

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 629 980**

51 Int. Cl.:

H01Q 3/30 (2006.01)

H01Q 3/24 (2006.01)

H01Q 25/00 (2006.01)

H01Q 1/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.12.2006 PCT/US2006/046358**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.09.0007 WO07106159**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.12.2006 E 06849918 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.03.2017 EP 1987567**

54 Título: **Formador de haces de agrupación de matriz en fase compartido**

30 Prioridad:

24.02.2006 US 360532

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.08.2017

73 Titular/es:

**LOCKHEED MARTIN CORPORATION (100.0%)
6801 ROCKLEDGE DRIVE
BETHESDA, MARYLAND 20817, US**

72 Inventor/es:

**JACOMB-HOOD, ANTHONY, W. y
LAM, LAWRENCE, K.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 629 980 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

Formador de haces de agrupación de matriz en fase compartido

Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

5 Esta solicitud es una continuación en parte de la solicitud estadounidense anterior con número de serie 11/117 381, presentada el 29 de abril de 2005.

Declaración en cuanto a los derechos a invenciones realizadas en investigación o desarrollo con subvención federal

No aplicable.

Campo técnico

10 Esta divulgación se refiere a sistemas de antena de matriz en fase y, más particularmente, a formadores de haces para sistemas de antena de matriz en fase.

Antecedentes

15 Con los avances en la tecnología inalámbrica, se usan satélites tales como satélites de órbita terrestre baja en sistemas de telecomunicación para establecer enlaces de comunicación a través de largas distancias. Para producir estos enlaces, se han incorporado antenas de matriz en fase en algunos satélites así como estaciones terrestres móviles y estacionarias. Una antena de matriz en fase tiene normalmente una o más aberturas que se ensamblan a partir de un gran número de elementos radiantes, tales como ranuras o dipolos. Controlando individualmente un desplazamiento y atenuación de fase que se aplica a cada elemento, pueden formarse haces predecibles y apuntarse con precisión en direcciones particulares. A cada abertura se le asigna un número fijo de haces y cada haz puede apuntarse en una dirección para establecer un enlace de comunicación. Por ejemplo, un satélite de múltiples aberturas puede incluir cuatro aberturas de antena de matriz en fase y se asignan doce haces a cada abertura (para un total de cuarenta y ocho haces asociados con el satélite). Por tanto, cada una de las aberturas de antena de matriz en fase puede apuntar sus doce haces en diversas direcciones para establecer enlaces. Sin embargo, durante momentos particulares y en ubicaciones particulares en la órbita del satélite, puede colocarse una o más de las aberturas en una orientación tal que no se proporciona una cobertura útil. De manera similar, una o más de las aberturas pueden funcionar con frecuencias y/o polarizaciones diferentes. Debido a estas características de funcionamiento diferentes, también es posible que no se proporcione cobertura útil en todo momento. Debido a estos periodos de escasa cobertura, los haces asignados a una o más de las aberturas de matriz en fase se desperdician ya que no pueden establecer enlaces de comunicación.

30 El documento US 5 414 433 da a conocer una antena de matriz en fase que tiene dos etapas de control de dirección temporal. La primera etapa que está tradicionalmente ubicada a nivel de submatriz, es una unidad de retardo en el tiempo de múltiples bits que tiene un número suficiente de bits para cumplir con los requisitos de resolución de alcance del sistema. La segunda etapa ubicada a nivel de elemento radiante, es una unidad de retardo en el tiempo de un único bit que cumple con los requisitos de ancho de banda instantáneo de dos vías del sistema.

35 El documento US 5 936 591 da a conocer un aparato de alimentación de múltiples haces para una antena de múltiples haces que comprende un reflector y un radiador primario que comprende una pluralidad de antenas de elementos. El aparato está dotado de una pluralidad de redes de formación de haces para establecer una distribución de excitación con respecto a la antena de elementos necesaria para cada haz. Cada red de formación de haces está conectada a través de un combinador (un divisor) dispuesto para cada una de la totalidad de antenas de elementos.

45 El documento US 6 906 665 da a conocer un método y sistema para detectar una pluralidad de objetos. El método incluye dirigir un primer sistema de formación de haces a una primera dirección. La primera dirección está asociada con un primer objeto. Adicionalmente, el método incluye dirigir un segundo sistema de formación de haces a una segunda dirección. La segunda dirección está asociada con un segundo objeto. Además, el método incluye recibir una primera pluralidad de señales y recibir una segunda pluralidad de señales. Además, el método incluye generar una primera señal combinada, generar una segunda señal combinada, dividir la primera señal combinada y dividir la segunda señal combinada. Adicionalmente, el método incluye generar una primera señal de salida y generar una segunda señal de salida. La primera señal de salida está asociada con el primer objeto, y la segunda señal de salida está asociada con el segundo objeto.

50 El documento US 4 845 507 da a conocer un sistema de antena de radiofrecuencia que comprende una pluralidad de elementos de antena dispuestos en una matriz, comprendiendo tal matriz un par de submatrices de elementos de

- antena acopladas a un par de denominadas lentes electromagnéticas. Cada lente incluye una pluralidad de puertos de matriz, estando la pluralidad de puertos de matriz de la primera lente acoplados a los elementos de antena de una primera del par de submatrices, y estando la pluralidad de puertos de matriz de la segunda lente acoplados a los elementos de antena de una segunda del par de submatrices. La primera lente comprende además un primer conjunto de puertos de haz, estando los conjuntos primero y segundo de puertos de haz dispuestos para formar conjuntos primero y segundo correspondientes de haces entrelazados de energía de radiofrecuencia. La matriz de antena combina los conjuntos primero y segundo entrelazados de haces para formar una pluralidad de haces de energía de radiofrecuencia, siendo cada uno de la pluralidad de haces un haz compuesto de haces adyacentes de los conjuntos primero y segundo entrelazados de haces.
- 5 El documento US 5 936 588 da a conocer una antena de matriz en fase de múltiples haces reconfigurable que tiene elementos radiantes dispuestos en una matriz plana y desplazadores de fase variables. Cada uno de los desplazadores de fase está conectado a uno respectivo de los elementos radiantes. La antena de matriz incluye además una red de formación de haces para formar señales de haces puntuales y regionales. La red de formación de haces forma una señal de haz regional a partir de una combinación de señales de haces puntuales.
- 10 El documento US 6 268 835 da a conocer una antena de matriz de reflectores en fase desplegable con reflectores individuales y matrices de alimentación. Elementos electrónicos de control de fase y amplitud están acoplados a cada antena de reflectores para proporcionar direccionamiento para la energía de señal acoplada entre los reflectores y las matrices de alimentación. Elementos electrónicos de conmutación están acoplados a las matrices de alimentación y activan y desactivan de manera selectiva agrupaciones de formación de haces de alimentaciones en las matrices de alimentación.
- 15 El documento EP 1 328 076 A2 se refiere a un aparato y a un método para implementar una red de comunicaciones por satélite radial flexible. Para asignar haces puntuales de un satélite, cada señal puede dirigirse a una zona geográfica diferente, o pueden concentrarse todas las señales en una zona geográfica cualquiera.
- 20 El documento US 6 492 949 B1 se refiere a una antena de ranura para una antena de matriz. Una pluralidad de elementos radiantes están acoplados a una red de formación de haces de matriz de Butler. La red de formación de haces de matriz de Butler está acoplada a un circuito de combinación conmutado.
- 25 Por tanto, según un aspecto, un problema es proporcionar un sistema de antena de matriz en fase que pueda proporcionar una cobertura potenciada para aumentar la cantidad de enlaces de comunicación que pueden establecerse.
- 30 Este problema se resuelve mediante un sistema de antena de matriz en fase que tiene las características dadas a conocer en la reivindicación 1 y un método de funcionamiento correspondiente que tiene las características de la reivindicación 9. En las reivindicaciones dependientes se definen realizaciones preferidas.

Sumario de la divulgación

- El objeto dado a conocer en el presente documento resuelve estos problemas proporcionando un formador de haces que asigna de manera flexible haces de agrupaciones de haces producidas por aberturas de antena de matriz en fase que se despliegan en un satélite (u otro tipo de plataforma). Al compartir el formador de haces entre las agrupaciones de haces, si una agrupación de haces no está proporcionando cobertura útil (debido a un volumen de tráfico ligero, frecuencia de señal, polarización de señal, etc.), los haces pueden volver a asignarse a una o más de otras agrupaciones de haces que están proporcionando cobertura útil. Para compartir el formador de haces entre las agrupaciones de haces, se usa una red de selector (por ejemplo, uno o más conmutadores) para seleccionar qué agrupación de haces particular (o agrupaciones) se usa para producir uno o más haces estrechos que se restringen a la zona de cobertura de la agrupación de haces (o agrupaciones). Tales sistemas y métodos pueden aplicarse en modo de recepción, modo de transmisión o ambos de la antena de matriz en fase.
- 35 Según un aspecto de la divulgación, un sistema de antena de matriz en fase incluye un formador de haces que produce un haz de antena a partir de dos o más señales electromagnéticas recibidas de dos o más elementos de antena de matriz en fase. El sistema de antena de matriz en fase también incluye un selector que proporciona el haz de antena a otro formador de haces que produce un segundo haz de antena. La cobertura proporcionada por el segundo haz de antena está parcialmente restringida por la cobertura proporcionada por el primer haz de antena.
- 40 En una realización, la dirección de apuntamiento del segundo haz de antena puede estar parcialmente restringida mediante el ancho de haz del primer haz de antena. El primer haz de antena puede tener un ancho de haz más grande que el segundo haz de antena. Los elementos de antena de matriz en fase pueden estar incluidos en la misma abertura de matriz en fase. Los elementos de antena de matriz en fase pueden estar incluidos en diferentes aberturas de matriz en fase. El primer formador de haces puede incluir un desplazador de fase que ajusta la fase de una señal asociada con una o más de las señales recibidas. El primer formador de haces puede incluir un atenuador
- 45
- 50

que atenúa una señal asociada con una o más de las señales recibidas. El selector puede incluir un conmutador de dos vías, un conmutador de semiconductor, un conmutador mecánico, un conmutador de ferrita, un conmutador óptico, un conmutador digital u otro tipo de conmutador. El selector puede ejecutar instrucciones para proporcionar el haz de antena al otro formador de haces. Cualquiera o ambos de los formadores de haces y el selector puede incluirse en un paquete integrado.

Según otro aspecto de la divulgación, un sistema de antena de matriz en fase puede comprender una pluralidad de conjuntos de elementos de antena configurados para transmitir, recibir o ambos, un conjunto de señales. El sistema de antena de matriz en fase también puede comprender un primer conjunto de elementos de antena asociados con una primera abertura y acoplados a una primera etapa de formación de haces configurada para producir una primera pluralidad de primeros haces de antena y un segundo conjunto de elementos de antena asociados con una segunda abertura y acoplados a la primera etapa de formación de haces configurada para producir al menos una segunda pluralidad de primeros haces de antena. Un selector está acoplado a la primera etapa de formación de haces y está configurado para asignar haces de antena de las pluralidades primera y segunda de primeros haces de antena a una segunda etapa de formación de haces. La segunda etapa de formación de haces está configurada para generar al menos un segundo haz de antena, en la que la cobertura proporcionada por el al menos un segundo haz de antena está al menos parcialmente restringida por la cobertura proporcionada por una de las pluralidades primera y segunda de primeros haces de antena.

En una realización, la dirección de apuntamiento del al menos un segundo haz de antena puede estar parcialmente restringida por el ancho de haz de un primer haz de antena. Los elementos de antena de matriz en fase pueden estar incluidos en las mismas o diferentes aberturas de matriz en fase. Además, el selector puede incluir un conmutador.

Según otro aspecto de la divulgación, un método de producción de haces electromagnéticos incluye recibir señales electromagnéticas de dos elementos de antena de matriz en fase y someter a formación de haces las señales para producir una pluralidad de haces de antena. El método también incluye seleccionar para someter a formación de haces la pluralidad de haces de antena para producir al menos otro haz de antena, en el que la cobertura proporcionada por el segundo haz de antena está parcialmente restringida por la cobertura proporcionada por uno de la pluralidad de haces de antena.

En una realización, el método también puede incluir someter a formación de haces la primera pluralidad de haces de antena para producir el segundo haz de antena.

Según otro aspecto de la divulgación, un método de producción de haces electromagnéticos incluye recibir señales electromagnéticas de dos elementos de antena de matriz en fase y someter a formación de haces las señales para producir una pluralidad de haces de antena. El método también incluye someter a formación de haces la pluralidad de haces de antena para producir al menos un segundo haz de antena, en el que la cobertura proporcionada por el segundo haz de antena está parcialmente restringida por la cobertura proporcionada por el haz de la pluralidad de haces de antena. El método también incluye seleccionar la pluralidad de haces de antena a partir de otros haces producidos.

En una realización, el método también puede incluir restringir la selección de haces producidos a un número particular de haces.

Según otro aspecto de la divulgación, un sistema de antena de matriz en fase puede comprender una pluralidad de conjuntos de elementos de antena configurados para transmitir, recibir o ambos, un conjunto de señales. El sistema de antena de matriz en fase puede comprender un primer conjunto de elementos de antena asociados con una primera abertura y acoplados a un primer formador de haces configurado para producir una pluralidad de primeros haces de antena. Un primer selector puede estar acoplado a los primeros formadores de haces y acoplado a un segundo formador de haces, en el que el segundo formador de haces está configurado para producir una pluralidad de segundos haces de antena que está parcialmente restringida por al menos uno de la pluralidad de primeros haces de antena. Un segundo conjunto de elementos de antena está asociado con una segunda abertura y acoplado con un tercer formador de haces configurado para producir una pluralidad de terceros haces de antena. Un segundo selector puede estar acoplado al tercer formador de haces y acoplado a un cuarto formador de haces, en el que el cuarto formador de haces está configurado para producir una pluralidad de cuartos haces de antena que está parcialmente restringida por uno de la pluralidad de terceros haces de antena. Un selector final está acoplado al segundo formador de haces y al cuarto formador de haces y puede estar configurado para asignar haces de antena de la pluralidad de segundos haces de antena y la pluralidad de cuartos haces de antena. Y una etapa de formación de haces final puede estar acoplada al selector final y configurada para generar al menos un haz de antena final, en la que la cobertura proporcionada por el al menos un haz de antena final está al menos parcialmente restringida por la cobertura proporcionada por uno de la pluralidad de segundos haces de antena, o por uno de la pluralidad de cuartos haces de antena o ambos.

