



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 329 119**

51 Int. Cl.:

H01Q 1/00 (2006.01)

H01Q 1/52 (2006.01)

H01Q 3/40 (2006.01)

H01Q 5/00 (2006.01)

H01Q 21/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02768629 .4**

96 Fecha de presentación : **21.08.2002**

97 Número de publicación de la solicitud: **1425817**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **09.06.2004**

54 Título: **Antena de haz conmutado bimodal.**

30 Prioridad: **23.08.2001 US 938259**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
23.11.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
23.11.2009

73 Titular/es: **Kathrein Werke KG.**
Anton-Kathrein-Strasse 1-3
83022 Rosenheim, DE

72 Inventor/es: **Martek, Gary, A. y**
Smith, Blaine, J.

74 Agente: **Zuazo Araluze, Alexander**

ES 2 329 119 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

Antena de haz conmutado bimodal.

5 **Solicitudes relacionadas**

La presente solicitud es una continuación en parte de la solicitud de patente estadounidense en tramitación junto con la presente y de titularidad compartida con número de serie 09/798.151 titulada "Dual Mode Switched Beam Antenna", presentada el 2 de marzo de 2001, que a su vez es una continuación de la solicitud de patente estadounidense de titularidad compartida con número de serie 09/213.640, con nuevo número de patente 6.198.434 titulada "Dual Mode Switched Beam Antenna", presentada el 17 de diciembre de 1998. La presente solicitud está relacionada también con la solicitud de patente estadounidense en tramitación junto con la presente y de titularidad compartida con número de serie 09/034.471, con nuevo número de patente 6.188.373 titulada "System and Method for Per Beam Elevation Scanning", presentada el 4 de marzo de 1998, la solicitud de patente estadounidense en tramitación junto con la presente y de titularidad compartida con número de serie 08/896.036, con nuevo número de patente 5.929.823 titulada "Multiple Beam Planar Array with Parasitic Elements", presentada el 17 de julio de 1997, y la solicitud de patente estadounidense en tramitación junto con la presente y de titularidad compartida con número de serie 09/060.921, con nuevo número de patente 6.178.333 titulada "System and Method Providing Delays for CDMA Nulling", presentada el 15 de abril de 1998.

20 **Campo técnico**

Esta invención se refiere a sistemas de antena, y, más en particular, a proporcionar una antena adaptada para su funcionamiento en múltiples bandas.

25 **Antecedentes**

Es habitual usar una única agrupación de antena para proporcionar un patrón de radiación, o haz, que puede dirigirse. Por ejemplo, con frecuencia se producen haces dirigibles mediante una agrupación plana o de panel de elementos de antena excitados cada uno mediante una señal que tiene un diferencial de fase predeterminado para producir un patrón de radiación compuesto que tiene una forma y dirección predefinidas. Con el fin de dirigir este haz compuesto, el diferencial de fase entre los elementos de antena se ajusta para afectar al patrón de radiación compuesto.

Puede crearse una agrupación de antenas de haz múltiple, utilizando una agrupación plana o de panel descrita anteriormente, por ejemplo, mediante el uso de conjuntos predeterminados de diferenciales de fase, en los que cada conjunto de diferencial de fase define un haz de la antena de haz múltiple. Por ejemplo, puede proporcionarse una agrupación adaptada para proporcionar múltiples haces de antena seleccionables, cada uno de los cuales se dirige una cantidad diferente predeterminada de manera transversal, usando una agrupación de panel y redes de formación de haz de tipo matriz, tales como una matriz de Butler o híbrida.

40 Cuando una agrupación plana se excita de manera uniforme (distribución de apertura uniforme) para producir una proyección de haz de manera transversal, la distribución de apertura compuesta es similar a una forma rectangular. Cuando esta forma se transforma mediante la transformada de Fourier en el espacio, el patrón resultante está cargado de lóbulos laterales de alto nivel respecto al lóbulo principal. Además, a medida que aumenta el direccionamiento del haz, es decir, el haz se dirige alejándose más de la transversal, estos lóbulos laterales crecen hasta niveles más altos. Por ejemplo, una agrupación lineal con su pico de haz en Θ_0 puede tener también otros valores de pico en función de la elección del espaciado "d" de elementos. Esta ambigüedad es evidente, puesto que el sumatorio tiene también un pico siempre que el exponente sea algún múltiplo de 2π . En la frecuencia "f" y la longitud de onda λ , esta condición es $2\pi \left(\frac{d}{\lambda} \right) (\sin\Theta_{\text{barr}} - \sin\Theta_0) = 2\pi p$ para todos los números enteros p. Tales picos se denominan lóbulos de difracción y se muestran a partir de la ecuación anterior para producirse en ángulos Θ_p tal como $\sin\Theta_p = \sin\Theta_0 + \frac{2\pi p}{d}$. Por consiguiente, cuando el patrón de radiación se dirige demasiado lejos con respecto al espaciado de elemento aparecerá un lóbulo de difracción que puede tener un pico en su patrón casi igual al lóbulo principal del patrón de radiación. El punto en el que esto se produce se considera generalmente el ángulo de direccionamiento útil máximo de la agrupación.

Incluso cuando el direccionamiento del haz principal está limitado a ángulos de modo que el lóbulo de difracción presenta un pico apreciablemente menor que el del lóbulo principal, la presencia del lóbulo de difracción actúa para degradar el rendimiento del sistema de antena haciéndolo sensible a señales en una dirección no deseada, que interfiere potencialmente con la señal deseada. De manera específica, cuando el haz principal se dirige alejándose de la transversal de la agrupación, el lóbulo de difracción a menudo se dirigirá con un ángulo dentro del intervalo de ángulos dentro del que la agrupación de antenas puede funcionar. Por consiguiente, la presencia de un haz de comunicación disperso que tiene un pico sustancial asociado con el mismo y está presente dentro del área de funcionamiento de la agrupación de antenas, será muy a menudo una fuente de interferencia. Además, como el lóbulo de difracción es sustancialmente coaxial con el eje de radiación del panel de antena, generalmente no es posible evitar esta interferencia con soluciones tales como inclinar la agrupación para apuntar el lóbulo de difracción en una dirección inocua.

De manera adicional, la excitación transversal de una agrupación plana produce la proyección de apertura máxima. Por consiguiente, cuando se hace que una antena de este tipo se salga del eje normal, es decir, se dirija alejándose de la posición transversal que es normal a la superficie de masa y centrada con la propia superficie, el área de apertura proyectada disminuye provocando una pérdida de barrido. Esta pérdida de barrido agrava adicionalmente los problemas asociados con los lóbulos de difracción porque no sólo disminuye el área de apertura del haz dirigido debido a los efectos de pérdida de barrido, sino que los lóbulos de difracción no deseados aumentan de manera simultánea debido a los efectos de direccionamiento de haz.

A veces es deseable utilizar una apertura de antena particular para la comunicación de servicios y/o bandas de frecuencia múltiples. Por ejemplo, restricciones de zonificación y otras cuestiones pueden limitar la capacidad de los proveedores de servicios de comunicación para desplegar sistemas de antena independientes para su uso con diversos servicios de comunicación, tales como servicios de telefonía celular estándar y servicios de comunicación personal (PCS). Por consiguiente, puede ser deseable proporcionar un único sistema de antena para dar servicio a múltiples servicios de este tipo.

Sin embargo, debe apreciarse que cada servicio de este tipo puede utilizar bandas de frecuencia sustancialmente diferentes, por ejemplo, los sistemas celulares estándar anteriormente mencionados pueden funcionar aproximadamente a 800 MHz mientras que los sistemas de PCS pueden funcionar a aproximadamente 1,8 GHz. Por lo tanto, pueden experimentarse atributos de antena no deseados, tales como los lóbulos de difracción anteriormente mencionados, en diferentes grados en asociación con cada uno de los servicios múltiples, convirtiendo en un reto el diseño y la implementación de una única apertura de antena para su uso con servicios múltiples.

Por consiguiente, existe la necesidad en la técnica de una antena que funciona en dos o más bandas de frecuencia proporcionando haces de antena que tienen un ancho de haz deseado y orientaciones azimutales sin estar sometido a la presencia de lóbulos de difracción cuando se dirige una cantidad deseada alejándose de la transversal.

Además, como las agrupaciones de antena de haz múltiple son útiles para proporcionar redes de comunicación inalámbricas, tales como redes de servicios celulares estándar y/o de servicios de comunicación personal (PCS) (denominadas en lo sucesivo en el presente documento en su conjunto como redes celulares), que se proporcionan a menudo de manera simultánea en una misma área de servicio, existe la necesidad en la técnica de los sistemas y métodos adaptados para proporcionar haces de antena deseados que carecen sustancialmente de lóbulos de difracción para adaptarse también para servicio bimodal.

Sistemas y métodos para proporcionar haces de antena que tienen difracción y lóbulos laterales reducidos cuando se dirigen alejándose de la transversal de antena se dan a conocer en el documento US 6.198.434 B1. Los sistemas y métodos según este documento corresponden a las realizaciones de la técnica anterior que se muestran y comentan con respecto a las figuras 1 a 8 en esta solicitud.

Una antena multibanda que tiene dispositivos de antena primero y segundo para la transmisión o la recepción se da a conocer en el documento US 6.323.820 B1. Cada dispositivo tiene una estructura de dipolo y mitades de dipolo asociadas dispuestas frente a una placa de base o reflector mediante balunes. Esos dispositivos de antena están dotados de una alimentación procedente de una línea de entrada de antena común y un circuito derivado.

El dipolo para la frecuencia más alta está previsto en un plano que está más próximo al reflector que el dipolo previsto para la frecuencia más baja.

Una antena de agrupación que comparte múltiples frecuencias según la parte precaracterizadora de la reivindicación 1 se conoce por el documento WO 01/48868, publicado posteriormente como EP 1 158 608 A1. Esta antena de agrupación de multifrecuencia comprende un conductor de masa con una superficie plana o una superficie curva, al menos un primer y un segundo grupo de antenas de dipolo, en la que cada uno de dichos grupos de antena de dipolo incluye una pluralidad de antenas de dipolo dispuestas de manera sistemática que funcionan a una frecuencia de funcionamiento particular. Las frecuencias de funcionamiento particulares de cada grupo son diferentes de modo que una agrupación de antenas de multifrecuencia puede funcionar al menos a dos frecuencias diferentes.

Los elementos de antena pertenecientes a cada grupo de antenas de dipolo están montados sobre un reflector plano. La altura de las antenas de dipolo pertenecientes al primer grupo es diferente a la altura de las antenas de dipolo pertenecientes al otro grupo. Dicho de otro modo, los dipolos pertenecientes al primer grupo de antenas están previstos en un plano que es diferente al plano en el que están previstas las antenas de dipolo del segundo grupo.

Basándose en esto, un objetivo de la presente invención es mejorar el control del lóbulo de difracción y del lóbulo lateral.

Esta tarea se resuelve mediante una enseñanza técnica según la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se mencionan realizaciones preferidas de la invención.

Sumario de la invención

Estos y otros objetivos, características y ventajas técnicas se consiguen mediante una agrupación de antenas, tal como un sistema de antena de haz múltiple que incluye una matriz de formación de haz, en el que sólo se utilizan los haces más interiores de los posibles a partir de la agrupación y la columna de elementos de antena o espaciado de fila pertinente se ajusta para conseguir las formas de haz de antena deseadas, es decir, anchos de haz, y patrón de sector. El patrón de radiación resultante del uso de una antena de este tipo, o bien dependiente de conmutación de haz restringida de una agrupación de haz múltiple o de barrido restringido de una agrupación adaptativa, que utiliza sólo los haces interiores tiene la característica deseada de evitar los lóbulos de difracción asociados con los haces de antena más exteriores, u otros haces de antena dirigidos sustancialmente desde la transversal, de una agrupación.

