

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 581 660**

51 Int. Cl.:

H01Q 3/26 (2006.01)

H01Q 1/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.07.2009** **E 09785355 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.06.2016** **EP 2311140**

54 Título: **Una agrupación de antenas en fase y un método para operar una agrupación de antenas en fase**

30 Prioridad:

18.07.2008 GB 0813237

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

06.09.2016

73 Titular/es:

PHASOR SOLUTIONS LIMITED (100.0%)
The Elms Courtyard Bromesberrow Ledbury
Hereford and Worcester HR8 1RZ, GB

72 Inventor/es:

MAYO, RICHARD

74 Agente/Representante:

LAZCANO GAINZA, Jesús

ES 2 581 660 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

Una agrupación de antenas en fase y un método para operar una agrupación de antenas en fase

5 La presente invención se refiere a una agrupación de antenas en fase y a un método para operar una agrupación de antenas en fase, en particular, pero no exclusivamente a sistemas/paneles de agrupaciones de antenas en fase utilizados en los sistemas de telecomunicaciones.

10 Las antenas reflectoras tales como las antenas parabólicas se usan en los sistemas de telecomunicaciones y son simples y fáciles de entender. Las antenas reflectoras componen la mayoría de los sistemas de antenas de alta ganancia. Con el fin de direccionar una antena reflectora, es usualmente necesario el movimiento mecánico de todo el reflector, aunque también se conocen alternativas tales como el desplazamiento mecánico o eléctrico de la alimentación.

15 La velocidad a la cual puede dirigirse el rayo mediante una antena reflectora se limita por las limitaciones mecánicas de acelerar la masa del reflector u otras partes móviles de la antena. La precisión mecánica del mecanismo de movimiento limita además la precisión del direccionamiento del rayo de la antena. Además, cualquier imprecisión en la estructura sobre la cual se monta el reflector puede reducir la ganancia de la antena reflectora dado que la localización y/o la dirección física de la antena reflectora pueden comprometerse mediante la estructura sobre la cual se monta la antena. 20 Además, la deformación estructural (tal como la tensión y la expansión térmica) del reflector puede reducir la precisión estructural de la antena reflectora, especialmente para antenas reflectoras grandes.

25 Las antenas reflectoras son pesadas y pueden no adecuarse para su uso en vehículos de alta velocidad tal como trenes dado que estos son susceptibles a daños. Por ejemplo, los daños por el viento o los daños por las ramas de los árboles que puedan chocar contra el tren pueden desplazar y/o dañar una antena reflectora.

Una alternativa para las antenas reflectoras son las agrupaciones de antenas en fase, las cuales consisten en un número de elementos de antena dispuestos en un patrón de rejillas para formar una agrupación.

30 Las agrupaciones de antenas en fase pueden ser planas y proporcionan una ventaja sobre las antenas reflectoras dado que estas requieren una profundidad física considerablemente menor para su instalación. Sin embargo, las agrupaciones de antenas en fase son típicamente más caras de construir y de instalar debido a la precisión requerida durante la fabricación con el fin de proporcionar una agrupación de antenas fiable. Se requieren datos precisos con relación a las localizaciones físicas reales de los elementos individuales de la agrupación de antenas en fase 35 relacionados entre sí con el fin de controlar de manera adecuada la dirección y enfoque de la agrupación de antenas en fase y de este modo enviar y recibir datos de manera adecuada.

40 El documento de patente US 2002/0135513 (Dean Alan Paschen y otros) describe un sistema de combinación distribuido adaptativo para múltiples antenas de apertura que incluyen agrupaciones en fase, en donde cada elemento dentro del aparato de la antena tiene un circuito asociado que ajusta la fase/el tiempo.

Se conocen otros sistemas de agrupaciones de antenas en fase en los cuales los elementos de la antena se soportan mediante un panel móvil y el movimiento del panel se utiliza cuando se comunica con un satélite. Tales paneles se configuran para inclinarse y rotar durante el uso. 45

Aspectos y modalidades de la invención se idearon con lo anterior en mente.

La invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

50 De acuerdo con un primer aspecto de la invención se proporciona una agrupación de antenas en fase que comprende un primer elemento de la antena y una pluralidad de segundos elementos de la antena configurados para recibir señales de comunicaciones. El primer elemento de la antena que comprende un oscilador controlable configurado para proporcionar una señal de salida para la conversión en frecuencia de una señal de comunicación recibida para formar una primera señal de salida del elemento. La fase de la señal de salida del oscilador controlable es ajustable en 55 respuesta a una señal de control de fase representativa de una comparación entre el elemento de la primera señal de salida y las señales de salida convertidas en frecuencia de la pluralidad de los segundos elementos de la antena. La primera señal de salida puede combinarse de manera constructiva con las señales de salida de los segundos elementos.

60 De acuerdo con un segundo aspecto de la invención se proporciona un método para ajustar la fase de un oscilador controlable de un primer elemento de la antena de una agrupación de antenas en fase en donde la señal de salida del oscilador controlable se usa para convertir la frecuencia de una señal de comunicación recibida para formar una señal de salida del primer elemento, el método que comprende comparar la señal de salida del primer elemento con las señales de salida de frecuencia convertida en una pluralidad de segundos elementos de la antena; generar una señal de 65 control de fase representativa de la comparación; ajustar la fase de la señal de salida generada por el oscilador controlable asociado con el primer elemento de la antena en respuesta a la señal de control de fase de manera que la

señal de salida del primer elemento se combina de manera constructiva con las señales de salida de los segundos elementos.

5 Generar la señal de control de fase mediante el uso de señales recibidas en una pluralidad de segundos elementos puede reducir el efecto de ruido, y permitir que se genere una señal de control de fase más precisa debido a que el ruido asociado con una señal recibida en una pluralidad de elementos de la antena puede ser menor que el ruido asociado con una señal representativa de señales recibidas en un único elemento de la antena.

10 Modalidades de la invención pueden proporcionar sistemas de comunicaciones mejorados, particularmente aquellos que puedan usarse mientras que un usuario de un dispositivo de comunicaciones esté en tránsito en un vehículo, por ejemplo para proporcionar acceso a Internet a un usuario o a un tren.

15 La fase de la señal de salida del oscilador controlable puede ajustarse con relación a la fase de la señal de comunicación recibida en el primer elemento de la antena.

Las señales de salida pueden combinarse de manera constructiva si estas son las mismas o son representativas del mismo valor.

20 En algunas modalidades el primer y segundo elementos de la antena pueden configurarse para generar señales de banda de base.

25 La señal de control de fase representa el resultado de una comparación entre la señal de salida del primer elemento y un valor o característica de un compuesto/medio/promedio de las señales de salida de la pluralidad de segundos elementos de la antena. Mediante el uso de un compuesto de las señales recibidas en la pluralidad de segundos elementos se permite que las señales recibidas en cada uno de los segundos elementos influyan en la señal de control de fase, y en algunas modalidades que influyan igualmente en la señal de control de fase.

30 La señal de control de fase puede representar el resultado de una comparación entre un símbolo de datos representado por la señal de salida del primer elemento y un símbolo de datos representado por las señales de salida del segundo elemento. Esto puede permitir que cualquier diferencia de fase y de tiempo entre las señales de comunicaciones recibidas en los elementos se consideren como insignificantes estadísticamente dado que cualquier diferencia en las propiedades en la frecuencia de la portadora de la señal de comunicación recibida puede reducirse y/o retirarse cuando la señal de comunicación se convierte en frecuencia en el dominio de símbolos de datos.

35 Las señales de salida del elemento pueden ser señales de frecuencia intermedia (IF) representativas de un símbolo de datos o pueden ser señales de banda de base.

40 La señal de control de fase puede representar el resultado de una comparación entre un símbolo de datos representado por la señal de salida del primer elemento y un símbolo de datos representativo de símbolos de datos de una mayoría de las señales de salida del segundo elemento. De esta manera, la señal de salida del primer elemento puede ponerse en concordancia con la señal de salida de la mayoría de los segundos elementos.

45 El primer y segundo elementos de la antena pueden configurarse para recibir señales de comunicaciones QPSK, y la señal de control de fase puede comprender una representación de un grado de correlación cruzada entre las señales de salida en fase y de componente en fase de cuadratura del primer y segundo elementos de la antena. Las características de fase incorporadas de una señal QPSK, o cualquier otra señal de modulación-desplazada en fase, pueden ser beneficiosas cuando se determina si debería ajustarse la fase relativa de la salida del oscilador controlable.

50 La señal de control de fase puede ser representativa de un grado de correlación entre un componente en fase de una señal de salida QPSK del primer elemento de la antena y un componente de fase en cuadratura de las señales de salida de la pluralidad de segundos elementos de la antena; y/o la señal de control de fase puede ser representativa de un grado de correlación entre un componente de fase en cuadratura de una señal de salida QPSK del primer elemento de la antena y un componente en fase de las señales de salida de la pluralidad de segundos elementos de la antena.

55 En modalidades donde la señal de control de fase es representativa de ambas comparaciones descritas anteriormente, la señal de control de fase puede usarse para ajustar de manera más precisa la fase relativa del oscilador controlable dado que este es representativo de dos conjuntos de datos de comparación.

60 La señal de control de fase puede ser representativa de la diferencia entre los grados de correlación determinados, y puede representar un valor de tiempo promedio de la diferencia. Esto puede reducir el efecto de cualquier señal no deseada que esté presente tanto en las señales de componente en fase y de fase en cuadratura. El tiempo que promedia la señal de diferencia puede reducir y/o minimizar cualquier correlación de coincidencia entre las señales de componente en fase y de fase en cuadratura que pueden conllevar a un desplazamiento de fase incorrecto que se aplica al oscilador controlable.

65 La comparación entre la señal de salida del primer elemento y las señales de salida generadas por la pluralidad de

- segundos elementos de la antena puede comprender una comparación de los códigos embebidos en las señales de salida. Los códigos embebidos en las señales de salida pueden determinarse a partir de las señales de comunicaciones recibidas a partir de una fuente de datos en los elementos, y pueden permitir que las señales de comunicaciones a partir de una fuente de datos deseada se identifique para excluir las señales de comunicaciones recibidas de otras fuentes de datos que transmiten a la misma frecuencia, en algunas modalidades aún donde las señales de comunicaciones recibidas de otras fuentes de datos son más fuertes que la señal recibida a partir de la fuente de datos deseada. La fuente de datos puede ser un satélite.
- El primer elemento de la antena puede comprender además un componente de comparación de fase configurado para comparar la fase de la señal de salida del primer elemento con la fase de las señales de salida de la pluralidad de segundos elementos de la antena para generar la señal de control de fase. De manera adecuada, el componente comparador de fase puede derivarse de un lazo Costas.
- La señal de control de fase puede representar cualquier diferencia entre la señal de salida del primer elemento y el promedio de las señales de salida del segundo elemento. La señal de control de fase puede proporcionar una indicación del grado al cual el oscilador controlable está fuera de fase con una señal de comunicación recibida en el primer elemento de la antena.
- La agrupación de antenas en fase puede comprender además un componente de demora asociado con uno o más del primer o segundo elementos de la antena, en donde uno o más componentes de demora se configuran para alinear de manera temporal las señales de salida del primer y segundo elementos de la antena. Alinear de manera temporal las señales de salida del primer y segundo elementos puede provocar que las señales de salida se alineen en el dominio del tiempo de manera que las señales de salida convertidas en frecuencia relacionadas a una señal transmitida por una fuente de datos en una instancia en el tiempo "t" se combinan de manera constructiva con las señales de salida correspondientes convertidas en frecuencia relacionadas con la misma señal que se transmitió al mismo tiempo "t". Esto puede proporcionar una señal combinada con una relación señal a ruido mejorada y/o una mayor Calidad de Servicio (QoS) tal como una menor probabilidad de error de bits.
- La pluralidad de los segundos elementos de la antena puede configurarse de manera que las señales de salida individuales de uno o más de los segundos elementos se ponderan, y/o se inhiben, en respuesta a una señal de control del nivel de energía que satisface un criterio. El criterio puede ser un umbral, por ejemplo el criterio puede satisfacerse si la señal de control del nivel de energía es mayor o menor que el umbral.
- La señal de control del nivel de energía para un segundo elemento de la antena puede ser representativo de una comparación entre la señal de salida de ese segundo elemento de la antena y las señales de salida de los otros segundos elementos de la antena. Inhibir y/o ajustar una ponderación asociada con las señales de salida de uno o más de los segundos elementos puede permitir que la señal de control de fase se configure para ajustar de manera más precisa la fase relativa del oscilador controlable dado que existe un grado aumentado de control sobre cómo se genera la señal de control de fase. Por ejemplo, la señal de salida de cualquier elemento defectuoso o confuso de la antena puede excluirse de la comparación de las señales de salida cuando se genera la señal de control de fase.
- La agrupación de antenas en fase puede comprender además una memoria configurada para almacenar las coordenadas asociadas con cada uno del primer y segundo elementos. Las coordenadas pueden identificar la localización física de los elementos en la agrupación de antenas en fase.
- Las coordenadas asociadas con cada uno del primer y segundo elementos de la antena pueden ajustarse inicialmente de acuerdo con las propiedades físicas de la agrupación de antenas en fase, y esto puede permitir que la agrupación de antenas en fase se ajuste más rápidamente a la fase relativa del oscilador controlable a un valor deseado enfocándose por tanto más rápidamente en la agrupación de antenas en fase sobre una fuente de datos deseada tal como un satélite.
- Las coordenadas asociadas con cada uno del primer y segundo elementos de la antena pueden ajustarse en respuesta a la señal de control de fase.
- La agrupación de antenas en fase puede comprender además un procesador configurado para calcular un plano de mejor ajuste para las coordenadas. La señal de control de fase puede comprender una señal que se configura para ajustar la fase del oscilador controlable para ponerla en línea con el plano de mejor ajuste.
- La agrupación de antenas en fase puede comprender uno o más paneles de agrupaciones de antena en fase. Puede proporcionarse un vehículo, por ejemplo un tren, que comprenda la agrupación de antenas en fase.
- Puede proporcionarse un programa informático que comprenda elementos de máquina o programas legibles por ordenador para configurar una agrupación de antenas en fase para generar señales de control para implementar un método de acuerdo con un aspecto de la invención, y/o para configurar una agrupación de antenas en fase de un aspecto de la invención.

Puede proporcionarse un medio portador que transporta un programa informático. El medio portador puede ser uno de los siguientes: memoria en estado sólido; memoria magnética; CD-ROM; disco versátil digital (DVD); HD-DVD; CD lectura-escritura; Disco Blu-ray, una señal electrónica; onda portadora de radiofrecuencia u onda portadora óptica.

- 5 Puede proporcionarse un panel de agrupaciones de antenas en fase que comprende una pluralidad de elementos de la antena, dicha pluralidad de elementos de la antena que comprenden un oscilador controlable y un lazo Costas, en donde dicho oscilador controlable se configura de manera que la fase del oscilador controlable se ajusta en respuesta a una señal de control generada por el lazo Costas.
- 10 De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, se proporciona un elemento de una agrupación de antenas en fase que comprende un lazo Costas, en donde el lazo Costas se configura para multiplicar el componente en fase de una señal de salida local por el componente de fase en cuadratura de una señal de salida externa para generar una señal de control de fase.
- 15 De acuerdo con un aspecto aún adicional de la invención, se proporciona un elemento de una agrupación de antenas en fase que comprende un lazo Costas, en donde el lazo Costas se configura para multiplicar el componente en cuadratura de una señal de salida local por el componente de fase en fase de una señal de salida externa para generar una señal de control de fase.
- 20 El uso de una señal de salida externa puede permitir que el lazo Costas proporcione datos de control de fase mejorados al reducir los efectos de ruido que puedan recibirse en el elemento. La señal de control de fase puede provocar que la fase de un oscilador local se ajuste más rápidamente y/o de manera más precisa con el fin de bloquear el lazo Costas.
- 25 La señal de salida externa puede ser un consenso/compuesto de señales de salida generadas mediante uno o más elementos adicionales de la agrupación de antenas en fase. Mediante el uso de un consenso de señales de salida puede reducirse el efecto total del ruido recibido en los elementos individuales.
- 30 Puede existir una ruptura en el lazo Costas asociado con un elemento, donde un consenso/compuesto de las señales de salida de los lazos Costas asociados con otros elementos se usa para obtener el ajuste de fase para el oscilador local para el elemento.
- 35 Las modalidades específicas de acuerdo con la presente invención se describirán ahora, a manera de ejemplo solamente, con referencia a los dibujos, en los cuales:
la Figura 1 muestra un sistema de comunicaciones de acuerdo con una modalidad de la invención;
la Figura 2 muestra un sistema de comunicaciones de acuerdo con otra modalidad de la invención;
la Figura 3 muestra un diagrama de componentes de un panel de agrupaciones en fase de acuerdo con otra modalidad de la invención;
la Figura 4 muestra un diagrama de circuito asociado con un elemento de la agrupación en fase de acuerdo con un ejemplo;
la Figura 5 muestra un diagrama de circuito asociado con un elemento de la agrupación en fase de acuerdo con otra modalidad de la invención;
la Figura 6 muestra un diagrama de circuito asociado con un elemento de la agrupación en fase de acuerdo con otra modalidad de la invención;
la Figura 7 muestra un diagrama de circuito asociado con un elemento de la agrupación en fase de acuerdo con otra modalidad de la invención;
la Figura 8 muestra un sistema de comunicaciones de acuerdo con otra modalidad de la invención;
la Figura 9 muestra un diagrama de circuito asociado con un elemento de la agrupación en fase de acuerdo con otra modalidad de la invención;
la Figura 10 muestra de manera esquemática una vista en sección transversal de un panel de la agrupación en fase de acuerdo con otra modalidad de la invención;
la Figura 11 muestra de manera esquemática una vista superior de un panel de la agrupación en fase de acuerdo con otra modalidad de la invención;
la Figura 12 muestra un diagrama de circuito asociado con un elemento de la agrupación en fase de acuerdo con otra modalidad de la invención; y
las Figuras 13 y 14 ilustran gráficamente los resultados de la simulación de un receptor de acuerdo con una modalidad de la presente invención.
- 60 Una o más modalidades de la presente invención se refiere a una agrupación de antenas en fase, particularmente a un sistema/panel de la agrupación de antenas en fase que puede usarse para proporcionar una ganancia mejorada y una relación señal a ruido cuando se envían y se reciben señales de comunicaciones electromagnéticas. El sistema de agrupaciones de antenas en fase puede comprender uno o más paneles de agrupaciones de antenas en fase que enfocan automáticamente su rayo de máxima ganancia a un transmisor o receptor de las señales de comunicaciones electromagnéticas tal como un satélite.
- 65 Enfocar el sistema de agrupaciones de antenas en fase reduce el ancho de banda de la agrupación de antenas en fase

que actúa como un receptor. El ruido al cual se somete el receptor es proporcional al ancho de banda del sistema. Como un ejemplo, si el ancho de banda se reduce por un factor de 10 la relación señal a ruido mejora por 10 dB.