Ventajas y aspectos adicionales de la presente divulgación resultarán fácilmente evidentes para los expertos en la

técnica a partir de la siguiente descripción detallada, en la que se muestran y se describen realizaciones de la presente invención, simplemente a modo de ilustración del mejor modo contemplado para poner en práctica la presente invención.

Breve descripción de los dibujos

- 5 La figura 1 es una vista esquemática de un satélite que incluye un sistema de antena de matriz en fase que está configurado para producir múltiples haces de transmisión y/o recepción.
- La figura 2 es una vista esquemática de formadores de haces de matriz en fase dedicados para dos aberturas incluidas en el sistema de antena de matriz en fase mostrado en la figura 1.
- 10 La figura 3 es una vista esquemática de un formador de haces de matriz en fase dedicado para una de las aberturas mostradas en la figura 2.
- La figura 4 es una vista esquemática de una red de selector que comparte un formador de haces para asignar haces entre las dos aberturas incluidas en el sistema de antena de matriz en fase mostrado en la figura 1.
- 15 La figura 5 es una vista esquemática de un sistema de antena de matriz en fase que produce múltiples haces que pueden asignarse con menos hardware que el sistema de antena de matriz en fase mostrado en la figura 3 que incluye formadores de haces dedicados.
- La figura 6 es una vista esquemática de otra realización de un sistema de antena de matriz en fase que comparte formadores de haces para producir múltiples haces que se asignan en grupos.
- La figura 7 presenta una tabla que compara los componentes de hardware necesarios para implementar un sistema de antena de matriz en fase con formadores de haces dedicados y los componentes de hardware necesarios para implementar un sistema de antena de matriz en fase que comparte formadores de haces.
- 20 La figura 8 es una vista ilustrativa de cobertura proporcionada por dos agrupaciones de haces.
- La figura 9 es un diagrama de bloques de un formador de haces de agrupación compartido a modo de ejemplo.
- La figura 10 es un diagrama de bloques de un formador de agrupaciones a modo de ejemplo que se implementa en los formadores de haces de agrupación compartidos mostrados en la figura 9.
- 25 La figura 11 es un diagrama de bloques de otro formador de haces de agrupación compartido a modo de ejemplo.

Descripción detallada de las realizaciones

Haciendo referencia a la figura 1, se muestra un satélite 10 en órbita e incluye un sistema 12 de antena de matriz en fase que puede producir múltiples haces. El sistema 12 de antena de matriz en fase incluye cuatro aberturas 14, 16, 18 y 20. En esta representación, las aberturas 18 y 20 se muestran produciendo cuatro haces 22, 24, 26 y 28 diferenciados. Cada uno de estos haces puede usarse para transmitir y/o recibir señales electromagnéticas hacia y desde ubicaciones a las que da cobertura respectivamente el sistema 12 de antena de matriz en fase. Por ejemplo, el haz 22 puede usarse para recibir una señal electromagnética (por ejemplo, una señal de radiofrecuencia (RF), etc.) que se transmite desde una estación 30 terrestre a la que da cobertura el haz 22. Para recibir la señal electromagnética en el haz 22, el sistema 12 de antena de matriz en fase o una parte del sistema de antena de matriz en fase (por ejemplo, la abertura 18) está diseñado para funcionar a una o más frecuencias (por ejemplo, banda C, banda Ku, etc.) dentro del espectro electromagnético en el que transmite la estación 30 terrestre. Adicionalmente, el sistema 12 de antena de matriz en fase puede estar diseñado para recibir señales electromagnéticas con una o más polarizaciones. Por ejemplo, el sistema 12 de antena de matriz en fase o una parte del sistema de antena de matriz en fase (por ejemplo, la abertura 18) puede estar diseñado para funcionar con polarizaciones tales como polarizaciones lineales (por ejemplo, vertical, horizontal, etc.), polarización circular (por ejemplo, circular hacia la derecha, circular hacia la izquierda, etc.), polarización elíptica u otra polarización electromagnética similar.

Continuando con el ejemplo, tras recibir la señal electromagnética por el haz 22, la señal puede procesarse (por ejemplo, amplificarse, colocarse en otra banda de frecuencia, etc.) mediante hardware a bordo del satélite 10. Por ejemplo, puede recibirse una señal con polarización vertical, en la banda C, desde la estación 30 terrestre por el haz 22. Una vez recibida, un conjunto de circuitos en un módulo 32 de carga útil (y/o conjunto de circuitos ubicado cerca de uno o más de los elementos radiantes) puede procesar la señal para su transmisión a otra ubicación a la que da cobertura el satélite 10. Por ejemplo, la señal puede amplificarse, mezclarse con una frecuencia dentro de la banda

Ku y transmitirse con una polarización horizontal. En esta situación, la señal procesada se transmite por el haz 28 a una estación 34 móvil (por ejemplo, un coche, un camión, etc.).

Haciendo referencia a la figura 2, se muestra un diagrama de bloques que representa una parte de módulo 32 de carga útil y aberturas 14 y 16. Cada abertura incluye varios elementos de antena que, en conjunto, forman la abertura respectiva. Con fines ilustrativos, solo se muestran tres elementos en la abertura 14 y la abertura 16. En particular, la abertura 14 incluye los elementos 36, 38 y 40 de antena mientras que la abertura 16 incluye los elementos 42, 44 y 46 de antena. En este ejemplo, ambas aberturas 14 y 16 están configuradas para recibir señales electromagnéticas. Sin embargo, normalmente plataformas tales como el satélite 10 incluyen antenas de matriz en fase para transmitir y recibir. Por ejemplo, una antena de matriz en fase está configurada para transmitir a una banda de frecuencia (por ejemplo, Ku, Ka, etc.) y polarización (por ejemplo, polarización lineal, etc.) particulares y una antena de matriz en fase complementaria está configurada para recibir a una frecuencia y polarización ortogonal diferentes. Cada uno de los elementos de antena (por ejemplo, los elementos 36 - 46) puede implementarse con diseños de antena idénticos o diferentes (por ejemplo, dipolos, parches, hélices, etc.) que conoce bien un experto en la técnica de diseño de antenas y diseño de sistemas de antena. Cada elemento 36 - 46 de antena está respectivamente conectado a un amplificador 48, 50, 52, 54, 56, 58 de bajo ruido que condiciona la señal recibida antes de proporcionarla al módulo 32 de carga útil.

En este ejemplo, el módulo 32 de carga útil incluye dos formadores 60, 62 de haces de cuatro haces convencionales que producen cada uno cuatro haces a partir de las señales electromagnéticas recibidas respectivamente por las aberturas 14 y 16. Estos ocho haces pueden dirigirse en direcciones angulares para cubrir ubicaciones geográficas particulares y las zonas de cobertura de haz pueden solaparse o no. Por ejemplo, los cuatro haces asociados con el formador 60 de haces de cuatro haces pueden dirigirse a ubicaciones tal como se ilustra en la figura 1. Normalmente, es posible que una plataforma tal como el satélite 10 pueda producir más de ocho haces. Por ejemplo, es posible que el satélite 10 pueda producir treinta y dos, cuarenta y ocho o más haces. Sin embargo, por facilidad de ilustración solo se describen ocho haces, aunque el número de formadores de haces y componentes de formadores de haces puede ajustarse a escala para producir haces adicionales para la transmisión y/o recepción de señales electromagnéticas.

Para producir los ocho haces, los conductores 64, 66, 68, 70, 72 y 74 respectivos (por ejemplo, perfiles de conducción, cables de RF, guíasondas, etc.) proporcionan las señales de amplificadores 48 - 58 de bajo ruido a formadores 60, 62 de haces de cuatro haces convencional. En algunas disposiciones, las señales pueden ajustarse antes de recibirse en los formadores de haces. Por ejemplo, las señales pueden mezclarse a una frecuencia intermedia (IF) antes de procesarse por los formadores de haces. Las señales también pueden convertirse en otra parte del espectro electromagnético para el procesamiento por los formadores de haces. Por ejemplo, las señales de amplificadores 48 - 58 de bajo ruido pueden convertirse en señales ópticas antes de proporcionarse a los formadores 60 y 62 de haces.

Haciendo también referencia a la figura 3, se muestra un diagrama de bloques del formador 60 de haces de cuatro haces, que está dedicado a la abertura 14. Tal como se mencionó anteriormente, se producen cuatro haces a partir de señales proporcionadas por los elementos de antena en la abertura 14. Cada haz respectivo se produce mediante un formador 76, 78, 80, 82 de haces individual. Dado que cada uno de los cuatro formadores 76, 78, 80, 82 de haces tiene componentes idénticos, se proporciona una descripción de un formador de haces (por ejemplo, el formador 76 de haces) para describir de manera común los cuatro formadores de haces. En general, para producir un haz de recepción, se aplican respectivamente desplazamientos de fase (y/o en algunas situaciones, atenuaciones) a las señales recibidas en los elementos 36, 38, 40 de antena de matriz en fase. Ajustando estos desplazamientos de fase (y/o atenuaciones) el frente de fase de los elementos de antena agregados se dirige a una dirección angular particular.

Usando el elemento 36 de antena de matriz en fase para demostrar el procesamiento por parte del formador 60 de haces de cuatro haces; el amplificador 48 de bajo ruido proporciona el conductor 64 de señal electromagnética a un divisor 84 de potencia de dos vías que está incluido en el módulo 32 de carga útil. En esta realización, el divisor 84 de potencia de dos vías divide la señal recibida y proporciona la señal al divisor 86 de potencia de dos vías por el conductor 88. La señal también se proporciona al divisor 90 de potencia de dos vías por el conductor 92. Al dividir la señal en cuatro, cada señal se usa para producir los cuatro haces independientes en los formadores 76, 78, 80, 82 de haces. En otras situaciones las señales pueden dividirse adicionalmente para producir más de cuatro haces (por ejemplo, ocho haces, dieciséis haces, etc.).

Los conductores 94, 96, 98 y 100 proporcionan respectivamente las cuatro señales divididas a los formadores 76, 78, 80 y 82 de haces. De manera similar, las señales de los elementos 38 y 40 de antena se dividen y se envían a cada uno de los formadores de haces. Centrándose en el formador 76 de haces, tres desplazadores de fase/atenuadores 102, 104, 106 reciben las señales de los elementos 36, 38 y 40 de antena. En particular, al desplazador de fase/atenuador 102 se le proporcionan señales del elemento 36 de antena a través del conductor 94. De manera similar, al desplazador/atenuador 104 se le proporcionan señales del elemento 38 de antena y al desplazador/atenuador 106 se le proporcionan señales del elemento 40 de antena. Cada desplazador de

fase/atenuador 102, 104, 106 aplica un desplazamiento de fase a la señal recibida respectivamente. Por ejemplo, el desplazador de fase/atenuador 102 puede aplicar un desplazamiento de fase de 0° mientras que los desplazadores de fase/atenuadores 104 y 106 aplican respectivamente desplazamientos de fase de 22,5° y 45°. De manera similar, pueden aplicarse desplazamientos de fase a las señales procesadas por los formadores 78, 80 y 82 de haces para dirigir los haces correspondientes. En algunas situaciones, uno o más de los desplazadores de fase/atenuadores en los formadores 76, 78, 80 y 82 de haces pueden aplicar una atenuación o un desplazamiento de fase y una atenuación para dirigir y/o conformar los haces.

Centrándose todavía en el formador 76 de haces, una vez aplicado(s) el/los desplazamiento(s) de fase (y la(s) atenuación/atenuaciones), se proporciona cada señal sometida a desplazamiento de fase a un combinador 108 de tres vías incluido en el formador de haces. El combinador 108 produce un haz (es decir, el haz 1) combinando las señales sometidas a desplazamiento de fase de cada elemento de antena. Por ejemplo, el combinador 108 de tres vías puede combinar señales de los elementos 36, 38, 40 de antena para producir y dirigir un haz en una dirección basándose en el desplazamiento de fase relativo de cada trayectoria. De manera similar, los combinadores 110, 112, 114 de tres vías en los formadores 78, 80 y 82 de haces respectivos pueden recibir señales de cada elemento de antena que se han sometido a desplazamiento de fase en cantidades para producir y dirigir los otros tres haces (es decir, los haces 2, 3 y 4).

Esta figura muestra los componentes incluidos en el formador 60 de haces de cuatro haces, que está dedicado a la abertura 14 de antena. De manera similar, las aberturas 16, 18 y 20 de antena están conectadas a formadores de haces dedicados que por consiguiente dividen las señales recibidas y aplican uno o más desplazamientos de fase (y/o atenuaciones). Al implementar estos formadores de haces dedicados, se asigna un número fijo de haces a cada abertura. En este ejemplo, la asignación de los cuatro haces (producidos por combinadores 108, 110, 112 y 114 de tres vías) es fija. De ese modo, si la abertura 16 de antena de matriz en fase se orienta de tal manera que puede proporcionar una mejor cobertura, no pueden reasignarse los haces de la abertura 14 de antena de matriz en fase a la abertura 16. Además, si la abertura 14 está en una posición angular que no proporciona cobertura útil, los haces asignados a la abertura 14 se desperdician. Por ejemplo, la abertura 14 de antena puede estar dirigida hacia el oeste y la antena 16 de matriz en fase puede estar dirigida hacia el este mientras el satélite 10 está en una órbita terrestre baja. A una hora particular del día, el tráfico de señales puede ser dominante en el oeste en comparación con el este. En una situación de este tipo, puede resultar ventajoso asignar más haces a la abertura 14 de antena de matriz en fase dirigida hacia el oeste que a la abertura 16 de antena de matriz en fase dirigida hacia el este. Sin embargo, dado que la asignación de haces es fija, puede no proporcionarse una cobertura apropiada hacia el oeste y los haces apuntados hacia el este pueden infrautilizarse. En otras situaciones, en vez de la orientación, una asignación de haces fija puede proporcionar cobertura inapropiada basándose en parámetros de haces de transmisión y/o recepción (por ejemplo, frecuencia, polarización, etc.).

