales Q son casi cero. Esta operación también se conoce como operación de "bucle de bloqueo de fase" (PLL).

Las señales I y Q se correlacionan a continuación con una señal de código de referencia que, en esta realización, se sintetiza en el código NCO 416. En aras de la simplicidad, solo se sintetiza una señal de código de referencia en esta realización. Sin embargo, los expertos en la técnica reconocerán que en la mayoría de los receptores de posicionamiento, se sintetiza más de una señal de referencia de código. Por ejemplo, en una aplicación, tres señales de referencia de código - señales temprana, rápida y tardía - se sintetizan y se correlacionan por separado con las señales I y Q respectivamente.

El correlador 118 mezcla una señal de referencia de código sintetizada internamente con las señales entrantes I y Q en los mezcladores 418 y 420. En funcionamiento, el código NCO 416 está controlado por el bucle de

bloqueo de código 426. El objetivo del bucle de bloqueo de código es mantener el error de tiempo entre la señal de referencia de código generada internamente y la señal de posicionamiento de código entrante en cero, o lo más cerca posible de cero. Cuando el error de tiempo es cero, se dice que las señales están "bloqueadas por código". Esta operación también se denomina operación de "bucle de bloqueo de retraso" (DLL).

- 5 Es decir, el funcionamiento del bucle de bloqueo de código 426 es similar al bucle de bloqueo de portador 414. Cuando la fase de código de señal de referencia está completamente alineada con la fase de código de señal de posicionamiento entrante, se alcanza la correlación máxima.

10 Las señales mezcladas resultantes se integran a continuación en los acumuladores 422 y 424 durante un período de integración, proporcionando las señales I_p y Q_p , a las que accede posteriormente el procesador para rastrear el funcionamiento del bucle.

El período de integración se refiere a la cantidad de tiempo durante el cual se acumula la señal recibida, y se determina tradicionalmente en función de la longitud de ruido del código pseudoaleatorio de un satélite o múltiplos de la misma. En el GPS, este período de código es de 1 ms, y por lo tanto, el período de integración en el receptor también suele ser de 1 ms o más.

15 *Desplazamientos de fase y/o de ganancia*

En una realización preferida, los desplazamientos de fase y/o de ganancia para manipular la fase y/o la ganancia de la señal de posicionamiento entrante, se insertan en el punto 428, después de que la señal de referencia de portador sea sintetizada por el NCO portador 408 y antes de que la señal de referencia de portador sintetizada se mezcle con el componente de portador de la señal de posicionamiento entrante, completando el bucle de bloqueo del portador 20 414. En esta realización preferida, los desplazamientos de fase se suman con la señal de referencia, y los desplazamientos de ganancia se multiplican por la señal de referencia. La manipulación de la señal de posicionamiento entrante se logra modificando la señal de referencia del portador sintetizada dentro del período de integración del correlador, por lo tanto, no interfiere con el funcionamiento normal del NCO portador 408 o con el bucle de bloqueo del portador 414. La señal de referencia modificada se mezcla a continuación con la señal de 25 posicionamiento entrante de la manera habitual, y la señal mezclada se integra en el acumulador durante el período de integración para crear una señal acumulada.

Como conocen los expertos en la técnica, la integración de una forma de onda es simplemente la suma de muestras de esa forma de onda durante un período de tiempo dado, en este caso, el período de integración. Por lo tanto, la 30 integración de la señal mezclada resultante (resultante de mezclar la señal entrante y la señal de referencia) es simplemente la suma de muestras de esa señal en un período de tiempo, que en una de las realizaciones que se han descrito más arriba es el período de integración de 1 ms..

En una realización, la señal de posicionamiento entrante se muestrea a una velocidad de 75 MHz a través de un extremo frontal de RF y las muestras se mezclan a continuación con una señal de referencia modificada, que también se sintetiza a 75 MHz. En consecuencia, para un sistema hipotético en el que el período de integración es de 1ms compuesto por 10 ranuras B, cada ranura B tiene una duración de 100 μ s y, por lo tanto, contiene 7.500 35 muestras de la señal de posicionamiento entrante. Cada una de estas 7.500 muestras se mezcla secuencialmente con una señal de referencia modificada para formar una señal mezclada. La señal de referencia modificada se basa en un desplazamiento de fase y/o de ganancia aplicado a una señal de referencia, siendo generada la señal de referencia por el NCO portador del correlador. Específicamente, para cada bloque de 7.500 muestras de la señal de 40 posicionamiento entrante que están sincronizadas con elementos de antena en el primer estado, la señal de referencia se modifica aplicando un desfase y/o un desplazamiento de ganancia a la salida del NCO portador. Esta salida modificada se multiplica (mezcla) a continuación con las muestras de la señal de posicionamiento entrante. Estas señales mezcladas se pasan a través de los mezcladores de código NCO, de acuerdo con la operación de correlador normal, y a continuación se suman en los acumuladores para formar una señal acumulada. Por lo tanto, 45 durante todo el período de integración de 1 ms, 75.000 muestras, que incorporan 10 bloques de ranuras B de 7.500 muestras modificadas cada una, se suman y almacenan en los acumuladores. En otras palabras, estas diez ranuras B contienen 7.500 muestras modificadas, cada una de las cuales se suma en el proceso de acumulación, y las 75.000 muestras acumuladas al final del período de integración son por lo tanto representativas del haz deseado.

Una vez que las manipulaciones de fase y/o de ganancia se aplican correctamente a las señales de referencia y se mezclan con las señales recibidas de los elementos respectivos, la señal mezclada resultante se combina en el 50 acumulador (proceso de suma) para crear una señal acumulada, formando el haz deseado en el correlador. Esta señal acumulada se procesa en el correlador de acuerdo con el funcionamiento de PLL normal como se ha explicado más arriba. La señal de referencia de portador sintetizada por el NCO portador 408 no cambia durante el período de integración, sino que solo se actualiza mediante el bucle de bloqueo de portador 414 al final de cada 55 período de integración. Por lo tanto, el PLL o el DLL no pueden detectar modificaciones en la señal de referencia dentro del período de integración. El PLL y la DLL operan de manera normal, con independencia de las manipulaciones que tienen lugar.