El ancho de banda del sistema de antena puede considerarse como el intervalo de frecuencias donde las características de la antena (tales como ancho del rayo, impedancia de entrada, patrón, polarización, nivel del lóbulo lateral, ganancia, dirección del rayo, eficiencia de radiación por ejemplo) están dentro de un valor aceptable.

El rayo se enfoca al generar las señales de realimentación de fase que se usan para ajustar desplazamientos de fase relativos aplicados a osciladores controlables locales asociados con cada uno de los elementos que se usan como parte de las operaciones de modulación/demodulación en las señales de comunicaciones usadas en las telecomunicaciones.

Las señales de realimentación de fase pueden generarse al comparar una señal de salida de un elemento individual con una "señal de salida de consenso" que representa las señales de salida de una pluralidad de otros elementos. Una señal de realimentación de fase ajusta la fase relativa del oscilador local asociado con el elemento individual hasta que una señal de salida del elemento individual sea la misma que, o represente el mismo valor que una señal de salida de la pluralidad de otros elementos. Cuando el elemento individual proporciona la misma señal de salida que los otros elementos, el oscilador local puede considerarse lo suficientemente alineado en fase con su señal de comunicación recibida.

El uso de la señal de salida de consenso puede permitir que se genere una señal de realimentación de fase más precisa dado que el ruido total asociado con la señal de consenso es menor que el ruido de las señales individuales recibidas en los elementos individuales.

La Figura 1 muestra un sistema de agrupaciones de antenas en fase 100 de acuerdo con una modalidad de la invención. El sistema de agrupaciones de antenas en fase 100 comprende seis paneles de agrupaciones de antenas en fase 102a, 102b, 102c, 102d, 102e, 102f. Cada panel de agrupaciones de antenas en fase 102 tiene una pluralidad de elementos de la agrupación de antenas en fase, dos de los cuales se ilustran como 108 y 110. Los elementos 108, 110 se acoplan por medio del controlador central 104 a una fuente común (no se muestra) cuando el sistema 100 se usa para transmitir datos, o una carga común (no se muestra) cuando el sistema 100 se usa para recibir datos.

Los paneles de agrupaciones de antenas en fase 102 pueden configurarse en cualquier orientación con relación entre sí, y en esta modalidad los seis paneles de agrupaciones de antenas en fase 102 se ilustran en una agrupación adecuada para ajustarse al techo de un vagón de tren.

Cada uno de los paneles de agrupaciones de antenas en fase 102 se conecta al controlador central 104 mediante un cable de fibra óptica 106. El controlador central 104 comprende transceptores de fibra óptica 105 configurados para enviar y recibir señales hacia/desde los paneles de agrupaciones de antenas en fase 102. Durante el uso, el controlador 104 se localiza dentro del vagón del tren al cual se ajustan los paneles de agrupaciones de antenas en fase 102.

El sistema de agrupaciones de antenas en fase 100 se configura para enviar y recibir señales electromagnéticas hacia/desde un satélite 116 durante el uso. En esta modalidad, una comunicación de dos vías con el satélite 116 proporciona un enlace de telecomunicaciones, tal como acceso a Internet, que puede accederse mediante una red en el tren. Por ejemplo, un pasajero en el tren puede ser capaz de usar su ordenador portátil para conectarse a la red asociada con el tren con el fin de acceder a Internet mediante el uso del sistema de agrupaciones de antenas en fase 100 como parte del enlace de comunicaciones.

A modo de ilustración, se muestran dos señales componentes 112, 114 que corresponden a la misma radiación electromagnética 113 emitida por el satélite 116 según se recibe por los elementos 108, 110 del sistema de agrupaciones de antenas en fase 100. Se apreciará que las señales componentes similares de la radiación electromagnética 113 emitidas por el satélite 116 se reciben por cada uno de los otros elementos de la agrupación en fase, y todas estas señales no se muestran en la Figura 1 con el fin de contribuir con la claridad.

Como se ilustra en la Figura 1, existe una diferencia de fase entre las señales componentes 112, 114 recibidas en elementos diferentes 108, 110 debido a las diferentes longitudes de trayectorias desde el satélite 116 a los elementos individuales 108, 110. La diferencia de fase entre las señales componentes recibidas 112, 114 depende de la longitud de la trayectoria desde el satélite 116 a los elementos 108, 110 del sistema de agrupaciones de antenas en fase 100, y además la longitud de onda de la radiación electromagnética 113.

En otras modalidades, el sistema de agrupaciones de antenas en fase 100 puede consistir en cualquier número de paneles de agrupaciones de antenas en fase 102, y en algunas modalidades puede consistir en un único panel de agrupaciones de antenas en fase 102.

Cada uno de los elementos de la agrupación en fase 108, 110 se configura para recibir una señal de control del desplazamiento de fase de manera que la fase de un oscilador local controlable asociado con cada elemento 108, 110 pueda ajustarse automáticamente de manera que un rayo total generado mediante los paneles de la agrupación de antenas en fase 102 se enfoque sobre el satélite 116.

Un ejemplo de sistema de agrupaciones de antenas en fase 100 puede comprender de 10 a 20 paneles 102, cada uno con dimensiones de aproximadamente 0.6m por 0.45m. Cada panel 102 puede comprender aproximadamente 2000 elementos 108, 110.

La Figura 2 muestra una ilustración esquemática de un panel de agrupaciones de antenas en fase 200 de acuerdo con otra modalidad de la invención para las señales en alineación de fase recibidas en una pluralidad de elementos de la antena 214a-n.

Cada elemento de la antena 214 comprende una antena 202 y un oscilador local variable controlable 204 configurado de manera que la fase del oscilador local 204 pueda cambiarse en respuesta a una señal de control de datos en fase 206.

La señal de control de datos en fase 206 puede generarse por hardware o software local a cada elemento 214, o puede generarse en una localización central, por ejemplo mediante el controlador central 104 mostrado en la Figura 1.

Las antenas 202 y los osciladores locales variables 204 se configuran de manera que la señal de salida de un oscilador local variable 204 se mezcle con la señal de salida recibida en la antena correspondiente 202 con el fin de generar una señal de banda de base la cual se compone de la señal de datos más ruido. En esta modalidad, se utiliza una etapa de modulación, aunque se apreciará que en otras modalidades intermedias pueden generarse señales de frecuencia como parte del proceso de demodulación, y la señal de control de datos en fase 206 puede aplicarse a osciladores de control 204 que se configuran para convertir las señales de comunicaciones recibidas para señales de frecuencia intermedia.

Las señales de banda de base generadas por los elementos de la antena 214 se proporcionan a un componente de suma 208 el cual actúa como una carga común.

El componente de suma 208 se dispone para añadir las señales de banda de base, y la señal de salida resultante proporciona una señal de datos más fuerte que las señales componentes individuales dado que se reduce el efecto de los componentes de ruido que pueden estar presentes en las señales recibidas por los elementos individuales 214. El componente de ruido de la señal recibida en cada elemento puede no ser el mismo y por tanto no se reforzará por el componente de suma 208.

Con el fin de proporcionar una ganancia total máxima, el oscilador local 204 de cada elemento 214 debería alinearse en fase con la señal componente recibida en su antena asociada 202, o al menos alinearse lo suficientemente en fase de manera que el elemento 214 proporcione la señal de salida correcta. La señal de salida de un elemento puede considerarse "correcta" si es la misma que la señal de salida de otros elementos. Como se describió anteriormente con relación a la Figura 1, la fase relativa de las señales componentes recibidas puede ser diferente para diferentes elementos de la antena 214 debido a longitudes de trayectorias que difieren entre la fuente de datos (satélite) y los elementos de la agrupación de antenas en fase 214.

Con el fin de que cada elemento de la antena 214 produzca la señal de salida correcta, la fase relativa de cada oscilador local 204 cambia de acuerdo con la señal de control 206 hasta que el elemento de la antena produzca la misma señal de salida que los otros elementos 214.

La fase de cada oscilador local 204 puede ajustarse de manera independiente a los otros osciladores locales 204 de acuerdo con la señal de control 206.

Se apreciará que las diferentes longitudes de trayectorias entre la fuente de datos (satélite) y los elementos de la agrupación de antenas en fase 214 provocan además que se introduzca una demora de tiempo entre las señales recibidas en cada elemento 214. En esta modalidad, la demora de tiempo no afecta de manera significativa el rendimiento del panel de agrupaciones de antenas en fase 200 como se describe a continuación, aunque en otras modalidades los componentes de demora de tiempo pueden usarse para alinear temporalmente las señales recibidas.

Las señales de banda de base representan una secuencia digital de +1's y -1's. En este ejemplo, la tasa del chip/símbolo de datos de la señal recibida es 27.5 Mcps (Megachips por segundo). El uso de una aproximación de la velocidad de la radiación electromagnética de $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$, implica que cada chip tendrá una longitud de la señal de aproximadamente 11 m ($3 \times 10^8 \div 27.5 \times 10^6$). Esto es al menos un orden de magnitud mayor que las dimensiones del panel 200, el cual puede ser 0.6m por 0.4m por ejemplo. De este modo, para la mayor parte del tiempo las señales recibidas en cada uno de los elementos en un panel de agrupaciones de antenas en fase se refieren al mismo chip/símbolo de datos.

En esta modalidad, cualquier discrepancia entre el chip/símbolo de datos que se representa por las señales recibidas en los diferentes elementos se considera insignificante cuando se suman y se decodifican las señales recibidas simultáneamente debido a la pequeña proporción del tiempo en que las señales representan diferentes chips/símbolos de datos.

De manera similar, cuando se transmite una señal a un objetivo dado (por ejemplo, un satélite) los desplazamientos de

fase aplicados a cada oscilador local variable 204 asociado con los elementos 214 se ajustan a los mismos valores que los determinados por un receptor correspondiente para proporcionar un rayo de ganancia y señal mejorada a la relación de ruido.

Se apreciará que al controlar de manera individual el desplazamiento de fase aplicado a un oscilador local de cada uno de la pluralidad de elementos 214 asociados con la agrupación del panel de antenas en fase 200, un rayo de máxima ganancia (y por tanto relación máxima de señal a ruido) puede enfocarse en una dirección deseada. El patrón de radiación efectivo de la agrupación puede reforzarse en una dirección deseada y suprimirse en una dirección no deseada.

En esta modalidad las señales recibidas se decodifican de manera individual mediante Circuitos Integrados de Aplicación Específica (ASICs) asociados con cada elemento 214 antes que estos se proporcionen al componente de suma 208. En tales modalidades la transmisión de la señal a través del panel de la agrupación en fase está a una frecuencia de banda de base. En otras modalidades, la señal recibida se convierte a una frecuencia intermedia mediante un ASIC asociado con cada elemento 214 y la decodificación de las señales de frecuencia intermedia a una frecuencia de banda de base se realiza de manera central en el componente receptor (no se muestra) aguas abajo del componente de suma 208. En tales modalidades, la transmisión de la señal a través del panel de la agrupación en fase es a una frecuencia de microondas, sujeta a una atenuación e imprecisión.

La Figura 3 muestra un sistema de agrupaciones de antenas en fase 300 con Modulación por Desplazamiento de Fase en Cuadratura (QPSK) que comprende una pluralidad de elementos 302, cada uno de los cuales recibe una señal de comunicación 301 y se acopla a un bus de salida diferencial en fase 304 y un bus de salida diferencial de fase en cuadratura 306. Las señales en los buses diferenciales en fase y de fase en cuadratura 304, 306 representan el compuesto de las señales de salida en fase y de fase en cuadratura de los elementos 302, y se usan por cada elemento 302 para generar la señal de control de datos de fase 206 mostrada en la Figura 2.

La señal de salida en fase en banda de base I_{sal} 308 y la señal de salida en fase de cuadratura en banda de base Q_{sal} 310 de cada elemento 302 se acoplan a los buses diferenciales de salida de banda de base ΣI 304 y ΣQ 306 respectivamente de manera que la señal en el bus diferencial de banda de base en fase 304 proporcione una señal representativa del compuesto de todas las señales de banda de base en fase 308, y la señal en el bus diferencial de banda de base de fase en cuadratura 306 proporcione una señal representativa del compuesto de todas las señales de banda de base de fase en cuadratura 310.

La señal representativa del valor compuesto del bus del componente en fase en el bus diferencial de banda de base en fase 304 se proporciona como una señal de entrada I_{en} 312 para cada elemento 302, y la señal representativa del valor de suma del componente de fase en cuadratura en el bus diferencial de banda de base de fase en cuadratura 306 se proporciona como una señal de entrada Q_{en} 314 a cada elemento 302. Cada elemento 302 genera luego internamente su propia señal de control de fase mediante el uso de las señales compuestas de banda de base I_{en} y Q_{en} y sus señales de salida respectivas I_{sal} y Q_{sal} .

Las señales en los buses de salida 304, 306 comprenden una superposición de señales de salida de corriente mediante los elementos 302.

En las modalidades donde las señales en los buses de salida representan señales de banda de base, la superposición de las señales de banda de base pueden proporcionar una indicación del valor promedio de las señales de salida de banda de base, cuya polaridad proporciona una indicación de si la mayor parte de los elementos individuales generan un +V o -V como salida.

En las modalidades donde las señales en los buses de salida representan señales de frecuencia intermedia (IF) moduladas en fase, la superposición de las señales IF puede proporcionar una indicación del símbolo representado por la mayoría de las señales IF. Por ejemplo una señal IF puede comprender una onda seno positiva o negativa (las ondas seno que están 180 grados fuera de fase entre sí) representativas de un símbolo de banda de base positivo o negativo (por ejemplo +1 y -1), y la señal IF compuesta puede proporcionar una indicación de si la mayor parte de los elementos individuales generan una onda seno positiva o negativa.

Como un ejemplo, si se acoplan cien elementos al bus de salida, y ochenta de esos elementos proporcionan una señal de salida en banda de base con una corriente positiva y los veinte elementos restantes proporcionan una señal de salida de banda de base con una corriente negativa, la superposición de las cien señales de corriente de banda de base en el bus de salida proporcionarán una señal compuesta representativa de una corriente positiva. Esta señal compuesta puede usarse por cada uno de los elementos como un indicador de lo que debería ser la salida de banda de base de ese elemento. La señal en el bus de salida puede considerarse como una indicación de la señal de salida más común en ese momento para la agrupación de antenas en fase como un todo.

Las señales en los buses de salida del diferencial en fase y de fase en cuadratura 304, 306 pueden considerarse como "señales de consenso" dado que estas proporcionan una indicación de las salidas de las señales mediante una

pluralidad de elementos 302 con el fin de poner la salida de elementos individuales en concordancia/armonía con los otros elementos en la agrupación de antenas en fase.

En esta modalidad, las señales de control de datos en fase proporcionadas a osciladores locales respectivos asociados con cada elemento 302 se generan como una consecuencia del procesamiento realizado por el elemento 302 para comparar los valores de las señales de salida en fase y en cuadratura sobre los buses de datos 304, 306 con la fase elemental en cuadratura y las señales de salida en fase, y generar una señal de realimentación analógica representativa de esa comparación.

Cuando se aplica la señal de realimentación analógica para ajustar la fase relativa que debería aplicarse al Elemento 1 302a, el Elemento 1 302a se considera como un primer elemento de la antena, y cada uno de los elementos Elemento 2 302b al Elemento N 302n se consideran como segundos elementos de la antena. Las señales recibidas en los segundos elementos de la antena se usan cuando se determina el desplazamiento de fase que se aplica al primer elemento de la antena.

De manera similar, cuando se aplica la realimentación analógica al Elemento 2 302b, el Elemento 2 302b es el que se considera como el primer elemento de la antena y todos los otros elementos se consideran como los segundos elementos de la antena, y así sucesivamente. Se apreciará que cada uno de los elementos de la antena 302 puede considerarse como un primer elemento de la antena cuando se determina el desplazamiento de fase que debe aplicarse a ese elemento de la antena 302 como una función de las señales recibidas en cada uno de los segundos elementos de la antena.

La Figura 4 muestra un diagrama esquemático de un circuito 400 asociado con un elemento 416 en un sistema de agrupaciones de antenas en fase de acuerdo con un ejemplo. El circuito 400 se configura para ajustar automáticamente el desplazamiento de fase de un oscilador local 404 basado en señales recibidas en uno o más de otros elementos en el mismo sistema de agrupaciones de antenas en fase.