Una agrupación de antenas para proporcionar comunicaciones deseadas puede usar cuatro haces, es decir, un panel que tiene cuatro columnas de antena proporciona cuatro haces de antena no solapados sustancialmente de 30° que cuando se componen proporcionan un sector de 120° . La matriz de formación de haz para una agrupación de este tipo puede ser una matriz de Butler de 4×4 , una matriz que tiene entradas y salidas limitadas a potencias de dos (entradas/salidas = 2^n , donde $n=2$ para la matriz de 4×4), que proporciona las señales de cuatro interfaces de haz de antena en una progresión en fases en cada una de las cuatro columnas de antena. Puede hacerse referencia a estos haces como, viendo la agrupación de antenas de izquierda a derecha desde la transversal, 2R, 1R, 1L, 2L, con los haces dirigidos según el ángulo más agudo alejándose de la transversal, haces 2R y 2L, que tienen sustancialmente lóbulos de difracción asociados con la misma.

Una realización preferida de la presente invención utiliza una antena que puede proporcionar haces de antena dirigidos alejándose aún más de la transversal que aquellos de los que se depende para proporcionar comunicación. Por ejemplo, una realización preferida utiliza una matriz de formación de haz que tiene 2^{n+1} entradas para formar 2^n haces de antena. Por consiguiente, en el ejemplo anterior en el que se desean cuatro (2^2) haces, se utiliza una matriz de formación de haz que tiene ocho (2^3) entradas y salidas. Con el fin de proporcionar los haces deseados sin la presencia de lóbulos de difracción al tiempo que se proporcionan niveles de lóbulo lateral tolerables, y un haz principal deseable, la agrupación de antenas alimentada por la matriz de formación de haz de esta realización de la presente invención tiene un número de columnas de antena correspondientes a las $n+1$ entradas. Por lo tanto, las ocho salidas de la matriz de formación de haz se acoplan cada una a una de ocho columnas de antena de una agrupación de antenas y por tanto puede proporcionar ocho haces de antena (4R, 3R, 2R, 1R, 1L, 2R, 3R, y 4R).

Según la presente invención, aunque puede que la agrupación de antenas pueda formar un número de haces por encima de los deseados, sólo se usan los haces interiores. Por ejemplo, en la realización preferida descrita anteriormente sólo se usan los haces 2R, 1R, 1L, y 2R de una combinación disponible de haces 4R, 3R, 2R, 1R, 1L, 2L, 3L, y 4L. Estos haces más interiores normalmente tienen mejores características de radiación que los haces más exteriores y por lo tanto no presentan los lóbulos de difracción que la presente invención intenta evitar.

Sin embargo, debe apreciarse que las características de los haces de antena individuales de la agrupación anteriormente descrita de la presente invención no se adaptarán sustancialmente a los de la agrupación de antenas a la que pretende sustituir. Por ejemplo, en lugar de proporcionar cuatro haces de antena aproximadamente de 30° que definen un sector de 120° , los haces 2R, 1R, 1L, y 2R de la matriz de formación de haz de 8×8 usada según la presente invención puede proporcionar cuatro haces de antena aproximadamente de 15° que definen un sector de 60° debido al aumento del número de columnas de antena energizados en la progresión en fases.

Por consiguiente, la presente invención, incluye el ajuste del espaciado de columna y/o fila de antena para volver a apuntar los haces usados en la dirección deseada aunque se mantiene la progresión en fases utilizada para una agrupación de ocho haces de haz más estrecho. Además, cuando se ajusta el espaciado entre columnas para volver a apuntar los haces con ángulos deseados desde la transversal, también se ajustan los anchos de haz de antena a anchos deseados. Por consiguiente, puede utilizarse la agrupación de antenas de la realización preferida anteriormente descrita que tiene una matriz de formación de haz de 8×8 para proporcionar cuatro haces sustancialmente de 30° que definen un sector de 120° .

El reespaciado de elementos de antena según la presente invención da como resultado el cierre del espaciado elemental que tiene el efecto deseable de reducir o incluso suprimir cualquier lóbulo de difracción que pueda haber estado presente en la configuración de agrupación original. Debe apreciarse que el reespaciado de elementos de antena, mediante el cierre en el espaciado elemental, de la realización preferida puede dar como resultado efectos indeseables asociados con los fenómenos de acoplamiento mutuo. Por consiguiente, realizaciones preferidas de la invención utilizan técnicas para superar efectos adversos de acoplamiento mutuo asociados con elementos de antena que están colocados en estrecha proximidad entre sí.

Por ejemplo, realizaciones de la presente invención emplean el uso de afinación "escalonada". De manera adicional o alternativa, realizaciones de la presente invención emplean el uso de particiones conectadas eléctricamente a masa, denominadas en el presente documento como "pantallas de Faraday". Pueden usarse estas dos técnicas muy diferentes según realizaciones preferidas de la presente invención para superar los efectos de acoplamiento mutuo entre los elementos de radiación que constituyen la agrupación de antenas que puede distorsionar los patrones de elemento individual que son componentes en el proceso de formación de haz. Por ejemplo, puede usarse cualquiera o ambas de las técnicas anteriores para la mitigación de acoplamiento espacial directo. Pueden usarse pantallas de Faraday a lo

largo de espaciados de fila y/o columna de una agrupación para proporcionar aislamiento entre elementos adyacentes al tiempo que se proporciona el uso de un sistema de alimentación uniforme, tal como puede ser particularmente deseable para un producto de antena de fabricación en serie minimizando la necesidad de piezas diferentes.

5 Además, puede usarse una matriz de Butler así como equilibrado de impedancias de elemento, columna, y/o fila individual para minimizar el acoplamiento asociado con la red de alimentación que interconecta elementos en la agrupación. Mantener la instalación de la antena alejada de una estructura de bloqueo, tal como una torre de soporte asociada, puede utilizarse para minimizar el acoplamiento indirecto que se produce dispersándose de objetos cercanos.

10 El espaciado elemental según la presente invención puede ajustarse para afectar al mejor equilibrio posible entre modos independientes, tales como señales de comunicación de servicios de telefonía móvil avanzados (AMPS) y de acceso múltiple por división de código (CDMA), que pueden estar usando la agrupación de manera simultánea. De manera adicional o alternativa, realizaciones de la presente invención proporcionan un primer grupo de elementos de antena, preferiblemente con el espaciado reducido anteriormente descrito, para su uso con un primer servicio de comunicación o banda de frecuencia, y un segundo grupo de elementos de antena, también preferiblemente con el espaciado reducido anteriormente descrito e intercalado con el primer grupo de elementos de antena, para su uso con un segundo servicio de comunicación o banda de frecuencia. Por consiguiente, la geometría de cada uno de tales grupos de elementos de antena puede afinarse para el servicio de comunicación o banda de frecuencia respectivo usado con el mismo. Esta configuración de doble banda de elementos intercalados proporciona un sistema de antena
20 que tiene una única apertura de antena para servicios de comunicación múltiples que puede ser sustancialmente del mismo tamaño que la de una agrupación de antenas para un único servicio de comunicación.

Preferiblemente, los elementos de antena de cada uno de tales grupos de elementos de antena intercalados están dispuestos en un mismo plano. Por ejemplo, los elementos de antena de cada uno de tales grupos pueden estar dis-
25 puestos en un plano paralelo a y un cuarto de la longitud de onda de frecuencia intermedia de banda baja (por ejemplo, primera banda de frecuencia) por encima de un plano de masa. Sin embargo, los elementos de antena de cada grupo de elementos de antena están dispuestos preferiblemente a un cuarto de su longitud de onda de frecuencia intermedia de banda respectiva por encima de un plano de masa. Por consiguiente, una realización preferida de la presente invención proporciona adaptación del plano de masa de antena para presentar una superficie de plano de masa, tal como una aleta elevada correspondiente a elementos de antena del segundo grupo de elementos de antena, a un cuarto de la longitud de onda de frecuencia intermedia de banda respectiva detrás de cada elemento de antena para de ese modo permitir que cada elemento de antena esté dispuesto en el mismo plano de agrupación elemental al tiempo que se proporciona la relación de plano de masa deseada con respecto a los elementos de cada servicio de comunicación o frecuencia.

35 Realizaciones preferidas de la agrupación de antenas de doble banda de elementos intercalados incluyen elementos de antena además de los que se usan directamente en la formación de haz mejorado deseada. Por ejemplo, la intercalación de elementos de antena de los diferentes grupos de elementos de antena puede afectar a la comunicación usando uno o el otro grupo de elementos de antenas, tal como dando como resultado un entorno de radiación no uniforme. De manera específica, los elementos de antena de un grupo de los elementos de antena presentan estructuras de radiación algo parásitas con respecto a elementos de antena de otro grupo de elementos de antena de la realización anterior. Por consiguiente, puede presentarse a los elementos de antena de columnas interiores de un grupo de elementos de antena un entorno de radiación apreciablemente diferente que a los elementos de antena de columnas exteriores de un grupo de elementos de antena. Por consiguiente, una agrupación de realización preferida de la presente invención proporciona elementos de antena adicionales dispuestos para proporcionar un entorno de radiación casi uniforme tal
40 como puede verse por los elementos de antena activos. Según una realización preferida de la invención, estos elementos adicionales pueden utilizarse de diversos modos además de proporcionar un entorno de radiación uniforme, tal como para proporcionar antenas para su uso en un sentido de enlace opuesto con respecto a los elementos de antena agrupados anteriormente mencionados.

50 Aunque se describió anteriormente con respecto a una agrupación de antenas que utiliza una matriz de formación de haz que tiene un número de entradas asociadas con haces de antena múltiples, una realización alternativa de la presente invención utiliza una matriz de formación de haz adaptativa en combinación con la agrupación que tiene columnas adicionales y elementos de antena reespaciados con el fin de proporcionar un haz de antena dirigible que, cuando se dirige alejándose significativamente de la transversal, carece de o tiene un pequeño lóbulo de difracción asociado con el mismo. Una realización de este tipo depende preferiblemente de una red de alimentación que proporciona de manera dinámica una progresión en fases a través de las columnas de antena en lugar de la progresión en fases fija de las matrices de formación de haz de Butler e híbridas anteriormente mencionadas. Por consiguiente, debe apreciarse que la progresión en fases proporcionada por esta red de alimentación adaptativa es coherente con aquellos de los haces más estrechos de la agrupación mayor, aunque se utiliza para proporcionar un número menor de haces mejorados
60 según la presente invención.

Una ventaja técnica de la presente invención es el uso de una antena de agrupación en fases para proporcionar haces de antena dirigibles o múltiples con lóbulos de difracción reducidos o sin ellos.

65 Una ventaja técnica adicional de la presente invención es proporcionar una antena que está optimizada para su uso en la comunicación de modos de comunicación múltiples de manera simultánea.

En lo anterior se han señalado de manera bastante amplia las características y ventajas técnicas de la presente invención con el fin de que la descripción detallada de la invención que sigue pueda entenderse mejor. Características y ventajas adicionales de la invención se describirán a continuación en el presente documento que forman el objeto de las reivindicaciones de la invención. Los expertos en la técnica deben apreciar que el diseño y la realización específica dados a conocer pueden utilizarse fácilmente como base para modificar o diseñar otras estructuras para llevar a cabo los mismos fines de la presente invención.

Las características novedosas que se creen que son características de la invención, tanto en cuanto a su organización como a su método de funcionamiento, junto con objetivos y ventajas adicionales ventajas se entenderán mejor a partir de la siguiente descripción cuando se considera en conexión con las figuras adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

Para una comprensión más completa de la presente invención, y las ventajas de la misma, a continuación se hace referencia a las siguientes descripciones tomadas en conjunción con el dibujo adjunto, en el que:

la figura 1 muestra una antena de panel de agrupación en fases de la técnica anterior adaptada para proporcionar cuatro haces de antena;

la figura 2 muestra una antena de panel de agrupación en fases de la técnica anterior adaptada para proporcionar ocho haces de antena;

la figura 3 muestra un patrón de antena de la antena de panel de agrupación en fases de la figura 1;

las figuras 4 y 5 muestran una antena de panel de agrupación en fases de la técnica anterior adaptada;

la figura 6 muestra un patrón de antena de la antena de panel de agrupación en fases de las figuras 4 y 5;

las figuras 7 y 8 muestran patrones de antena de sector sintetizado de las antenas de panel de agrupación en fases de la figura 1 y la figura 4;

las figuras 9A-9C y 10 muestran una antena de panel de agrupación en fases multimodal adaptada según la presente invención;

la figura 11 muestra una realización alternativa de adaptación de plano de masa según la presente invención;

la figura 12 muestra una realización alternativa de una antena de panel de agrupación en fases multimodal adaptada según la presente invención; y

las figuras 13A y 13B muestran una antena de panel de agrupación en fases multimodal adaptada para mitigar el acoplamiento mutuo según una realización preferida de la presente invención.