Por medio de las realizaciones que se describen, el uso de un correlador convencional es adaptable para controlar la dirección y el ancho de un haz único por canal correlador, permitiendo así que se formen múltiples haces simultáneos. La cantidad de haces que se pueden formar es igual a la cantidad de canales correladores disponibles. Esto se debe a que el correlador ya contiene lógica para mezclar e integrar señales; estas se encuentran adaptadas simplemente para un uso que no sea la correlación.

Aunque las realizaciones que se han descrito más arriba aplican desplazamientos tanto a la ganancia como a la fase en el punto 428 en el circuito correlador, en otras realizaciones, se proporcionan multiplicadores adicionales para aplicar desplazamientos de ganancia en otras partes del circuito. Por ejemplo, se pueden agregar multiplicadores en las rutas en fase y de fase cuadrática entre los mezcladores NCO de portador y los mezcladores NCO de código para proporcionar manipulación de ganancia. De manera similar, los desplazamientos de fase también se pueden aplicar en otras partes del circuito correlador. Por ejemplo, los desplazamientos de fase se pueden agregar a la salida del código NCO.

En la realización preferida, los desplazamientos de fase y/o de ganancia para formar el haz en cualquier dirección dada están predeterminados, y almacenados en la base de datos 120 y son accesibles por el procesador 108. El formato de los datos de desplazamiento puede tomar muchas formas, tales como una tabla de desplazamiento. El procesador 108 determina la dirección del haz requerido, accede a la base de datos 120 para obtener los desplazamientos de fase y/o de ganancia correctos para cada elemento en cada ranura B durante el período de integración para formar el haz en la dirección deseada e inserta el desplazamiento necesario en el punto 428 de manera que el haz (122 en la figura 1) se forma en la dirección de la señal de posicionamiento entrante apropiada. Como también se hizo notar, la obtención e inserción de los desplazamientos de fase y/o de ganancia debe ser sustancialmente sincrónica con la conmutación de los elementos respectivos en el primer estado de manera que la fase y/o la ganancia sea manipulada correctamente durante el período de integración.

En una realización, un sistema de antenas tiene 128 elementos. Por lo tanto, cada dirección tiene 128 entradas de fase y 128 entradas de ganancia en la tabla de desplazamiento. Si, por ejemplo, es necesario que el haz apunte hacia el norte, el procesador busca la entrada de la tabla hacia el norte y avanza a través de cada una de las 128 entradas de fase y 128 entradas de ganancia para esa dirección durante el período de integración para dirigir el haz hacia el norte. En esta realización, es posible dirigir el haz en 2048 direcciones, teniendo cada dirección 128 entradas de fase y 128 entradas de ganancia. Por supuesto, en otras realizaciones, se implementan incluso más direcciones. Por esta razón, es preferible implementar los valores de desplazamiento de fase y/o de ganancia en un formato tabular, para aliviar la sobrecarga de procesamiento.

La realización indicada en los párrafos anteriores se prefiere porque minimiza la potencia de procesamiento requerida. Sin embargo, los expertos en la técnica reconocerán que, especialmente dados los recientes avances en la tecnología de microprocesadores, el procesador 108 está configurable para calcular los desplazamientos de fase y/o de ganancia a medida y cuando que se requieren los desplazamientos.

En una implementación física de la presente invención, cada elemento está conectado por una línea de transmisión 124 a un conmutador respectivo, que a su vez alimenta a un único extremo frontal de RF 126 para ser convertido en descendente y enviado a al menos un correlador. Se debe observar que en una realización preferida, la línea de transmisión que interconecta los elementos y los conmutadores es de la misma longitud, para asegurar que las señales recibidas sean coherentes en fase a través del sistema de alimentación del sistema de antenas. Sin embargo, en otras realizaciones, las diferencias en las longitudes de la línea de transmisión se tienen en cuenta y se corrigen en el momento de aplicar los desplazamientos de fase y/o de ganancia.

La interconexión entre el sistema de antenas 104 y el canal de recepción 116, así como el extremo frontal de RF 126, la electrónica implicada en el correlador 118 y los propios conmutadores 110, inevitablemente provocará retrasos. En una realización, este retraso se mide en alrededor de 950 ns, pero, por supuesto, los expertos en la técnica apreciarán que la duración del retraso variará dependiendo del hardware seleccionado. Por lo tanto, el funcionamiento de la manipulación de fase y/o de ganancia en el correlador no puede ocurrir simultáneamente con la conmutación del elemento al primer estado, ya que este retardo se debe tener en cuenta. Es decir, la manipulación de la fase y/o de la ganancia en el correlador se debe retrasar hasta 950 ns en esta realización.

En otras realizaciones, cada sistema de antenas contiene más de 60 elementos con un período de integración en la región de 100 μ s. En tales realizaciones, el período de una ranura B está en la región de solo 1 μ s o 2 μ s. Por lo tanto, un retraso de 950ns - casi 1 μ s - es significativo y se debe tener en cuenta.

La cantidad de elementos que contiene el sistema de antenas es un criterio para formar haces estrechos. Otros criterios igualmente importantes incluyen la resolución de la tabla de desplazamiento y el espaciamiento físico de los elementos. Para cada dirección, cada elemento debe tener desplazamientos asociados para fase y/o para ganancia. Por ejemplo, en realizaciones que tienen 60 elementos, las entradas de tabla para cada dirección en la que se debe formar un haz deben tener 60 compensaciones de ganancia y 60 compensaciones de fase registradas.