El circuito de un sólo elemento se muestra en la Figura 4 con el fin de contribuir con la claridad, sin embargo se apreciará que elementos adicionales que tienen circuitos similares se conectan además al bus de salida 412 mediante su propio amplificador de salida y su amplificador de entrada de la misma manera que el circuito 400 mostrado en la Figura 4.

El circuito 400 comprende un mezclador 404, un amplificador de salida 408, un amplificador de entrada 410, un componente de realimentación en fase 414 y un oscilador local de fase variable 406. El circuito 400 se configura para recibir una señal de entrada 402, y se conecta a un bus de salida 412 mediante el amplificador de salida 408 y el amplificador de entrada 410.

La señal de entrada 402 se obtiene tanto directa como indirectamente a partir de una antena asociada con el elemento 416 y se proporciona al mezclador 404 como la salida del oscilador local de fase variable 406. La frecuencia del oscilador local 406 se ajusta de acuerdo con la frecuencia conocida de la señal recibida/transmitida por el sistema de agrupaciones de antenas en fase. En este ejemplo, la fase de cada oscilador local 406 se ajusta inicialmente como un valor arbitrario.

La salida del mezclador 404 se acopla a un bus de salida/carga común 412 mediante el amplificador de salida 408. También se acopló al bus de salida/carga 412 la salida de los mezcladores correspondientes asociados con otros elementos en el mismo sistema de agrupaciones de antenas en fase. El bus de salida de carga común 412 realiza la misma función que los buses de banda de base comunes en fase y de fase en cuadratura 304, 306 descritos con relación a la Figura 3 para proporcionar una señal representativa de señales generadas por todos los elementos.

La señal en el bus de salida/carga común 412 se acopla al componente de realimentación de fase 414 mediante el amplificador de entrada 410, donde se compara con la señal de salida individual 418 de ese elemento específico 416. La señal de salida 420 del componente de realimentación de fase 414 se usa como una señal de control de fase 420 para controlar la fase del oscilador local 406 para cambiar la fase del oscilador local 406 con relación a su señal de entrada de comunicación respectiva 402, con el fin de mejorar la ganancia del sistema de agrupaciones de antenas en fase.

Si la señal en el bus de salida 412 es diferente a la señal de salida individual 418, o representa un valor/símbolo de datos diferente, esta proporciona una indicación de que la fase del oscilador local 404 no es correcta y que debe ajustarse la fase relativa del oscilador local 404. Si la señal en el bus de salida 412 es la misma que la señal de salida individual 418, o representa el mismo valor/símbolo de datos, esto proporciona una indicación de que la fase del oscilador local 404 es correcta y no necesita ajustarse.

De esta manera, la fase de un oscilador local 406 con relación a otros osciladores locales 406 puede ajustarse para mejorar la alineación de fase de elementos individuales con relación a otros elementos en el mismo sistema de agrupaciones de antenas en fase para mejorar toda la relación señal-a-ruido del sistema de agrupaciones de antenas en fase.

Para una frecuencia dada, este ejemplo de un sistema de agrupaciones de antenas en fase cambia automáticamente la fase relativa de los osciladores asociados con cada uno de los elementos 416 hasta que estos producen la misma señal de salida (o una señal intermedia representativa de la misma señal de salida) para considerar las diferentes longitudes de trayectorias entre la fuente de datos (tal como un satélite) y los elementos individuales 416, y por tanto enfoca de manera automática la agrupación de antenas en fase sobre la fuente que tiene la señal más fuerte a la frecuencia dada. De esta manera, el sistema de agrupaciones de antenas en fase se acopla automáticamente a la fuente que tiene la señal más fuerte a la frecuencia dada, dado que el desplazamiento de fase de cada elemento se ajusta para proporcionar un rayo el cual se enfoca en la señal desde la fuente que proporciona la señal más fuerte recibida en el sistema de agrupaciones de antenas en fase. Dado que el desplazamiento de fase de los osciladores locales asociados con elementos individuales se ajustan con el tiempo, la agrupación de antenas en fase comienza a enfocarse sobre la fuente y toda la ganancia de la agrupación de antenas en fase aumenta y mejora la relación señal a ruido.

Se apreciará que los elementos localizados en el mismo y/o en diferentes paneles de agrupaciones de antenas en fase pueden ser parte del mismo sistema de agrupaciones de antenas en fase, y por tanto pueden acoplarse al mismo bus de carga/salida común 412.

En este ejemplo, la señal de control de fase 420 se genera mediante el procesamiento realizado localmente en un Circuito Integrado Específico de Aplicación (ASIC) asociado con cada elemento 416.

La Figura 5 muestra de manera esquemática un diagrama de circuito de un receptor 500 asociado con un elemento de un sistema de agrupaciones de antenas en fase de acuerdo con otra modalidad de la invención. El receptor mostrado en la Figura 5 se configura para recibir una señal de comunicación Modulada por Desplazamiento de Fase en Cuadratura (QPSK).

El circuito 500 comprende un mezclador en fase 504 y un mezclador de fase en cuadratura 506, un oscilador local variable de fase en cuadratura 508, un filtro de banda de base en fase 510 y un filtro de banda de base de fase en cuadratura 512, un amplificador de salida en fase 520 y un amplificador de salida de fase en cuadratura 522, un amplificador de entrada en fase 524 y un amplificador de entrada de fase en cuadratura 526, y una agrupación de componentes de realimentación de fase 536. En esta modalidad la agrupación de realimentación de fase 536 se basa en un lazo Costas y comprende dos mezcladores de comparación 514, 516, un componente de sustracción 518, un amplificador 532 y un filtro de lazo paso bajo 534.

La agrupación de realimentación de fase de los componentes 536 es un ejemplo de un lazo con enganche de fase en donde la señal de control de desplazamiento de fase 535 proporcionada por el filtro de lazo de control se usa como una señal de control para el oscilador local de voltaje controlado 508 para traer las señales de salida de banda de base I_n , Q_n del elemento 500 en conformidad con las señales de salida compuestas I_{sal} , Q_{sal} en los buses de salida 528, 530. Las señales de salida compuestas I_{sal} , Q_{sal} proporcionan una señal de salida externa de referencia como parte de la trayectoria de realimentación.

Una señal de comunicación recibida 502 se proporciona como "Entrada", la cual se proporciona tanto directa como indirectamente desde una antena (no se muestra) asociada con el elemento. El circuito comprende un bus de salida en fase y de fase en cuadratura 538, 530 respectivamente al cual se acopla la salida del circuito elemento receptor 500.

Se apreciará que el sistema de agrupaciones de antenas en fase comprende una pluralidad de elementos, como se muestra en la Figura 3 por ejemplo, cada uno que tiene un circuito receptor correspondiente. Cada uno de la pluralidad de circuitos receptores se acopla con los buses de salida en fase y de fase en cuadratura 538, 530 de la misma manera que el circuito receptor 500 mostrado en la Figura 5, y los circuitos receptores adicionales no se muestran en la Figura 5 para contribuir con la claridad.

La señal de entrada 502 se proporciona tanto al mezclador en fase 504 como al mezclador de fase en cuadratura 506. En esta modalidad, los mezcladores 504, 506 son celdas Gilbert. También se proporciona como una entrada a cada mezclador 504, 506 una señal de salida del oscilador local de fase en cuadratura 508.

El oscilador local de fase en cuadratura 508 se configura para proporcionar dos señales que tienen la misma frecuencia y amplitud: una de las cuales está 90° fuera de fase con la otra señal. La señal de salida en fase desde el oscilador local 508 se proporciona al mezclador en fase 504 y la señal de salida de fase en cuadratura desde el oscilador local 508 se proporciona a un mezclador de fase en cuadratura 506. La salida del mezclador en fase 504 debería ser el componente en fase de la señal de entrada 502, y la salida del mezclador de fase en cuadratura 506 debería ser el componente de fase en cuadratura de la señal de entrada 502.

Si la fase relativa del oscilador local 508 no se alinea lo suficiente con la fase de la señal de entrada recibida 502 existirá un elemento de la señal del componente en fase en la señal de salida generada por el mezclador de fase en cuadratura 506, y viceversa. Es un objetivo de esta modalidad de la invención controlar la fase del oscilador local 508 para reducir y/o minimizar la contaminación cruzada de los componentes en fase y de fase en cuadratura mejorando de este modo la eficiencia del sistema de agrupaciones de antenas asociadas en fase.

Cada uno de los componentes en fase y las señales de componentes de fase en cuadratura se proporcionan a filtros paso bajo de banda de base en fase y de fase en cuadratura 510, 512 respectivamente. Los filtros de banda de base 510, 512 se configuran para eliminar cualquier componente de frecuencia no deseado de las señales, tal como los componentes de "frecuencia de suma" generados por los mezcladores 504, 506 y además para reducir el ruido al eliminar las señales que están fuera de la frecuencia de banda de base.

La señal de salida del filtro de banda de base en fase 410 es la señal de banda de base en fase para el elemento, y se identifica como I_n . I_n se acopla mediante el amplificador de salida en fase 520 al bus de salida de diferencial en fase 528 identificado como I_{sal} . En esta modalidad el amplificador de salida en fase 520 es un amplificador de transmisión de corriente.

De manera similar, la señal de salida de filtro de banda de base de fase en cuadratura 512 es la señal de banda de base de fase en cuadratura para el elemento, y se identifica como Q_n . Q_n se acopla mediante el amplificador de salida de fase en cuadratura 522 al bus de salida diferencial de fase en cuadratura 530 identificado como Q_{sal} . En esta modalidad el amplificador de salida de fase en cuadratura 522 es además un amplificador de transmisión de corriente.

Los amplificadores de transmisión de corriente 520, 522 proporcionan una fuente de corriente conmutada a través de un par de resistores en los buses de salida 528, 530. En esta modalidad, la señal de salida de banda de base representa una serie de +1's y -1's, y por tanto los amplificadores de transmisión de corriente 520, 522 obtienen tanto una corriente positiva como negativa sobre los buses de salida 528, 530.

Cada uno de los elementos N que forman parte de la agrupación de antenas en fase se conecta a los buses de salida 528, 530 mediante los amplificadores correspondientes 520, 532 de manera que el voltaje resultante que se proporciona sobre un bus de salida 528, 530 es la suma de todas las corrientes proporcionadas como una salida a partir de los elementos individuales multiplicados por todos los resistores de acoplamiento en paralelo:

$$v(t) = \sum_{n=1}^N (i_n(t)) * (R/N)$$

Donde N es el número de elementos acoplados al bus de salida, y R es la resistencia del par de resistores que acoplan los elementos al bus de salida.

La señal de banda de base en fase I_n se proporciona además a un primer mezclador de comparación 514 junto con el valor compuesto del valor compuesto de la señal de banda de base de fase en cuadratura Q_{sal} . Q_{sal} proporciona una representación de la polaridad de la señal de banda de base de fase en cuadratura que es un compuesto de la salida de todos los elementos en el sistema de agrupaciones de antenas en fase.

Cuando la señal de entrada 502 se convierte a las señales del componente de banda de base, los componentes en fase y de fase en cuadratura deberían ser completamente independientes entre sí dado que estos serán aleatoriamente diferentes. Una cantidad significativa de trabajo se ha realizado para asegurar que los componentes en fase y de fase en cuadratura son independientes entre sí, por ejemplo a través del uso de la codificación Reed-Solomon. Es decir, no debería existir ninguna correlación entre las señales componentes en fase y de fase en cuadratura cuando se comparan entre sí si el oscilador local 508 se configura con la alineación de fase correcta. Si existe un grado de correlación entre los componentes en fase y de fase en cuadratura luego esto proporciona una indicación de que existe una representación del componente en fase que contamina el componente de fase en cuadratura y/o viceversa.

En la presente modalidad, las señales de banda de base en fase y de fase en cuadratura comprenden símbolos QPSK (chips) que tienen valores (en fase, cuadratura) tanto de (1,1), (1,-1), (-1,1) o (-1,-1). Por lo tanto el producto instantáneo de los componentes en fase y de fase en cuadratura puede ser tanto 1 o -1. Existe una posibilidad estadísticamente igual de la salida de 1 o -1.

Si los componentes en fase y de fase en cuadratura no se relacionan entonces la suma del producto de los dos componentes generados por un primer mezclador de comparación 514 en el tiempo será cero dado que existirá un número igual de valores de '1' y '-1'. El tiempo promedio de los productos de los dos componentes se calcula mediante el filtro de lazo de control 534 como se describió anteriormente. Es decir, la multiplicación promedio en el tiempo de los componentes en fase y de fase en cuadratura será cero si los dos componentes no se correlacionan.

Si la multiplicación promedio en el tiempo de los componentes en fase y de fase en cuadratura no es cero, entonces esto proporciona una indicación de que existe una contaminación cruzada entre los componentes en fase y de fase en cuadratura y por tanto el desplazamiento de fase relativo del oscilador local 508 no se alinea correctamente para la señal de entrada recibida 502.

El segundo mezclador de comparación 516 se configura de manera similar al primer mezclador de comparación 514, pero se configura para multiplicar la señal del componente del elemento de fase en cuadratura Q_n por la señal del componente en fase del compuesto I_{sal} . De nuevo, en una salida de tiempo promedio distinta de cero del segundo

mezclador de comparación 516 proporciona una indicación de que existe una contaminación cruzada entre los componentes en fase y de fase en cuadratura y por tanto una indicación de que el oscilador local 508 no está correctamente alineado en fase.

5 En algunas modalidades, no se requiere el uso de un segundo mezclador de comparación dado que la realimentación proporcionada por el primer mezclador de comparación 514 puede proporcionar una información lo suficientemente precisa con relación al grado de correlación entre las señales del componente en fase y de fase en cuadratura. En esta modalidad, el segundo mezclador de comparación 506 se usa para proporcionar una medida adicional del grado a la cual se correlacionan los componentes en fase y de fase en cuadratura.

10 Las señales de salida de los dos mezcladores de comparación 514, 516 se proporcionan a un componente de sustracción 518, donde la diferencia entre las señales se genera y se proporciona como la salida del componente de sustracción 518.

15 El uso de un componente de sustracción 518 permite el efecto sobre la señal de control de desplazamiento de fase resultante 535 de cualquiera de las señales no deseadas presentes tanto en los componentes en fase y de fase en cuadratura para reducirse, dado que las señales no deseadas pueden cancelarse entre sí cuando se sustraen las dos señales de salida de los mezcladores de comparación 514, 516. Esto puede contribuir a reducir cualquier distorsión provocada por el circuito 500.

20 Por ejemplo, cualquier señal de desplazamiento en las señales recibidas en fase y en cuadratura pueden tender en polaridad y voltaje en direcciones opuestas y por tanto se cancelan cuando estas se mezclan entre sí por los mezcladores de comparación 514, 516 y posteriormente se sustraen por el componente de sustracción 518. Tales señales de desplazamiento pueden provocarse por los alrededores físicos del circuito 500, y en esta modalidad las señales de desplazamiento pueden reducirse particularmente si los mezcladores de comparación 514, 516 son componentes idénticos y se localizan físicamente cercanos entre sí.

25 La señal a la salida de la unidad de sustracción 418 se proporciona a un amplificador 432, cuya salida se proporciona a un filtro paso bajo de lazo de control 434. El filtro paso bajo de lazo de control 434 integra/promedia en el tiempo de manera efectiva la señal generada por la unidad de sustracción 518 al eliminar oscilaciones de corto plazo y al dejar las tendencias (frecuencia baja) a largo plazo. Las oscilaciones a corto plazo en la señal generada por la unidad de sustracción 518 pueden provocarse por el período de tiempo estadísticamente corto en el que la señal recibida en cada uno de los elementos se relaciona a un símbolo de datos diferente.

30 Una salida distinta de cero del filtro paso bajo de lazo de control 434 proporciona una indicación de que la alineación de fase del oscilador local 508 no es óptima dado que existe una contaminación cruzada entre las señales del componente en fase y de fase en cuadratura.

35 La señal a la salida del filtro paso bajo de lazo de control 434 se usa como una señal de control de desplazamiento de fase 535 que se configura para controlar el desplazamiento de fase del oscilador local de fase en cuadratura 408. Un valor distinto de cero de la señal de control de desplazamiento de fase 535 provoca que la fase relativa del oscilador local 508 se ajuste con el fin de reducir además el valor de la señal de control de desplazamiento de fase 535 si es posible. Si la señal de control de desplazamiento de fase 535 es cero, la fase relativa del oscilador local 508 no se ajusta.

40 Esta agrupación de realimentación de fase 536 se deriva de un lazo Costas y se configura como una herramienta de alineación de fase. Cuando el panel de agrupaciones de antenas en fase se considera como un todo, el sistema de realimentación de fase puede considerarse como una pluralidad de lazos Costas aplicados en paralelo.

45 Opcionalmente, la señal proporcionada en los buses de salida I_{sal} y Q_{sal} puede ser una señal compuesta de un subconjunto de señales de salida de todos los elementos en el sistema de agrupaciones de antenas en fase, por ejemplo los elementos en un panel de agrupaciones de antenas en fase específico, o una región de un panel de agrupaciones de antenas en fase.

50 En otras modalidades, un único filtro paso bajo de lazo de control 534 puede proporcionarse para más de un elemento, por ejemplo un único filtro paso bajo de lazo de control 534 puede proporcionarse para todos los elementos en un panel de agrupaciones de antenas en fase. Es decir, la señal que se obtiene por los amplificadores 532 asociados con cada uno de los elementos 500 se proporciona como entradas al filtro paso bajo de lazo de control 534. En tales modalidades el ruido en el sistema se reduce dado que las señales componentes de ruido experimentado por cada uno de los elementos individuales tienen un efecto reducido cuando se procesan con las señales recibidas en otros elementos. En modalidades adicionales aún el filtro paso bajo de lazo de control 534 puede ser un filtro autónomo para cada uno de los elementos 500.