Descripción detallada

Una agrupación plana típica de la técnica anterior adecuada para producir haces de antena dirigidos en orientaciones azimutales deseadas se ilustra en la figura 1 como la agrupación 100 de antenas. La agrupación 100 de antenas se compone de elementos 110 de antena individuales dispuestos en un patrón predeterminado para formar cuatro columnas, columnas de la a_{e1} a la d_{e1} , de cuatro elementos cada una. Estos elementos de antena están dispuestos a una fracción predeterminada de una longitud de onda (λ) frente al plano 120 de masa, tal como $\frac{1}{4}\lambda$ por encima del plano 120 de masa. Debe apreciarse que la energía radiada a partir de los elementos 110 de antena se proporciona en una progresión en fases predeterminada como entre las columnas de antena, que en combinación con la energía reflejada a partir del plano 120 de masa, se suma para formar un patrón de radiación que tiene un frente de onda que se propaga en una dirección predeterminada.

Tal como se muestra en la figura 1, la matriz 130 de formación de haz puede incluir entradas 140, cada una asociada con un haz de antena particular de una agrupación de haz múltiple, de modo que una señal proporcionada a una cualquiera de estas entradas se proporciona en una progresión en fases predeterminada en cada una de las salidas 150. Este tipo de disposición de haces fija es común cuando la matriz 130 de formación de haz es una matriz de alimentación tal como una matriz de Butler o híbrida. Las matrices de formación de haz, tal como una matriz de Butler, se conocen bien en la técnica. Estas matrices proporcionan normalmente diversos retardos de fase que van a introducirse en la señal proporcionada a diversas columnas de la agrupación de antenas de modo que los patrones de radiación de cada columna se suman para dar como resultado un patrón de radiación compuesto que tiene un lóbulo principal que se propaga en una dirección predeterminada. Evidentemente, en lugar de una disposición de haces fija que utiliza una matriz de Butler o híbrida, una entrada de señal a la matriz 130 de formación de haz puede proporcionarse de manera adaptativa a las salidas 150 en una progresión en fases deseada para dirigir de manera adaptativa un haz de antena.

En el ejemplo ilustrado en la figura 1, cada uno de los haces de 1 a 4 está formado por la matriz 130 de formación de haz aplicando apropiadamente una señal de entrada a las columnas de antena de a_{e1} a d_{e1} . Se hace referencia a estos

haces normalmente de derecha a izquierda como haces 2L, 1L, 1R, y 2R correspondientes a los haces de 1 a 4 de la figura 1, y pueden utilizarse para proporcionar comunicaciones en un área particular. Por ejemplo, cada uno de los haces de la figura 1 pueden ser haces de 30° para proporcionar comunicaciones en un sector de 120°.

5 Otra realización de una agrupación plana adecuada para producir haces de antena dirigidos en orientaciones azimutales deseadas se ilustra en la figura 2 como la agrupación 200 de antenas. Como con la agrupación de la figura 1, la agrupación 200 de antenas se compone de elementos 210 de antena individuales dispuestos en un patrón predeter-
minado, aunque la antena 200 forma ocho columnas, las columnas de a_{e2} a h_{e2} , de cuatro elementos cada uno. Estos
10 elementos de antena están dispuestos a una fracción predeterminada de una longitud de onda (λ) frente al plano 220 de masa, tal como $\frac{1}{4}\lambda$ y la energía radiada desde los elementos 210 de antena se proporciona en una progresión en
fases predeterminada como entre las columnas de antena, que en combinación con la energía reflejada desde el plano
220 de masa, se suma para formar un patrón de radiación que tiene un frente de onda que se propaga en una dirección
predeterminada.

15 Tal como se describió anteriormente, la matriz 230 de formación de haz puede incluir entradas 240, cada una asociada con un haz de antena particular de una agrupación de haz múltiple, de modo que una señal proporcionada a una cualquiera de estas entradas se proporciona en una progresión en fases predeterminada en cada una de las salidas
250 o, de manera alternativa, una entrada de señal a la matriz 130 de formación de haz puede proporcionarse de manera
adaptativa a las salidas 250 en una progresión en fases deseada para dirigir de manera adaptativa un haz de antena.

20 Se hace referencia normalmente a los haces de 1 a 8 de la figura 2 de derecha a izquierda como haces 4L, 3L, 2L, 1L, 1R, 2R, 3R, y 4R, y pueden utilizarse para proporcionar comunicaciones en un área particular. Por ejemplo, cada uno de los haces de la figura 2 pueden ser haces de 15° para proporcionar comunicaciones en un sector de 120°.

25 Los patrones de radiación compuestos de las columnas de una agrupación de antenas, tal como los haces ilustrados en las figuras 1 y 2, pueden dirigirse azimutalmente desde la transversal mediante el ajuste de la progresión en fases anteriormente mencionada. Por ejemplo, el haz 2L (haz 1 de la figura 1) puede dirigirse 45° desde la dirección trans-
versal mediante la introducción de un retardo de fase creciente (Δ , donde $\Delta < 0$) entre las señales proporcionadas a las
columnas de a_{e1} a la d_{e1} . Suponiendo que el espaciado horizontal entre cada una de las columnas a_{e1} a d_{e1} es el mismo,
30 el haz 2R puede crearse proporcionando a la columna a_{e1} la señal de entrada en fases, a la columna b_{e1} la señal de
entrada en fases retardada en Δ , a la columna c_{e1} la señal de entrada en fases retardada en 2Δ , y la columna d_{e1} la señal
de entrada en fases retardada en 3Δ . Evidentemente, el valor exacto de Δ depende del espaciado entre las columnas.

De manera similar, el haz 1L (haz 2 de la figura 1) puede estar a 15° de la dirección transversal mediante la
35 introducción de un retardo de fase entre las señales proporcionadas a las columnas. En este caso, sin embargo, no
es necesario que el diferencial de fase sea tan grande como con el haz 2R anterior puesto que la deflexión desde la
transversal no es tan grande. Por ejemplo, el haz 1R puede crearse proporcionando a la columna a_{e1} la señal de entrada
en fases, a la columna b_{e1} la señal de entrada en fases retardada en $\frac{1}{3}\Delta$, a la columna c_{e1} la señal de entrada en fases
retardada en $\frac{2}{3}\Delta$, ($2 * \frac{1}{3}\Delta$), y a la columna d_{e1} la señal de entrada en fases retardada en Δ ($3 * \frac{1}{3}\Delta$).
40

Debe apreciarse que, cuando una agrupación plana lineal se excita de manera uniforme (distribución de apertura
uniforme) para producir una proyección de haz transversal, la distribución de apertura compuesta es similar a una
forma rectangular. Sin embargo, cuando esta forma se transforma mediante la transformada de Fourier en el espacio,
45 el patrón resultante está cargado de lóbulos laterales de alto nivel respecto al lóbulo principal. Cuando se usa direc-
cionamiento de haz, es decir, el haz se dirige alejándose de la transversal, estos lóbulos laterales crecen hasta niveles
más altos y en última instancia dan como resultado la formación de lóbulos de difracción. Por ejemplo, el haz 2R de
la figura 1 tendrá asociado con el mismo lóbulos laterales más grandes que los del haz 1R y, por lo tanto, presentará
un patrón de radiación normalmente menos deseable que el del haz 1R de la figura 1.

50 Centrando la atención en la figura 3, se ilustra un patrón de radiación de campo lejano de azimut estimado que usa
el método de momentos con respecto a la agrupación de antenas mostrada en la figura 1. En este caso, las columnas de
antena se excitan de manera uniforme para producir el lóbulo 310 principal sustancialmente a 45° desde la transversal
y, por tanto, sustancialmente tal como se describió anteriormente con respecto al haz 2R.

55 Debe entenderse que, puesto que un haz dirigido alejándose un ángulo significativo de la transversal, tal como el
haz 2R, presenta un patrón de radiación menos deseable que el de un haz que tiene un ángulo menor, tal como el
haz 1R, el análisis de la presente invención está dirigido a un haz que tiene un ángulo significativo para ilustrar más
fácilmente la mejora del patrón de radiación. Sin embargo, los patrones de radiación de haces desviados más o menos
de la transversal que los descritos se mejorarán de manera similar según la presente invención.

60 En referencia de nuevo a la figura 3, el lóbulo 320 de difracción y el lóbulo 330 lateral se ilustran dentro del área de
cobertura del sector de 120° de la agrupación 100 de antenas. Puede verse que el lóbulo 320 de difracción es un lóbulo
sustancial con un pico sólo aproximadamente 8 dB menor que el lóbulo 310 principal. El lóbulo lateral y el lóbulo de
difracción en particular, actúan para degradar el rendimiento del sistema de antena haciéndolo sensible a señales en una
65 dirección no deseada, que interfiere potencialmente con la señal deseada. De manera específica, como 0° representa
la dirección transversal, el lóbulo 320 de difracción se dirige de modo que los dispositivos de comunicación ubicados
frente a la agrupación 100 de antenas pueden no estar excluidos de la comunicación cuando la agrupación se energiza
para dirigirse 45° de la transversal.

Además, puede verse a partir de la figura 3 que, aunque los puntos 3 dB hacia abajo definen un ancho de haz de aproximadamente 34° , este haz es algo asimétrico. De manera específica, el lóbulo principal presenta un abombamiento considerable frente a los lóbulos laterales de alto nivel anteriormente mencionados. Este abombamiento hace que el haz disminuya su sección de manera irregular a partir de los puntos 3 dB hacia abajo. Por lo tanto, un haz de este tipo presenta una oportunidad añadida para la interferencia por un dispositivo de comunicación no deseado.

La agrupación de antenas bien conocida puede utilizarse para proporcionar haces de antena sustancialmente similares a los de una agrupación de antenas de la técnica anterior estándar, incluyendo proporcionar cobertura dentro de un sector de sustancialmente la misma área, con lóbulos de difracción y laterales reducidos. Una agrupación de este tipo que tiene elementos de antena suficientes para proporcionar haces de antena además de los deseados realmente, o haces de antena diferentes de otro modo a los deseados realmente, en combinación con el despliegue de aquellos elementos de antena con un espaciado entre elementos particular proporciona características de haz mejoradas.

De manera específica, la agrupación de antenas conocida utiliza una matriz de formación de haz que tiene 2^{n+1} entradas para formar 2^n haces de antena. Por consiguiente, para proporcionar cuatro (2^2) haces de antena adecuados para su uso en lugar de los de la figura 1, un sistema de antena según el documento US-B1-6.198.434 utiliza una matriz de formación de haz que tiene ocho (2^3) entradas y salidas, aunque sólo se usan cuatro entradas, en combinación con ocho columnas de elementos de antena. Sin embargo, debe apreciarse que realizaciones alternativas pueden utilizar redes de formación de haz que presentan ponderación de señal de antena (progresión de fase y/o de amplitud) coherente con la de la realización preferida descrita anteriormente, sin proporcionar las entradas adicionales anteriormente mencionadas. Por ejemplo, puede utilizarse una red de formación de haz adaptativa, tal como puede proporcionarse mediante variadores de fase y/o ajustadores de amplitud controlables, para proporcionar señales ponderadas apropiadamente para su uso con agrupaciones de antenas configuradas según la presente invención.