La separación física de los elementos también es importante para crear una diferencia de fase entre los elementos. Efectivamente, la separación física de los elementos permite recibir una señal de posicionamiento con fases

inherentemente diferentes. La separación de una mitad de longitud de onda entre elementos proporciona una fase máxima con lóbulos de rejilla mínimos. La manipulación de esas fases, por ejemplo, mezclando con una señal de referencia modificada como se ha indicado más arriba, permite que se forme un haz en una dirección deseada.

5 En una realización particularmente preferida, los elementos 106 están distribuidos espacialmente en una configuración que tiene más de dos dimensiones, de manera que el dispositivo puede formar haces en más de dos dimensiones. En gran medida, las direcciones en las que se puede formar un haz dependen de los elementos utilizados. Por ejemplo, un sistema plano que consta de elementos de parche será capaz de formar haces hemisféricos y un sistema plano que consta de monopolos podrá formar haces en un plano.

Modo de exploración del lado brillante vs. modo de exploración completa

10 De la discusión anterior se desprende que al menos dos sistemas planos que consisten en elementos de parche se pueden disponer de manera que los haces hemisféricos se unan para formar haces esféricos. En este sistema, por lo tanto, los haces se pueden formar en cualquier dirección.

15 En el modo de exploración completa, todos los elementos se conmutan entre los estados primero y segundo al menos una vez dentro del período de integración. Es decir, todos los elementos del conjunto reciben señales entrantes al menos una vez dentro de cada período de integración. El modo de exploración completa proporciona flexibilidad total ya que los haces se pueden formar en muchas direcciones diferentes simultáneamente, dependiendo de cuántos canales de correlador estén disponibles.

20 Sin embargo, cuando las señales solo iluminan un lado de un sistema de antenas tridimensionales, denominado "lado brillante", la información recibida desde el otro lado del sistema de antenas, denominado "lado oscuro", tendrá potencialmente poco valor. Esta situación ocurre con frecuencia en los sistemas de posicionamiento terrestre, en el que los transmisores se distribuyen comúnmente en el horizonte. En este caso, los elementos del lado oscuro se borran (es decir, la ganancia en estos elementos se establece en cero) y solo se utilizan elementos del lado brillante. Esto reduce efectivamente el ciclo de trabajo de correlación del sistema en un 50%, lo que significa que la mitad de la ganancia de correlación del sistema de antena se desperdicia. Para un sistema de posicionamiento que abarca un área relativamente pequeña, esta pérdida de ganancia de correlación de la antena puede ser tolerada, ya que la potencia de señal de las señales transmitidas es relativamente alta. Por lo tanto, se prefiere el modo de exploración completa, ya que en sistemas de área pequeña es aceptable compensar la ganancia de correlación máxima para obtener una flexibilidad óptima.

30 Sin embargo, para áreas geográficas más grandes en las que las señales se transmiten a distancias mayores, la ganancia de correlación puede volverse cada vez más importante. En tales casos, una forma de aumentar la ganancia de correlación de la antena es operar en modo de exploración del lado brillante. En este modo, los elementos en el lado luminoso se agrupan dinámicamente y sus respectivas duraciones de ranura B aumentan, de manera que solo los elementos laterales brillantes se acumulan dentro del período de integración. Esto da como resultado un aumento en el ciclo de trabajo de correlación y, por lo tanto, un aumento general en la ganancia de correlación.

Una realización ilustrativa

40 Con fines ilustrativos, la invención se describirá a continuación usando el sistema de antena más simple: un sistema que tiene solo dos elementos como se muestra en las figuras 5a y 5b. Sin embargo, los expertos en la materia podrán adaptar las enseñanzas de la presente memoria descriptiva a sistemas de antenas que tienen muchos más elementos distribuidos espacialmente en formas multidimensionales sin una facultad inventiva adicional.

45 En esta realización ilustrativa, los elementos 502 y 504 son monopolos de un cuarto de longitud de onda. Los dos elementos se colocan a la mitad de la longitud de onda espacialmente separados y las señales son recibidas en cada elemento. Cuando los dos elementos se suman, los respectivos patrones de ganancia omnidireccional de los elementos se combinan de tal manera que, a partir de una vista superior bidimensional de los elementos, se forma un patrón de haz similar al número 8, como se muestra en la figura 5a. En esta configuración, una señal de posicionamiento entrante desde la dirección lateral de los elementos 502 y 504 está en fase, y por lo tanto ampliada, mientras que las señales de la dirección longitudinal de los elementos están desfasadas, y por lo tanto canceladas.

Manipulación de fase

50 En la presente invención, es posible girar el número 8 en 90° de manera que la ganancia máxima se apunte en la dirección longitudinal, como se muestra en la figura 5b. Esto se consigue manipulando la fase y/o la ganancia del elemento 502 y el elemento 504 dentro de un período de integración de un receptor de posición. El elemento 502 y el elemento 504 están conectados cada uno a un conmutador, de manera que cada elemento puede conmutarse entre los estados primero y segundo y el período de integración sobre el que se produce la suma de la señal se divide en dos ranuras B.

55 Puesto que se conoce la separación de fases entre los elementos 502 y 504, la fase de uno de los elementos puede ser manipulada de manera que las ondas entrantes procedentes de la dirección de radiación longitudinal se sumen

5 constructivamente en lugar de destructivamente. En este caso, debido a que los elementos están a la mitad de la longitud de onda, la manipulación de fase requerida en el elemento 504 es de 180°. Las manipulaciones de fase requeridas para cada dirección se calculan de manera similar para construir una tabla de desplazamientos. Con el fin de la simplicidad, el desplazamiento de ganancia se establece en 1 y la dirección en que se puede dirigir el haz se limita a la dirección transversal o de la dirección longitudinal. A continuación, se proporciona una tabla de desplazamientos ejemplar que incorpora estas limitaciones.