55 En otras modalidades adicionales, la agrupación de realimentación de fase 536 puede comprender componentes configurados para comparar la señal I_n con la señal I_{SAL} y/o la señal Q_n con la señal Q_{SAL} para identificar cualquier falta de correlación entre las señales como una indicación de contaminación cruzada entre las señales en fase y de fase en

cuadratura de la señal de entrada 502. Es decir, si la señal de salida elemental no es la misma que, o lo suficientemente parecida a la señal de salida compuesta de todos los elementos, entonces la demodulación de la señal de comunicación recibida en ese elemento puede determinarse como subóptima.

5 Una vez que cada elemento se alinea este puede mantener la relación de fase requerida entre el oscilador local 508 y la señal de entrada de comunicaciones 502 necesaria para alinear su constelación local con la constelación de consenso en los buses de salida 528, 530. Se asume que la agrupación de antenas es pequeña con relación a la velocidad de la luz/periodo de símbolo de datos.

10 Se apreciará que en otras modalidades la frecuencia del oscilador local puede ajustarse para que convierta la señal de entrada 502 a una señal de frecuencia intermedia. Es tales modalidades las señales que se acoplan sobre los buses de salida 528, 530 son señales de frecuencia intermedia representativas de un símbolo de datos. Por ejemplo, un símbolo de datos de +1 y -1 en banda de base puede representarse como una onda de seno + y de seno - respectivamente a una frecuencia intermedia. La modalidad equivalente de corriente directa (dc) puede considerarse como una onda seno con frecuencia cero.

15 En modalidades que trabajan a una frecuencia intermedia, el circuito ilustrado en la Figura 5 trabaja de la misma manera al ajustar la fase del oscilador local 508 de manera que la señal de frecuencia intermedia generada por un elemento representa el mismo símbolo de datos que las señales de frecuencia intermedia generadas por los otros elementos según se proporciona en los buses de salida 528, 530.

20 El oscilador local 508 de un primer elemento puede engancharse a los osciladores locales 508 asociados con los otros segundos elementos. Por ejemplo, los osciladores locales 508 en los convertidores descendentes pueden reemplazarse mediante un generador de señal y un divisor de señal. Cada elemento puede tener un circuito integrado de frecuencia/demodulación intermedia asociado con este. Uno de los circuitos integrados puede tener un oscilador de cristal y el otro circuito integrado puede esclavizarse al oscilador de cristal.

25 La Figura 6 muestra de manera esquemática otra modalidad de un receptor 600 asociado con un elemento de un sistema de agrupaciones de antenas en fase de acuerdo con una modalidad de la invención.

30 En esta modalidad, el elemento comprende dos receptores: un receptor X 602 para recibir señales que se polarizan en una dirección X; y un receptor Y 604 para recibir señales que se polarizan en una dirección Y, la cual es perpendicular a la dirección X.

35 Cada uno de los receptores 602, 604 puede ser similar al receptor descrito con relación a la Figura 4 o la Figura 5, y los elementos de realimentación de fase no se muestran en la Figura 6 para contribuir con la claridad.

40 El procesamiento de señales en dos componentes/dimensiones perpendiculares puede proporcionar un mayor control, particularmente cuando se transmiten datos, de los sistemas de agrupaciones de antenas en fase como se analiza en más detalle a continuación.

En esta modalidad, cada uno de los puertos de entrada y salida son puertos diferenciales.

45 La Figura 7 muestra de manera esquemática un receptor 700 de una modalidad de la invención que se configura para recibir señales que se polarizan en la dirección X. Un receptor correspondiente que se configura para recibir señales que se polarizan en la dirección Y no se muestra en la Figura 7. El receptor 700 es similar al receptor 400 de la Figura 4, y los componentes comunes que ya se han descrito con relación a la Figura 4 no se describirán de nuevo.

50 Como en la Figura 4, las dos señales de salida del oscilador local de fase en cuadratura 702 se proporcionan a los mezcladores 704, 706 en el receptor X 700. Adicionalmente, las dos señales de salida se proporcionan además al receptor Y correspondiente como se indica por las flechas 707 que se configura para recibir señales que se polarizan en la dimensión Y.

55 En esta modalidad, se proporcionan los amplificadores de transmisión de corriente 708, 710 que acoplan los componentes de fase de la señal de salida del elemento en fase I_n y de fase en cuadratura Q_n con una funcionalidad de inhibición. La funcionalidad de inhibición se controla mediante un componente de control de comunicaciones 720 y puede usarse para controlar cuál de los elementos individuales y/o cuáles de los receptores en la dirección X y Y se usan para generar las señales de salida compuestas en los buses diferenciales de salida.

60 Un amplificador de transmisión de corriente 708, 710 para un elemento puede inhibirse mediante el componente de control de comunicaciones 720 si las señales de salida generadas por el elemento se determinan como espurias ya que se determinan a partir de una señal de control del nivel de energía como se describe a continuación. Las señales de salida espurias pueden generarse si la antena asociada con el elemento se daña, se confunde o de otra manera se evita que reciba y procese una señal electromagnética desde la fuente (por ejemplo satélite).

65 Además, los amplificadores de transmisión de corriente 708, 710 para un elemento pueden inhibirse si se determina que

la señal recibida en ese elemento a esa polaridad (dirección X o Y) está por debajo de un umbral. Este puede ser el caso si resulta que el elemento 700 se alinea con el satélite de manera que la mayor parte de la señal recibida en el elemento 700 se polariza en línea con el elemento 700.

5 Adicional a la agrupación de realimentación de fase 730 que es similar al otro mostrado en la Figura 5, se proporciona además un nivel de realimentación de señal de los componentes 732.

10 La agrupación del nivel de realimentación de la señal 732 comprende un mezclador del nivel de la primera señal 712, un mezclador del nivel de la segunda señal 714, un componente de suma 716, y un amplificador 718, y se configura para proporcionar una señal de realimentación representativa de la resistencia de la señal/nivel de la señal recibida en el elemento.

15 El mezclador de nivel de la primera señal 712 se configura para multiplicar el componente de fase en cuadratura de la señal de salida del elemento Q_n mediante el compuesto del componente de fase en cuadratura de las señales de salida de todos los elementos en el sistema de agrupaciones de antenas en fase O_{sal} . Las señales Q_n y O_{sal} deberían alinearse en fase (o alinearse casi en fase) lo cual implicaría que cuando se multiplican entre sí estos interfieren de manera constructiva entre sí, y por tanto la señal resultante proporciona una indicación de la resistencia de la señal de Q_n .

20 De manera similar, el segundo mezclador de nivel de la señal 714 se configura para multiplicar el componente en fase de la señal de salida del elemento I_n mediante el compuesto del componente en fase de las señales de salida de todos los elementos en el sistema de agrupaciones de antenas en fase I_{sal} .

25 La salida de los dos mezcladores de nivel de las señales 712, 714 se proporciona como entradas al componente de suma 716, cuya salida se proporciona al componente de comunicaciones de control 820 por medio de un amplificador 818 como una señal de control del nivel de energía.

30 El componente de comunicaciones de control 720 se configura para recibir las señales de realimentación con relación a la fase a partir del componente de sustracción 726 de la agrupación de realimentación de fase 730, y con relación a la energía/nivel de señal desde la salida del componente de suma 716 de la agrupación de realimentación del nivel de señal 732 por medio de un amplificador 718. El componente de comunicaciones de control 720 se configura para procesar una o más de las señales recibidas con el fin de generar una señal representativa de un desplazamiento de fase que se aplica al oscilador local 702.

35 En esta modalidad, el componente de comunicaciones de control 720 se localiza sobre el panel de agrupaciones en fase y se proporciona con un puerto de entrada y de salida de datos en serie 728 que se configuran para comunicarse con un controlador central y/u otros paneles de agrupaciones de de antenas en fase y/o una interfaz de usuario.

40 En algunas modalidades, el componente de comunicaciones de control 720 puede configurarse para analizar la resistencia de una señal recibida en un elemento con relación a la resistencia de las señales recibidas en otros elementos a partir de la señal de control de los niveles de energía respectivos, con el fin de aplicar una ponderación a las señales recibidas en ese elemento. La ponderación puede aplicarse al controlar las ganancias de los amplificadores de transmisión de corriente 708, 710.

45 La aplicación de una ponderación puede usarse para asegurar que las señales recibidas en todos los elementos se proporcionan en los buses de salida diferenciales I_{sal} , Q_{sal} con la misma corriente, y por tanto tienen un efecto igual. En otras modalidades, la ganancia de los amplificadores de transmisión de corriente 708, 710 pueden ajustarse mediante el componente de comunicaciones de control 720 con el fin de proporcionar de manera deliberada una ponderación de desplazamiento a las señales generadas por los elementos de manera que las señales recibidas en algunos elementos tienen una mayor influencia en la señal compuesta en el bus de salida que en las señales recibidas en otros elementos.

50 En esta modalidad, el desplazamiento de fase aplicado al oscilador local 702 que se actualiza a una velocidad más rápida que la orientación del elemento puede cambiar de manera significativa con relación al satélite con el cual se comunica, por ejemplo mediante un tren al cual se une el panel de agrupaciones de antenas en fase asociado mediante giros, sacudidas, etc. La señal de desplazamiento de fase aplicada al oscilador local 702 puede actualizarse alrededor de 1,000,000 veces por segundo (es decir, una vez cada 1 μ s).

La Figura 8 muestra un sistema de comunicaciones 800 de acuerdo con otra modalidad de la invención.

60 El sistema de comunicaciones comprende un panel de agrupaciones de antenas en fase 802 y un controlador central 806 en comunicación entre sí por medio de un cable de fibra óptica 816. El controlador central 806 se conecta además a un sistema de posicionamiento global (GPS) 808, una brújula 810, una memoria 812 y una unidad de presentación visual (CPU) 814.

65 El panel de agrupaciones de antenas en fase 802 comprende un componente de comunicaciones de control 804 el cual se configura para aplicar señales de control a los circuitos asociados con los elementos del panel 802. En esta

modalidad el procesamiento requerido para generar las señales de control se realiza por el controlador central 806 como se describió anteriormente.

5 Cuando el sistema 800 se instala o se configura inicialmente, se genera un mapa de la posición de los elementos del panel de agrupaciones de antenas en fase 802 y se almacena en memoria 812. El mapa consiste de una base de datos de coordenadas tridimensionales que identifican la localización de cada uno de los elementos con relación al punto de referencia, por ejemplo una esquina del panel de la agrupación en fase 802. Adicionalmente, las coordenadas tridimensionales del panel 802 se almacenan en memoria 812 para permitir la localización y orientación del panel 802 que se determina. Por ejemplo, las coordenadas de las tres esquinas del panel 802 pueden almacenarse en memoria 10 812 dado que esto puede permitir la localización de cualquier elemento en el panel 802 que se determina a través del uso de interpolación lineal.

15 Los valores iniciales que se almacenan en memoria 812 para las localizaciones de los elementos se ajustan de acuerdo con mediciones mecánicas que se realizan del panel 802, por ejemplo mediante el uso de una regleta, un transportador etc., y/o a partir de una descripción del diseño del panel 802. Por esta razón, la versión inicial del mapa puede denominarse como "mapa mecánico".

20 Como se mencionó anteriormente, el uso solamente de mediciones mecánicas del panel puede conllevar a imprecisiones si las propiedades mecánicas instantáneas reales del panel son diferentes a las propiedades teóricas/medidas que se almacenan inicialmente en memoria 812. Las propiedades mecánicas reales del panel pueden cambiar con el tiempo, por ejemplo debido a la expansión y la contracción térmica.

25 El controlador central 806 ha almacenado en memoria 812 la localización del satélite geoestacionario con el cual este se configura para comunicarse y la frecuencia de las señales electromagnéticas que se envían a, y se reciben del satélite.

30 El controlador central 806 se configura para usar la información alrededor de la localización del satélite junto con la información de posición alrededor de la localización del panel de agrupaciones de antenas en fase 800 como se determinó a partir del componente GPS 808 y de la brújula 810 para determinar la diferencia teórica en fase de las señales electromagnéticas recibidas en los diferentes elementos. La diferencia de fase puede calcularse mediante el uso de matemáticas simples, que incluyen trigonometría básica como se ilustra en la Figura 1.

35 Un valor para el desplazamiento de fase teórico que puede aplicarse al oscilador local asociado con cada elemento del panel de agrupaciones de antenas en fase 802 se almacena además en memoria 812. Cuando el sistema de comunicaciones 800 se enciende primero, o se reinicia, el controlador central 806 proporciona una señal al componente de comunicaciones 804 para aplicar los cambios de fase teóricos a cada uno de los elementos.

40 Con el tiempo, dado que las señales de control de desplazamiento de fase retornan desde el panel de agrupaciones de antenas en fase 802 al controlador central 806, el mapa mecánico original de la posición de los elementos almacenados en memoria 812 se actualiza para reflejar de manera más precisa la localización de los elementos como se determina desde las señales de control de fase.

45 Por ejemplo, si se determina que la señal generada por el oscilador local asociado con un elemento debería ser 5° más que el desplazamiento de fase teórico determinado a partir del mapa mecánico, esto puede indicar que la localización real del elemento es realmente 333 μm lejos del valor teórico, y el mapa mecánico se actualiza con una coordenada corregida para ese elemento. La señal de control de desplazamiento de fase se determina entonces basada en la localización corregida del elemento.

50 La actualización automática del "mapa mecánico" inicial de los elementos de localización puede referirse a la generación de un "mapa eléctrico" de las localizaciones de los elementos que reflejan lo que existe realmente como se determina partir de los resultados del funcionamiento in situ.

55 El uso del mapa mecánico que puede llenarse después de la instalación permite que el sistema identifique de manera no ambigua y capture un satélite deseado. Esto se debe a que el mapa mecánico permite que el desplazamiento de fase aplicado a cada oscilador local se ajuste inicialmente con el fin de enfocar el sistema de agrupaciones de antenas en fase de manera que la señal más fuerte que se recibe a esa frecuencia es desde el satélite deseado a la exclusión de otros satélites que transmiten a la misma frecuencia.

60 El uso posterior del mapa eléctrico el cual se mantiene mediante una agrupación de realimentación de fase tal como un lazo Costas como se describió anteriormente permite que mejore la ganancia y la relación señal a ruido para las comunicaciones con el satélite identificado como cualquier imprecisión mecánica en el panel, o variaciones en las propiedades mecánicas con el tiempo se incorporan automáticamente en el mapa eléctrico.

65 En esta modalidad, el mapa de las localizaciones de los elementos puede visualizarse gráficamente a un usuario en el VDU 814. Esto puede permitir que un usuario identifique cualquier discrepancia potencial en los datos recibidos, por ejemplo si se muestra un elemento en una posición claramente inconsistente con la posición de los otros elementos esto puede indicar que el elemento está defectuoso o que el elemento se confunde a partir de las señales recibidas por el

satélite. En esta modalidad, un usuario puede usar una interfaz de usuario (no se muestra) asociada con el VDU 814 para inhibir manualmente un elemento que se ha identificado como que proporciona resultados erróneos de la misma manera como se describe con relación a la Figura 7. Adicional o alternativamente, el controlador central 806 puede determinar automáticamente que un elemento proporciona resultados erróneos si la resistencia de la señal recibida es muy baja, tal como por debajo de un valor umbral, y puede inhibir automáticamente el elemento que responde a esa determinación.

En otras modalidades un mapa de los cambios de fase relativos que se aplican a cada elemento puede almacenarse en memoria 812 adicional a, o en lugar del mapa de las coordenadas de las localizaciones de los elementos.

En algunas modalidades, las señales recibidas a partir de elementos individuales pueden ser particularmente susceptibles al ruido. Con el fin de minimizar el efecto del ruido, el controlador central 806 se configura para generar un plano de mejor ajuste a través de las coordenadas de cada localización de los elementos y generar señales de control de fase basadas en las localizaciones de los elementos como si se localizaran en el plano de mejor ajuste. En tales modalidades cualquier elemento que se haya inhibido, tanto manualmente como automáticamente, puede no considerarse cuando se genera el plano de mejor ajuste dado que estos pueden distorsionar los resultados.

Generar las señales de control de fase de acuerdo con un patrón generado a partir de las coordenadas de una pluralidad de elementos puede reducir los efectos del ruido comparados con los efectos del ruido cuando se considera a cada elemento en aislamiento.

La Figura 9 muestra esquemáticamente una modalidad de un transmisor 900 asociado con un elemento de un sistema de agrupaciones de antenas en fase. Se apreciará que un transmisor de una modalidad de la invención puede usar componentes de un circuito receptor correspondiente, pero con la dirección de señales invertidas. En esta modalidad el circuito transmisor 900 puede utilizar los mismos componentes como el circuito receptor 700 de la Figura 7.

Los datos del componente en fase (I_{datos}) y del componente de fase en cuadratura (Q_{datos}) se proporcionan a los filtros paso bajo 902, 904 respectivamente para una forma de pulso de datos. La salida de los filtros paso bajo 902, 904 se mezclan luego con la salida del oscilador local de fase en cuadratura 910 en los mezcladores 906, 908 respectivamente. Un desplazamiento de fase aplicado al oscilador local 910 se ajusta de acuerdo con una señal de control de fase recibida a partir del componente de comunicaciones de control 916. El valor de fase proporcionado por el componente de comunicaciones de control 916 se determina a partir de un receptor asociado con el mismo elemento del sistema de agrupaciones de antenas en fase de acuerdo con cualquiera de las modalidades de la invención descritas en la presente descripción.