Centrando la atención en la figura 4, la antena adaptada para proporcionar cuatro haces de antena anteriormente descrita que tiene lóbulos de difracción y laterales reducidos se muestra en general como la agrupación 400 de antenas. Puede verse que como la agrupación 200 de antenas de la figura 2, la agrupación 400 de antenas incluye ocho columnas de radiador, las columnas a_{e4} - h_{e4} , de cuatro elementos 410 de antena cada una. Debe apreciarse que la agrupación 400 de antenas de la figura 4 se muestra con un número de columnas de radiación y elementos de antena coherente con el ejemplo anteriormente descrito de proporcionar cuatro haces de antena en un sector particular con el fin de ayudar a los expertos a entender la antena mostrada, y no se pretende limitar la antena mostrada a ningún número de columnas de radiación, elementos de antena, particular ni incluso al uso de una agrupación de panel plana.

Preferiblemente los elementos de antena utilizados en la agrupación 400 de antenas son elementos de antena de dipolo. Sin embargo, pueden utilizarse otros elementos de antena incluyendo elementos de antena helicoidales, elementos de antena de tipo parche, elementos de antena de ranura de cavidad, y similares. Además, aunque se muestran elementos de antena polarizados de manera vertical, puede utilizarse una antena con cualquier polarización, incluyendo horizontal, inclinada hacia la derecha, inclinada hacia la izquierda, elíptica y circular. Debe apreciarse también que puede usarse una multiplicidad de polarizaciones, tal como intercalando columnas de antena inclinadas hacia la izquierda e inclinadas hacia la derecha para proporcionar un sistema de antena que tiene diversidad de polarización entre los haces de antena proporcionados. Estos haces de antena de polarización diversa pueden ser alternativos de los haces de antena sustancialmente no solapados ilustrados en la figura 4 o, de manera alternativa, pueden proporcionarse para solaparse con haces correspondientes de una polarización alternativa, tal como intercalando sustancialmente dos agrupaciones 400 de antenas, teniendo cada una una polarización diferente, para proporcionar una agrupación de antenas de polarización diversa.

De manera adicional, las columnas de antena de la agrupación 400 de antenas están espaciadas más estrechamente que las de la agrupación 200 de antenas. Por ejemplo, en lugar de un espaciado entre columnas de $0,5\lambda$ común en una agrupación tal como la de la figura 2, la agrupación de la figura 4 utiliza un espaciado más estrecho entre columnas, tal como en el intervalo de $0,25\lambda$ a $0,35\lambda$, aunque se mantiene la misma progresión en fases que la utilizada en el espaciado de elemento de $0,5\lambda$. Una realización más preferida de la antena conocida utiliza un espaciado entre columnas de $0,27\lambda$ en la que ocho columnas de antena están acopladas a una matriz de formación de haz de ocho por ocho para proporcionar cuatro haces de antena sustancialmente de 30° que definen un sector aproximadamente de 120° . El uso de este espaciado más estrecho entre columnas, en combinación con la adaptación de la red de formación de haz acoplada a la agrupación 400 de antenas para utilizar progresiones en fases generalmente asociadas con haces de antena dirigidos con ángulos desde la transversal inferiores a los disponibles generalmente a partir de una agrupación tal como la agrupación 200 de antenas, proporciona control de lóbulo de difracción y lóbulo lateral mejorado.

Centrando la atención en la figura 5, la antena 400 de la figura 4 se muestra desde un ángulo inverso para mostrar la red de alimentación de la antena incluyendo la matriz 510 de formación de haz. La matriz 510 de formación de haz de la realización ilustrada es una matriz de formación de haz de 8×8 , tal como una matriz de Butler de 8×8 bien conocida en la técnica. Sin embargo, la matriz 510 de formación de haz, aunque proporciona ocho entradas, está adaptada para finalizar las entradas más exteriores, es decir, las entradas asociadas con los haces de antena más exteriores de una agrupación de antenas tal como la de la figura 2, y por tanto utiliza sólo las entradas más interiores, en este caso las cuatro entradas interiores. Por consiguiente, se proporcionará una señal acoplada a cada una de las entradas 511-514 como componentes de señal que tienen una progresión en fases particular en cada una de las ocho salidas de la matriz 510 de formación de haz, y por tanto se acoplarán a cada una de las columnas de radiación de la agrupación 400 de antenas. Por lo tanto, aunque puede que la agrupación de antenas pueda formar un número de haces superior al

deseado, sólo se usan los haces interiores. Por ejemplo, en la realización preferida de las figuras 4 y 5, sólo se usan los haces 2R, 1R, 1L, y 2R de una combinación disponible de haces 4R, 3R, 2R, 1R, 1L, 2L, 3L, y 4L. Estos haces más interiores normalmente tienen mejores características de radiación que los haces más exteriores y por lo tanto no presentan los lóbulos de difracción.

5

Debe apreciarse que sin la colocación entre elementos ajustada de la antena, el uso de las cuatro entradas interiores de la matriz de formación de haz no proporcionaría haces de antena coherentes con los deseados, es decir, haces de antena dimensionados dirigidos sustancialmente de igual manera a los de la agrupación 100 de antenas. Por ejemplo, en lugar de proporcionar cuatro haces de antena de aproximadamente 30° que definen un sector de 120° , los haces 2R, 1R, 1L, y 2R de la matriz de formación de haz de 8×8 usados según la presente invención pueden proporcionar cuatro haces de antena de aproximadamente 15° que definen un sector de 60° sin la colocación entre elementos ajustada debido al aumento del número de columnas de antena energizadas en la progresión en fases. Por consiguiente, la antena, además de usar una matriz de formación de haz que tiene entradas/salidas, y la agrupación de antenas que tiene columnas de antena, además de las asociadas con los haces de antena deseados, incluye el ajuste del espaciado de columna y/o fila de antena para volver a dimensionar y volver a apuntar los haces usados en la dirección deseada y, por tanto, la agrupación de antenas anteriormente descrita que tiene una matriz de formación de haz de 8×8 puede utilizarse para proporcionar cuatro haces sustancialmente de 30° que definen un sector de 120° .

Pueden utilizarse técnicas adicionales para proporcionar un haz de antena deseado, si se desea. Por ejemplo, pueden usarse elementos parásitos, tal como se muestra y describe en la solicitud de patente a la que se hizo referencia anteriormente titulada "Multiple Beam Planar Array With Parasitic Elements", además de los elementos accionados mostrados en las figuras 4 y 5.

En referencia todavía a la agrupación de antenas conocida de las figuras 4 y 5, puede verse que las columnas exteriores de elementos de antena, columnas a_{e4} , b_{e4} , g_{e4} , y h_{e4} , están comprimidas de manera vertical. Colocando columnas de antena de longitud reducida en los bordes exteriores de una agrupación en fases, se consigue además la reducción de la sección de apertura para el control de nivel de lóbulo lateral. Preferiblemente, la reducción de la longitud de las columnas exteriores de antena proporciona una columna de antena de borde que es sustancialmente de la misma longitud que una columna de antena de la agrupación que no es de longitud reducida sino de la que se han eliminado los elementos más superior y más inferior, es decir, que presenta un lado transversal de antena sustancialmente del tamaño de una agrupación de la que se han eliminado los elementos de esquina. Puede reducirse la longitud de columnas de antena adicionales una parte de la cantidad de longitud que se reduce de las columnas de antena exteriores, tal como se ilustra mediante las columnas de antena próximas a las columnas exteriores de antena en las figuras 4 y 5, para disminuir además la sección de la apertura de antena. Evidentemente, una realización alternativa puede utilizar más o menos columnas de antena de longitud reducida o incluso columnas de antena que tienen todas sustancialmente la misma longitud, en la que no se desea el control de nivel de lóbulo lateral adicional conseguido.

Las líneas de alimentación de señal para las columnas de antena ilustradas en la figura 5 pueden ser cualquiera de un número de mecanismos de alimentación, incluyendo cable coaxial con conexiones intermedias en puntos correspondientes a los elementos individuales, líneas de microbanda, y similares. Sin embargo, una realización preferida de la antena conocida utiliza barras colectoras de línea aérea para alimentar las columnas de antena. Preferiblemente, la barra colectora de línea aérea de cada columna está acoplada a la matriz de formación de haz en un punto intermedio, tal como entre la mitad de dos antenas de las columnas ilustradas tal como se muestra en la figura 5. Una conexión de este tipo ayuda a proporcionar incluso distribución de potencia entre los elementos de antena de la columna.

45

Debe apreciarse que se experimenta una variación de fase de 180° en la excitación de los elementos de antena dispuestos en la línea aérea por encima de la conexión intermedia de línea aérea/red de alimentación en comparación con los elementos de antena dispuestos en la línea aérea por debajo de la conexión intermedia de línea aérea/red de alimentación. Por consiguiente, algunos de los elementos de antena, tal como los dos elementos de antena superiores de cada columna, pueden estar dotados de un balun acoplado a una mitad de dipolo superior mientras que otros de los elementos de antena, tal como los dos elementos de antena inferiores de cada columna, pueden estar dotados de un balun acoplado a una mitad de dipolo inferior.

Debe apreciarse que en una barra colectora de línea aérea la mayor parte de la energía está confinada en el espacio entre la barra colectora de línea aérea y el plano de masa. Por consiguiente, colocando un dieléctrico en este espacio las propiedades de transmisión de la columna de antena pueden alterarse sustancialmente. La experimentación ha revelado que colocando un dieléctrico entre la barra colectora de línea aérea y el plano de masa de la agrupación de antenas la velocidad de propagación de la energía electromagnética que se distribuye a lo largo de la columna está retardada. Este retardo de la velocidad de propagación, y la posterior compresión de la longitud de onda, permite reducir el espaciado de los dipolos. Esta reducción en el espaciado entre elementos se realiza sin afectar de manera negativa a los lóbulos de difracción. Por consiguiente, la realización preferida utiliza un dieléctrico entre la barra colectora de línea aérea y el plano de masa de la agrupación de antenas. Debe apreciarse que utilizando la barra colectora de línea de dieléctrico de la realización preferida, es posible disminuir la sección de la apertura de la agrupación sin ajustar el número de elementos de antena proporcionado en cualquiera de las columnas de antena. Por consiguiente, equilibrar la potencia entre las columnas de antena de la agrupación se simplifica en gran medida puesto que proporcionar una señal de igual potencia a cada columna de antena no da como resultado la energización de las columnas en una distribución de apertura que se aproxima a una distribución de coseno inverso como en la técnica anterior. Aunque se ha descrito en el presente documento con suficiente detalle como para permitir a un experto en la técnica entender la antena analizada,

65

se proporcionan detalles adicionales con respecto al uso de tales sistemas de alimentación de barra colectora de línea aérea en la solicitud de patente a la que se hizo referencia anteriormente titulada "System and Method for Per Beam Elevation Scanning".

5 Habiendo descrito la agrupación 400 de antenas, se centra la atención en la figura 6, en la que se ilustra un patrón de radiación de campo lejano de azimut estimado que usa el método de momentos con respecto a la agrupación de antenas mostrada en las figuras 4 y 5. En este caso, las columnas de antena se excitan de manera uniforme, tal como a través de la aplicación de una señal a la entrada 511 de la matriz 510 de formación de haz, para producir un lóbulo principal sustancialmente de 45° desde la transversal y, por tanto, sustancialmente tal como se describió anteriormente con respecto al haz 2R asociado con la agrupación de antenas de la figura 1. Sin embargo, debe apreciarse que el lóbulo de difracción presente en la figura 3 se ha evitado y en su lugar están presentes lóbulos 620 y 630 laterales mucho más pequeños. Por consiguiente, el lóbulo 610 principal puede utilizarse para llevar a cabo comunicaciones sustancialmente para la exclusión de señales o interferencia presentes en otras áreas hacia el frente de la agrupación 400 de antenas. Además, debe apreciarse que el lóbulo 601 principal es sustancialmente simétrico y por tanto proporciona un haz más adecuado para proporcionar comunicaciones dentro de una subsección definida de un área a la que va a darse servicio.