Adicionalmente, al dedicar un formador de haces a aberturas de antena o elementos de antena infrautilizados (por ejemplo, debido al apuntamiento de la antena, frecuencia de funcionamiento, polarización, etc.), los componentes de hardware que tienen actualmente poca utilidad ocupan un espacio valioso en el satélite 10. Además, estos componentes de hardware añaden peso al satélite 10 y aumentan el coste de producción y funcionamiento (por ejemplo, debido al consumo de potencia) del satélite 10.

Haciendo referencia a la figura 4, se muestra que una parte del módulo 32 de carga útil incluye un formador 116 de haces de cuatro haces que se comparte entre elementos de antena de aberturas 14 y 16 de antena de matriz en fase. Al compartir los formadores 116 de haces, se reduce el número de componentes de hardware, lo cual reduce de manera correspondiente el coste y el peso del módulo 32 de carga útil. Además, al compartir el formador 116 de haces entre elementos de antena, la combinación de haces producida por el formador de haces puede asignarse de manera flexible entre las aberturas de antena de matriz en fase dependiendo de la orientación del satélite 10 (u otro tipo de plataforma), volumen de tráfico de señales o parámetro de haz (por ejemplo, frecuencia, polarización, etc.). Usando el ejemplo descrito anteriormente, para proporcionar una cobertura apropiada hacia el oeste, pueden asignarse más haces a la abertura dirigida hacia el oeste reasignando haces actualmente asignados a la abertura dirigida hacia el este. En un momento posterior pueden devolverse algunos o todos los haces para la cobertura hacia el este reasignando los haces a la abertura de antena de matriz en fase dirigida hacia el este.

En este ejemplo, las aberturas 14 y 16 comparten el formador 116 de haces de cuatro haces, que produce cuatro haces dirigibles (es decir, el haz 1, el haz 2, el haz 3, el haz 4) que pueden asignarse entre las aberturas. De manera similar a la figura 2, las aberturas 14 y 16 incluyen respectivamente tres elementos de matriz (es decir, los elementos 36, 38, 40 de antena y los elementos 42, 44, 46 de antena) con fines ilustrativos. Los amplificadores 48 - 58 de bajo ruido se conectan respectivamente a los elementos 36 - 46 de antena y condicionan las señales electromagnéticas recibidas.

Para compartir el formador 116 de haces de cuatro haces entre las aberturas 14 y 16, una red 118 de selector selecciona qué señales se proporcionan al formador de haces de cuatro haces. La red 118 de selector puede adoptar una variedad de formas, tales como la red 118A de selector en la figura 5 o la red 118B de selector en la figura 6. Al poder seleccionar señales de los elementos 36 - 40 de antena, los cuatro haces pueden asignarse para

proporcionar cobertura para la abertura 14. En un momento diferente, o cuando el satélite 10 está en una posición diferente, la red 118 de selector puede configurarse para someter a formación de haces señales recibidas por el elemento 42 - 46 de antena para proporcionar cobertura para la abertura 16. En todavía otro ejemplo, pueden asignarse dos haces (por ejemplo, el haz 1 y el haz 2) a la abertura 14 y pueden asignarse los otros dos haces (por ejemplo, el haz 3 y el haz 4) a la abertura 16. Además de proporcionar flexibilidad para asignar haces entre las aberturas de antena de matriz en fase, compartir el formador de haces reduce el número de componentes de formador de haces en el módulo 32 de carga útil. Al reducir el número de componentes, se reduce de manera correspondiente la masa del módulo 32 de carga útil junto con el coste.

Haciendo referencia a la figura 5, se muestran componentes incluidos en la red 118A de selector y el formador 116 de haces de cuatro haces que asignan haces entre la abertura 14 y la abertura 16. En esta realización, el formador 116 de haces adopta la forma del formador 116A de haces. Ambas aberturas 14 y 16 incluyen componentes (por ejemplo, los elementos 36 - 46 de antena y los amplificadores 48 - 58 de bajo ruido) que se muestran en la figura 4. Los conductores 120, 122, 124, 126, 128, 130 conectan los amplificadores de bajo ruido a la red 118A de selector. En particular, el elemento 36 de matriz está conectado a un divisor 132 de potencia de 4 vías, el elemento 38 de matriz está conectado a un divisor 134 de potencia de 4 vías, el elemento 40 de matriz está conectado a un divisor 136 de potencia de 4 vías. Con respecto a la abertura 16, el elemento 42 de matriz está conectado a otro divisor 138 de potencia de 4 vías, el elemento 44 de matriz está conectado al divisor 140 de potencia de 4 vías y el elemento 46 de matriz está conectado al divisor 142 de potencia de 4 vías. Las señales de cada elemento de antena se someten a división de cuatro vías de modo que cada señal puede seleccionarse para someterse a desplazamiento de fase (y/o atenuación) para producir cada uno de los cuatro haces.

La red 118A de selector se usa para seleccionar qué elementos de antena proporcionan señales para producir los cuatro haces. Al seleccionar entre los elementos 36, 38, 40, 42, 44 y 46 de antena, los cuatro haces pueden asignarse a una cualquiera o más de las aberturas 14, 16 de antena de matriz en fase. Por ejemplo, los cuatro haces pueden asignarse a la abertura 14 durante periodos de tráfico de comunicación pesado en la zona a la que da cobertura la abertura 14. En otros momentos, uno, dos, tres o cuatro de los haces pueden asignarse a la abertura 16 para aumentar la capacidad de enlace para la zona a la que da cobertura la antena 16 de matriz en fase.

En este ejemplo, la red 118A de selector incluye doce selectores 144, 146, 148, 150, 152, 154, 156, 158, 160, 162, 164 y 166 de 2 vías. Al introducir los selectores de 2 vías, pueden seleccionarse señales de cada uno de los elementos de antena para producir uno o más de los cuatro haces. Para producir los cuatro haces, los formadores 116A de haces de cuatro haces incluyen cuatro formadores 168, 170, 172, 174 de haces de un único haz. Para seleccionar señales de los elementos de antena, los selectores 144, 146, 148 y 150 de 2 vías se asignan para seleccionar entre los elementos 36 y 42 de antena. Los elementos 38 y 44 de antena se asignan a los selectores 152, 154, 156 y 158 de 2 vías mientras que los elementos 40 y 46 de antena se asignan a los selectores 160, 162, 164 y 166 de 2 vías.

Al controlar los selectores de 2 vías, las señales recibidas de la totalidad o de un subconjunto de los elementos de antena se someten a formación de haces para producir los cuatro haces. Normalmente, los selectores de 2 vías conectados a un formador de haces común se colocan en la misma posición. Por ejemplo, los selectores 144, 152 y 160 de 2 vías (que están todos conectados al formador 168 de haces) se colocan en la misma posición de modo que las señales de la misma abertura se proporcionan al formador 168 de haces. De manera similar, los selectores 146, 154, 162 de 2 vías se colocan normalmente en la misma posición y los selectores 148, 156, 164 de 2 vías también se colocan en la misma posición. Además, los selectores 150, 158 y 166 de 2 vías se colocan normalmente en la misma posición para someter a formación de haces señales de la misma abertura. Por ejemplo, los selectores 144 - 166 de 2 vías pueden colocarse en posiciones apropiadas para someter a formación de haces señales de los elementos de antena en la abertura 14. Al seleccionar señales de la abertura 14, los cuatro haces se asignan para proporcionar cobertura para la abertura 14. En un momento diferente, o cuando el satélite 10 está en una posición diferente, los selectores 144 - 166 de 2 vías pueden colocarse en posiciones apropiadas para someter a formación de haces señales recibidas por el elemento 42, 44, 46 de antena. Al seleccionar señales de estos elementos de antena en la abertura 16, los cuatro haces están ahora asignados para proporcionar cobertura para la abertura 16. En todavía otro ejemplo, puede asignarse un haz (por ejemplo, el haz 1) a la abertura 14 y pueden asignarse los otros tres haces (por ejemplo, los haces 2, 3 y 4) a la abertura 16.

De manera similar a los formadores 76, 78, 80, 82 de haces mostrados en la figura 3, los formadores 168, 170, 172 y 174 de haces incluyen desplazadores de fase/atenuadores que someten a desplazamiento de fase (y/o atenúan) las señales. Tras aplicar un desplazamiento de fase y/o una atenuación, se proporcionan las señales a combinadores de 3 vías correspondientes que están incluidos en cada formador 168, 170, 172 y 174 de haces. Al combinar las señales de los desplazadores de fase/atenuadores, los cuatro combinadores de tres vías producen respectivamente los haces 1, 2, 3 y 4.

En esta disposición, la red 118A de selector incluye selectores de 2 vías para compartir respectivamente los formadores 168 - 174 de haces entre los elementos de antena en las aberturas 14 y 16 de antena de matriz en fase. Sin embargo, en otras disposiciones uno o más de los selectores pueden ser selectores de 3 vías, de 4 vías o de N

vías (donde N es cualquier número entero) para permitir que más aberturas de antena compartan los formadores de haces. Pueden usarse diversas técnicas para implementar los selectores de 2 vías, de 3 vías o de N vías. Por ejemplo, diversos tipos de conmutadores pueden proporcionar la función de selección. Además de conmutadores mecánicos, pueden incorporarse otras técnicas de conmutación conocidas por un experto en la técnica de telecomunicaciones y electrónica. Por ejemplo, conmutadores de semiconductor, conmutadores de ferrita, conmutadores fabricados con sistemas micro-electro-mecánicos (MEMS), conmutadores digitales, etc. La función de selección también puede proporcionarse por uno o más procesadores (por ejemplo, procesadores de señales digitales, microprocesadores, etc.) que ejecutan instrucciones apropiadas. En este ejemplo, los selectores de 2 vías se usan para seleccionar a partir de las señales electromagnéticas recibidas por los elementos 36 - 46 de antena. Sin embargo, además de seleccionar a partir de las señales electromagnéticas recibidas (por ejemplo, señales de microondas de RF, señales de ondas milimétricas de RF, etc.), las señales recopiladas en los elementos de antena pueden convertirse antes de proporcionarse a la red de selectores. Por ejemplo, las señales pueden convertirse en señales ópticas y proporcionarse a conmutadores ópticos incluidos en la red de selectores.

En este ejemplo, cada selector es un único selector de 2 vías, sin embargo en algunas disposiciones uno o más de los selectores pueden implementarse mediante una red de múltiples conmutadores o una red de otros tipos de dispositivos selectores. Además, los formadores 168 - 174 de haces se implementan con componentes diferenciados (por ejemplo, desplazadores de fase/atenuadores, combinadores de 3 vías, etc.). En otras disposiciones, los componentes diferenciados pueden estar integrados en un único paquete. Por ejemplo, todos los componentes incluidos en el formador 168 de haces pueden estar integrados en un único paquete (por ejemplo, un paquete integrado optoelectrónico, un paquete integrado de RF, etc.) u otro tipo de conjunto integrado. De manera similar, la red 118 de selector (por ejemplo, la red 118A o 118B de selector) o una parte de la red de selector puede estar integrada en un único paquete.

Además de proporcionar flexibilidad para asignar haces entre las antenas de matriz en fase, compartir el formador de haces reduce el número de componentes en el módulo 32 de carga útil. Al comparar los cuatro formadores 168 - 174 de haces compartidos mostrados en la figura 5 con los ocho formadores de haces dedicados (en la figura 3 se muestran cuatro de los ocho), los formadores de haces compartidos incluyen menos componentes de hardware. Al reducir el número de componentes, se reduce de manera correspondiente la masa del módulo 32 de carga útil junto con el coste.

Haciendo referencia a la figura 6, los formadores de haces pueden compartirse de tal manera que los haces asignados a una abertura de antena de matriz en fase están restringidos a un tamaño de grupo. Por ejemplo, una abertura puede restringirse de tal manera que se asignan haces en grupos de dos. Por tanto, usando esta restricción, pueden asignarse, por ejemplo, cero, dos o cuatro haces a cada una de las aberturas de antena de matriz en fase. Para proporcionar esta restricción de agrupamiento, en este ejemplo, se incluyen divisores de señal (por ejemplo, divisores de potencia) en la red de selector, en este caso la red 118B de selector. En particular, se inserta respectivamente un divisor de señal entre cada selector (en la red 118B de selector) y cada desplazador de fase/atenuador (en el formador 116A de haces de cuatro haces).

Para restringir la abertura 14 y 16 de antena de matriz en fase a grupos de dos haces, el módulo 32 de carga útil incluye divisores de potencia de dos vías que conectan la red 118B de selector con los desplazadores de fase/atenuadores incluidos en los formadores 168, 170, 172 y 174 de haces. En particular, los divisores 178, 180, 182, 184, 186 y 188 de potencia de dos vías conectan respectivamente los selectores 190, 192, 194, 196, 198, 200 de 2 vías con los desplazadores de fase/atenuadores incluidos en los formadores 168, 170, 172 y 174 de haces. Para expandir la restricción, al dividir la señal seleccionada en N vías, cada abertura de antena de matriz en fase se restringe a grupos de N haces (por ejemplo, 0N, N, 2N, 3N, etc.).

Al incluir los divisores 178 - 188 de potencia de dos vías, se asignan dos grupos de dos haces entre la abertura 14 y la abertura 16. Por ejemplo, supóngase que ambos grupos de dos haces (para un total de los cuatro haces) se asignan a la abertura 14. En esta situación, las señales recibidas por los elementos 36, 38 y 40 de antena se proporcionan (a través de los amplificadores 48, 50, 52 de bajo ruido) a los divisores 202, 204 y 206 de potencia de dos vías respectivos. Las señales se dividen por los divisores de potencia y se proporcionan a los selectores 190 - 200 de 2 vías. Al colocar los selectores 190 - 200 de 2 vías en posiciones de selección apropiadas, se proporcionan las señales divididas a dos divisores 178 - 188 de potencia de dos vías y los desplazadores de fase/atenuadores correspondientes de los formadores 168, 170, 172 y 174 de haces. Por tanto, se asignan dos grupos de dos haces (es decir, el haz 1, el haz 2, el haz 3 y el haz 4) a la abertura 14. De manera similar, al colocar los selectores 190 - 200 de 2 vías en posiciones de selección apropiadas, las señales recibidas en el elemento 42, 44 y 46 de antena (y enviadas a través de los amplificadores 54, 56, 58 de bajo ruido y los divisores 208, 210, 212 de potencia de dos vías) se proporcionan a los divisores 178 - 188 de potencia de dos vías y después a los desplazadores de fase/atenuadores en los formadores 168, 170, 172 y 174 de haces. Una vez sometidas de manera apropiada las señales a desplazamiento de fase y opcionalmente atenuadas, se proporcionan las señales a los combinadores de tres vías para producir y asignar los cuatro haces (es decir, los haces 1, 2, 3 y 4) a la abertura 16.