Las señales de los componentes en fase y de fase en cuadratura se proporcionan a amplificadores variables 912, 914 antes de transmitirse. El nivel de energía y la polaridad de los amplificadores variables 912, 914 pueden además ajustarse de acuerdo con una señal de control del nivel de señal recibida del componente de comunicaciones de control 916, por ejemplo la señal de control del nivel de señal descrita con relación a la Figura 7.

En esta modalidad, la orientación del elemento de agrupaciones de antenas en fase 900 con relación al satélite puede tomarse en cuenta cuando se genera la señal de "nivel de energía y polaridad", en particular mediante el análisis de las señales correspondientes recibidas en las direcciones X y Y mediante el componente de comunicaciones de control 720, 916. Alternativamente, la orientación del elemento de agrupaciones de antenas en fase 900 puede determinarse a través del uso de los medio de determinación de la posición (tal como una brújula y GPS como se discutió en más detalle con relación a la Figura 8).

El componente de comunicaciones de control 916 se configura para determinar qué proporción de las señales recibidas desde el satélite están en la dimensión X, y qué proporción de las señales recibidas desde el satélite están en la dimensión Y. En un extremo, el elemento de la agrupación de antenas en fase puede alinearse exactamente con la señal recibida de manera que 100 % de la señal se recibe en la dirección X y 0 % de la señal se recibe en la dirección Y. En el otro extremo, 0 % de la señal se recibe en la dirección X y 100 % de la señal se recibe en la dirección Y.

Si se determina que el 100 % (o más que un umbral predeterminado) de la señal recibida está en la dirección X, entonces el amplificador de salida Y 914 puede inhibirse durante la transmisión, y viceversa con el fin de ahorrar energía dado que transmitir una señal en la dirección Y puede considerarse innecesario.

La Figura 10 muestra una vista en sección transversal de un panel de agrupaciones de antenas 1000 de acuerdo con otra modalidad de la invención. El panel de agrupaciones de antenas en fase 1000 comprende una pluralidad de elementos de agrupaciones de antenas en fase 1001.

El panel 1000 consiste en dos placas: una placa superior 1008 y una placa inferior 1010. Cada elemento 1001 se proporciona sobre la placa superior 1008 y consiste de una antena de dipolo plegado de manera transversal 1004, 1006 impresa en el lado superior de la placa superior 1008, y un Circuito Integrado de Aplicación Específica (ASIC) 1002 montado sobre el lado inferior de la placa superior 1008. La antena de dipolo plegado de manera transversal tiene

cuatro antenas 1004a, 1004b, 1006a, 1006b. El ASIC 1002 se conecta a las antenas 1004a, 1004b, 1006a, 1006b por medio de orificios con revestimiento integral en la placa superior 1008.

Cada elemento 1001 tiene cuatro antenas: dos antenas centroides comunes 1004a, 1004b para recibir datos y dos antenas centroides comunes 1006a, 1006b para transmitir datos con polarización en el eje X y Y. X y Y son ejes ortogonales en el plano del panel 1000. Las amplitudes y polaridad relativas detectadas por los receptores X y Y indican la dirección de polarización.

La placa superior 1008 es multicapas y comprende una capa superior 1008a fabricada de material PTFE cargado de K alto en el lado superior de un plano de tierra, y una capa inferior 1008b fabricada de dieléctrico PTFE reforzado de fibra de vidrio.

Los elementos 1001 se separan en una rejilla hexagonal de 10mm, las cuales son menos de la mitad de la longitud de ondas en funcionamiento aparte para reducir el efecto de lóbulos laterales espurios los cuales se generan por el efecto de rejilla. La agrupación hexagonal es una modalidad particularmente ventajosa para reducir el efecto de rejilla. Adicionalmente, la geometría de una agrupación hexagonal permite que la densidad de los elementos de un panel aumente en comparación con los paneles conocidos, mientras mantienen parámetros de trabajo aceptables tales como un efecto de rejilla suficientemente bajo. Los paneles de agrupaciones de antenas en fase conocidos utilizan elementos cuadrados y rectangulares, dado que es más conveniente asociar las guías de onda con los elementos. Sin embargo, modalidades de la invención mediante el uso de una agrupación hexagonal de elementos pueden retener la conveniencia de asociar guías de onda con los elementos como se ilustró en la Figura 11, mientras mejora además la densidad del elemento del panel de agrupaciones de antenas en fase permitiendo por tanto que se defina mejor un rayo de máxima ganancia.

En esta modalidad, la agrupación hexagonal puede permitir los cambios de fase requeridos para que cada oscilador local se determine y se aplique de manera eficiente.

Como se muestra en la Figura 11, los ASIC 1002 se conectan de manera electrónica entre sí en hileras mediante buses de datos 1114 sobre los lados inferiores de la placa superior 1008.

Los buses de datos 1114 se configuran para comunicar las siguientes señales:

- Frecuencias de Referencia;
- Datos recibidos sumados, I y Q;
- Datos que se transmiten, I y Q;
- Bus de datos de comandos en serie; y
- Fuente de energía.

Las señales de frecuencia de referencia se configuran para proporcionar intervalos de control de fase a los osciladores locales (sintetizadores) a $\pm 2\pi$ en las frecuencias transmitidas y recibidas dentro de la porción lineal de la característica del discriminador de fase tipo multiplicador. Este intervalo de frecuencia es un compromiso entre la precisión de tiempo y las pérdidas de transmisión alrededor de la placa superior de la antena 1008 en la frecuencia alta sobre la línea de transmisión diferencial en la capa superior del sustrato de PTFE 1108b. En esta modalidad, las frecuencias de referencia son $f_{TX}/64$ y $f_{RX}/64$, aunque en otras modalidades las frecuencias de referencia pueden ser $f_{TX}/8$ y $f_{RX}/8$, o cualquier otro valor adecuado.

Las señales de datos recibidas sumadas en fase y de fase en cuadratura, I y Q, corresponden a las señales compuestas I_{sal} y Q_{sal} en buses de datos diferenciales 528, 530 ilustrados en la Figura 5.

Las señales de datos transmitidas, I y Q, corresponden a las señales de los componentes en fase y de fase en cuadratura de los datos I_{datos} y Q_{datos} ilustradas en la Figura 9.

Los buses de datos 1114 en la placa superior 1008 se conectan en cambio a la placa inferior 1010 mediante una serie de conectores multipolo 1012 que se deterioran en una pared lateral del panel 1000.

La placa inferior 1010 soporta el procesamiento de la señal 1018, la regulación de energía 1020, la síntesis de frecuencia 1026 y los circuitos de la interfaz 1024 que se configuran para enviar y/o recibir los datos en los buses de datos 1114 y 1012. Las señales de frecuencia de referencia se generan mediante el circuito de síntesis de frecuencia 1026 de acuerdo con una señal generada por una unidad de procesamiento central (CPU) tal como el controlador central 104 ilustrado en la Figura 1. En modalidades donde la agrupación de antenas en fase se conecta al controlador central 104 por medio de un sistema de fibra óptica 106 como se ilustra en la Figura 1, el circuito de síntesis de frecuencia 1026 puede usar la frecuencia del reloj del sistema de fibra óptica y/o del controlador central 104 como una referencia cuando generan las señales de frecuencia de referencia.

El lado superior de la placa superior 1008 y el lado inferior de la placa inferior 1010 pueden no tener componentes montados sobre este ni orificios pasantes. Esto permite que el panel de agrupaciones de antenas en fase 1010 se selle

mediante un armazón periférico 1016 y confiera rigidez mecánica al panel de agrupaciones en fase 1000. Cada panel 1000 puede tener medios para fijar el panel 1000 de manera segura al techo del vagón de un tren.

El panel 1100 tiene conexiones de datos individuales (no se muestra) al CPU, los cuales en la modalidad mostrada en la Figura 1 se proporcionan por fibra óptica la cual puede ser de igual longitud y puede sellarse herméticamente a través del armazón periférico 1016 del panel 1000. El panel 1000 se suministra con cables de energía y colas de fibra (no se muestra) las cuales se sellan además herméticamente a través del armazón periférico 1016.

En la modalidad mostrada en las Figuras 10 y 11, los ASIC 1002 son de Silicio-Germanio (SiGe). Esto proporciona una ventaja sobre los ASIC de Galio-Arseniuro (GaAs) conocidos que se usan en la técnica anterior. El uso de ASIC de GaAs en la técnica anterior requiere chips a base de Silicio separados para realizar el procesamiento lógico requerido para la implementación del panel de agrupaciones de antenas en fase 1000.

El uso de un ASIC de SiGe de acuerdo con modalidades de la invención permite que se use un único ASIC para cada elemento que mejora por tanto la eficiencia del sistema de agrupaciones de antenas en fase.

En otras modalidades dos ASIC pueden proporcionarse para un único elemento: uno configurado para realizar el procesamiento cuando recibe datos y el otro configurado para realizar el procesamiento cuando transmite datos. Proporcionar ASIC separados puede proporcionar ventajas prácticas en términos de empaque de la disposición de componentes en la placa superior 1008.

La Figura 12 muestra de manera esquemática otra modalidad de un receptor 1200 asociado con un elemento de un sistema de agrupaciones de antenas en fase de acuerdo con una modalidad de la invención. Tales características que son las mismas que las ilustradas en la Figura 7 no se describirán aquí en detalle.

En esta modalidad, el componente de realimentación de fase 1202 se configura para proporcionar una señal representativa de si existe o no contaminación cruzada entre los componentes en fase y de fase en cuadratura al comparar las señales recibidas con códigos predeterminados.

Los satélites con los cuales el elemento de la agrupación de antenas en fase 1200 puede comunicarse se configuran para transmitir un código único repetido regularmente a ese satélite. El código único comprende un componente en fase y de fase en cuadratura. Los códigos únicos pueden utilizarse por la agrupación de antenas en fase para identificar, y capturar, un satélite deseado. De esta manera un sistema de agrupaciones de antenas en fase puede enfocarse en un satélite deseado para la exclusión de todos los otros satélites que transmiten a la misma frecuencia, aunque las señales recibidas de cualquiera de esos otros satélites sean más fuertes que las señales recibidas del satélite deseado.

En modalidades que reciben señales que incluyen el código único repetido de manera regular, puede no ser necesario utilizar un mapa mecánico o un mapa eléctrico para capturar la frecuencia deseada, aunque al hacer esto puede aumentar la velocidad con la cual el sistema de agrupaciones de antenas en fase captura el satélite deseado.

El componente de comunicaciones de control 1204 se configura para recuperar de la memoria los códigos únicos en fase y de fase en cuadratura 1206, 1208 que se asocian con el satélite deseado, y aplica estos códigos 1206, 1208 al componente de realimentación de fase 1202.

El componente de realimentación de fase 1202 es similar a la agrupación de realimentación 730 mostrada en la Figura 7, excepto que el componente de realimentación de fase 1202 de la Figura 12 se configura para aplicar los códigos únicos 1206, 1208 a los correladores asociados con cada rama del componente de realimentación de fase 1202 para determinar si existe cualquier correlación cruzada entre los componentes en fase y de fase en cuadratura de la señal XEntrada recibida en el elemento 1200.

El código único en fase 1206 se aplica al compuesto del componente en fase de las señales recibidas I_{sal} mediante un filtro transversal 1210, y se aplica además al componente de fase en cuadratura de la señal recibida Q mediante un filtro transversal 1212. Las salidas de estos dos filtros transversales 1210, 1212 se proporcionan a un componente multiplicador 1218 donde cualquier correlación se identifica mediante una señal de salida del componente multiplicador distinta de cero 1218 de la misma manera que el componente multiplicador 516 de la Figura 5.

De manera similar, el código único de fase en cuadratura 1208 se aplica al componente de fase en cuadratura compuesto de las señales recibidas Q_{sal} y al componente en fase de la señal recibida I_n mediante los filtros transversales 1214, 1216 respectivamente.

En esta modalidad los códigos únicos son de 128 bits de largo, y se apreciará que podrán usarse además los códigos de otras longitudes de bits.

Las Figuras 13 y 14 ilustran los resultados obtenidos cuando se realiza una simulación por ordenador de sesenta y cuatro elementos/receptores 500 como se ilustra en la Figura 5. Los resultados se muestran solamente para ocho de los sesenta y cuatro receptores con el fin de contribuir con la claridad.

Inicialmente la simulación comienza con un desplazamiento de fase de cero entre los osciladores elementos, y la señal deseada cambia de fase por $\pi/5$ radianes entre elementos.

La Figura 13 muestra un gráfico del voltaje de las señales de control de fase de los ocho elementos contra el tiempo. Dado que las señales recibidas se promedian con el tiempo, y las señales de realimentación de control de fase se alimentan hacia los osciladores locales asociados con los elementos individuales, las señales de control de fase individuales se separan para considerar el cambio de $\pi/5$ radianes entre las señales recibidas en los elementos. Como puede observarse a partir de la Figura 13, las señales de control de fase individuales se han separado después de 170 μ s.

La Figura 14 muestra cómo la alineación de la constelación de la forma de onda QPSK deseada evoluciona con el tiempo. Inicialmente la forma de onda QPSK deseada se confunde por el ruido y la interferencia, y con el tiempo evoluciona en un patrón limpio dado que los elementos se alinean mediante las señales de control de fase. La relación señal a ruido mejora a 10:1 con el tiempo como se midió por el tamaño de los puntos de la constelación.

La rotación de la constelación del elemento que se alinea con la constelación de consenso se produce mediante un ajuste de fase del oscilador local del elemento. El ajuste de la fase del oscilador local es la acción, la correlación de las señales en fase locales demoduladas y de fase en cuadratura (la constelación) según se mide mediante la agrupación de realimentación de fase derivado de un lazo Costas, por ejemplo, es el resultado.

En algunas modalidades, un sistema de agrupaciones de antenas en fase de acuerdo con una modalidad de la invención puede configurarse para transmitir y recibir señales que tienen múltiples frecuencias, por ejemplo para proporcionar acceso a Internet de banda ancha. En tales modalidades las señales recibidas por los elementos de un panel de agrupaciones de antenas en fase que actúa como un receptor, y las señales transmitidas por un panel de agrupaciones de antenas en fase que actúa como un transmisor, puede tanto alinearse en fase, como se describió anteriormente en detalle, como alinearse temporalmente al introducir un componente de demora de tiempo en el circuito asociado con cada elemento. El componente de demora de tiempo puede introducirse antes que las señales de más de un elemento se adicione entre sí, por ejemplo antes del componente de suma 208 en la Figura 2.

En algunas modalidades de la invención, el circuito asociado con los elementos de un panel de agrupaciones de antenas en fase debería ser tan simple como sea posible. Es decir, el procesamiento debería realizarse de manera central mediante software y/o firmware donde sea posible dado que es más conveniente cambiar cualquier algoritmo que se almacena centralmente según se opone a los ASIC asociados con cada elemento.

Modalidades de la invención pueden permitir que se usen paneles de agrupaciones de antenas en fase fabricados con menos precisión que ofrecen una calidad de rendimiento aceptable. Los paneles de antenas en fase fabricados con menos precisión pueden usarse dado que se reduce la dependencia después de las distancias teóricas o medidas entre elementos. Los paneles de agrupaciones de antenas en fase de acuerdo con modalidades de la invención pueden enfocar automáticamente un rayo de máxima ganancia sobre una fuente de datos/objetivo deseados de manera iterativa basados en los parámetros de las señales recibidas en los elementos.

Modalidades de la invención pueden proporcionar un consenso de alineación de múltiples elementos en un sistema de agrupaciones de antenas en fase mediante el uso de una pluralidad de circuitos de seguimiento de fase tales como los lazos Costas, lazos con enganche de fase o lazos de energía $n^{\text{ésima}}$. Puede generarse una señal que sea un compuesto de una pluralidad de señales demoduladas, y la pluralidad de circuitos de seguimiento de fase pueden configurarse para ajustar la fase de una señal de salida de los osciladores locales asociados con los elementos basados en una comparación entre la señal recibida en esos elementos y el compuesto de las señales demoduladas de manera que la(s) señal(es) de salida de los elementos se pondrá(n) en conformidad entre sí. Esto puede involucrar alinear en fase las señales de salida de los osciladores locales con la fase de las señales de comunicaciones recibidas en esos elementos.

Se apreciará que la invención no se limita a sistemas QPSK y que pueden usarse modalidades de la invención con otras técnicas de modulación y multiplexión. Como un ejemplo, la invención puede usarse con sistemas de comunicaciones que utilizan multiplexión ortogonal por división de frecuencia (OFDM), mediante la medición simultánea de la diferencia de fase entre las subportadoras recibidas en cada elemento.

En la medida en que se implementan las modalidades de la invención descritas anteriormente, al menos en parte, mediante el uso de un dispositivo de procesamiento controlado por software programable tal como un procesador de propósito general o un procesador de propósito especial, un procesador de señal digital, un microprocesador, u otro dispositivo de procesamiento, aparato de procesamiento de datos o sistema informático se apreciará que un programa informático, aparato o sistema para configurar un dispositivo programable para implementar los métodos anteriores descritos se visualizan como un aspecto de la presente invención. El programa informático puede llevarse a la práctica como cualquier tipo de código adecuado, tal como un código fuente, código objeto, código compilado, código interpretado, código ejecutable, código estático, código dinámico, y similares. Las instrucciones pueden implementarse mediante el uso de cualquier nivel alto adecuado, nivel bajo, orientado a objetos, visual, compilado y/o lenguaje de programación interpretado, tal como C, C++, Java, BASIC, Perl, Matlab, Pascal, Visual BASIC, JAVA, ActiveX, lenguaje

ensamblador, código de máquina, etcétera. Un experto comprendería fácilmente que el término "informático" en su sentido más general comprende dispositivos programables tal como se refirió anteriormente, y un aparato de procesamiento de datos y sistemas informáticos.