Debe entenderse que aplicar una señal a una cualquiera de las entradas 511-514 de la matriz 510 de formación de haz proporcionará un haz de antena sustancialmente tal como se ilustra en la figura 6, aunque el ángulo azimutal de cada haz de este tipo será diferente. Por consiguiente, se define un sistema de haz conmutado, útil en comunicaciones en las que se desea volver a utilizar canales particulares, que tienen múltiples haces de antena predefinidos cada uno con una orientación azimutal particular. Un sistema de este tipo es útil para proporcionar servicios de comunicación inalámbrica tal como las comunicaciones de teléfono celular de una red de AMPS, puesto que la reutilización de canal puede aumentarse a través de la limitación de comunicaciones en un canal particular al interior de haces de antena que tienen poca probabilidad de dar como resultado señales de interferencia.

25 Sin embargo, los requisitos de comunicación de otros modos de comunicación pueden ser algo diferentes a los de una red particular, tal como la red de AMPS anteriormente mencionada. Por ejemplo, las redes de comunicación de CDMA utilizan un mismo canal de banda ancha para múltiples comunicaciones discretas, que depende en códigos de chip únicos para separar las señales. Por consiguiente, aunque la capacidad está limitada en interferencia, es decir, se establece un umbral particular de energía comunicada sobre el cual se vuelve muy difícil extraer una señal particular y por lo tanto las señales se comunican en áreas definidas, puede desearse un área más grande que la definida mediante haces individuales para su uso en comunicaciones, tal como para evitar funciones de sobrecarga de sistema tales como condiciones de traspaso. Por lo tanto, puede ser deseable proporcionar una señal de primer modo (es decir, AMPS) en un haz de antena particular al tiempo que se proporciona una señal de segundo modo (es decir, CDMA) en múltiples haces, tal como cuatro haces que definen un sector.

El espaciado entre elementos de la realización preferida de la presente invención se optimiza no sólo para proporcionar control deseado sobre los lóbulos de difracción y laterales, sino también para proporcionar un patrón de radiación deseable cuando la agrupación se excita de manera simultánea en múltiples o todas las entradas de haz. Cuando van a utilizarse de manera simultánea señales bimodales que incluyen señales de AMPS y CDMA a partir de una única agrupación de antenas de la presente invención, una realización preferida utiliza espaciado entre columnas de $0,27\lambda$ con el fin de optimizar el patrón de radiación resultante tanto de la excitación de un único haz (asociada con un primer modo de comunicación) y la excitación de haces múltiples (asociada con un segundo modo de comunicación). De manera adicional o alternativa, cuando las columnas de elementos de antena están espaciadas estrechamente según la presente invención para una banda de frecuencia inferior, las mismas columnas pueden espaciarse de manera óptima o casi óptima para una banda de frecuencia más alta usando técnicas de formación de haz convencionales, proporcionando de ese modo una configuración de antena bimodal. Por consiguiente, puede utilizarse un elemento de radiación de dipolo bibanda en una realización de este tipo, posiblemente con elementos de alta frecuencia adicionales colocados a lo largo de las filas de la agrupación para suprimir cualquier caso de lóbulos de difracción de plano de elevación.

Centrando la atención en las figuras 7 y 8, se muestran los patrones de radiación asociados con señales de sector radiadas utilizando agrupaciones de antena sustancialmente tal como se ilustran en las figuras 1 y 4. De manera específica, el patrón 701 de radiación resulta de proporcionar una señal de sector en una distribución ponderada en entradas múltiples de la agrupación 100 de antenas y el patrón 710 de radiación resulta de proporcionar una señal de sector en una distribución ponderada en entradas múltiples de la agrupación 400 de antenas. La ponderación de las entradas múltiples utilizada en ambos casos anteriores es la entrada de matriz de formación de haz asociada con el haz 2L que tiene la señal de sector de entrada de $-1,5$ dB en $-78,50^\circ$, la entrada de matriz de formación de haz asociada con el haz 1L que tiene la señal de sector de entrada de $0,0$ dB en $+78,75^\circ$, la entrada de matriz de formación de haz asociada con el haz 1R que tiene la señal de sector de entrada de $0,0$ dB en $+78,75^\circ$, y la entrada de matriz de formación de haz asociada con el haz 2R que tiene la señal de sector de entrada de $-1,5$ dB en $-78,50^\circ$.

Los patrones de radiación de la figura 8 ilustran el uso de múltiples paneles de antena en la generación de un haz de antena compuesto tal como se describe en detalle en la solicitud de patente a la que se hizo referencia anteriormente titulada "System and Method Providing Delays for CDMA Nulling". Por consiguiente, los patrones de radiación compuestos de la figura 8 se forman a partir de una señal de sector proporcionada en una distribución ponderada en entradas múltiples de una primera agrupación de antenas y una entrada de una segunda agrupación de antenas que está dispuesta para proporcionar cobertura contigua que sustancialmente no se solapa con la de la primera agrupación

de antenas. De manera específica, el patrón 801 de radiación resulta de proporcionar una señal de sector en una distribución ponderada en entradas múltiples de una primera agrupación 100 de antenas y una única de las entradas de una segunda agrupación 100 de antenas y el patrón 810 de radiación resulta de proporcionar una señal de sector en una distribución ponderada en entradas múltiples de una primera agrupación 400 de antenas y una única de las entradas de una segunda agrupación 400 de antenas. La ponderación de las entradas múltiples utilizadas en ambos casos anteriores es con respecto al primer panel de antena la entrada de matriz de formación de haz asociada con el haz 1L que tiene la señal de sector de entrada de -0,5 dB en +78,50°, la entrada de matriz de formación de haz asociada con el haz 1R que tiene la señal de sector de entrada de -0,5 dB en +78,75°, y la entrada de matriz de formación de haz asociada con el haz 2R que tiene la señal de sector de entrada de 0,0 dB en -78,50°, y con respecto al segundo panel de antena la entrada de matriz de formación de haz asociada con el haz 2L que tiene la señal de sector de entrada de 0,0 dB en -78,50° (aunque puede utilizarse cualquier relación de fase para las entradas del segundo panel cuando está dotado de retardos como entre el primer y el segundo panel tal como se muestra en la solicitud de patente a la que se hizo referencia anteriormente titulada "System and Method Providing Delays for CDMA Nulling").

Aunque el ejemplo específico mostrado utiliza sólo una única entrada del segundo panel de antena, debe apreciarse que no existe tal limitación. Por ejemplo, pueden utilizarse 2 entradas de un primer panel y 2 entradas de un segundo panel para proporcionar un patrón de radiación compuesto que sintetiza un sector deseado que utiliza antenas adaptadas tal como se comentó, si se desea. Además, no existe limitación en el número utilizado de tales antenas. Por ejemplo, un patrón de antena compuesto de una antena muy grande, es decir, un sector de 360°, puede formarse utilizando antenas tal como se muestra dotando a la señal de sector de ponderación apropiada a las entradas de 3 agrupaciones de antenas adaptadas cada una para proporcionar patrones de radiación en un arco de 120°.

Puede verse comparando los patrones de radiación de las figuras 7 y 8 que la retrodifusión asociada con el patrón de sector de la agrupación 400 de antenas se mejora ampliamente sobre la de la agrupación 100 de antenas. Por consiguiente, hay menos área en la que se recibirán señales de interferencia u otro ruido en el haz de sector sintetizado de la antena de la presente invención. Como tal, las antenas son ventajosas para permitir la sintetización de sectores de tamaños deseados y, por lo tanto, que pueden seleccionarse según sea necesario, tal como para mejorar el enlace. Además, debe apreciarse que la síntesis de sector anterior se proporciona de manera simultánea con la capacidad para proporcionar señales dentro de haces estrechos discretos de antena formados por la mencionada antena. Por consiguiente, la agrupación de antenas de manera simultánea proporciona características muy deseables para múltiples modos de comunicación.

Una realización de una configuración de antena bimodal según la presente invención se muestra en las figuras 9A-9C, y 10. De manera específica, la figura 9A muestra la antena 900 en una vista transversal, la figura 9B muestra una vista parcialmente isométrica de la antena 900 desde el frente, y la figura 9C muestra una vista desde arriba parcial de la antena 900. La figura 10 proporciona una vista de la antena 900 desde la parte posterior, habiéndose retirado el plano de masa para mayor claridad.

Las figuras 9A-9C, y 10 muestran una realización preferida de una antena bimodal en la que un primer grupo de elementos de antena, los elementos 910 dispuestos en las columnas a_{e9-1} - h_{e9-1} , están adaptados para su uso con un primer servicio de comunicación o banda de frecuencia y un segundo grupo de elementos de antena, los elementos 915 dispuestos en las columnas a_{e9-2} - n_{e9-2} , están adaptados para su uso con un segundo servicio de comunicación o banda de frecuencia. De manera específica, las columnas de elementos de antena para su uso con cada servicio de comunicación están intercaladas con respecto a columnas de elementos de antena de otro servicio de comunicación. Por consiguiente, la configuración bibanda de elementos intercalados de la realización preferida proporciona un sistema de antena que tiene una única apertura de antena para servicios de comunicación múltiples.

Preferiblemente, cada uno de los grupos de elementos de antena de la antena 900 están dispuestos para proporcionar una antena adaptada según la presente invención y, por lo tanto, adoptan preferiblemente el espaciado entre elementos descrito anteriormente. Por consiguiente, las columnas a_{e9-1} - h_{e9-1} están preferiblemente espaciadas aproximadamente $0,25\lambda_1$ a $0,35\lambda_1$ entre sí, donde λ_1 es la longitud de onda (preferiblemente la longitud de onda de frecuencia intermedia) asociada con la banda de frecuencia del primer servicio (f_1) de comunicación. Asimismo, las columnas a_{e9-2} - n_{e9-2} están preferiblemente espaciadas aproximadamente $0,25\lambda_2$ a $0,35\lambda_2$ entre sí, donde λ_2 es la longitud de onda (preferiblemente la longitud de onda de frecuencia intermedia) asociada con la banda de frecuencia del segundo servicio (f_2) de comunicación. De manera similar, los elementos de antena de la antena 900 están preferiblemente dispuestos a una función predeterminada de una longitud de onda operativa, tal como $\frac{1}{4}\lambda$, por encima del plano 920 de masa. Por consiguiente, la geometría de cada uno de tales grupos de elementos de antena puede afinarse para el servicio de comunicación o banda de frecuencia respectivo usado con la misma.

Sin embargo, debe apreciarse que las longitudes de onda asociadas con el primer y el segundo servicios de comunicación de la antena 900 puede ser notablemente diferente. Por ejemplo, la antena 900 puede utilizarse para proporcionar servicios de comunicación celular estándar, tal como a través del uso de columnas de elementos de antena a_{e9-1} - h_{e9-1} , y servicios de comunicación personal, tal como a través del uso de columnas de elementos de antena a_{e9-2} - n_{e9-2} . Por consiguiente, la longitud de onda asociada con el primer servicio de comunicación (por ejemplo, $f_1 \approx 800$ MHz, $\lambda_1 \approx 60$ mm) puede ser relativamente grande en comparación con la longitud de onda asociada con el segundo servicio de comunicación (por ejemplo, $f_2 \approx 1,8$ GHz, $\lambda_2 \approx 26$ mm). Tales diferencias en la longitud de onda presentan desafíos en la implementación de una antena bimodal que se tratan en la antena 900 de la realización preferida, tal como se apreciará de manera más completa a partir del análisis proporcionado posteriormente.

Según la realización ilustrada, donde $2\lambda_2 < \lambda_1$, el espaciado entre columnas de la realización preferida proporciona pares de columnas de elementos de antena asociados con el segundo servicio de comunicación intercalados entre columnas de elementos de antena asociadas con el primer servicio de comunicación. De manera específica, en la realización ilustrada siete pares de columnas de elementos de antena asociados con el segundo servicio de comunicación se intercalan entre ocho columnas de elementos de antena asociadas con el primer servicio de comunicación, al tiempo que se mantiene el espaciado entre columnas de la realización preferida para las columnas de elementos de antena de cada servicio de comunicación.

Por consiguiente, mediante el acoplamiento de cada grupo de elementos de antena a circuitería de formación de haz respectiva, la antena 900 puede utilizarse para proporcionar haces de antena que tiene lóbulos de difracción y laterales reducidos, tal como los haces de antena analizados anteriormente con respecto a la figura 4, independientemente para cada uno de los servicios de comunicación primero y segundo. Centrando la atención en la figura 10, la antena 900 se muestra desde un ángulo inverso (con el plano 920 de masa retirado) para mostrar las redes de alimentación de antena que incluyen la matriz 1010 de formación de haz asociada con el primer servicio de comunicación y la matriz 1015 de formación de haz asociada con el segundo servicio de comunicación.