La red 118A de selector mostrada en la figura 5 permitió asignar de manera individual cuatro haces entre las

aberturas 14 y 16 de antena de matriz en fase. Por ejemplo, pueden asignarse los cuatro haces a la abertura 14 o a la abertura 16. Alternativamente, pueden asignarse uno, dos o tres haces a la abertura 14 o la abertura 16 (siempre que la suma de los haces asignados no supere cuatro). En cambio, la red 118B de selector en la figura 6 restringe la asignación de haces a grupos particulares de haces. Tal como se muestra en la figura 6, el selector 118B de red incluye divisores 178 - 188 de potencia de dos vías para restringir la asignación de haces a grupos de dos. Por ejemplo, pueden asignarse cuatro haces (dos grupos de dos haces) a la abertura 14 o a la abertura 16. En otro ejemplo, puede asignarse un grupo de dos haces (por ejemplo, los haces 1 y 2) a la abertura 14 y puede asignarse otro grupo de dos haces (por ejemplo, los haces 3 y 4) a la abertura 16. Generalmente, la red 118 de selector puede extenderse para asignar más haces individuales o grupos de haces. Por ejemplo, a partir de una combinación de N haces (por ejemplo, dieciséis haces, treinta y dos haces, cuarenta y ocho haces, etc.), puede implementarse una red de selector de tal manera que los N haces se asignan de manera flexible entre aberturas de antena de matriz en fase. Por ejemplo, los N haces pueden distribuirse de manera uniforme o no uniforme entre las aberturas. Durante periodos de tiempo particulares, pueden asignarse más haces a una abertura particular para proporcionar cobertura necesaria para tráfico de señales aumentado. Además de asignar haces de manera individual, pueden asignarse haces en grupos que pueden estar restringidos o no a un tamaño de grupo. Por ejemplo, pueden designarse grupos de uno, dos, tres o cuatro haces para su asignación. Además, pueden implementarse múltiples tamaños de grupo que pueden tener un tamaño similar o distinto. Además de restringir grupos de haces a un número particular, el agrupamiento también puede restringirse mediante uno o más de otros parámetros. Por ejemplo, pueden agruparse haces por banda de frecuencia (por ejemplo, banda C, banda Ku, etc.), polarización (por ejemplo, vertical lineal, horizontal lineal, circular hacia la derecha, circular hacia la izquierda, elíptica, etc.), o uno o más de otros parámetros.

Haciendo referencia a la figura 7, se muestra una tabla 214 que compara el número aproximado de componentes incluidos en un sistema de antena que usa formadores de haces dedicados (por ejemplo, los formadores 76, 78, 80, 82 de haces mostrados en la figura 3) con el número de componentes incluidos en un sistema de antena que usa formadores de haces compartidos (por ejemplo, los formadores 168, 170, 172 y 174 de haces mostrados en la figura 5). Para comparar el número de componentes, se asignan variables respectivamente a parámetros asociados con los componentes. La letra "L" se define como el número de aberturas de antena de matriz en fase y la letra "M" se define como el número de elementos en cada abertura de antena de matriz en fase. A continuación, la letra "N" se define como el número máximo de haces. "N" también puede considerarse como el número total de haces en la combinación de haces. La letra "P", que define el número de haces restringidos en un grupo que pueden asignarse a cada abertura de antena de matriz en fase, completa las variables.

La columna 216 de la tabla 214 presenta el número de componentes usados por un sistema de antena que usa formadores de haces dedicados. En particular, un total de L multiplicado por M elementos de antena (representado como LM) se distribuyen entre las aberturas de antena de matriz en fase y cada uno está conectado a un divisor de potencia de N/P vías. También se incluye un total de LMN/P divisores de potencia de P vías en los formadores de haces dedicados junto con LMN desplazadores de fase/atenuadores. Para producir los haces, se incluyen LN combinadores de M vías en los formadores de haces dedicados.

La columna 218 de la tabla 214 presenta el número de componentes usados por un sistema de antena que incluye una red de selector para compartir formadores de haces tales como los formadores 168, 170, 172 y 174 de haces mostrados en la figura 5 y la figura 6. El número de elementos de antena (LM) y divisores de potencia de N/P vías (LM) totales usados por el sistema de antena que comparte formadores de haces es equivalente al número usado por el sistema de antena con formadores de haces dedicados. Sin embargo, se incluyen varios selectores (por ejemplo, conmutadores) en la red de selector usada para compartir formadores de haces. En particular, se incluyen MN/P selectores de L vías en el sistema de antena que comparte formadores de haces. Al permitir compartir los formadores de haces, se usan menos divisores de potencia de P vías, desplazadores de fase/atenuadores y combinadores de M vías por los formadores de haces compartidos. En particular, se usan MN/P divisores de potencia de P vías, MN desplazadores de fase/atenuadores y N combinadores de M vías para producir y asignar los N haces en un sistema de antena que comparte formadores de haces.

Al incluir selectores para compartir formadores de haces, se necesitan menos componentes en comparación con un sistema de antena que usa formadores de haces dedicados. Estos ahorros de componentes se presentan en la columna 220 de la tabla 214. Por ejemplo, al implementar la característica de compartir formadores de haces, se reduce el número de divisores de potencia de P vías, desplazadores de fase/atenuadores y combinadores de M vías. Tal como se muestra en la columna 220, el número de divisores de potencia de P vías se reduce en $(L-1)MN/P$, el número de desplazadores de fase/atenuadores se reduce en $(L-1)MN$ y el número de combinadores de M vías se reduce en $(L-2)N$. Al reducir los componentes en los formadores de haces compartidos, se conserva masa y espacio de carga útil además de reducir el coste. La columna 222 de la tabla 214 presenta el número de componentes añadidos implementando un esquema de formadores de haces compartidos en contraposición a un esquema de formadores de haces dedicados. En particular, se añaden MN/P selectores al compartir los formadores de haces. Sin embargo, estos selectores adicionales se encuentran en menor número que los componentes eliminados, tal como se muestra en la columna 220.

Aunque el sistema descrito anteriormente da a conocer seleccionar señales recibidas en uno o más elementos de antena de matriz en fase, otras configuraciones de funcionamiento son posibles. Por ejemplo, pueden seleccionarse señales para su transmisión por uno o más elementos de antena de matriz en fase. En una configuración de este tipo, los formadores de haces compartidos están diseñados para transmisión. Los combinadores (por ejemplo, 5 combinador 168 de señales de 3 vías) se sustituyen por divisores de señal que proporcionan señales a la(s) red(es) de selectores para dirigir las señales a elementos de antena de matriz en fase asignados. Adicionalmente, los amplificadores de bajo ruido (por ejemplo, el amplificador 48 de bajo ruido) se sustituyen por amplificadores de potencia para accionar los elementos de antena de matriz en fase. Adicionalmente, también pueden añadirse componentes para proporcionar transmisión de señales. Además, en algunas configuraciones, los formadores de 10 haces compartidos pueden proporcionar capacidades tanto de transmisión como de recepción de señales.

En otras configuraciones de funcionamiento, pueden implementarse formadores de haces tanto compartidos como dedicados en un sistema de antena de matriz en fase. Compartir formadores de haces también puede depender de un parámetro de señal. En una configuración, pueden compartirse haces basándose en la frecuencia o polarización de señal. Por ejemplo, pueden compartirse ocho haces entre aberturas que transmiten o reciben señales de banda 15 Ka mientras que solo se comparten cuatro haces entre aberturas que transmiten o reciben señales de banda Ku. Pueden implementarse diversos tipos de elementos de antena en los sistemas de antena que incluyen una red de selector para compartir haces. Además, pueden implementarse matrices en fase de múltiples haces, matrices de reflectores de múltiples haces u otros tipos de elementos o aberturas de antena que conoce bien un experto en la técnica o el diseño de antenas y sistemas de antena. Al implementar un formador de haces compartido, pueden 20 compartirse haces entre matrices de diferentes tamaños. Por ejemplo, pueden compartirse haces entre una abertura que incluye un gran número de elementos de antena y otra abertura que incluye relativamente menos elementos de antena. En todavía otra implementación, puede implementarse un formador de haces compartido para compartir haces entre elementos de antena o grupos de elementos de antena que están todos incluidos en la misma abertura de antena de matriz en fase.

Además de usar una red de selector para compartir uno o más formadores de haces entre elementos de antena de matriz en fase, puede implementarse una red de selector (o redes) para compartir formadores de haces entre otros 25 módulos de procesamiento de señales. Por ejemplo, puede usarse una red de selector para seleccionar un grupo de haces (de una pluralidad de haces grupos) para su procesamiento adicional. Una vez seleccionado, el grupo de haces puede someterse, por ejemplo, a formación de haces adicional para centrarse en una región particular a la 30 que da cobertura el grupo de haces.

Haciendo referencia a la figura 8, un mapa 224 ilustrativo de los Estados Unidos representa la cobertura proporcionada, por ejemplo, por un sistema de antena de matriz en fase de un satélite. En este ejemplo, dos regiones del país reciben cobertura de grupos de haces respectivos. Haciendo referencia a la costa oeste, se 35 producen tres haces 226, 228 y 230 relativamente anchos por el sistema de matriz en fase de satélite. En este ejemplo, la abertura 14 produce los haces 226-230, lo que en combinación produce una agrupación de haces que proporciona cobertura parcial para un campo 232 de visión asociado con la abertura. De manera similar, la abertura 16 del sistema de matriz en fase proporciona cobertura a la parte noroeste de los Estados Unidos. En particular, tres haces 234, 236 y 238 anchos producen una agrupación de haces que proporciona cobertura parcial para un campo 240 de visión asociado con la abertura 16.

Tal como se describió anteriormente, al implementar una o más redes de selectores, puede compartirse un formador de haces por el sistema de matriz en fase del satélite. Al compartir el formador de haces, los haces producidos por el sistema de matriz en fase pueden asignarse, por ejemplo, para cobertura a la costa este y a la costa oeste. Por 40 ejemplo, pueden asignarse tres o más haces para cobertura a la costa oeste para producir la agrupación 232 de haces y pueden asignarse tres o más para cobertura a la costa este para producir la agrupación 240 de haces.

Además de incorporar una etapa de formador de haces para producir una agrupación de haces, puede incorporarse una segunda etapa de formador de haces para someter a formación de haces una pluralidad de los haces incluidos en una o más de las agrupaciones de haces. Como ilustración, el haz 226 es un haz formado para producir haces 45 242, 244, 246 estrechos. Estos haces 242-246 estrechos pueden dirigirse para centrarse en una región en la que el tráfico de comunicación es particularmente pesado. Sin embargo, el direccionamiento de cada haz estrecho está restringido a la zona de cobertura proporcionada por el haz 226. De manera similar, también puede realizarse una formación de haces adicional con los haces 228 y 230. Para esta ilustración particular, el haz 228 se somete a formación de haces para producir los haces 248 y 250 estrechos mientras que el haz 230 se somete a formación de haces para producir los haces 252, 254 y 256 estrechos. De manera similar, para ilustrar un segundo nivel de formación de haces para los haces producidos por la abertura 16, los haces 236 y 238 se someten a formación de 50 haces para producir respectivamente los haces 258, 260, 262 y 264 estrechos. Cada uno de estos haces 242 - 264 estrechos puede dirigirse para cubrir cualquier ubicación dentro de un haz más ancho respectivo que se usa para producir el haz estrecho. Por ejemplo, el haz 260 estrecho puede dirigirse a cualquier ubicación a la que dé cobertura el haz 238. De manera similar, el haz 258 puede dirigirse a cualquier ubicación a la que dé cobertura el haz 236.

De manera similar a compartir un formador de haces para asignar haces a una parte particular de un sistema de antena de matriz en fase (por ejemplo, una abertura), puede compartirse una segunda etapa de formación de haces de tal manera que algunos o todos los haces en una agrupación de haces pueden someterse a formación de haces de manera selectiva para producir uno o más haces con anchos de haz relativamente estrechos tales como los haces 242-264.

En esta disposición particular, cada agrupación de haces incluye tres haces anchos (por ejemplo, los haces 226, 228, 230 y los haces 234, 236, 238). Sin embargo, pueden incluirse más o menos haces en cualquiera o ambas de las agrupaciones. Además, si se proporciona una red de selector adecuada, los haces estrechos formados por la segunda etapa de formación de haces pueden asignarse de manera flexible entre los haces anchos (por ejemplo, 226, 228, 230, 234, 236, 238). Por ejemplo, pueden asignarse seis haces a la agrupación 232 de haces y pueden asignarse solo dos haces a la agrupación 240 de haces. Al conectar los haces incluidos en las agrupaciones de haces, pueden producirse uno o más haces estrechos (mediante una etapa de formación de haces) y dirigirse en cualquier dirección dentro de la zona de cobertura del haz más ancho a partir del cual se produce el haz estrecho.

De manera similar a las aberturas mencionadas anteriormente, pueden implementarse aberturas de matriz en fase con diversas características para producir la agrupación de haces en el campo 232 y/o 240 de visión. Por ejemplo, pueden implementarse aberturas que funcionan con diversas frecuencias y polarizaciones. Algunas aberturas pueden funcionar con diferentes frecuencias y/o polarizaciones y pueden apuntar a las mismas o diferentes zonas geográficas (por ejemplo, polarización vertical y polarización horizontal para un satélite GEO). Alternativamente, las aberturas pueden funcionar con una frecuencia y/o polarización similar y apuntarse a las mismas o diferentes zonas geográficas (por ejemplo, este y oeste de un vehículo espacial LEO).