- 5 De manera adecuada, el programa informático se almacena sobre un medio portador en forma legible por una máquina, por ejemplo el medio portador puede comprender memoria, medios que pueden o no retirarse, medios que pueden o no borrarse, medio que pueden o no escribirse, medios digitales o analógicos, disco duro, disco flexible, memoria de disco compacto de sólo lectura (CD-ROM), disco compacto grabable (CD-R), disco compacto regrabable (CD-RW), disco óptico, medios magnéticos, medios magneto-ópticos, tarjetas de memoria o discos que pueden retirarse, varios tipos de
- 10 Discos Versátiles Digitales (DVD) módulo identificador suscriptor, cinta, memoria de casete en estado sólido. El programa informático puede suministrarse a partir de una fuente remota incorporada en los medios de comunicaciones tales como señal electrónica, onda portadora de radiofrecuencia u ondas portadoras ópticas. Tales medios portadores se visualizan además como aspectos de la presente invención.

15

REIVINDICACIONES

1. Una agrupación de antenas en fase que comprende un primer elemento de la antena y una pluralidad de segundos elementos de la antena, el primer elemento de la antena que comprende circuitos configurados para comparar el componente en fase de una señal de salida del primer elemento de la antena con un compuesto de los componentes en cuadratura de las señales de salida del primer y segundo elementos de la antena para generar una señal de control de fase representativa de un grado de correlación entre el componente en fase y el compuesto de los componentes en cuadratura con el fin de traer la señal de salida del primer elemento de la antena en concordancia con el compuesto de las señales de salida del primer y segundo elementos de la antena.
2. Una agrupación de antenas en fase que comprende un primer elemento de la antena y una pluralidad de segundos elementos de la antena, el primer elemento de la antena que comprende circuitos configurados para comparar el componente en cuadratura de una señal de salida del primer elemento de la antena con un compuesto de los componentes en fase de las señales de salida del primer y segundo elementos de la antena para generar una señal de control de fase representativa de un grado de correlación entre el componente en cuadratura y el compuesto de los componentes en fase con el fin de traer la señal de salida del primer elemento de la antena de acuerdo con el compuesto de las señales de salida del primer y segundo elementos de la antena.
3. Una agrupación de antenas en fase, en donde la señal de control de fase se genera como la diferencia entre la señal de control de fase generada por los circuitos configurados de acuerdo con la reivindicación 1 y la señal de control de fase generada por los circuitos de acuerdo con la reivindicación 2.
4. La agrupación de antenas en fase de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde los circuitos incluyen un lazo Costas.
5. La agrupación de antenas en fase de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el primer elemento de la antena y la pluralidad de segundos elementos de la antena se configuran para recibir señales electromagnéticas, en donde el primer elemento de la antena comprende un oscilador controlable configurado para proporcionar una señal de salida para la conversión a frecuencia de una señal electromagnética para formar la señal de salida del primer elemento de la antena, y en donde la fase de la señal de salida del oscilador controlable es ajustable sensible a la señal de control de fase.
6. La agrupación de antenas en fase de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende además un componente de demora asociado con uno o más del primer y segundo elementos de la antena, en donde el uno o más componentes de demora se configuran para alinear temporalmente las señales de salida del primer y segundo elementos de la antena.
7. La agrupación de antenas en fase de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, en donde uno o más de la pluralidad de segundos elementos de la antena se configuran además de manera que a las señales de salida individuales de los segundos elementos de la antena se les proporciona una ponderación en respuesta a una señal de control del nivel de energía.
8. La agrupación de antenas en fase de acuerdo con la reivindicación 7, en donde la señal de control del nivel de energía para un segundo elemento de la antena es representativo de una comparación entre la señal de salida de ese segundo elemento de la antena y las señales de salida de los otros segundos elementos de la antena.
9. La agrupación de antenas en fase de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en donde las señales de salida de uno o más de los segundos elementos de la antena se configuran para inhibirse en respuesta a la señal de control del nivel de energía que satisface un criterio.
10. La agrupación de antenas en fase de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, que comprende además una memoria configurada para almacenar coordenadas asociadas con cada uno del primer y segundo elementos de la antena.
11. La agrupación de antenas en fase de acuerdo con la reivindicación 10, en donde las coordenadas asociadas con cada uno del primer y segundo elementos de la antena se ajustan inicialmente de acuerdo con propiedades físicas de la agrupación de antenas en fase.
12. La agrupación de antenas en fase de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, en donde las coordenadas asociadas con cada una del primer o segundo elementos de la antena se ajustan en respuesta a la señal de control de fase.
13. La agrupación de antenas en fase de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, que comprende además un procesador configurado para calcular una plano de mejor ajuste para las coordenadas, y en donde la

señal de control de fase comprende una señal que se configura para ajustar la fase del oscilador controlable para ponerlo en línea con el plano de mejor ajuste.

- 5 14. La agrupación de antenas en fase de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 13, que comprende uno o más paneles de agrupaciones de antenas en fase.
15. Un vehículo que comprende una agrupación de antenas en fase de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a la 14.
- 10 16. Un método para ajustar la fase de un oscilador controlable de un primer elemento de la antena de una agrupación de antenas en fase, en donde la agrupación de antenas en fase comprende el primer elemento de la antena y una pluralidad de segundos elementos de la antena, y en donde la señal de salida del oscilador controlable se usa para convertir en frecuencia una señal electromagnética recibida para formar una primera
15 señal de salida del elemento de la antena, el método que comprende:
generar una señal de control de fase representativa de un grado de correlación entre el componente en fase de una señal de salida del primer elemento de la antena y un compuesto de los componentes en cuadratura de las
20 señales de salida del primer y segundo elementos de la antena al comparar el componente en fase con el compuesto de los componentes en cuadratura y/o generar una señal de control de fase representativa de un grado de correlación entre el componente en cuadratura de la señal de salida del primer elemento de la antena y un compuesto de los componentes en fase de las señales de salida del primer y segundo elementos de la antena al comparar el componente en cuadratura con el compuesto de los componentes en fase;
ajustar la fase de la señal de salida generada por el oscilador controlable asociado con el primer elemento de la antena en respuesta a la señal de control de fase.
- 25 17. El método de acuerdo con la reivindicación 16, que comprende además demorar las señales de salida de uno o más del primer o segundo elementos de la antena con el fin de alinear temporalmente las señales de salida del primer y segundo elementos de la antena.
- 30 18. El método de acuerdo con la reivindicación 16 o 17, que comprende además almacenar las coordenadas asociadas con cada uno del primer y segundo elementos de la antena en memoria.
19. El método de acuerdo con la reivindicación 18, que comprende además ajustar inicialmente las coordenadas asociadas con cada uno del primer y segundo elementos de la antena de acuerdo con las propiedades físicas de la agrupación de antenas en fase.
- 35 20. El método de acuerdo con la reivindicación 18 o la reivindicación 19, que comprende además ajustar las coordenadas asociadas con cada uno del primer y segundo elementos de la antena en respuesta a la señal de control de fase.
- 40 21. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 18 a 20, que comprenden además:
calcular un plano de mejor ajuste para las coordenadas; y
mediante el uso de una señal de control de fase ajustar la fase relativa de la señal de salida generada por el
oscilador controlable para ponerlo en línea con el plano de mejor ajuste;
45 en donde la señal de control de fase comprende una señal que se configura para ajustar la fase del oscilador controlable para ponerlo en línea con el plano de mejor ajuste.