La matriz 1010 de formación de haz de la realización ilustrada es una matriz de formación de haz de 8×8 , tal como la analizada anteriormente con respecto a la matriz 510 de formación de haz de la figura 5. En coherencia con una realización preferida descrita en el presente documento, la matriz 1010 de formación de haz, aunque proporciona ocho interfaces de haz, está adaptada para finalizar las interfaces de haz más exteriores, es decir, las interfaces asociadas con los haces de antena más exteriores de una agrupación de antenas tal como la de la figura 2, y por tanto utiliza sólo las interfaces más interiores, en este caso las cuatro interfaces interiores. Por consiguiente, una señal en cada una de las interfaces 1011-1014 tendrá asociada con la misma componentes de señal que tienen una progresión en fases y/o en amplitud particular en las ocho interfaces de elemento de antena de la matriz 1010 de formación de haz, y por tanto se acoplarán a las columnas de la agrupación 900 de antenas asociadas con el primer servicio de comunicación, columnas a_{e9-1} - h_{e9-1} . Por lo tanto, aunque las columnas a_{e9-1} - h_{e9-1} de la agrupación de antenas pueda formar un número de haces superior al deseado, sólo se usan los haces interiores y el primer servicio de comunicación está dotado de una antena configurada sustancialmente tal como se describió anteriormente con respecto a las figuras 4 y 5.

La matriz 1015 de formación de haz de la realización ilustrada es una matriz de formación de haz adaptativa que tiene ocho señales de elemento de antena ponderadas asociadas con una señal en la interfaz 1016. Por ejemplo, la matriz 1015 de formación de haz puede comprender un procesador, una memoria, circuitería analógica a digital, circuitería de procesamiento de señal digital, circuitería digital a analógica, y un conjunto de instrucciones adaptado para proporcionar una relación de fase y/o de amplitud particular con respecto a las señales de las ocho interfaces de elemento de antena para de ese modo proporcionar una señal de haz de antena deseada en la interfaz 1016. Sin embargo, como con la matriz 1010 de formación de haz analizada anteriormente, la matriz 1015 de formación de haz preferiblemente proporciona una progresión en fases y/o en amplitud coherente con una agrupación de antenas que tiene espaciado entre elementos diferente que el de la antena 900 y, de ese modo, proporciona haces de antena de la presente invención que tienen características mejoradas.

Aunque la matriz 1010 de formación de haz se ilustra como un formador de haz fijo y la matriz 1015 de formación de haz se ilustra como un formador de haz adaptativo en la figura 10, debe apreciarse que no existe limitación a la presente invención utilizando la realización ilustrada. Por ejemplo, pueden utilizarse formadores de haz fijos con respecto a ambos servicios de comunicación, los formadores de haz adaptativos pueden utilizarse con respecto a ambos servicios de comunicación, o puede utilizarse cualquier combinación de formadores de haz fijos y adaptativos con respecto a los servicios de comunicación.

De manera adicional, aunque la realización preferida proporciona dos grupos de antenas que tiene cada uno espaciado entre columnas según la presente invención, debe apreciarse que realizaciones alternativas pueden utilizar espaciado de elemento de antena tradicional con respecto a un grupo de elementos de antena. Por ejemplo, los elementos 910 de antena pueden espaciarse una distancia entre sí convencionalmente coherente con una progresión en fases proporcionada por la matriz 1010 de formación de haz mientras que los elementos 915 de antena pueden espaciarse una distancia reducida entre sí, coherente con los conceptos de la presente invención descritos anteriormente con respecto a una antena 400, en la que sólo va a proporcionarse la formación de haz mejorada de la presente invención a un modo de comunicación.

Debe apreciarse que la matriz 1015 de formación de haz de la realización ilustrada está acoplada a sólo ocho columnas de elementos de antena (columnas d_{e9-2} - k_{e9-2}) de las catorce columnas de elementos de antena del segundo grupo de elementos de antena (elementos 915 de antena). El resto de los elementos 915 de antena, aunque no se usan directamente en la formación de haz mejorada deseada, se incluyen preferiblemente con el fin de proporcionar un entorno de radiación uniforme. Por ejemplo, la intercalación de elementos de antena de los diferentes grupos de elementos de antena puede afectar a la comunicación usando uno o los otros grupos de elementos de antena, tal como debido a los elementos de antena de un grupo de los elementos de antena que presentan estructuras de radiación algo parásitas con respecto a elementos de antena de otro grupo de elementos de antena de la realización anterior. Puede presentarse a los elementos de antena de columnas interiores c_{e9-1} - f_{e9-1} del primer grupo de elementos de antena un entorno de radiación notablemente diferente al de las columnas exteriores a_{e9-1} , b_{e9-1} , g_{e9-1} , y h_{e9-1} del primer grupo de elementos de antena si sólo estuvieran presentes las columnas de antena d_{e9-2} - k_{e9-2} del segundo grupo de elementos de antena.

Por consiguiente, la realización ilustrada de la agrupación 900 de antenas proporciona elementos de antena, en este caso las columnas de elementos de antena $a_{e9-2}-c_{e9-2}$ y $l_{e9-2}-h_{e9-2}$, dispuestas para proporcionar un entorno de radiación casi uniforme tal como se ve por los elementos de antena activos. De manera específica, las columnas de elementos de antena adicionales completan el patrón de columna de antena intercalado asociado con las columnas de elementos de antena activas. Realizaciones alternativas de la presente invención pueden incluir más o menos tales elementos de antena adicionales, si se desea. Además, los elementos de antena que no se utilizan directamente en la formación de haz pueden omitirse en realizaciones particulares de la presente invención, tal como cuando proporcionar un entorno de radiación uniforme no tiene importancia o cuando la geometría de los sistemas de antena intercalados es tal que dichos elementos no son necesarios para proporcionar un entorno de radiación uniforme.

Debe apreciarse que, aunque no se muestra de manera específica en la figura 10, los elementos adicionales pueden utilizarse de diversas maneras además de proporcionar un entorno de radiación uniforme. Por ejemplo, una o más de las columnas de los elementos de antena $a_{e9-2}-c_{e9-2}$ y $l_{e9-2}-h_{e9-2}$ pueden acoplarse para circuitería de formación de haz u otros equipos de comunicaciones (por ejemplo, receptor de radio, transmisor de radio, módem de radiofrecuencia, etc.) para proporcionar antenas para su uso en comunicaciones, tal como para proporcionar un sentido de enlace opuesto al dotado del modelador 1015 de haz y columnas de elementos de antena $d_{e9-2}-k_{e9-2}$. Según una realización de este tipo, se utiliza una única columna de elementos de antena de las columnas $a_{e9-2}-c_{e9-2}$ y $l_{e9-2}-h_{e9-2}$ para proporcionar una señal piloto, u otra señal de uso común, a través de un área relativamente grande, tal como un sector.

Debe apreciarse que, aunque la realización ilustrada de la antena 900 muestra el uso de ocho columnas de elementos de antena en la formación de haz, no existe tal limitación según la presente invención. De manera específica, no existe ninguna limitación de que se usen ocho columnas y, por consiguiente, pueden usarse más o menos de las ocho mostradas con respecto al primer servicio de comunicación y/o el segundo servicio de comunicación según la presente invención. De manera similar, no existe ninguna limitación de que los dos servicios de comunicación utilicen el mismo número de columnas de elementos de antena según la presente invención. Además, no existe ninguna limitación de que la intercalación de los elementos de antena del segundo servicio de comunicación estén dispuestos de manera simétrica con respecto a los elementos de antena del primer servicio de comunicación. Asimismo, no existe ninguna limitación respecto al uso de las columnas de antena particulares mostradas. Por ejemplo, pueden utilizarse columnas de antena que tienen diferentes números de elementos, tal como la de cuatro elementos, de la figura 2 anterior, o columnas de números de elementos y/o longitudes de columnas variables, tal como se muestra en la disminución de sección de apertura de las figuras 4 y 5 anteriores, según esta realización de la invención si se desea.

Según la realización preferida, los elementos de antena de los dos grupos de elementos de antena están dispuestos en un mismo plano, tal como se ilustra en la figura 9C. Se prefiere disponer los elementos de antena de ambos grupos de este tipo en el mismo plano con el fin de minimizar los efectos de los elementos de un grupo con respecto a los elementos de otro grupo. Por ejemplo, los elementos de antena de un grupo pueden actuar como elementos reflectores o directores con respecto a los elementos de antena del otro grupo si se disponen en un plano diferente.

Preferiblemente, los elementos de antena de cada uno de tales grupos de elementos de antena intercalados están dispuestos en un plano paralelo a y a un cuarto de la longitud de onda de frecuencia intermedia de banda baja (por ejemplo, f_1) por encima del plano 920 de masa, por ejemplo, en el ejemplo anteriormente descrito $\frac{1}{4} \lambda_1$. Sin embargo, los elementos de antena de cada grupo de elementos de antena están dispuestos preferiblemente a un cuarto de su respectiva longitud de onda de frecuencia intermedia de banda por encima de una superficie de masa, por ejemplo, los elementos 910 de antena están dispuestos a $\frac{1}{4} \lambda_1$ por encima del plano de masa y los elementos 915 de antena están dispuestos de manera similar a $\frac{1}{4} \lambda_2$ por encima del plano de masa. Sin embargo, tal como se analizó anteriormente, las longitudes de onda asociadas con los servicios de comunicación particulares que utilizan la antena 900 pueden ser notablemente diferentes.

Por consiguiente, una realización preferida de la presente invención proporciona adaptación del plano de masa de la antena para presentar una superficie de plano de masa que trata la dicotomía anterior. En referencia de nuevo a la figura 9C, la adaptación del plano 920 de masa de una realización preferida se muestra para incluir aletas 925 elevadas correspondientes a elementos de antena del segundo grupo de elementos de antena. Las aletas 925 elevadas llevan preferiblemente una superficie de masa del plano 920 de masa a menos de $\frac{1}{4}$ de la longitud de onda de frecuencia intermedia de banda del segundo servicio de comunicación de cada uno de los elementos 915 de antena. Por consiguiente, esta estructura de realización preferida permite disponer cada uno de los elementos 910 y 915 de antena en un mismo plano al tiempo que proporciona una superficie de masa desplazada $\frac{1}{4}$ de la longitud de onda de banda de frecuencia respectiva.

Debe apreciarse que puede utilizarse una adaptación de plano de masa distinta a la realización de aleta elevada ilustrada según la presente invención. Por ejemplo, puede utilizarse una estructura de plano de masa corrugada en el que los vértices de algunas de las estrías y ranuras de corrugación corresponden a elementos de antena de modo que se consigue el espaciado deseado. Sin embargo, puede no desearse una realización de este tipo cuando la divergencia de señales radiadas alejándose de la superficie de masa irregular produce resultados no deseados. Otras realizaciones de un plano de masa adaptado para su uso según la presente invención pueden incluir una primera y una segunda superficie de plano de masa, cada una dispuesta en la orientación deseada con respecto al grupo de elementos de antena correspondientes. Por ejemplo, puede disponerse una segunda superficie de masa, que se adapta para ser sustancialmente transparente con respecto a la banda de frecuencia asociada con los primeros elementos de antena, entre una

primera superficie de masa y los elementos de antena, con el fin de proporcionar las superficies de plano de masa deseadas. Podría proporcionarse la transparencia de una superficie de masa de este tipo con respecto a un grupo de elementos de antena, por ejemplo, cuando se usan polarizaciones ortogonales para cada uno de tales grupos de elementos de antena y se disponen ranuras orientadas para corresponderse con la polarización de los primeros elementos de antena directamente detrás de los primeros elementos de antena.