Haciendo referencia a la figura 9, se muestra un diseño ilustrativo para usar una pluralidad de etapas de formación de haces. En esta realización, una primera etapa de formación de haces puede adoptar la forma de uno o más formadores 268 y 270 de agrupaciones y una segunda etapa 272 de formador de haces puede adoptar la forma del formador 116 de haces anterior, como ejemplos. Para compartir esta segunda etapa de formación de haces, se usa una red 266 de selector de una manera similar a compartir unos formadores de haces para la asignación de haces (tal como se describió anteriormente). Para ilustrar algunas de las operaciones de la red 266 de selector, se conectan los elementos 36-46 respectivos incluidos en las aberturas 14 y 16 a los formadores 268 y 270 de agrupaciones. En particular, los elementos se conectan a los formadores de agrupaciones a través de los amplificadores 48-58 de bajo ruido. En general, los formadores 268 y 270 de agrupaciones combinan señales de los elementos de antena respectivos para producir uno o más haces relativamente anchos. Por ejemplo, con referencia a la figura 8, la agrupación 268 de haces puede usar señales recibidas por la abertura 14 para producir los haces 226-230. De manera similar, las señales recibidas por la abertura 16 pueden proporcionarse preferiblemente al formador 270 de agrupaciones para producir los haces 234-238.

Tal como se mencionó, puede usarse un segundo formador 272 de haces para producir uno o más segundos haces a partir de las agrupaciones de haces. Por ejemplo, los haces producidos por el formador 268 de agrupaciones (por ejemplo, los haces 226-230) pueden someterse a formación de haces para producir uno o más segundos haces (por ejemplo, los haces 242-256) que pueden dirigirse a cualquier región dentro de la zona de cobertura de la abertura respectiva a partir de la cual se producen. De manera similar, los haces producidos por el formador 270 de agrupaciones (por ejemplo, los haces 234-238) también pueden someterse a formación de haces por el formador 272 de haces para producir uno o más segundos haces (por ejemplo, los haces 258-264) que pueden dirigirse dentro de la zona de cobertura de la abertura respectiva a partir de la cual se producen.

Al incorporar la red 266 de selector entre los formadores 268 y 270 de agrupaciones y la segunda etapa 272 de formación de haces, se proporcionan señales de un formador de agrupaciones apropiado al segundo formador de haces. Por ejemplo, el tráfico de comunicación de la costa este puede ser más pesado por la mañana (que el tráfico de comunicación de la costa oeste) debido a diferencias de zona horaria. Por tanto, para proporcionar un número apropiado de segundos haces a la costa este, pueden proporcionarse señales del formador 270 de agrupaciones a la segunda etapa 272 de formación de haces. Para proporcionar estas señales, la red 266 de selector puede controlarse de manera remota (por ejemplo, a través de un enlace de RF) para proporcionar las señales del formador 270 de agrupaciones al formador 272 de haces. De manera correspondiente, el tráfico de comunicación a última hora de la tarde en la costa oeste puede ser significativamente más pesado que el tráfico de comunicación en la costa este. Durante este periodo de tiempo, surge una necesidad de producir uno o más segundos haces para la cobertura a la costa oeste que están dentro de la región de cobertura de la agrupación 232 de haces. Para producir el segundo haz (o haces), la red 266 de selector puede proporcionar preferiblemente señales del formador 268 de agrupaciones a la segunda etapa 272 de formación de haces. En este diseño a modo de ejemplo, el formador 272 de haces incluye N salidas (denominadas haz 1, haz 2, ..., haz N) que pueden usarse para proporcionar segundos haces a otros componentes y/o equipos (por ejemplo, un receptor, etc.) incluidos en el satélite (u otra plataforma similar). Además, aunque este diseño ilustrativo incluye dos formadores 268, 270 de agrupaciones, una red 266 de selector, y una segunda etapa 272 de formación de haces, en otros diseños el número de redes de selección, formadores de agrupaciones y formadores de haces puede ajustarse a escala para aceptar señales de más o menos elementos y/o aberturas de matriz en fase.

Al implementar la red 266 de selector, la segunda etapa 272 de formación de haces se comparte entre el formador 268 de agrupaciones y el formador 270 de agrupaciones. Al compartir la etapa 272 de formador de haces, se reduce el número de componentes de hardware, lo que reduce de manera correspondiente el coste y el peso de un módulo de carga útil tal como el módulo 32 de carga útil. Además, al compartir la etapa 272 de formador de haces, los haces de los formadores 268, 270 de agrupaciones pueden seleccionarse dependiendo del volumen de tráfico de señales u otro parámetro (por ejemplo, frecuencia, polarización, etc.). En este diseño a modo de ejemplo, la red 266 de selector se colocó entre el conjunto de formadores 268, 270 de agrupaciones y la segunda etapa 272 de formación de haces. Sin embargo, en otros diseños, pueden disponerse una o más redes de selectores de una manera diferente. Además, la arquitectura y el modo de funcionamiento de la red 266 de selector pueden ser similares a la red 118 de selector (por ejemplo, el selector 118A o 118B mostrado en las figuras 5 y 6, respectivamente). La red 266 de selector puede seleccionar entre agrupaciones de haces creadas por una o más aberturas. Las operaciones de conmutación de la red 266 de selector se realizan de tal manera que las señales combinadas mediante la etapa 272 de formador de haces proceden de agrupaciones de haces producidas por la misma abertura y se dirigen en la misma dirección.

Haciendo referencia a la figura 10, se muestra un diagrama de bloques que representa una parte de un formador 274 de agrupaciones a modo de ejemplo. Este diseño puede implementarse, por ejemplo, en los formadores 268 y 270 de agrupaciones (mostrados en la figura 9). Tal como se mencionó anteriormente, el formador 274 de agrupaciones proporciona una primera etapa de formación de haces que usa señales recibidas de una abertura (tal como la abertura 14) para producir uno o más haces relativamente anchos. En esta implementación, para producir los haces anchos, las señales recibidas de los elementos 36, 38 y 40 se proporcionan a los divisores 280, 282 y 284 de potencia respectivos. En esta ilustración, se incorporan tres divisores de potencia en el formador 274 de agrupaciones, sin embargo, en otras disposiciones pueden incorporarse divisores de potencia adicionales. Cada uno de los divisores de potencia divide sus señales de entrada respectivas dependiendo del número de haces que van a formarse. Para el formador 274 de agrupaciones, cada divisor de potencia realiza una división de tres vías de sus señales de entrada respectivas para formar tres haces anchos. Sin embargo, esta división puede ajustarse a escala para producir más o menos haces anchos. Las señales divididas de cada divisor de potencia se proporcionan respectivamente a desplazadores de fase/atenuadores 286, 288, 290, 292, 294, 296, 298, 300 y 302 que pueden atenuar de manera individual (representado por α) y/o ajustar la fase (representado por ϕ) de la señal de entrada. En general, la atenuación y los ajustes de fase se realizan para producir y dirigir el uno o más haces anchos. Para formar los haces individuales, las señales de salida ajustadas de los desplazadores de fase/atenuadores se proporcionan a los combinadores 300, 302 y 304 de potencia respectivos. Para producir cada haz, se proporciona una señal recibida por cada elemento 36-40 a cada combinador de potencia. Por ejemplo, el desplazador de fase/atenuador 286 proporciona una señal que se recibe a partir del elemento 36 mientras que los desplazadores de fase/atenuadores 292 y 298 proporcionan respectivamente señales de los elementos 38 y 40. Estas tres señales se combinan en el combinador 300 de potencia. Cada uno de los combinadores de potencia combina las señales de entrada atenuadas y/o sometidas a desplazamiento de fase para producir un haz ancho. De nuevo, aunque en este formador de agrupaciones se implementan tres combinadores de potencia para producir tres haces distintos, en otras disposiciones puede aumentarse o reducirse el número de combinadores de potencia para producir más o menos haces anchos.

Haciendo referencia a la figura 11, pueden implementarse diversos diseños para seleccionar señales para la formación de haces inicial y la formación de haces posterior. En este diseño particular, se reciben señales de los grupos de elementos respectivos en las aberturas 14 y 16 de una manera similar a la descrita con respecto a las aberturas mostradas en la figura 9. Los formadores 306 y 308 de agrupaciones reciben y someten a formación de haces respectivamente las señales para producir una o más agrupaciones de haces. Las señales que representan los haces producidos por los formadores de agrupaciones se proporcionan a redes 310 y 312 de selectores respectivas que seleccionan señales para someter a formación de haces adicional. Las segundas etapas 314 y 316 de formación de haces producen uno o más segundos haces que se pasan a otra red 318 de selección que proporciona otra ronda de selección. Estos segundos haces pueden dirigirse en cualquier dirección angular dentro de la zona de cobertura proporcionada por la abertura respectiva usada para producir el/los segundo(s) haz/haces. Al seleccionar uno o más de estos segundos haces, la red 318 de selector puede proporcionar estos haces seleccionados a otros equipos y/o componentes para su procesamiento adicional. En este ejemplo, se proporciona una pluralidad de segundos haces a otra etapa 320 de formación de haces que produce uno o más haces finales. Los haces que se emiten desde la etapa 320 de formación de haces pueden dirigirse. Sin embargo, estos haces también están restringidos a la zona de cobertura de la abertura respectiva usada para producir los haces finales.

De manera similar al uso de una red de selector para compartir un formador de haces para asignar una combinación de haces, puede usarse una red de selector para compartir un formador de haces para asignar una combinación de haces entre agrupaciones de haces. De este modo, si una agrupación proporciona una mejor cobertura (por ejemplo, para una situación de alto tráfico), pueden asignarse más haces a esa agrupación. Después, cuando otra agrupación está proporcionando una cobertura más útil, la red de selector puede reasignar los haces a esta otra agrupación. Además, al compartir un formador de haces entre dos o más formadores de agrupaciones, se reduce el número de componentes de hardware, lo cual reduce de manera correspondiente el coste y el peso del módulo de carga útil. Además, al compartir un formador de haces entre agrupaciones de haces, la combinación de haces

producida por el formador de haces puede asignarse de manera flexible entre las agrupaciones dependiendo de cuestiones tales como la orientación del satélite (u otro tipo de plataforma), volumen de tráfico de señales o parámetro de haz (por ejemplo, frecuencia, polarización, etc.), etc.

5 También de manera similar a compartir un formador de haces para asignar haces entre aberturas de antena de matriz en fase, el número de haces asignados a una agrupación de haces puede restringirse a un tamaño de grupo particular. Por ejemplo, una agrupación de haces puede restringirse de tal manera que los haces estrechos producidos a partir de la agrupación de haces se asignan en grupos de dos. Por tanto, usando esta restricción, pueden asignarse, por ejemplo, cero, dos o cuatro haces a la agrupación de haces. Tal como se mencionó anteriormente, para restringir el número de haces asignados, pueden incluirse divisores de señal (por ejemplo, 10 divisores de potencia) en una o más de las redes de selectores implementadas. Por ejemplo, puede insertarse respectivamente un divisor de señal entre cada selector y cada desplazador de fase/atenuador.

Alternativamente, los haces pueden asignarse de manera individual o pueden no restringirse a un tamaño de grupo. Además, pueden implementarse múltiples tamaños de grupo con tamaños similares o diferentes. Además de restringir los grupos de haces a un número particular, el agrupamiento también puede restringirse mediante uno o 15 más de otros parámetros. Por ejemplo, pueden agruparse haces por banda de frecuencia (por ejemplo, banda C, banda Ku, etc.), polarización (por ejemplo, vertical lineal, horizontal lineal, circular hacia la derecha, circular hacia la izquierda, elíptica, etc.), o uno o más de otros parámetros.

Se han descrito varias implementaciones. Cualquiera de las realizaciones comentadas anteriormente, o de manera general de la presente invención, puede aplicarse en modo de transmisión, de manera adicional o alternativa al 20 modo de recepción, tal como apreciarán los expertos en la técnica.

REIVINDICACIONES

1. Sistema (12) de antena de matriz en fase, que comprende:

una primera etapa (268, 270, 306, 308) de formador de haces que comprende un primer formador (268, 306) de agrupaciones acoplado a una primera abertura (14) que incluye un primer conjunto de elementos (36, 38, 40) de antena de matriz en fase y un segundo formador (270, 308) de agrupaciones acoplado a una segunda abertura (16) que incluye un segundo conjunto de elementos (42, 44, 46) de antena de matriz en fase, estando el primer formador de agrupaciones configurado para producir una primera pluralidad de primeros haces (226, 228, 230) de antena basándose en al menos dos señales electromagnéticas del primer conjunto de elementos de antena de matriz en fase, estando el segundo formador de agrupaciones configurado para producir una segunda pluralidad de primeros haces (234, 236, 238) de antena basándose en al menos dos señales electromagnéticas del segundo conjunto de elementos de antena de matriz en fase, produciendo la primera pluralidad de primeros haces (226, 228, 230) de antena una primera agrupación de haces que proporciona cobertura parcial para un primer campo (232) de visión asociado con la primera abertura (14), produciendo la segunda pluralidad de primeros haces (234, 236, 238) de antena una segunda agrupación de haces que proporciona cobertura parcial para un segundo campo (240) de visión asociado con la segunda abertura (16);

un selector (266, 310, 312) configurado para seleccionar entre la primera pluralidad de primeros haces de antena y la segunda pluralidad de primeros haces de antena para asignar una agrupación de primeros haces de antena para un campo (232, 240) de visión correspondiente, consistiendo la agrupación de primeros haces de antena en la primera agrupación de haces cuando se selecciona la primera pluralidad de primeros haces (226, 228, 230) de antena correspondiente al primer campo (232) de visión o consistiendo la agrupación de primeros haces de antena en la segunda agrupación de haces cuando se selecciona la segunda pluralidad de primeros haces (234, 236, 238) de antena correspondiente al segundo campo (240) de visión; y

una segunda etapa de formador (272, 314, 316) de haces configurada para recibir la agrupación de primeros haces de antena del selector (266, 310, 312), estando la segunda etapa de formador (272, 314, 316) de haces configurada además para producir al menos un segundo haz (242, 244, 246, 248, 250, 252, 254, 256, 258, 260, 262, 264) de antena a partir de cada haz de antena en la agrupación de primeros haces de antena, en el que el al menos un segundo haz (242, 244, 246, 248, 250, 252, 254, 256, 258, 260, 262, 264) de antena se dirige a una región en el campo (232, 240) de visión correspondiente.