Dirección	Transversal		Longitudinal	
Elemento	E502	E504	E502	E504
Fase	0°	0°	0°	180°
Ganancia	1	1	1	1

10 Para formar un haz en la dirección longitudinal, los elementos 502 y 504 se conmutan al primer estado en una secuencia de ranuras B predeterminada dentro del período de integración del receptor de posición. En la primera ranura B, el elemento 502 se conmuta al primer estado y el desplazamiento de fase se mantiene en 0° mientras se acumula en el acumulador; no es necesario manipularlo porque este elemento ya está a 0°. En la segunda ranura B, se desea que la fase de la señal entrante se sume constructivamente en el elemento 504. Puesto que el elemento 504 tiene una fase de recepción de 180° con respecto al elemento 502, se debe añadir un desfase de 180° al elemento 504 mientras se acumula en el acumulador, de manera que la señal recibida del elemento 504 llega a ser coherente con el elemento 502. Por lo tanto, las dos ranuras B se suman juntas en el proceso de acumulación y, por lo tanto, el valor acumulado al final del período de integración es representativo del haz de radiación longitudinal.

15 Los expertos en la materia entenderán que en la presente invención, el haz de en forma del número 8 se puede formar en cualquier dirección, dependiendo de la complejidad de la tabla de desplazamiento.

Para ambos elementos en este ejemplo simple, un desplazamiento de ganancia de 1 (ganancia unitaria) se multiplica con la señal de posicionamiento entrante y, por lo tanto, no modifica el haz formado.

20 Como se ha indicado más arriba, la manipulación de fase se debe aplicar de forma sustancialmente sincrónica a la conmutación de los elementos al primer estado; de lo contrario, el patrón de ganancia del haz no se formará correctamente.

25 De acuerdo con realizaciones de la presente invención, una señal de posicionamiento desde, por ejemplo, PRN1, inicia la transmisión. Después de la adquisición de PRN 1 en el receptor de posicionamiento, un NCO portador dentro del correlador de receptor de posicionamiento sintetiza una señal de referencia que es sustancialmente similar a la señal de posicionamiento.

30 El receptor de posicionamiento ha determinado que PKN1 está en la dirección longitudinal y, por lo tanto, se toma la decisión de formar un haz en esa dirección. El procesador busca la tabla de desplazamiento y determina que no se requiere desplazamiento para la primera ranura B durante el período de integración, que corresponde al elemento 502. De forma similar, el procesador determina que se requiere un desplazamiento de 180°, o $1/2\lambda$, durante la segunda ranura B, que corresponde al elemento 504. Después de aplicar cada desplazamiento al NCO portador para crear una señal de referencia modificada, la señal de posicionamiento entrante y la señal de referencia modificada se mezclan en un mezclador y se acumulan en el acumulador, de acuerdo con el funcionamiento normal de un correlador. Es decir, con referencia a las figuras 1, 3 y 5, la señal de posicionamiento entrante recibida en los elementos 502 y 504 es alimentada a través de conmutadores al frente de RF 126 y posteriormente convertida y muestreada en un convertidor analógico a digital. La señal recibida se pasa a continuación a al menos un correlador 118.

35 La señal de posicionamiento recibida se separa en sus componentes en fase y de fase cuadrática, mezclando la señal de posicionamiento recibida con una señal de referencia de portador que es sintetizada por el NCO portador 408 y las funciones de mapeo de seno y coseno discretos 410 y 412. Sin embargo, antes de que la señal de referencia modificada se mezcle con la señal de posicionamiento recibida, el procesador determina que PRN1 está en la dirección longitudinal. Para la primera ranura B, en la que el elemento 502 se conmuta al primer estado, el procesador comprueba la tabla para determinar si se requiere un desplazamiento al NCO portador. En este caso, no se requiere un desplazamiento, por lo que no son necesarias modificaciones a la señal de referencia. Por lo tanto, se permite que la acumulación proceda de acuerdo con la operación del correlador normal. Es decir, la señal de referencia no modificada se mezcla con la señal de posicionamiento recibida en los mezcladores 404 y 406 para crear una señal mezclada, a continuación se mezcla con la señal de referencia del código, y posteriormente se acumula en los acumuladores 422 y 424.

40 Para la segunda ranura B, el procesador verifica la tabla para determinar si se requiere un desplazamiento al NCO portador. En este caso, se requiere un desfase de 180°. El desplazamiento se aplica al valor de fase de la señal de referencia del portador actual para crear una señal de referencia modificada cuando comienza la segunda ranura B y el elemento 504 se conmuta al primer estado. El desplazamiento de fase se aplica continuamente al valor de NCO

5 portador durante la duración de la ranura B. La señal de referencia modificada se mezcla con la señal de posicionamiento recibida para crear una señal mezclada, a continuación se mezcla con la señal de referencia del código, y posteriormente se acumula con el valor de la primera ranura B en los acumuladores 422 y 424 para crear una señal acumulada. Por lo tanto, las dos ranuras B se suman juntas en el proceso de acumulación y, por lo tanto, el valor acumulado al final del período de integración es representativo del haz de radiación longitudinal.

Se hace notar que la señal de referencia de portador sintetizada por el NCO portador 408 no conmuta durante el período de integración, sino que solo se actualiza mediante el bucle de bloqueo de portador 414 al final del período de integración.

10 En las realizaciones analizadas en la presente memoria descriptiva, la señal acumulada se crea en el acumulador durante toda la duración del período de integración. Sin embargo, en otras realizaciones, cada ranura B se acumula en su propio acumulador individual, correspondiendo el número mínimo de acumuladores al número mínimo de ranuras B requeridas. En estas realizaciones, la señal acumulada se obtiene a partir de la combinación de las señales en los acumuladores individuales.