Centrando la atención en la figura 11, se muestra una realización alternativa de adaptación de un plano de masa según la presente invención. La figura 11 muestra una realización alternativa de la antena 900 en una vista lateral, en la que se han omitido los elementos 910 de la misma para mayor claridad, con aletines 1125 de plano de masa. Los aletines 1125 se proporcionan para corresponderse sustancialmente con elementos 915 para los que se desea una alteración de la superficie de plano de masa. Por consiguiente, en la realización de la figura 11, se minimiza sustancialmente una alteración de la superficie 920 de masa, al tiempo que se proporciona la relación de plano de masa deseada con respecto a los elementos 910 y 915 tal como se describió anteriormente.

La figura 12 muestra un ejemplo de una disposición alternativa de elementos según la presente invención. De manera específica, la figura 12 muestra la antena 1200 bimodal en la que un primer grupo de elementos de antena, los elementos 1210, están adaptados para su uso con un primer servicio de comunicación o banda de frecuencia y un segundo grupo de elementos de antena, elementos 1215, están adaptados para su uso con un segundo servicio de comunicación o banda de frecuencia, tal como se describió anteriormente. Por consiguiente, las columnas de elementos de antena para su uso con cada servicio de comunicación están intercaladas con respecto a las columnas de elementos de antena de otro servicio de comunicación. Sin embargo, debe apreciarse que la intercalación de columnas de la antena 1200 es diferente de la de la antena 900 descrita anteriormente.

La antena 1200 puede proporcionar, por ejemplo, una antena en la que cada uno de los grupos de elementos de antena está dispuesto para proporcionar una antena adaptada según la presente invención. De manera específica, los elementos 1210 pueden estar en columnas espaciadas aproximadamente de $0,25\lambda_1$ a $0,35\lambda_1$ entre sí, donde λ_1 es la longitud de onda (preferiblemente la longitud de onda de frecuencia intermedia) asociada con la banda de frecuencia del primer servicio (f_1) de comunicación, y los elementos 1215 pueden estar en columnas espaciadas aproximadamente de $0,25\lambda_2$ a $0,35\lambda_2$ entre sí, donde λ_2 es la longitud de onda (preferiblemente la longitud de onda de frecuencia intermedia) asociada con la banda de frecuencia del segundo servicio (f_2) de comunicación. Debe apreciarse que, a diferencia de la realización preferida de la antena 900 analizada anteriormente, en esta realización de la antena 1200, $2\lambda_2 \neq \lambda_1$, y el espaciado entre columnas de la realización preferida proporciona columnas únicas de columnas de elementos de antena asociadas con el segundo servicio de comunicación intercaladas entre las columnas de elementos de antena asociadas con el primer servicio de comunicación.

De manera alternativa, la antena 1200 puede proporcionar una antena en la que se dispone un grupo de elementos de antena para proporcionar una antena adaptada según la presente invención y el otro grupo de elementos de antena se dispone en una configuración más tradicional. Por ejemplo, los elementos 1210 pueden estar en columnas espaciadas aproximadamente de $0,25\lambda_1$ a $0,35\lambda_1$ entre sí para su uso con una red de formación de haz tal como se ha descrito en el presente documento, mientras que los elementos 1215 están dispuestos en una geometría para una aplicación convencional de circuitería de formación de haz.

Debe apreciarse que el reespaciado de elementos de antena según la presente invención da como resultado el cierre en el espaciado elemental que, aunque con el deseable efecto de reducir o incluso suprimir cualquier lóbulo de difracción, puede dar como resultado efectos no deseables asociados con los fenómenos de acoplamiento mutuo. El acoplamiento mutuo puede distorsionar los patrones de elemento individual que son componentes en el proceso de formación de haz. Esta distorsión puede degradar las características de haz previstas de precisión de puntería y ancho de haz. El acoplamiento mutuo puede manifestarse a su vez de tres maneras: acoplamiento espacial directo entre elementos de agrupación individuales; el acoplamiento indirecto puede producirse mediante dispersión de objetos cercanos tal como una torre de soporte; y la red de alimentación que interconecta los elementos en la agrupación proporciona que una trayectoria para el acoplamiento interaccione de manera negativa con el proceso de formación de haz. Por consiguiente, realizaciones preferidas de la invención usan técnicas para superar efectos adversos de acoplamiento mutuo asociados con elementos de antena que están colocándose en proximidad cercana entre sí.

En muchas agrupaciones prácticas, el acoplamiento de red de alimentación puede minimizarse a través del equilibrio apropiado de la impedancia en cada elemento. El acoplamiento espacial directo puede minimizarse mediante el uso de elementos resonantes y no resonantes que constituyen la agrupación, afinación “escalonada”. Por ejemplo, los elementos de la agrupación podrían consistir en elementos de baja, media (de resonación) y alta frecuencia, y la agrupación configurarse de modo que dos de un tipo particular de elementos no sean adyacentes entre sí en cualquier fila o columna. Esto tiene el efecto de “amortiguar” las oscilaciones reales habituales y reactivas del efecto de acoplamiento mutuo, “oscilaciones” que siguen una función matemática de Bessel.

Centrando la atención en las figuras 13A y 13B, una realización de la presente invención adaptada para mitigar el acoplamiento mutuo que conlleva el espaciado reducido de elemento de la presente invención se muestra como la antena 1300. La antena 1300 está configurada sustancialmente de la misma manera que la antena 900 analizada anteriormente. De manera específica, la antena 1300 incluye un primer grupo de elementos 1310 y un segundo grupo de elementos 1315, en el que múltiples columnas de elementos 1315 están intercaladas entre columnas de elementos

1310. Debe apreciarse que la realización ilustrada de la antena 1300, aunque adopta una geometría similar a la de la antena 900 analizada anteriormente, no incluye el mismo número de columnas de elementos. Una configuración de este tipo puede utilizar variaciones de las redes de formación de haz descritas anteriormente, coherentes con los conceptos de la presente invención, por ejemplo. De manera adicional o alternativa, la configuración ilustrada puede eliminar el uso de elementos pasivos de la realización preferida analizada anteriormente.

La antena 1300 de la figura 13 emplea el uso de particiones conectadas a masa eléctricamente, denominadas en el presente documento como “pantallas de Faraday”, entre elementos para de ese modo mitigar o eliminar el acoplamiento mutuo entre los mismos. De manera específica, las pantallas 1345 de Faraday se disponen a lo largo de columnas de elementos para proporcionar aislamiento entre elementos adyacentes al tiempo que permite el uso de un sistema de alimentación uniforme. Por consiguiente, la antena 1300 puede ser particularmente deseable para un producto de antena de fabricación en serie debido a su capacidad para utilizar piezas configuradas de manera uniforme.

Aunque no se muestra en la figura 13, debe apreciarse que la antena 1300 puede usar equilibrado de impedancia de elemento individual, columna, y/o fila para minimizar el acoplamiento asociado con la red de alimentación que interconecta elementos en la agrupación. De manera adicional, la antena 1300 puede desplegarse de modo que la antena se mantiene alejada de una estructura de bloqueo, tal como una torre de soporte asociada, con el fin de minimizar el acoplamiento indirecto que se produce por la dispersión de objetos cercanos.

Aunque el funcionamiento bimodal de sistemas de antena de la presente invención se ha analizado anteriormente con respecto a dos servicios de comunicación, debe apreciarse que el funcionamiento multimodo de la presente invención no se limita al uso con dos servicios de comunicación. Por ejemplo, el funcionamiento bimodal puede utilizarse con respecto a un único servicio de comunicación con el fin de proporcionar haces de antena con diversas configuraciones, haces de antena adaptados para diferentes aspectos del servicio de comunicación (tal como un canal de señalización y canales de tráfico), y similares. De manera similar, más de dos servicios de comunicación pueden utilizar una antena de la presente invención. Por ejemplo, un primer grupo de elementos de antena puede adaptarse para dar servicio a dos servicios de comunicación, tal como se analizó anteriormente con respecto a un funcionamiento bimodal de la antena 400, mientras que un segundo grupo de elementos de antena se intercala con la misma para su uso con un tercer servicio de comunicación. De manera similar, pueden intercalarse tres grupos de elementos de antena, sustancialmente tal como se analizó anteriormente con respecto a una antena 900, para su uso con tres o más servicios de comunicación. El número de agrupamientos de elementos de antena utilizado para proporcionar comunicaciones multimodo según la presente invención se limita sólo por la densidad elemental y los límites hasta los que el acoplamiento mutuo resultante puede compensarse.

Aunque se han analizado en el presente documento realizaciones preferidas de la presente invención con referencia a agrupaciones planas, debe apreciarse que los conceptos de la presente invención pueden aplicarse a diversas otras configuraciones de antena. Por ejemplo, pueden formarse antenas de la presente invención de estructuras de antena curvilíneas, tal como los sistemas de antena cilíndricos mostrados y descritos en la solicitud a la que se hizo referencia anteriormente titulada “System and Method for Per Beam Elevation Scanning”.

Debe apreciarse que, aunque anteriormente se ha descrito principalmente con referencia a transmisión, es decir, a una señal de enlace directo, y al uso de “entradas” y “salidas” de matrices de formación de haz, la presente invención es adecuada para su uso tanto en enlaces directos como en inversos. Por consiguiente, los haces de antena descritos anteriormente pueden definir un área de recepción en lugar de radiación y, por tanto, las interfaces de las matrices de formación de haz descritas anteriormente como entradas y salidas pueden invertirse para ser salidas y entradas respectivamente.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de antena que comprende:

- 5 - una pluralidad de elementos de antena que incluyen un primer grupo de elementos (910) de antena dispuestos en un plano para de ese modo presentar un plano de elementos, en el que dicho primer grupo de elementos de antena de dicha pluralidad de elementos de antena están adaptados para su uso con una primera banda de frecuencia,
- 10 - cada uno de la primera pluralidad de elementos (910) de antena están espaciados una primera distancia de uno siguiente adyacente de la primera pluralidad de elementos de antena,
- dichos elementos de antena pertenecientes a dicho primer grupo de elementos de antena están dispuestos en columnas,
- 15 - hay un segundo grupo de elementos (915) de antena de dicha pluralidad de elementos de antena adaptados para su uso con una segunda banda (f_2) de frecuencia en el que dicha primera banda (f_1) de frecuencia y dicha segunda banda (f_2) de frecuencia son diferentes,
- 20 - hay un plano (920) de masa que tiene una superficie correspondiente a dicho plano de elementos, en el que dicha superficie de dicho plano (920) de masa está adaptada para presentar superficies de masa una primera distancia predeterminada desde los elementos de antena de dicho primer grupo y una segunda distancia predeterminada desde los elementos de antena de dicho segundo grupo,
- 25 - dicha primera distancia relativa al primer grupo de elementos (910) de antena es diferente a dicha segunda distancia del segundo grupo de elementos (915) de antena,
- dicho segundo grupo de elementos de antena está dispuesto en columnas,
- 30 - dichas columnas con elementos de antena pertenecientes al segundo grupo de elementos (915) de antena están dispuestas entre columnas de dicha primera pluralidad de elementos (910) de antena,

caracterizado por las siguientes características:

- 35 - dichas columnas están espaciadas aproximadamente de $0,25 \lambda_1$ a $0,35 \lambda_1$ entre sí, en el que λ_1 es una longitud de onda asociada con la primera banda (f_1) de frecuencia, y
- dicho segundo grupo de elementos (915) de antena está dispuesto en un plano que es el mismo plano en el que están dispuestos dicha pluralidad de elementos (910) de antena del primer grupo.
- 40 2. Sistema de antena según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dichas columnas de dichos elementos (915) de antena pertenecientes a dicho segundo grupo están espaciadas aproximadamente $0,25 \lambda_2$ a $0,35 \lambda_2$ entre sí en el que λ_2 es una longitud de onda asociada con la segunda banda (f_2) de frecuencia.
- 45 3. Sistema de antena según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque dicha primera distancia es aproximadamente $1/2$ de una longitud de onda de banda intermedia de dicha primera banda de frecuencia y dicha segunda distancia es aproximadamente $1/2$ de una longitud de onda de banda intermedia de dicha segunda banda de frecuencia.
- 50 4. Sistema de antena según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicho plano de elementos es paralelo a dicho plano (920) de masa.
- 55 5. Sistema de antena según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que dichas columnas de dicho primer grupo de elementos (910) de antena están acopladas a una circuitería de formación de primer haz que tiene al menos una interfaz A asociada con un primer haz de antena con un ancho de haz deseado en un primer modo de múltiples modos y una pluralidad de interfaces B que forman haces de antena más estrechos que el primer haz de antena; y dichas columnas de dicho segundo grupo de elementos (915) de antena están acopladas a una circuitería de formación de segundo haz que tiene al menos una interfaz A asociada con un primer haz de antena con un ancho de haz deseado en un segundo modo de múltiples modos y una pluralidad de interfaces B que forman haces de antena más estrechos que el primer haz de antena.
- 60 6. Sistema de antena según la reivindicación 5, en el que dicho plano es aproximadamente $1/4$ del mayor de una primera longitud de onda de frecuencia de portadora asociada con dicho primer modo y una segunda longitud de onda de frecuencia de portadora asociada con dicho segundo modo desde dicho plano (920) de masa.
- 65 7. Sistema de antena según la reivindicación 6, en el que cada uno de dicha primera pluralidad de elementos de antena y dicha segunda pluralidad de elementos de antena están dispuestos aproximadamente $1/4$ de dicho uno respectivo de dicha primera longitud de onda de frecuencia de portadora y dicha segunda longitud de onda de frecuencia de portadora desde una superficie de masa.