2. Sistema de antena de matriz en fase según la reivindicación 1, en el que el al menos un segundo haz (242, 244, 246, 248, 250, 252, 254, 256, 258, 260, 262, 264) de antena tiene una dirección de apuntamiento que está parcialmente restringida por un ancho de haz del haz de antena en la agrupación de primeros haces de antena a partir de la cual se produce el al menos un segundo haz (242, 244, 246, 248, 250, 252, 254, 256, 258, 260, 262, 264) de antena.

3. Sistema de antena de matriz en fase según la reivindicación 1, en el que la primera etapa de formador de haces incluye un desplazador (286, 288, 290, 292, 294, 296, 298, 300, 302) de fase configurado para ajustar la fase de una señal asociada con al menos una de las de señales electromagnéticas recibidas.

4. Sistema de antena de matriz en fase según la reivindicación 1, en el que la primera etapa de formador de haces incluye un atenuador (286, 288, 290, 292, 294, 296, 298, 300, 302) configurado para atenuar una señal asociada con al menos una de las señales electromagnéticas recibidas.

5. Sistema de antena de matriz en fase según la reivindicación 1, en el que el selector incluye un conmutador, y en el que el conmutador es uno de un conmutador de dos vías, un conmutador de semiconductor, un conmutador mecánico, un conmutador de ferrita, un conmutador óptico o un conmutador digital.

6. Sistema de antena de matriz en fase según la reivindicación 1, en el que el selector está configurado para ejecutar instrucciones para seleccionar haces de antena a partir de la agrupación de primeros haces de antena para emitir a la segunda etapa de formador de haces.

7. Sistema de antena de matriz en fase según la reivindicación 1, en el que la primera etapa de formador de haces, el selector y la segunda etapa de formador de haces están incluidos en un paquete integrado.

8. Método de recepción, transmisión, o ambos, de haces electromagnéticos en una antena de matriz en fase que comprende una pluralidad de conjuntos de elementos (36, 38, 40, 42, 44, 46) de antena configurados para transmitir, recibir, o ambos, un conjunto de señales, comprendiendo el método:

generar una primera pluralidad de primeros haces (226, 228, 230) de antena a partir de un primer formador (268, 306) de agrupaciones de una primera etapa (268, 270, 306, 308) de formación de haces acoplada a una primera

abertura (14) que incluye un primer conjunto de elementos (36, 38, 40) de antena, produciendo la primera pluralidad de primeros haces (226, 228, 230) de antena una primera agrupación de haces que proporciona cobertura parcial para un primer campo (232) de visión asociado con la primera abertura (14);

5 generar una segunda pluralidad de primeros haces (234, 236, 238) de antena a partir de un segundo formador de agrupaciones (270, 308) de la primera etapa de formación de haces acoplada a una segunda abertura (16) que incluye un segundo conjunto de elementos (42, 44, 46) de antena, produciendo la segunda pluralidad de primeros haces (234, 236, 238) de antena una segunda agrupación de haces que proporciona cobertura parcial para un segundo campo (240) de visión asociado con la segunda abertura (16);

10 asignar mediante un selector (266, 310, 312) una agrupación de primeros haces de antena a partir de una de la primera pluralidad de primeros haces (226, 228, 230) de antena o la segunda pluralidad de primeros haces (234, 236, 238) de antena a entradas de una segunda etapa (272, 314, 316) de formación de haces, seleccionando el selector (266, 310, 312) entre la primera pluralidad de primeros haces (226, 228, 230) de antena y la segunda pluralidad de primeros haces (234, 236, 238) de antena, consistiendo la agrupación de primeros haces de antena en la primera agrupación de haces cuando se selecciona la primera pluralidad de primeros haces (226, 228, 230) de antena correspondiente al primer campo (232) de visión o consistiendo la agrupación de primeros haces de antena en la segunda agrupación de haces cuando se selecciona la segunda pluralidad de primeros haces (234, 236, 238) de antena correspondiente al segundo campo (240) de visión; y

20 generar al menos un segundo haz (242, 244, 246, 248, 250, 252, 254, 256, 258, 260, 262, 264) de antena a partir de cada haz de antena en la agrupación de primeros haces de antena en la segunda etapa de formación de haces, en el que el al menos un haz de antena se dirige a una región en un campo (232, 240) de visión correspondiente.

9. Método según la reivindicación 8, en el que la generación de la primera pluralidad de primeros haces de antena incluye:

recibir señales electromagnéticas del primer conjunto de elementos de antena; y

25 someter a formación de haces las señales electromagnéticas para producir la primera pluralidad de primeros haces (226, 228, 230) de antena, y

en el que la asignación incluye seleccionar la agrupación de primeros haces de antena de la primera pluralidad de primeros haces de antena.

10. Método según la reivindicación 9, que comprende además someter a formación de haces cada haz de antena en la agrupación de primeros haces de antena para producir el al menos un segundo haz de antena.

30 11. Método según la reivindicación 9, que comprende además restringir la selección de la agrupación de primeros haces de antena a un número particular de haces para el campo (232, 240) de visión correspondiente.