15 En las realizaciones tratadas, solo un elemento puede estar en el primer estado en cualquier instante dentro del período de integración. Por lo tanto, cuando el elemento 504 se conmuta al primer estado, el elemento 502 se conmuta simultáneamente al segundo estado.

20 Después de atravesar el bucle de bloqueo de código 426, la señal mezclada se integra en los acumuladores 422 y 424, creando una señal acumulada. Puesto que la manipulación de las señales se produce en serie, la integración de la señal mezclada es, en efecto, la suma de un número infinito de señales modificadas a lo largo del período de integración. Por lo tanto, la señal acumulada es representativa de un nuevo haz formado en la dirección deseada.

25 Como se ha descrito más arriba, el sistema de antenas 104 y el circuito de conmutación (conmutadores 110) están acoplados a un receptor de posicionamiento 114, que realiza la solución PVT requerida para determinar la posición del receptor. Como la dirección de las señales de posicionamiento entrantes se conoce para cualquier tiempo dado, los haces formados en cada canal correlador pueden dirigirse hacia esas direcciones conocidas para maximizar la ganancia de la señal entrante mientras atenúan las señales de otras direcciones, mitigando así los efectos de la propagación múltiple.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo para formar un haz (122) de un sistema de antenas (104), incluyendo el citado dispositivo:
un sistema de antenas (104) que tiene una pluralidad de elementos de antena (106) distribuidos espacialmente;
una pluralidad de conmutadores (110), estando conectado cada elemento de antena (106) a un conmutador
5 respectivo (110);
un procesador (108) para conmutar selectivamente, a través de la citada pluralidad de conmutadores (110), los
citados elementos de antena (106) entre estados primero y segundo, de manera que los citados elementos de
antena (106) reciben una señal entrante en el citado primer estado y no reciben una señal entrante en el citado
segundo estado; y
10 un receptor (114) acoplado al citado sistema de antenas (104) a través de los citados conmutadores (110), y
acoplado al citado procesador (108),

caracterizado porque

- el citado receptor (114) está configurado para: generar una señal de referencia; modificar la citada señal de
referencia en sincronización sustancial con los citados elementos de antena (106) que se conmutan al citado primer
15 estado; mezclar la citada señal entrante con la señal de referencia modificada para generar una señal mezclada; y
acumular la citada señal mezclada durante un período de integración para generar una señal acumulada, de manera
que la citada señal acumulada es indicativa de la dirección y de la magnitud del citado haz (122) del citado sistema
de antenas (104).
2. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el citado receptor (114) incluye al menos un canal
20 de recepción (116) que tiene un correlador (118) configurado para generar la citada señal de referencia.
3. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que la modificación de la citada
señal de referencia comprende la manipulación selectiva de la fase y/o la ganancia de la citada señal de referencia.
4. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la citada manipulación de la citada fase y/o
ganancia comprende la aplicación de un desplazamiento de fase y/o de ganancia a la citada señal de referencia, en
25 el que el valor del citado desplazamiento de fase y/o de ganancia se determina con dependencia de que uno de los
citados elementos de antena (106) sea conmutado al citado primer estado.
5. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el citado correlador (118) incluye un oscilador
portador controlado numéricamente (NCO) (408) configurado para sintetizar la citada señal de referencia.
6. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el citado procesador (108) está configurado para
30 determinar el valor del citado desplazamiento de fase y/o de ganancia en tiempo real o al recuperar un valor
predeterminado almacenado en una base de datos (120) accesible por el citado procesador (108).
7. Un dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el citado procesador
(108) está configurado para conmutar selectivamente uno cualquiera o más de los citados elementos de antena
(106) entre los citados estados primero y segundo en una secuencia predeterminada.
- 35 8. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la citada secuencia predeterminada excluye
selectivamente uno o más de los citados elementos de antena (106) para que no se conmuten al citado primer
estado.
9. Un dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el citado receptor
(114) incluye múltiples canales de recepción (116), siendo adaptable cada canal de recepción (116) para formar al
40 menos un haz (122).
10. Un dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los elementos de
antena (106) conmutados al citado segundo estado están configurados para que sean no resonantes de manera que
se mejoren los efectos del acoplamiento mutuo.
11. Un dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el citado procesador
45 (108) está configurado para retrasar la modificación de la citada señal de referencia para tener en cuenta un retardo
de propagación incurrido entre recibir la citada señal entrante y mezclar la citada señal entrante, de manera que la
citada sincronización sustancial se mantenga.
12. Un método para formar un haz (122) de un sistema de antenas (104), incluyendo el citado método los pasos
de:

- a) conmutar selectivamente (302) elementos de antena distribuidos espacialmente (106) del citado sistema de antenas (104) desde un segundo estado en el que los citados elementos de antena (106) están configurados para no recibir una señal entrante a un primer estado en el que los citados elementos de antena (106) están configurados para recibir una señal entrante;
- 5 b) recibir (304) la citada señal entrante por medio de los citados elementos de antena (106) conmutados al citado primer estado;
- c) generar (308) una señal de referencia;
- d) modificar la citada señal de referencia en sincronización sustancial con los citados elementos de antena (106) que se conmutan al citado primer estado para crear una señal de referencia modificada (310);
- 10 e) mezclar la citada señal entrante con la citada señal de referencia modificada para crear una señal mezclada (312); y
- f) acumular la citada señal mezclada a lo largo de un período de integración para crear una señal acumulada (314), en el que la citada señal acumulada es indicativa de la dirección y la magnitud del citado haz (122) del citado sistema de antenas (104).
- 15 13. Un método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la citada señal de referencia es generada en un correlador (118).
14. Un método de acuerdo con la reivindicación 12 o la reivindicación 13, en el que la modificación de la citada señal de referencia comprende manipular selectivamente la fase y/o la ganancia de la citada señal de referencia.
- 20 15. Un método de acuerdo con la reivindicación 14, en el que manipular selectivamente la fase y/o la ganancia de la citada señal de referencia comprende aplicar un desplazamiento de fase y/o de ganancia a la citada señal de referencia, en el que el valor del citado desplazamiento de fase y/o de ganancia se determina con dependencia de que uno de los citados elementos de antena (106) se conmute al citado primer estado.
- 25 16. Un método de acuerdo con la reivindicación 15, en el que el valor del citado desplazamiento de fase y/o de ganancia se determina en tiempo real o recuperando un valor predeterminado almacenado en una base de datos (120).
17. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 16, en el que uno cualquiera o más de los citados elementos de antena (106) son conmutados selectivamente entre los citados estados primero y segundo en una secuencia predeterminada.
- 30 18. Un método de acuerdo con la reivindicación 17, en el que un subconjunto de los citados elementos de antena (106) permanecen conmutados al citado segundo estado durante toda la duración del citado período de integración.
19. Un método de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el citado correlador (118) genera la citada señal de referencia en un oscilador portador controlado numéricamente (NCO) (408).
- 35 20. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 19, en el que el citado método es realizado por un receptor (114) acoplado al citada sistema de antenas (104) por medio de una pluralidad de conmutadores (110), incluyendo el citado receptor (114) múltiples canales de recepción (116), y en el que el citado método comprende además el paso de adaptar cada canal de recepción (116) para formar al menos un haz (122).
- 40 21. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 20, en el que la modificación de la citada señal de referencia (310) es retrasada para tener en cuenta un retardo de propagación incurrido entre recibir la citada señal entrante y mezclar la citada señal entrante, de manera que se mantenga la citada sincronización sustancial.