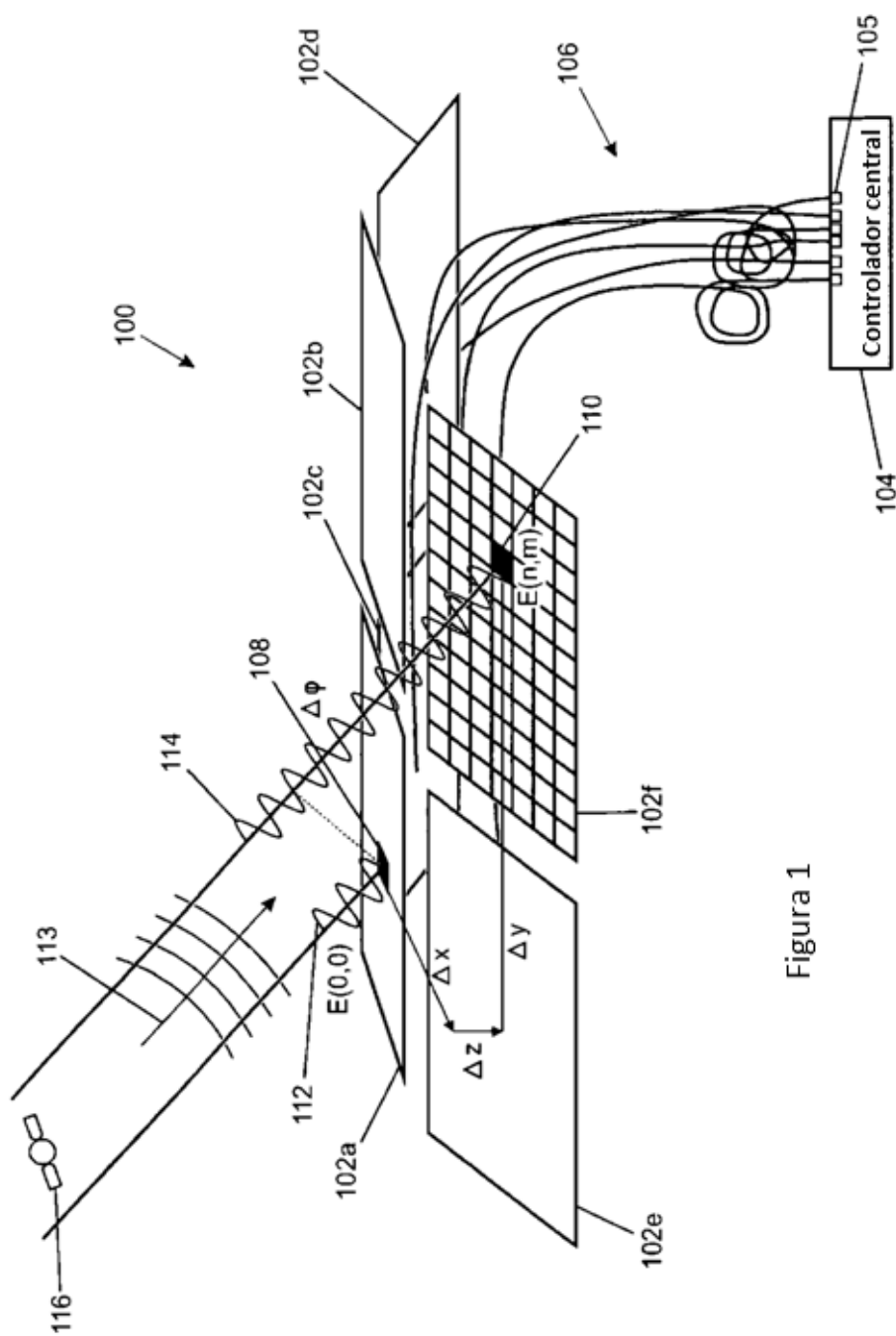


Figura 1

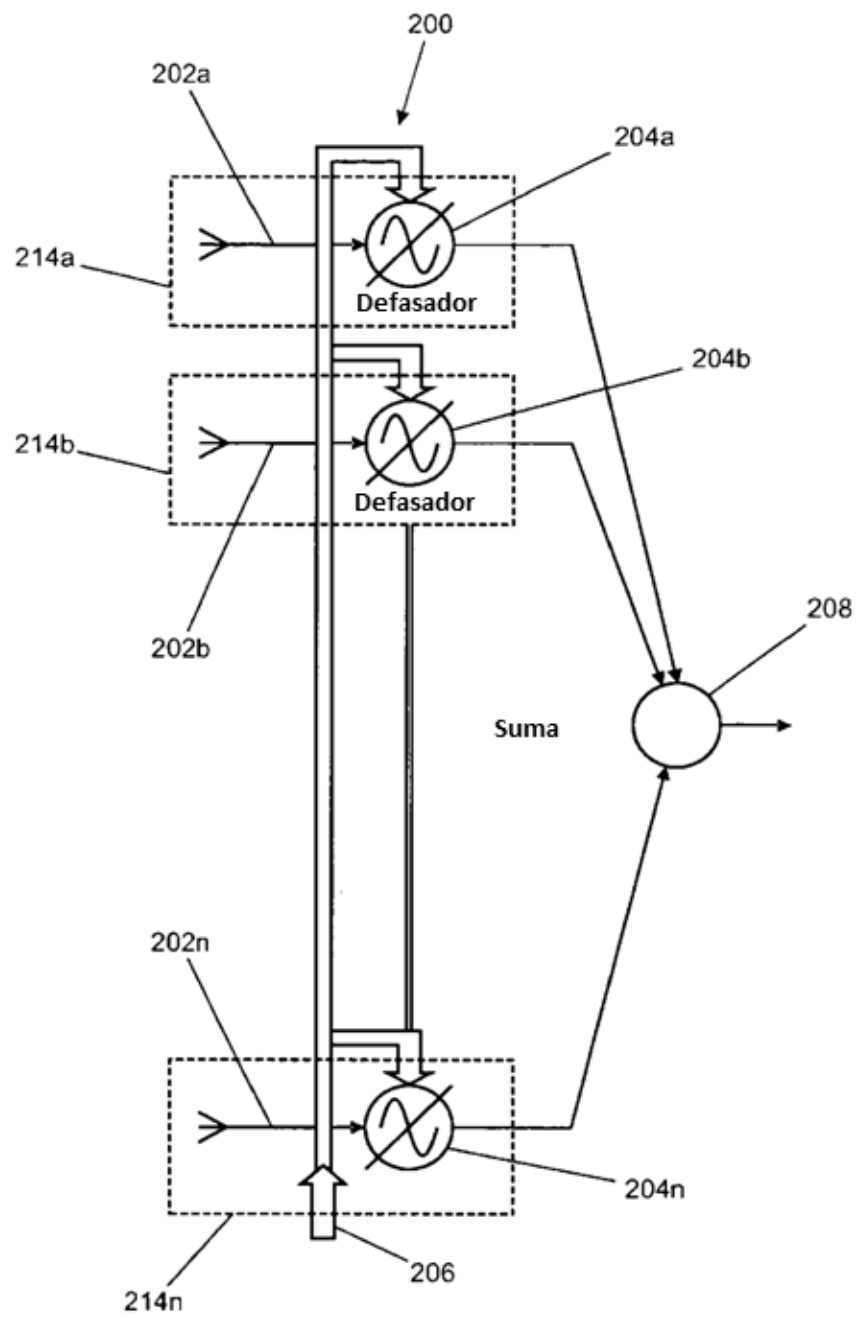


Figura 2

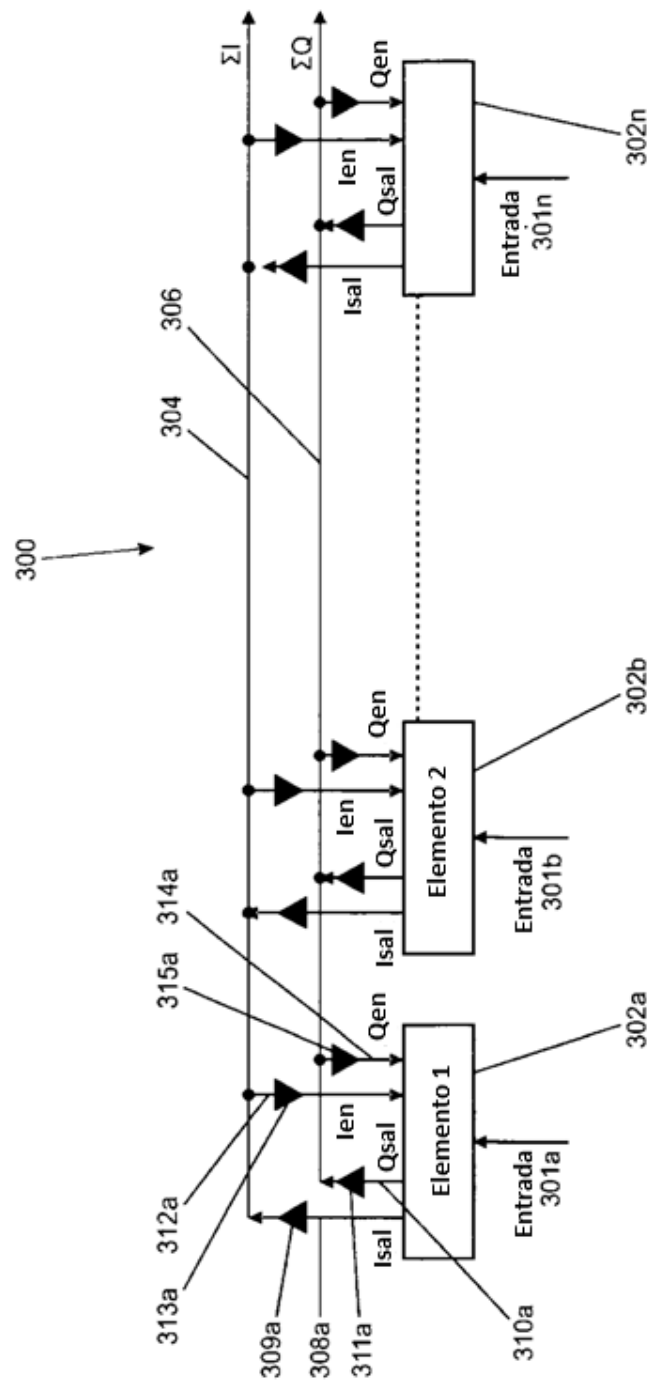


Figura 3

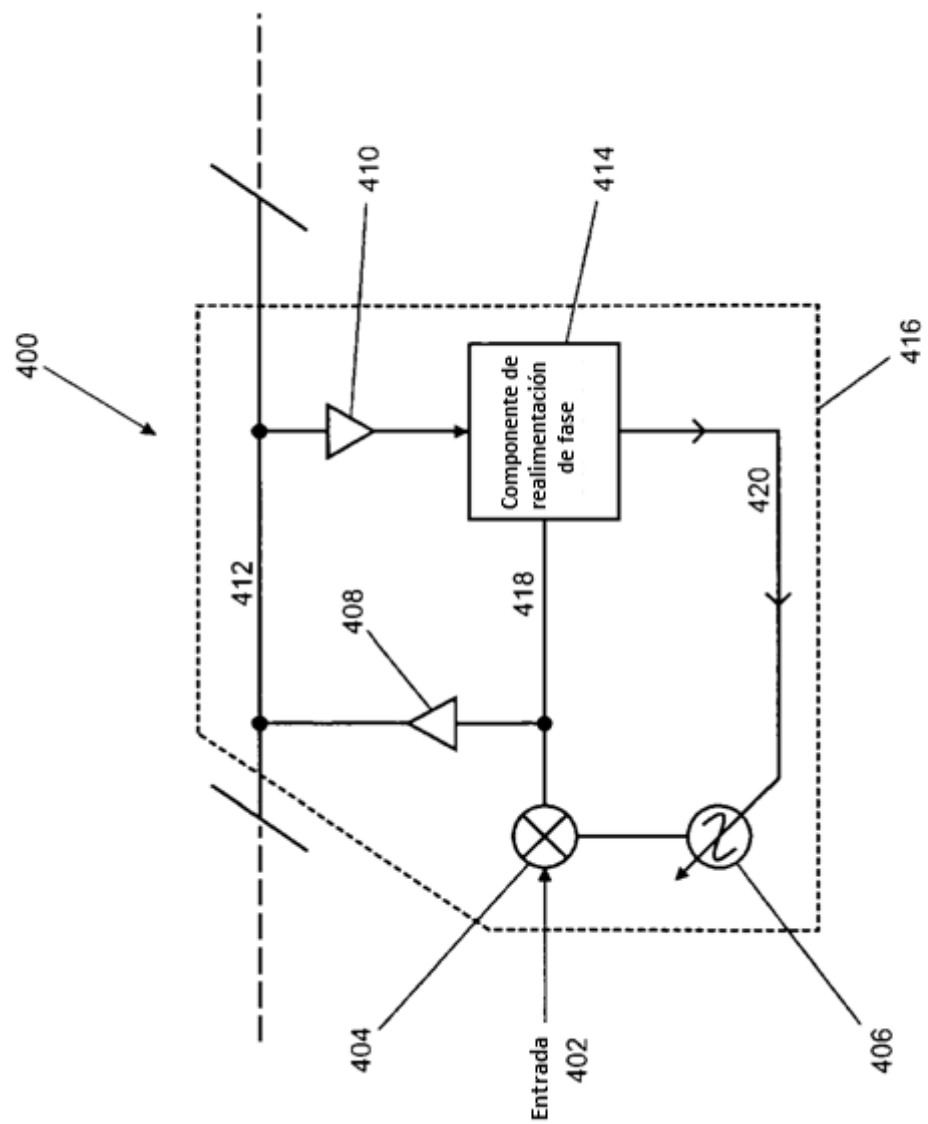


Figura 4

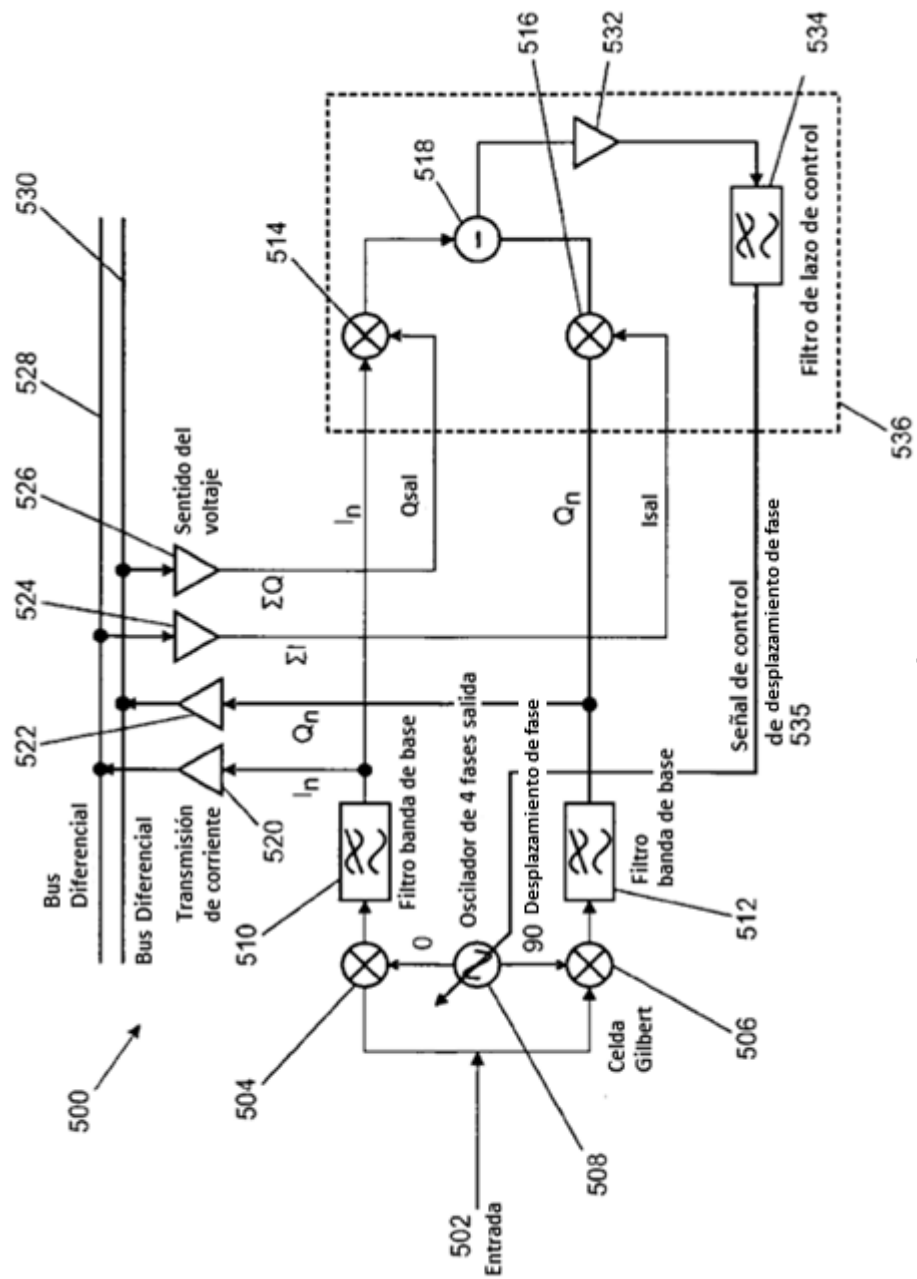


Figura 5

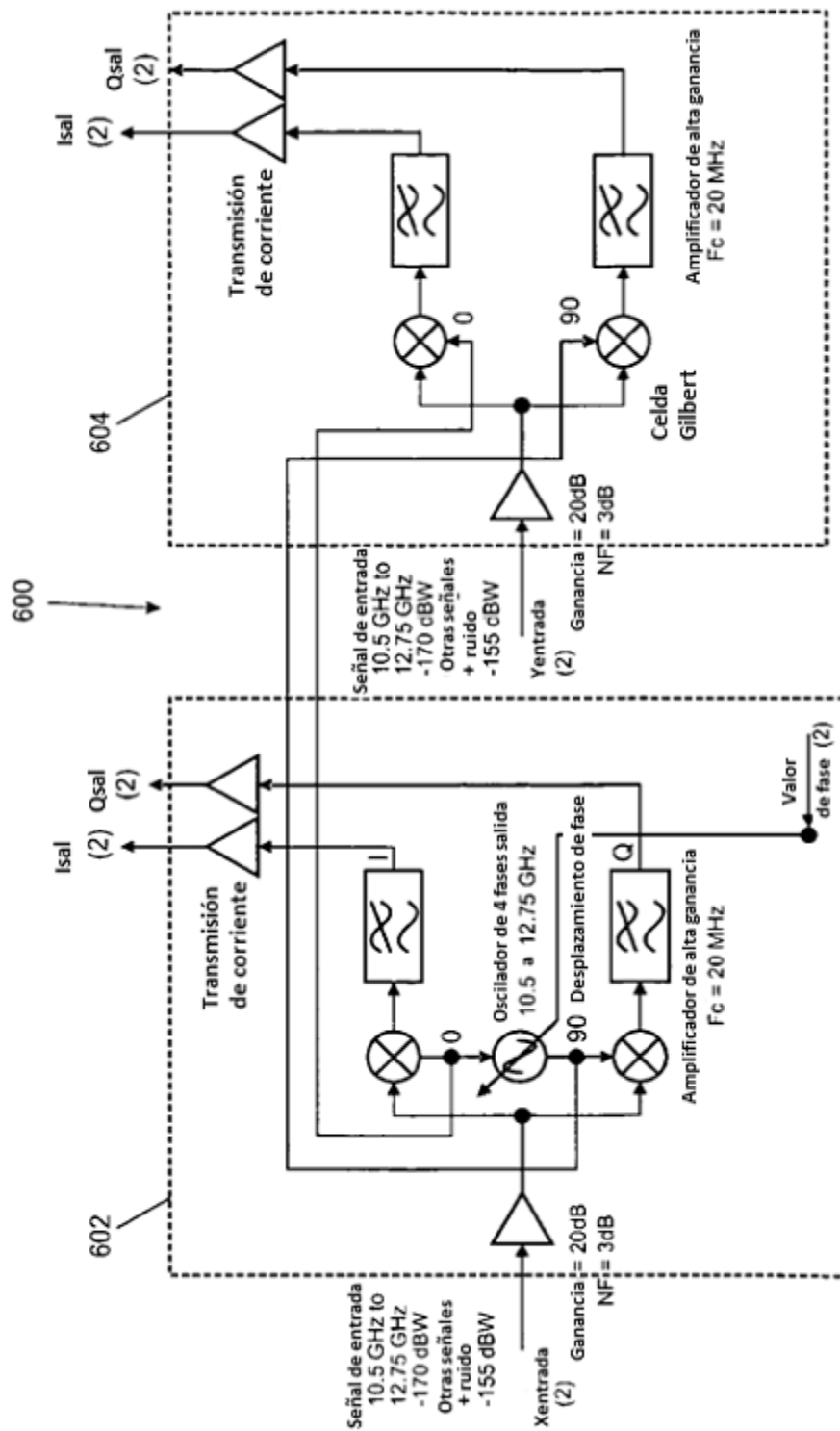


Figura 6

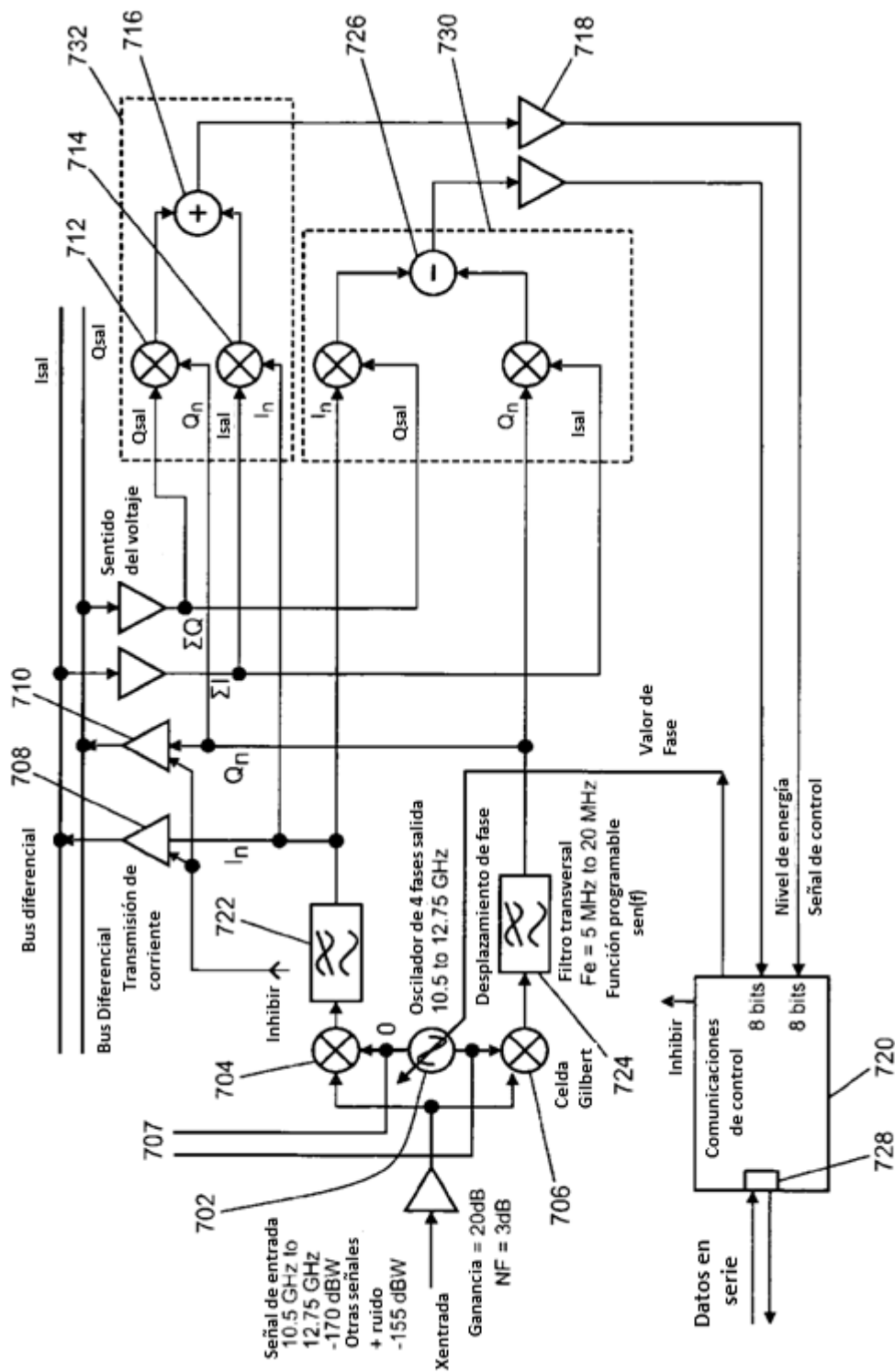


Figura 7