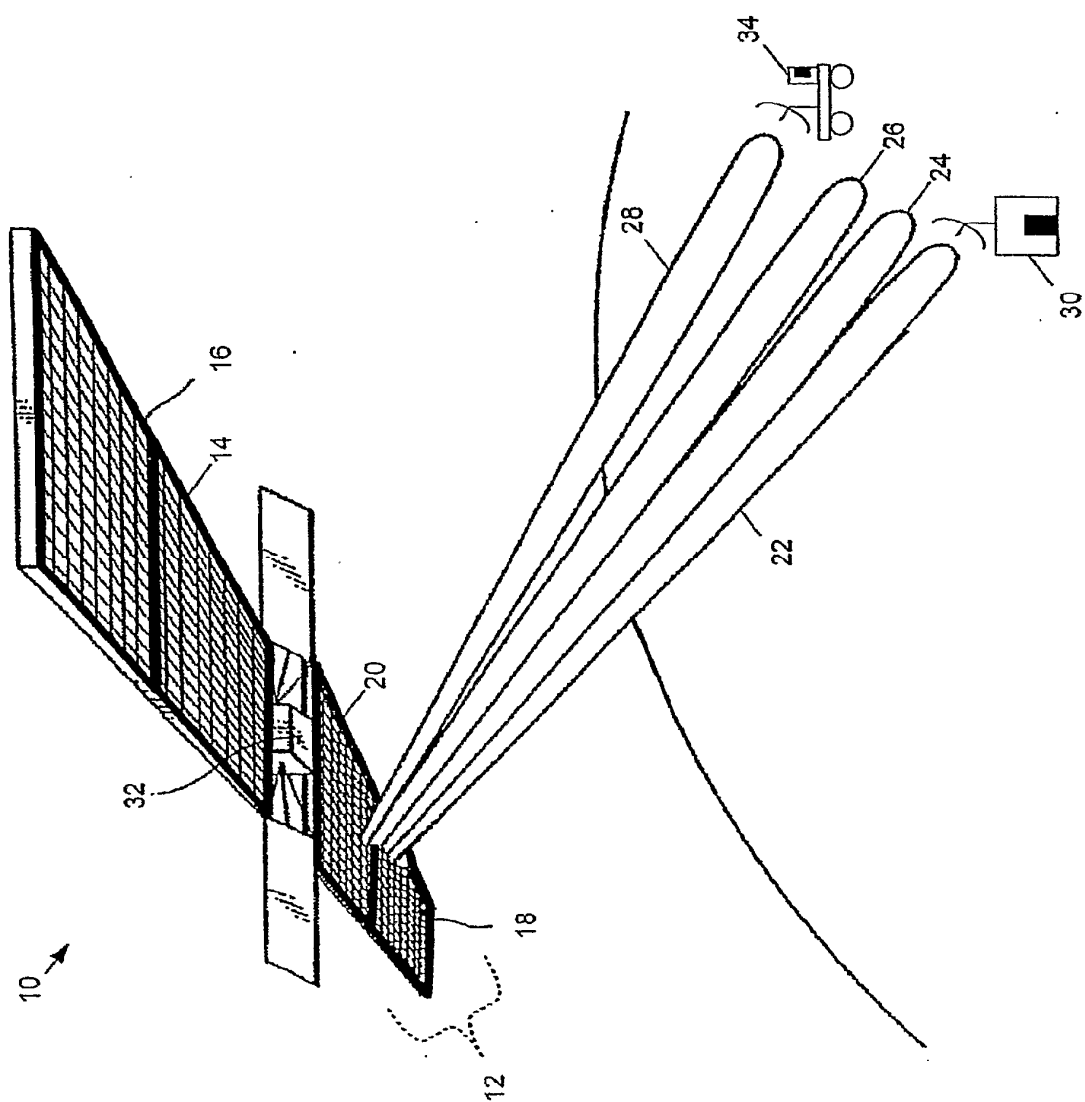


FIG. 1

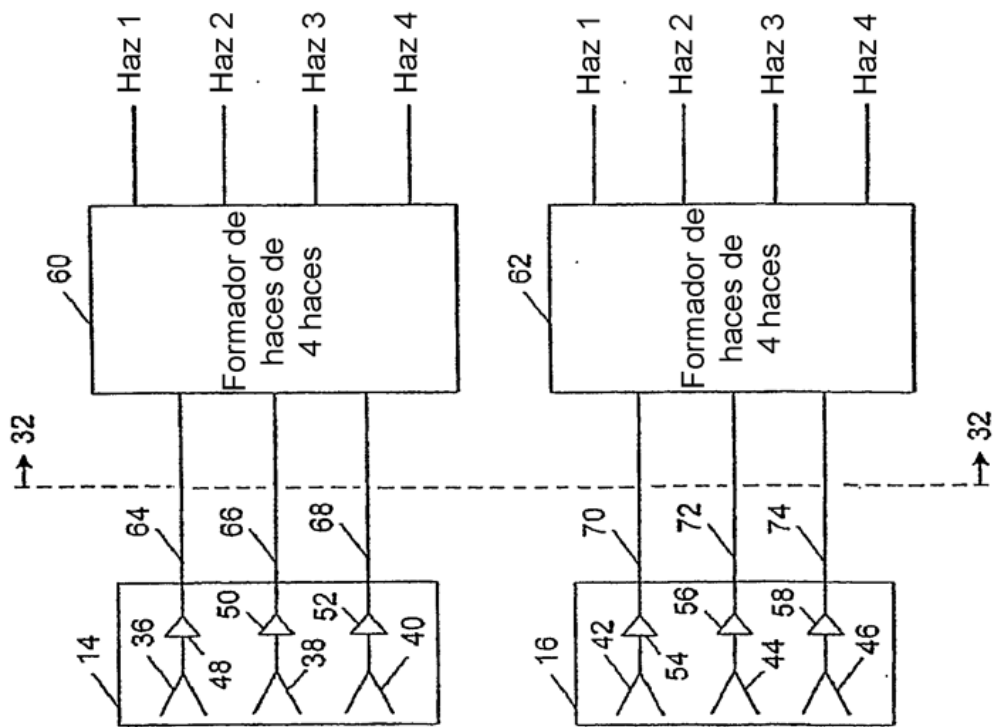


FIG. 2

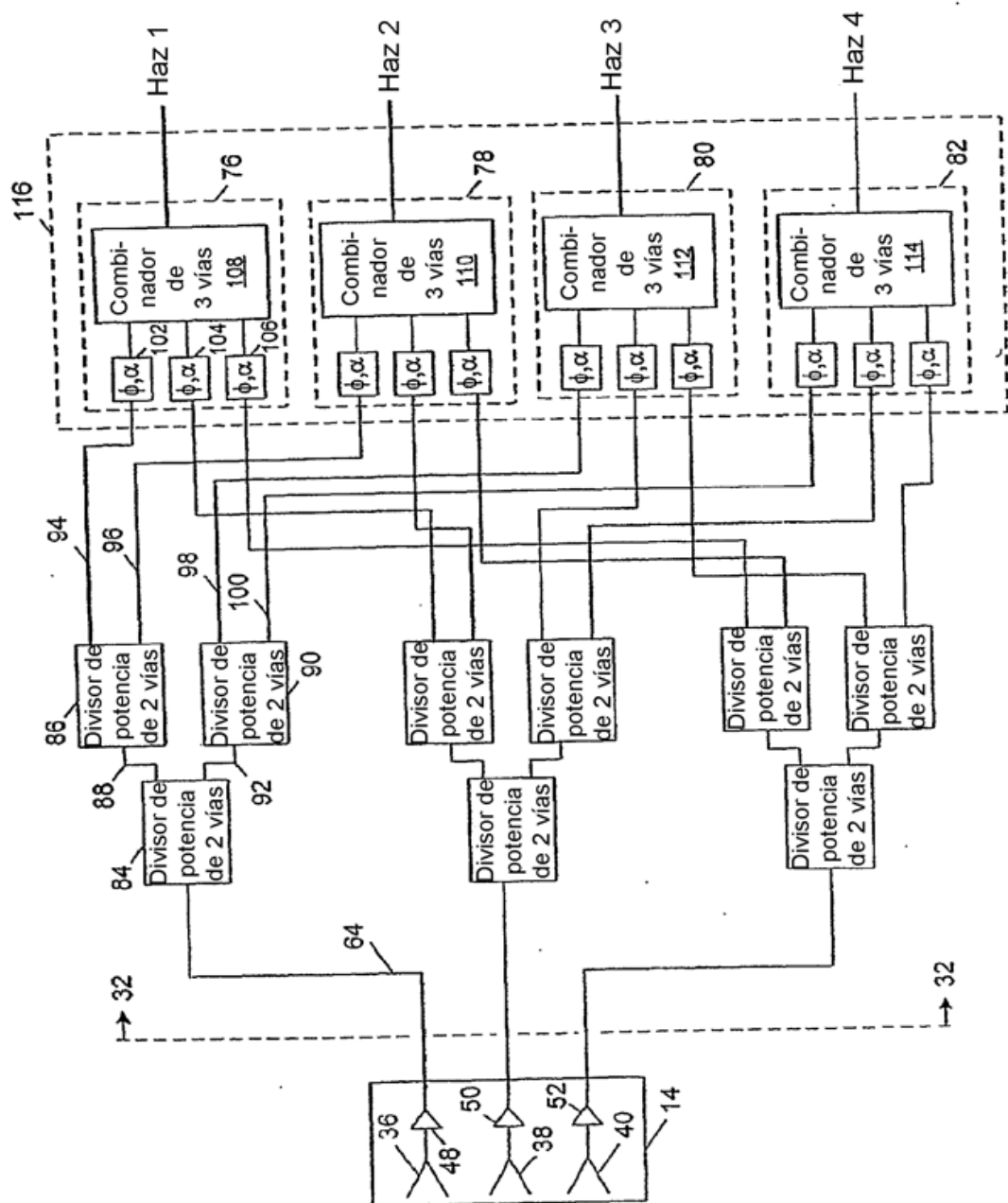


FIG. 3

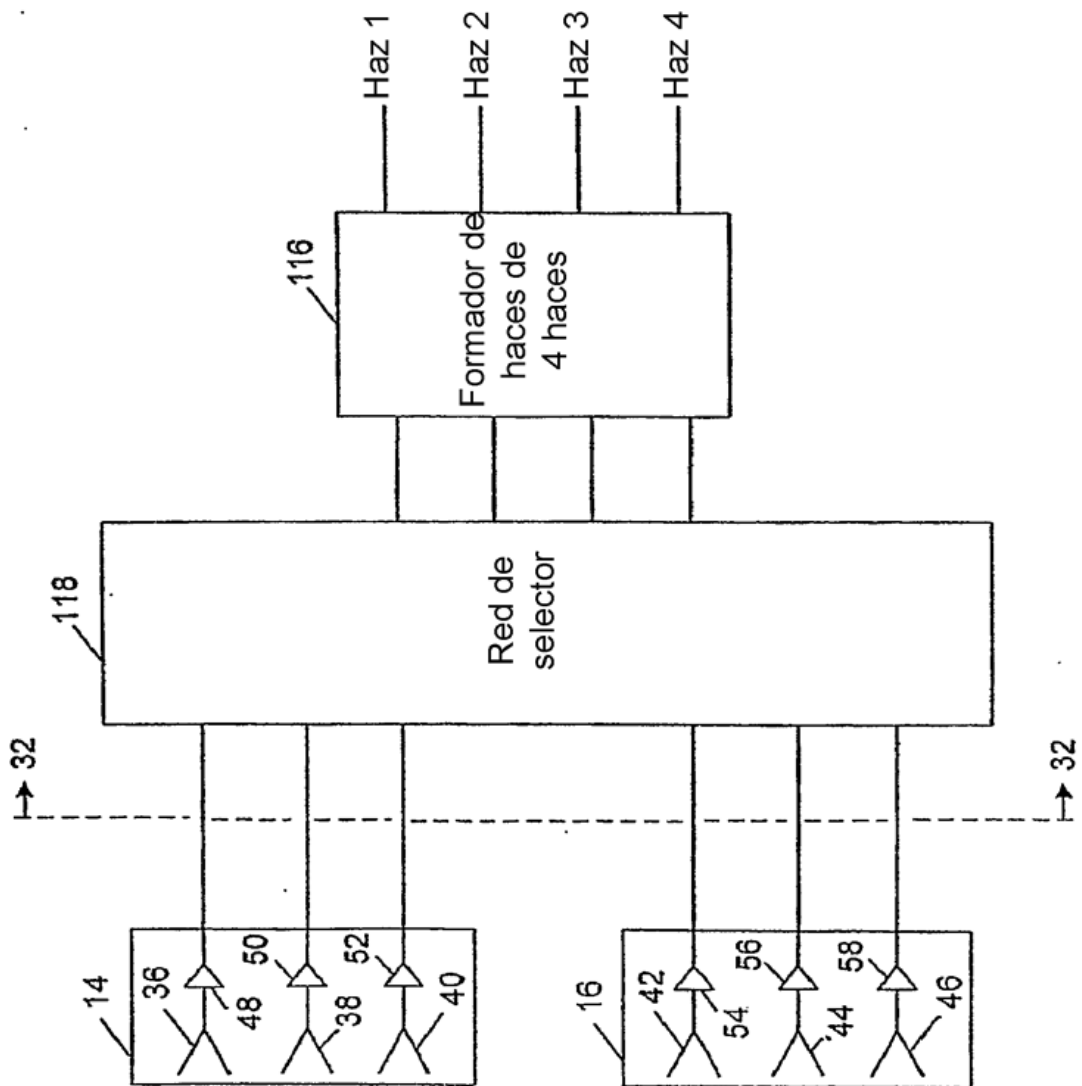


FIG. 4

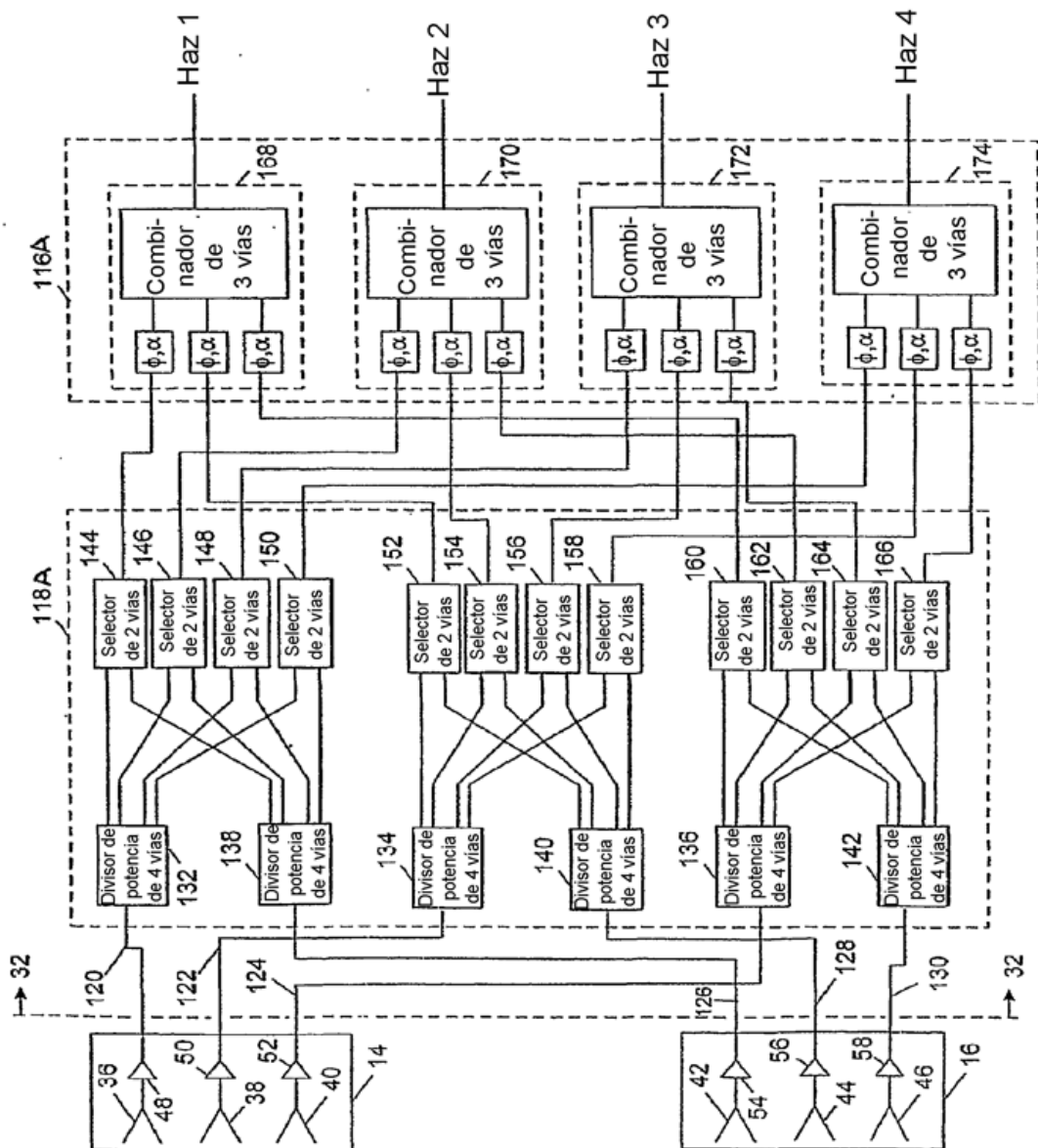


FIG. 5

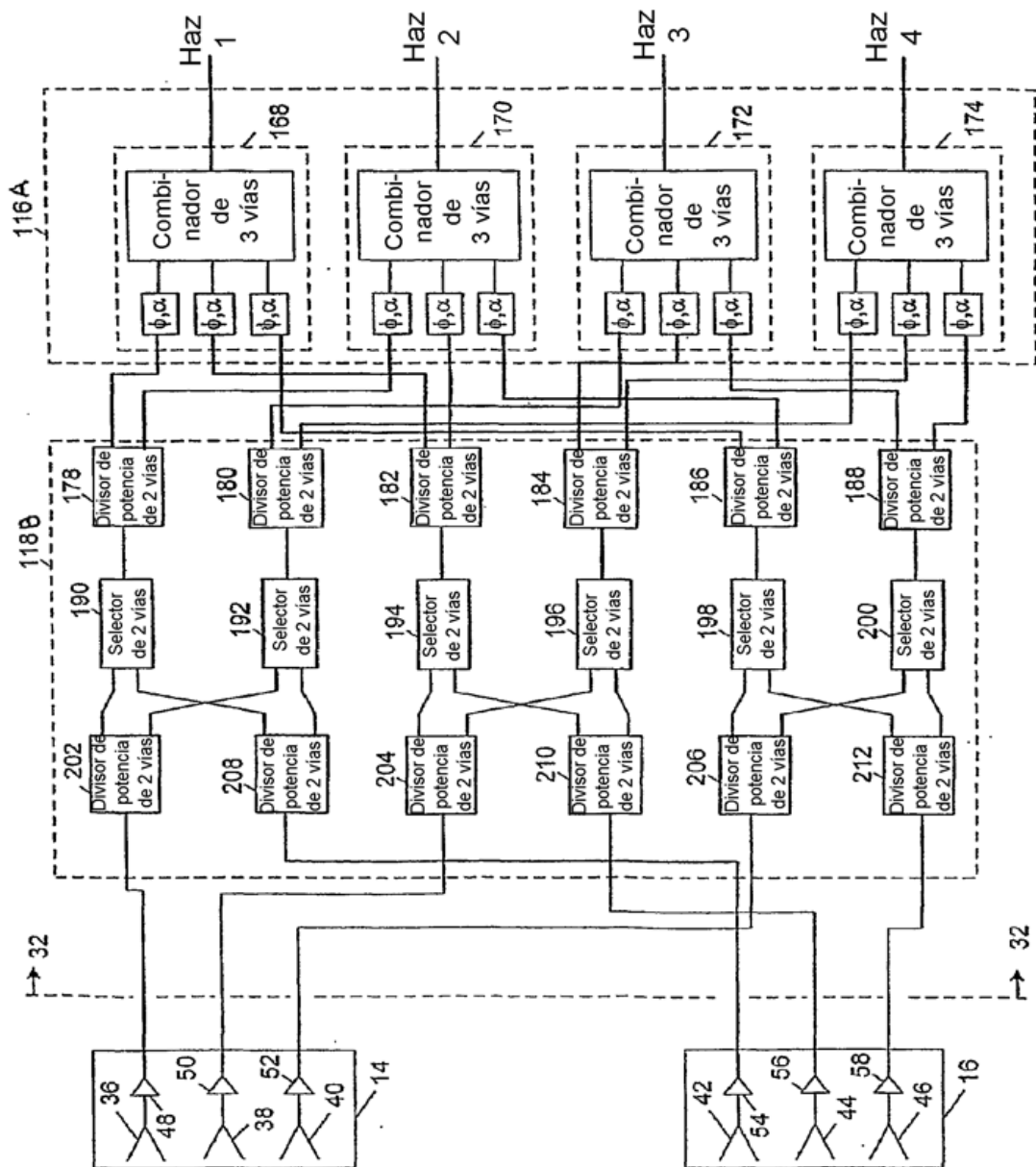


FIG. 6

L = Número de aberturas de antena de matriz en fase
M = Elementos de antena por abertura de atena de matriz en fase
N = Número máximo de haces
P = Número de haces por abertura de antena de matriz en fase

	216	218	220	222
Componente	Número de componentes en formador de haces convencional	Número de componentes en formador de haces compartido	Número de componentes eliminados	Número de componentes añadidos
Elementos de antena totales	LM	LM	0	0
Divisores de potencia de N/P vías	LM	LM	0	0
Selectores de L vías	0	MN/P	0	MN/P
Divisores de potencia de P vías	LMN/P	MN/P	(L-1)MN/P	0
Desplazador de fase / atenuador	LMN	MN	(L-1)MN	0
Combinador de M vías	LN	N	(L-1)N	0