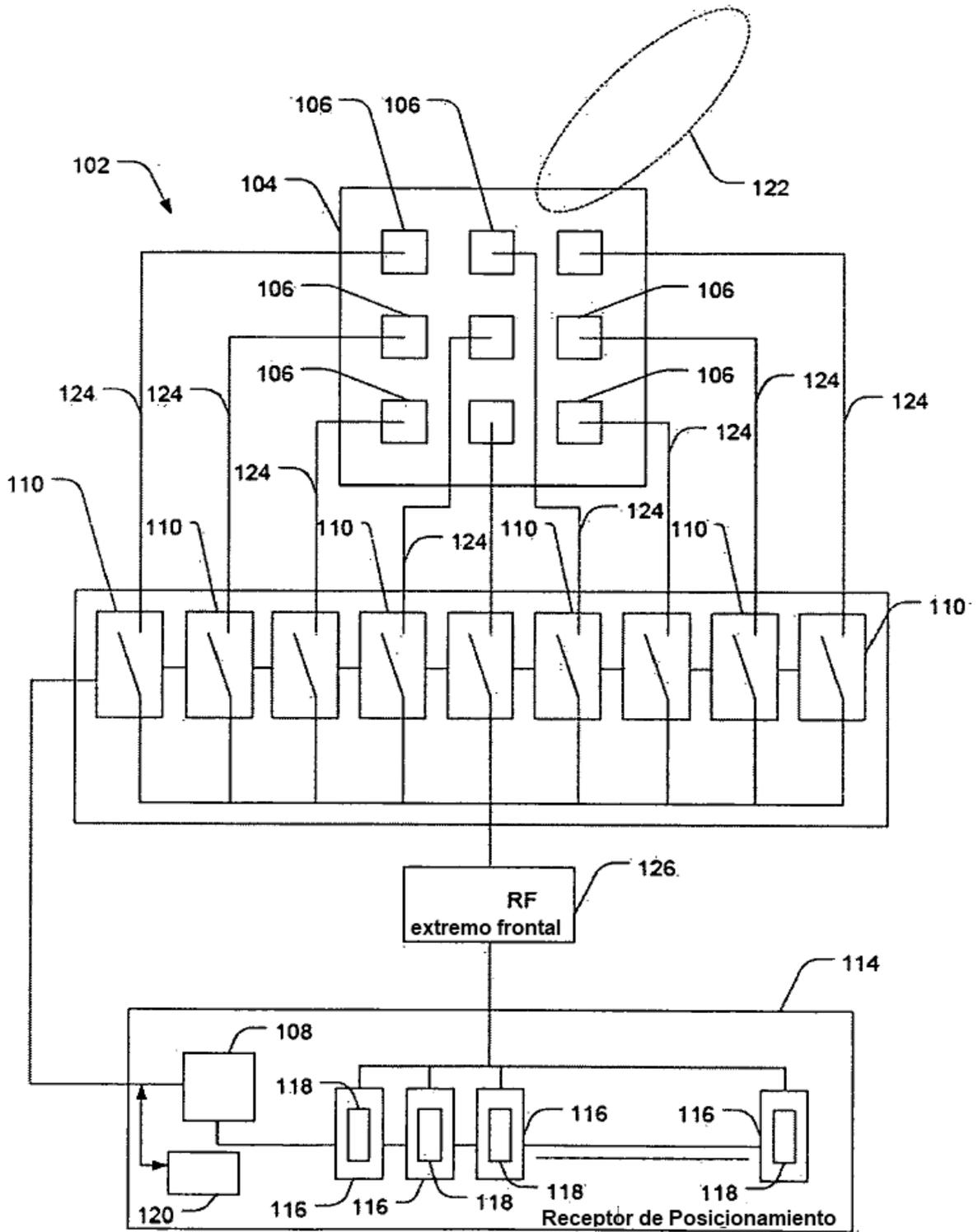


Figura 1

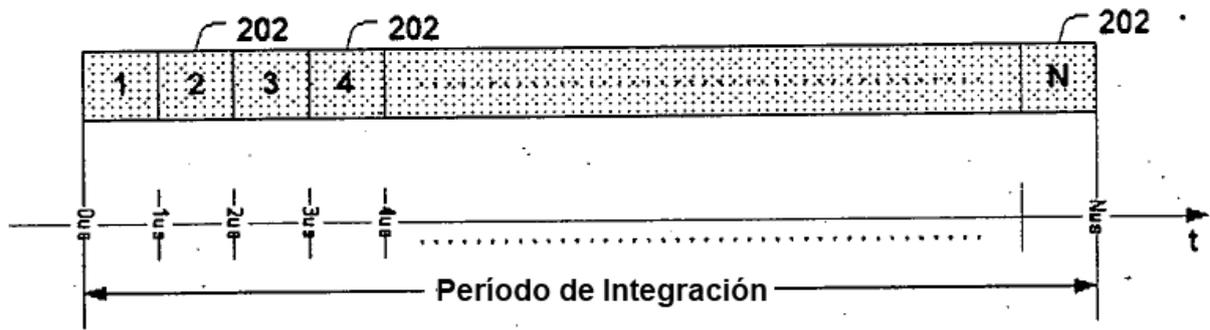


Figura 2

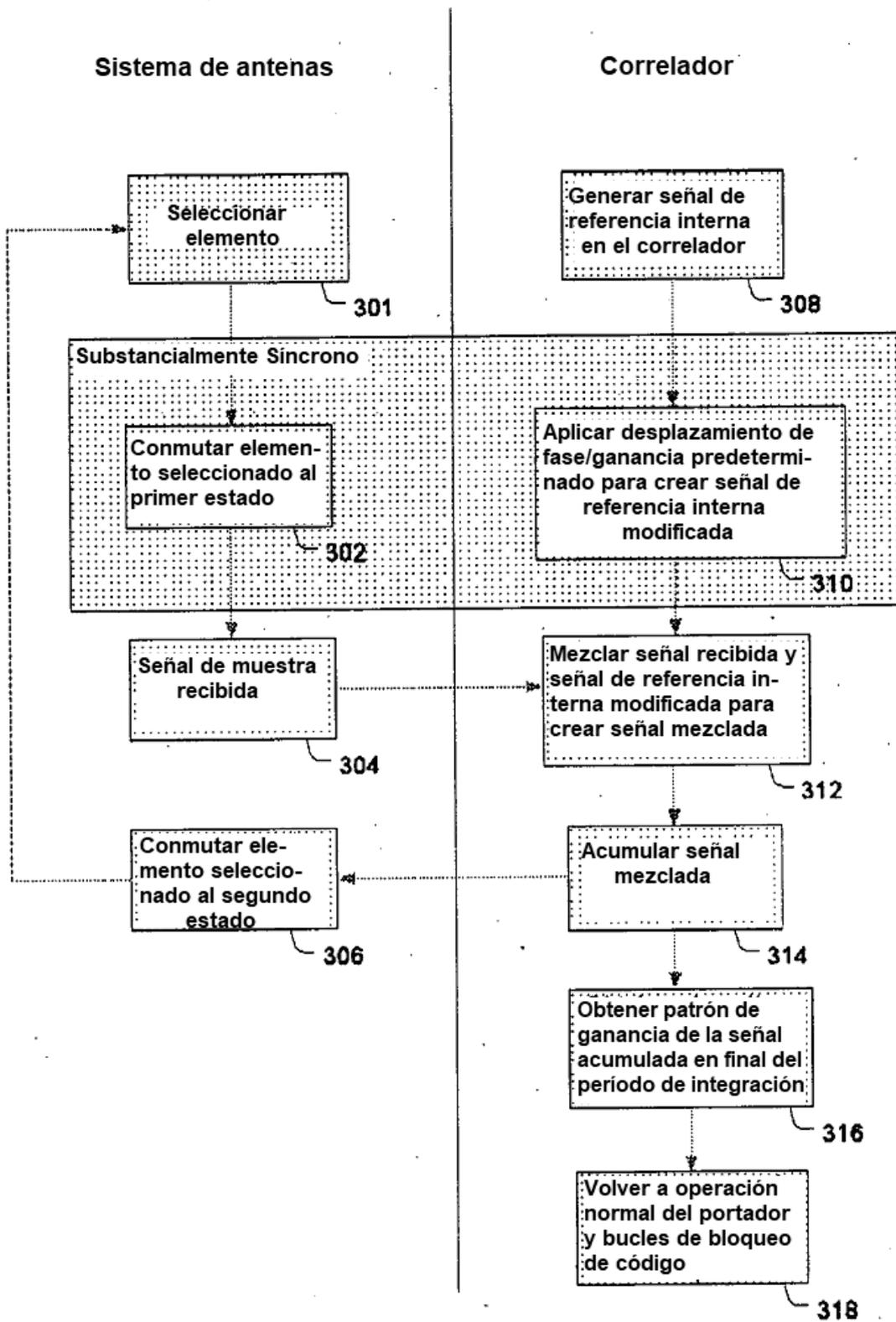


Figura 3