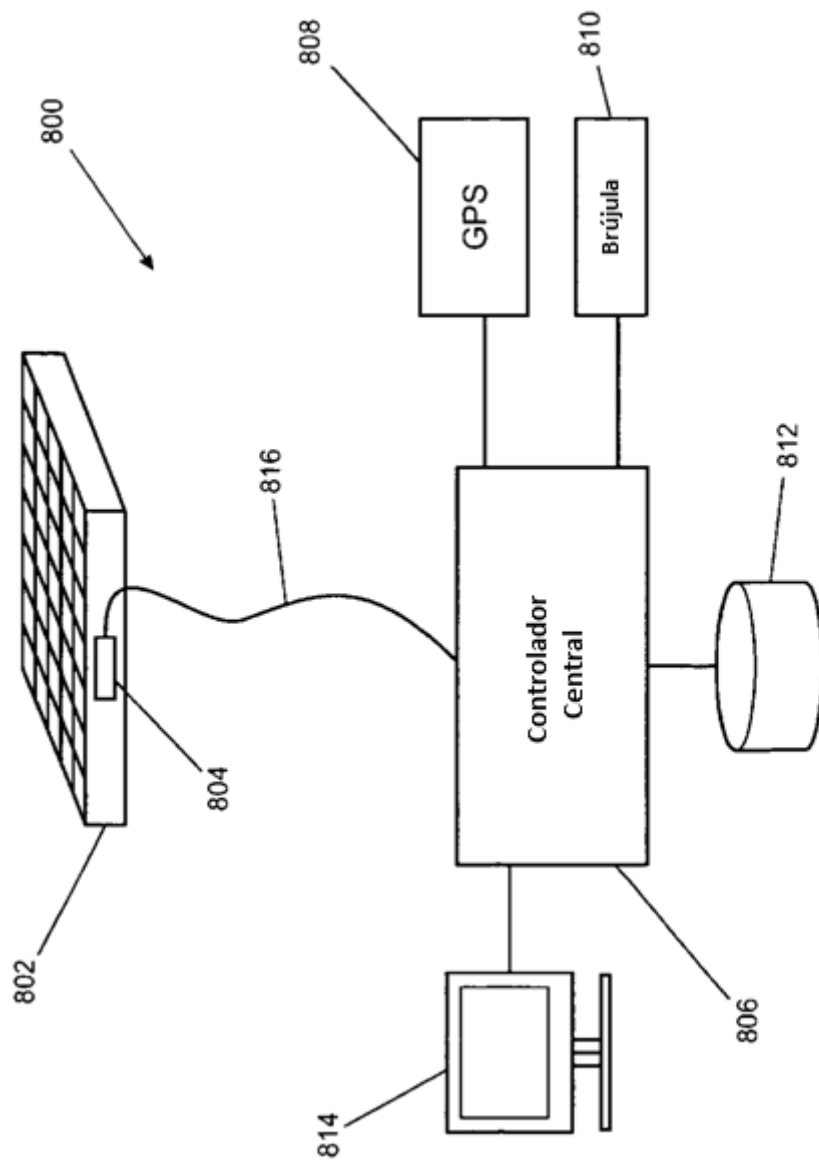


Figura 8

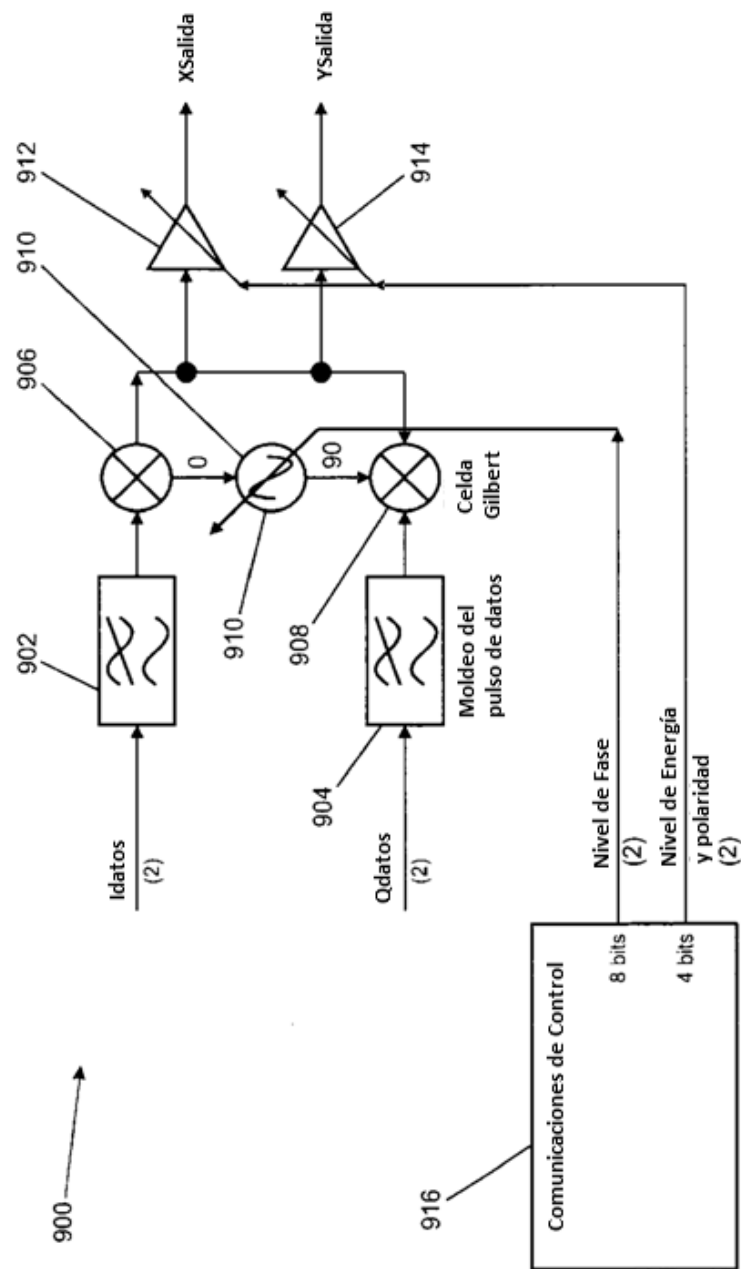


Figura 9

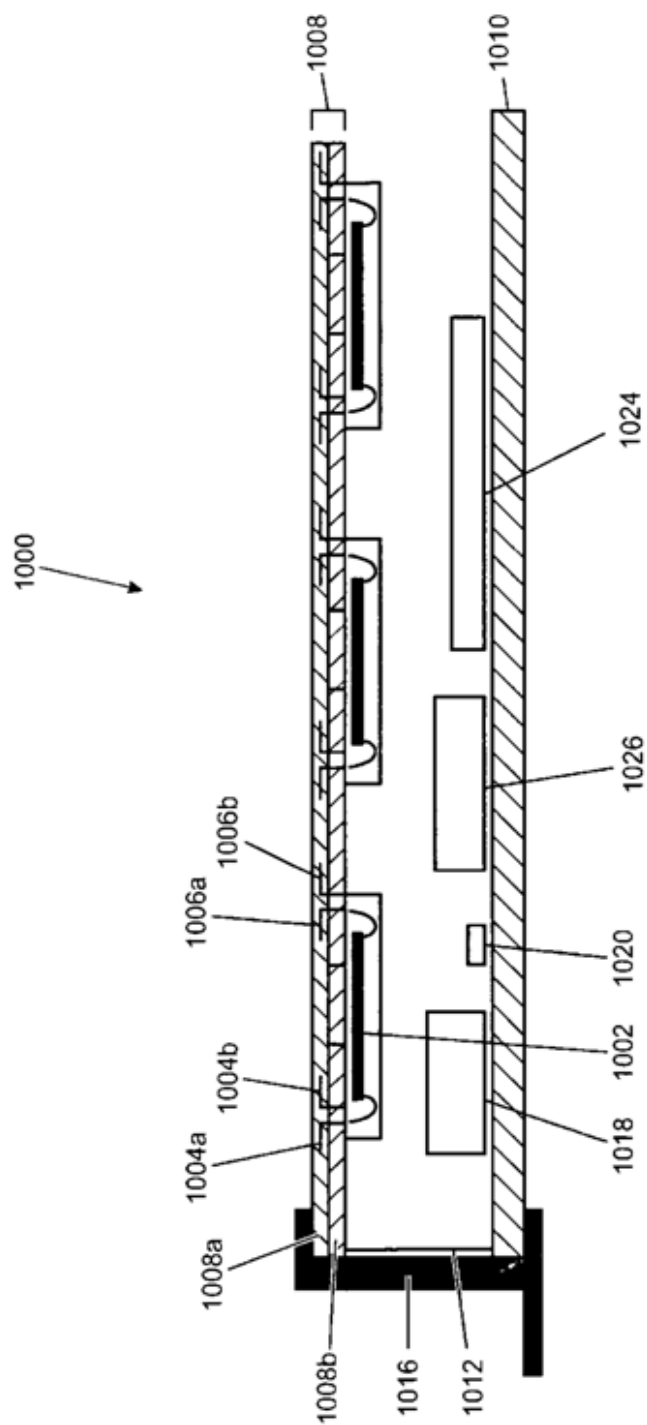


Figura 10

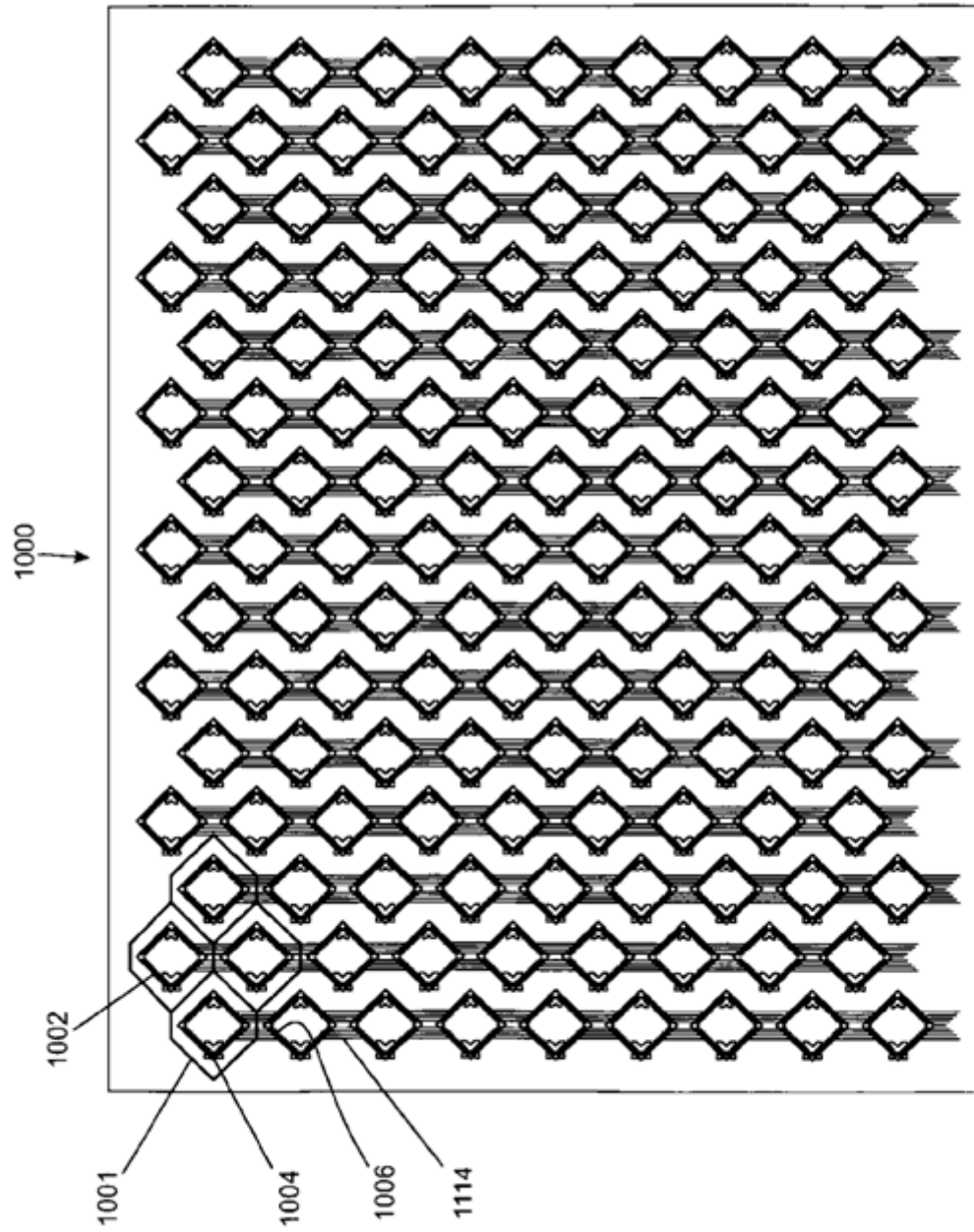


Figura 11

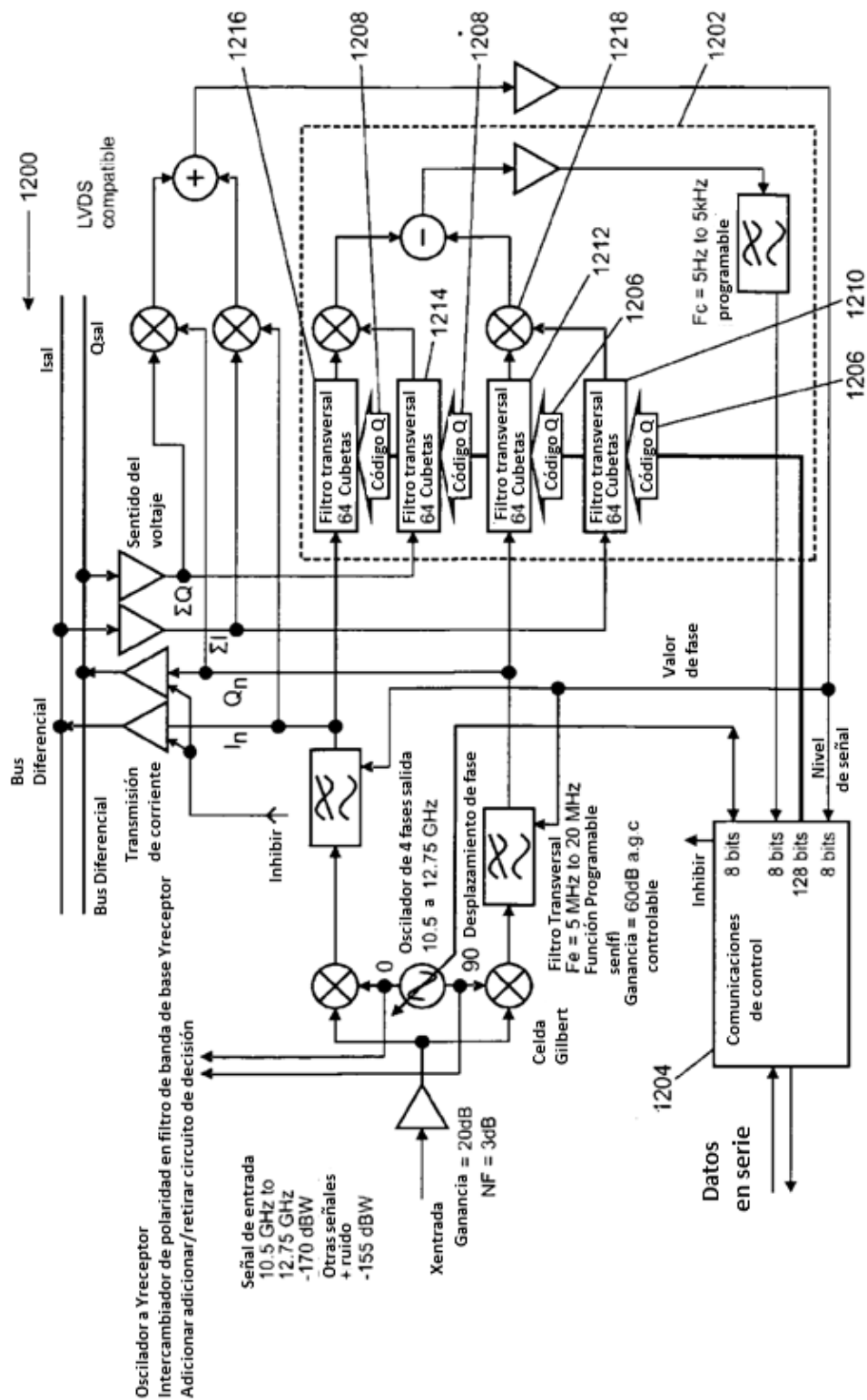


Figura 12

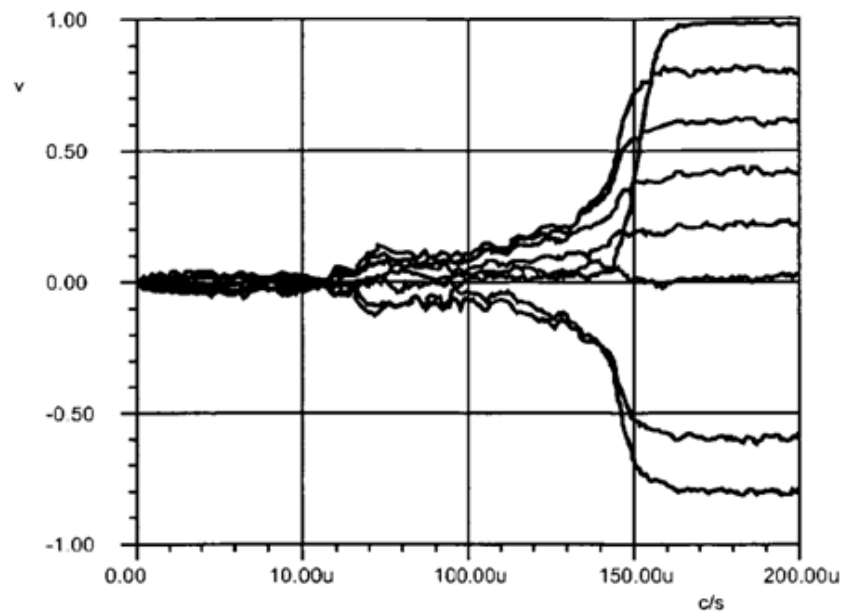


Figura 13

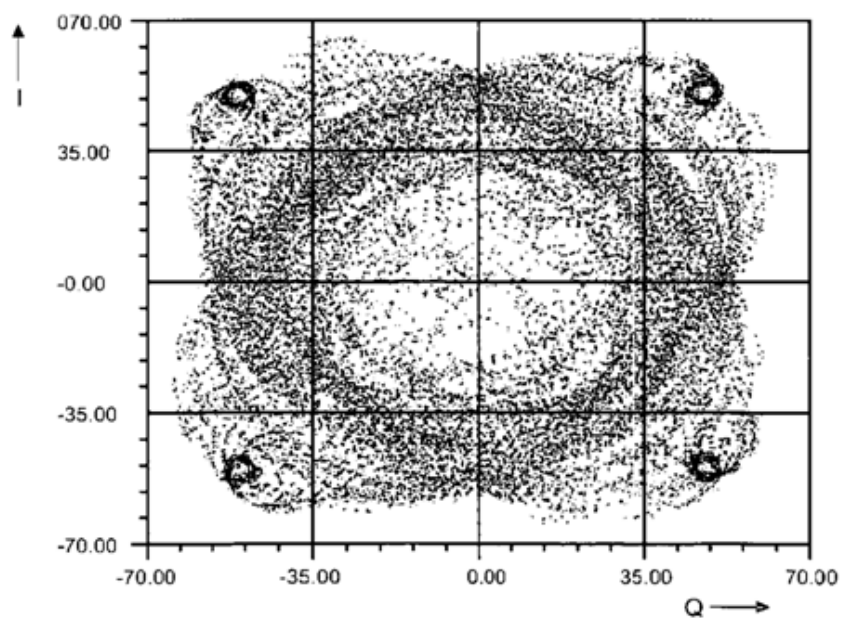


Figura 14