Tabla 214

FIG. 7

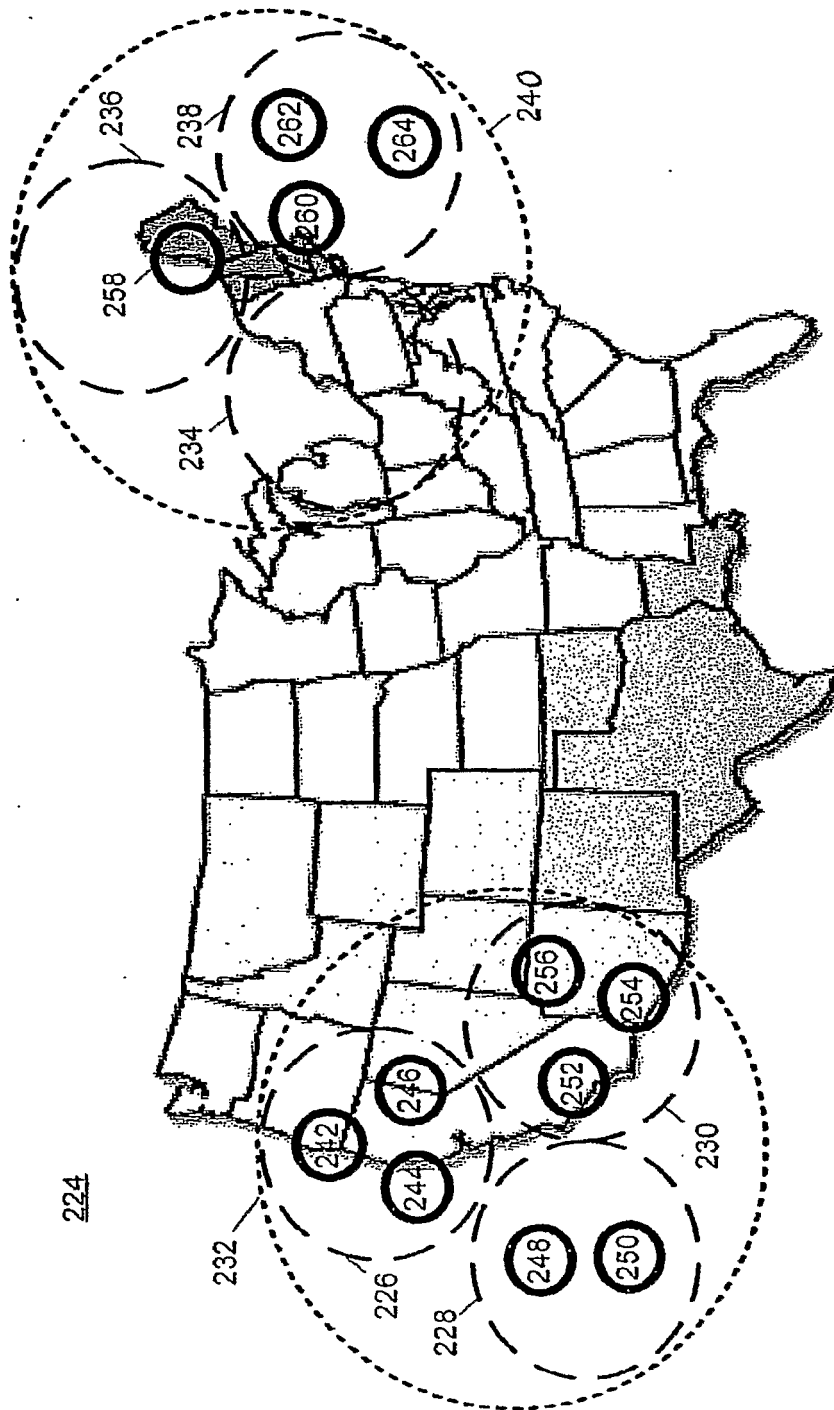


FIG. 8

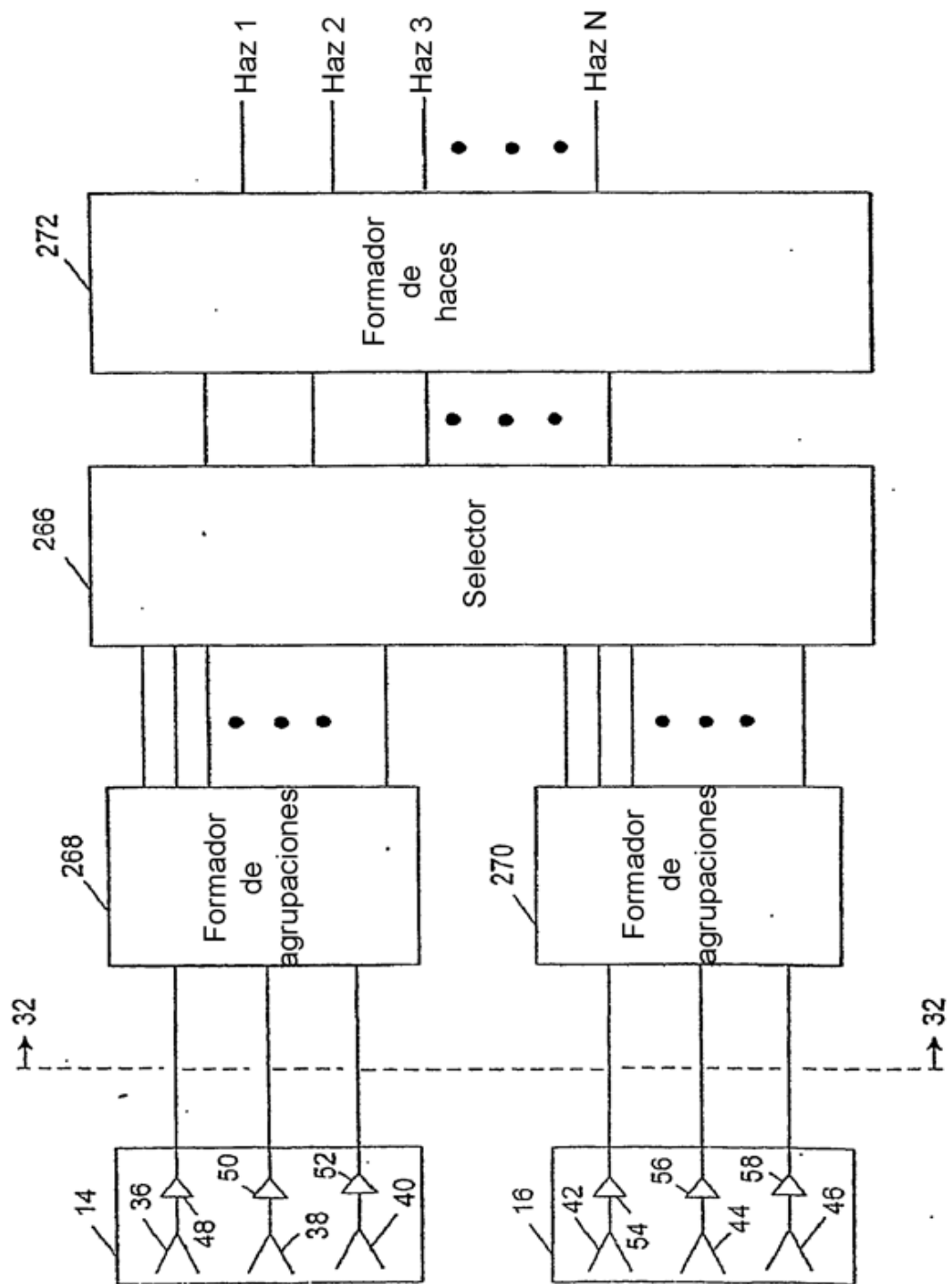


FIG. 9

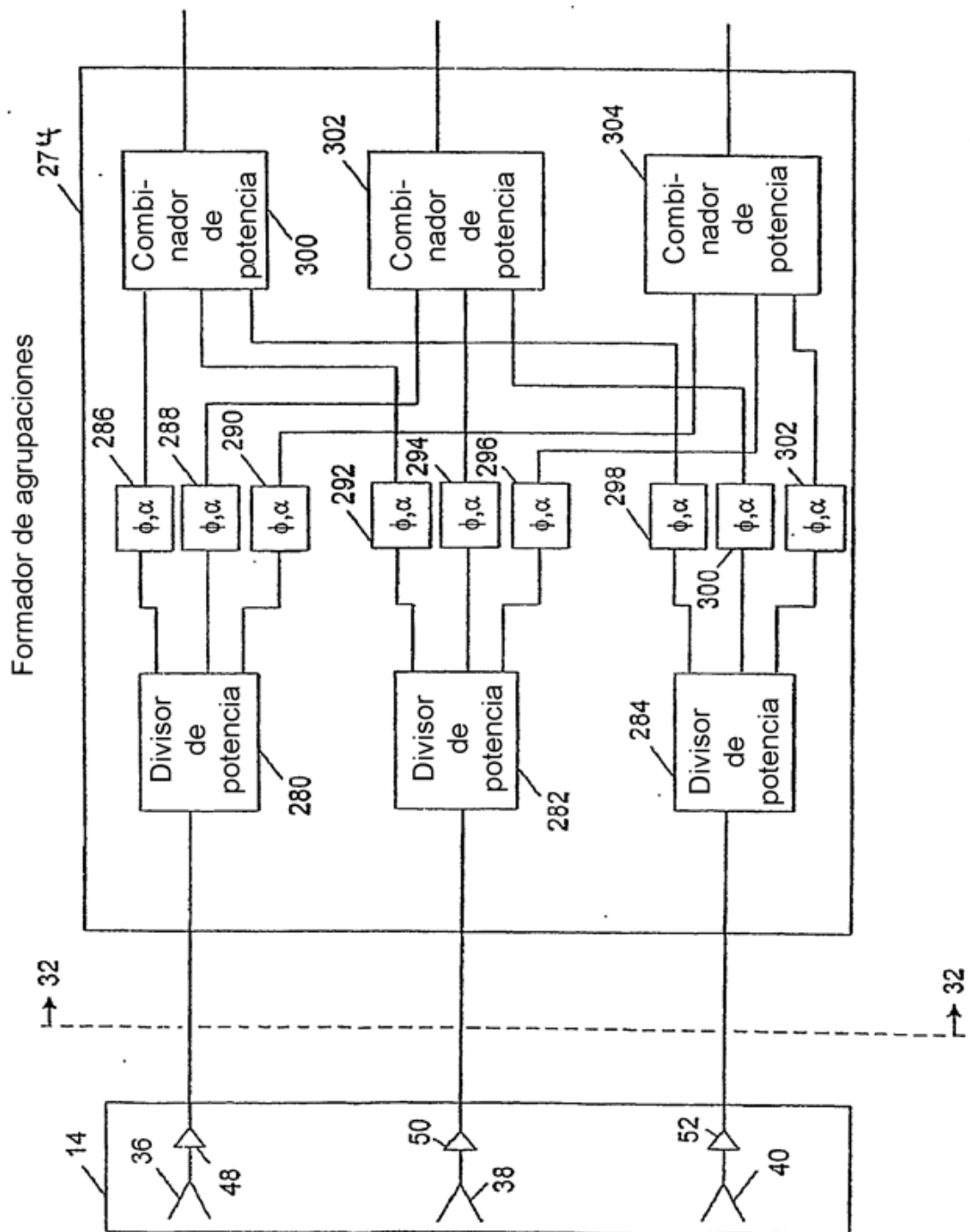


FIG. 10

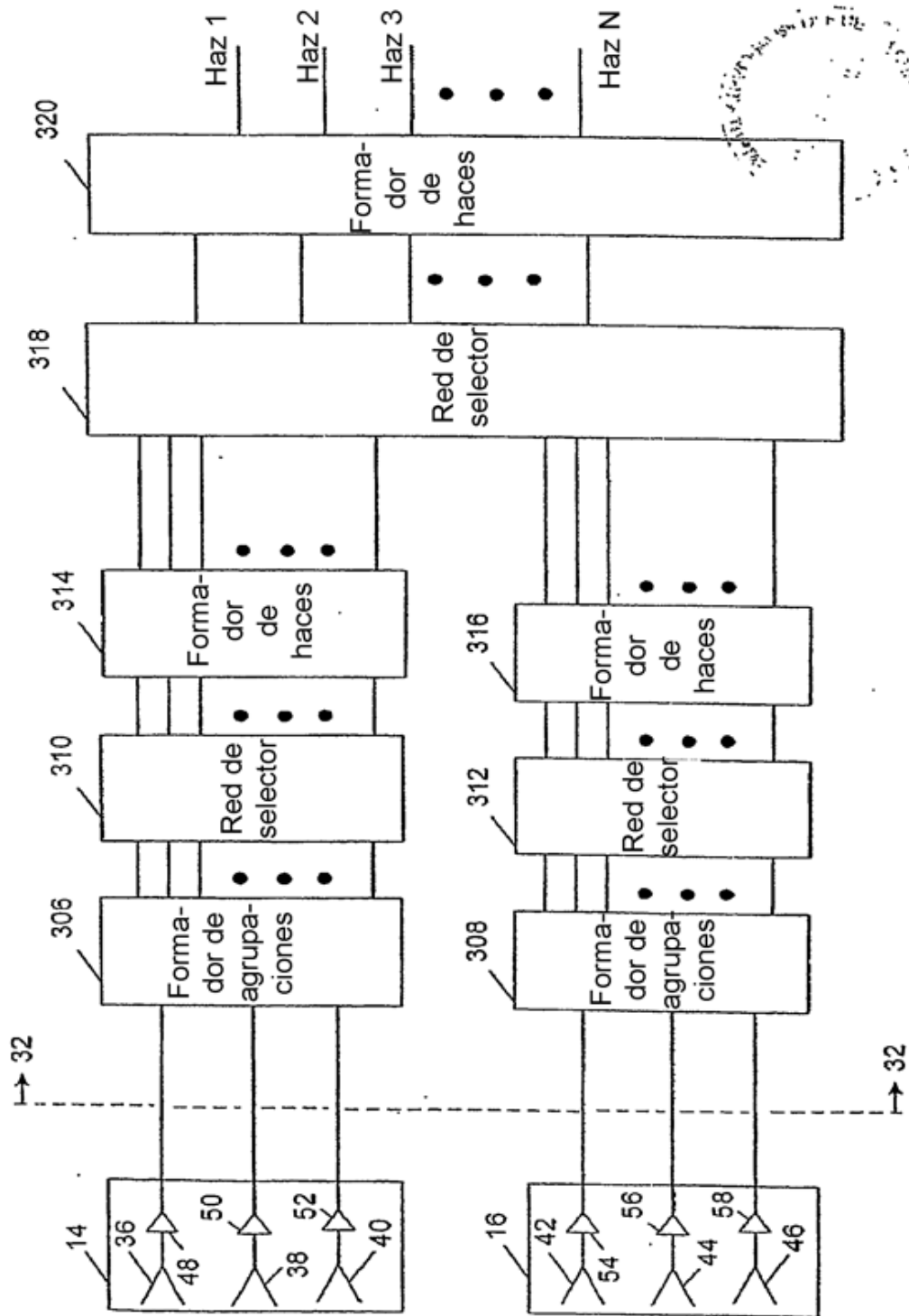


FIG. 11