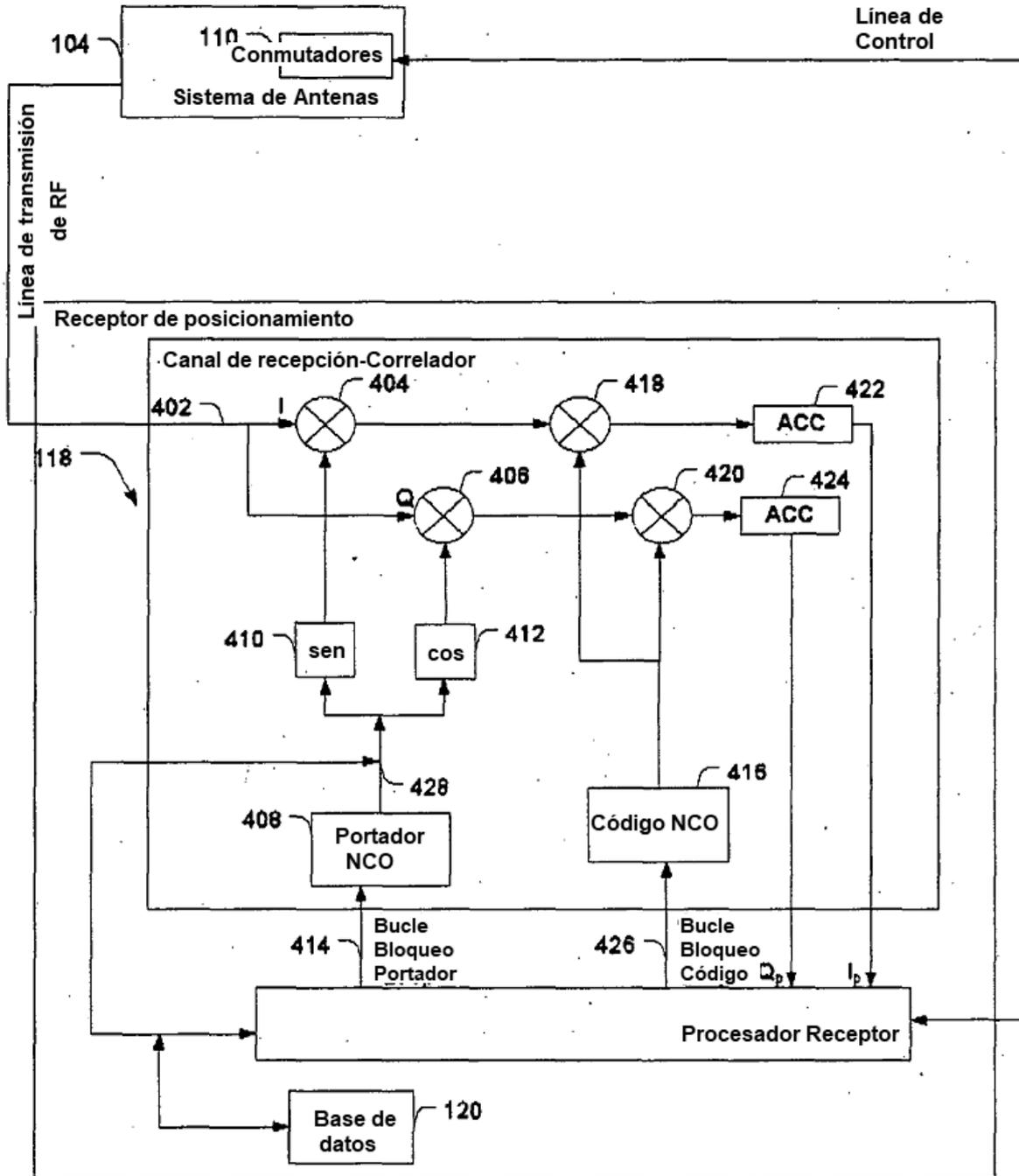


Figura 4

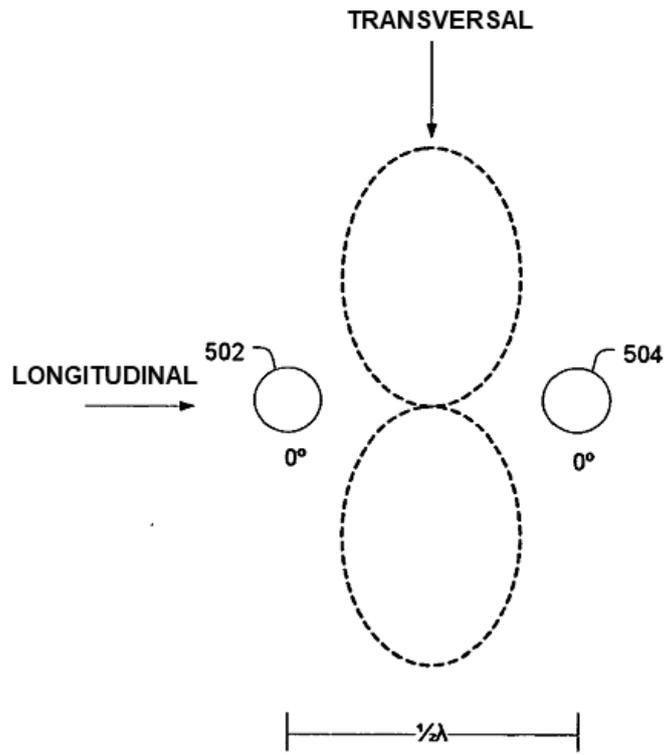


Figura 5a

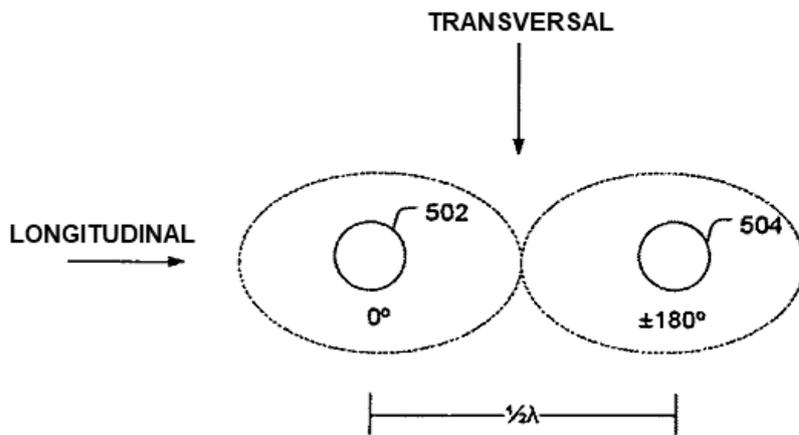


Figura 5b