ES 2 329 119 T3

8. Sistema de antena según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que dicha primera banda de frecuencia es una banda de frecuencia de teléfono celular y dicha segunda banda de frecuencia es una banda de frecuencia de servicios de comunicación personal.

5 9. Sistema de antena según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que dicha primera banda de frecuencia está en el intervalo de aproximadamente 800 MHz y dicha segunda banda de frecuencia está en el intervalo de 1,8 GHz.

10 10. Sistema de antena según una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que dicha primera banda de frecuencia y dicha segunda banda de frecuencia son diferentes en al menos 500 MHz.

10 11. Sistema de antena según una de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende además una red de formación de primer haz acoplada a elementos de antena de dicho primer grupo de elementos de antena y que proporciona ponderación a señales de dicho primer grupo de elementos de antena, en el que dicha ponderación de señal es coherente con la formación de haces de antena más estrechos que el que va a formarse con dicha primera banda de frecuencia, y en el que se determina un espaciado de elementos de antena de dicho primer grupo de elementos (910) de antena para proporcionar un ancho de haz deseado usando dicha ponderación de señal.

20 12. Sistema de antena según una de las reivindicaciones 1 a 11, en el que dicho primer grupo de elementos (910) de antena incluye elementos de antena que no están acoplados a dicha red de formación de primer haz utilizada para proporcionar un entorno de radiación sustancialmente uniforme.

13. Sistema de antena según una de las reivindicaciones 1 a 12, en el que dicha ponderación de señal comprende una relación de fase deseada.

25 14. Sistema de antena según una de las reivindicaciones 1 a 13, en el que dicha ponderación de señal comprende una relación de amplitud deseada.

30 15. Sistema de antena según una de las reivindicaciones 1 a 14, que comprende además una red de formación de segundo haz acoplada a elementos de antena de dicho segundo grupo de elementos (915) de antena y que proporciona ponderación a señales de dicho segundo grupo de elementos de antena, en el que dicha ponderación de señal es coherente con la formación de haces de antena más estrechos que el que va a formarse con dicha segunda banda de frecuencia, y en el que se determina un espaciado de elementos de antena de dicho segundo grupo de elementos (915) de antena para proporcionar un ancho de haz deseado usando dicha ponderación de señal.

35 16. Sistema de antena según una de las reivindicaciones 1 a 15, en el que la adaptación de dicho plano (920) de masa comprende: una pluralidad de partes elevadas correspondientes a elementos de antena de uno de dicho primer grupo de elementos (910) de antena y dicho segundo grupo de elementos (915) de antena.

40 17. Sistema de antena según una de las reivindicaciones 1 a 16, **caracterizado** porque entre dos columnas adyacentes de elementos de antena de dicha primera pluralidad de elementos (910) de antena están dispuestas dos columnas de elementos de antena de dicha segunda pluralidad de elementos (915) de antena.

45 18. Sistema de antena según una de las reivindicaciones 1 a 17, **caracterizado** porque dichas partes elevadas comprenden elementos (925) de aleta de superficie de masa.

19. Sistema de antena según una de las reivindicaciones 1 a 18, **caracterizado** por una pantalla (1345) de Faraday entre elementos de antena de una columna de elementos de antena.

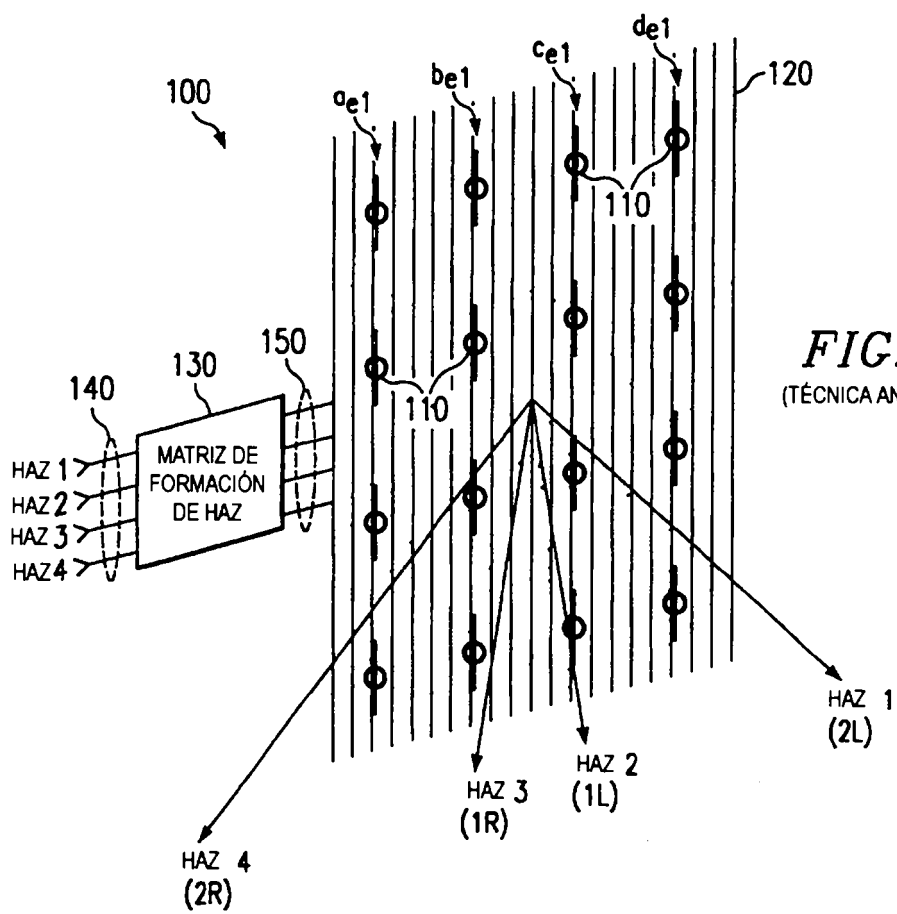
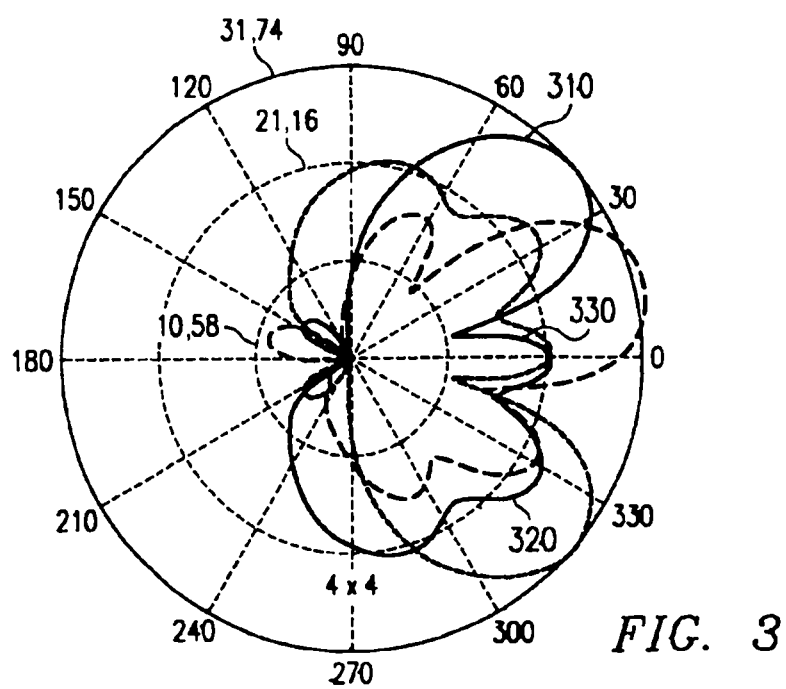
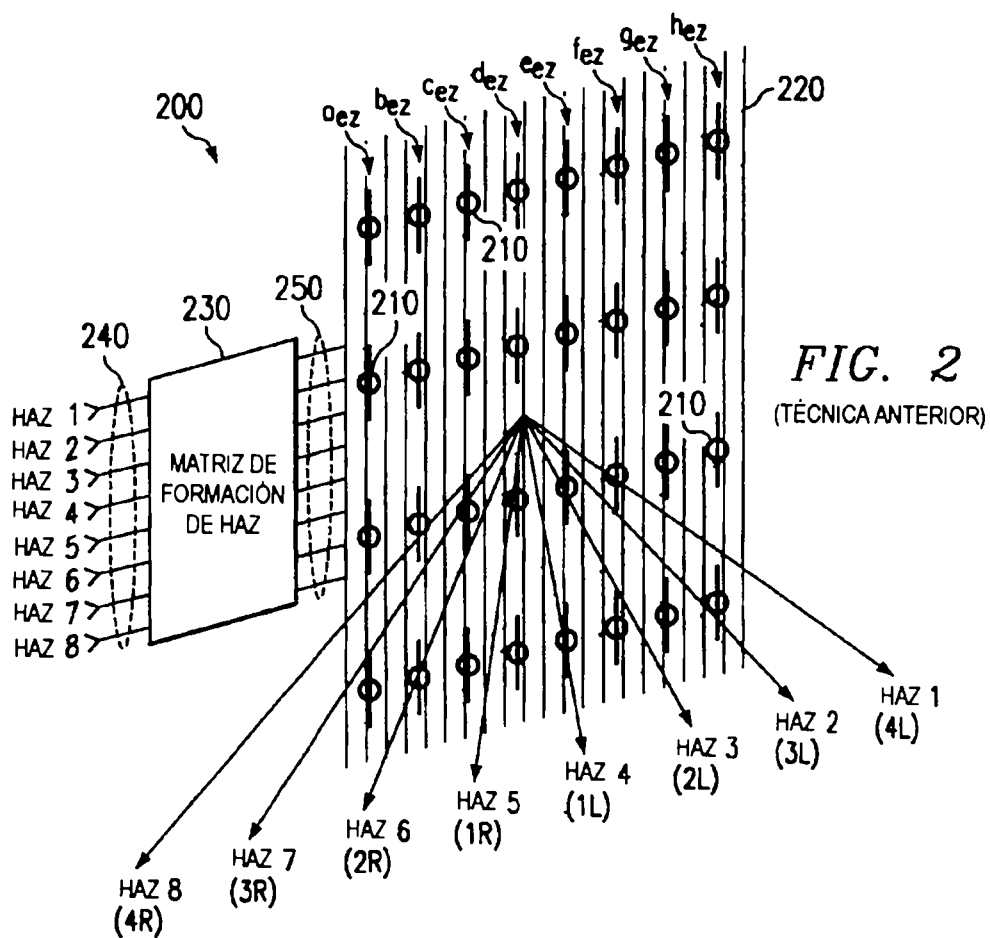


FIG. 1
(TÉCNICA ANTERIOR)



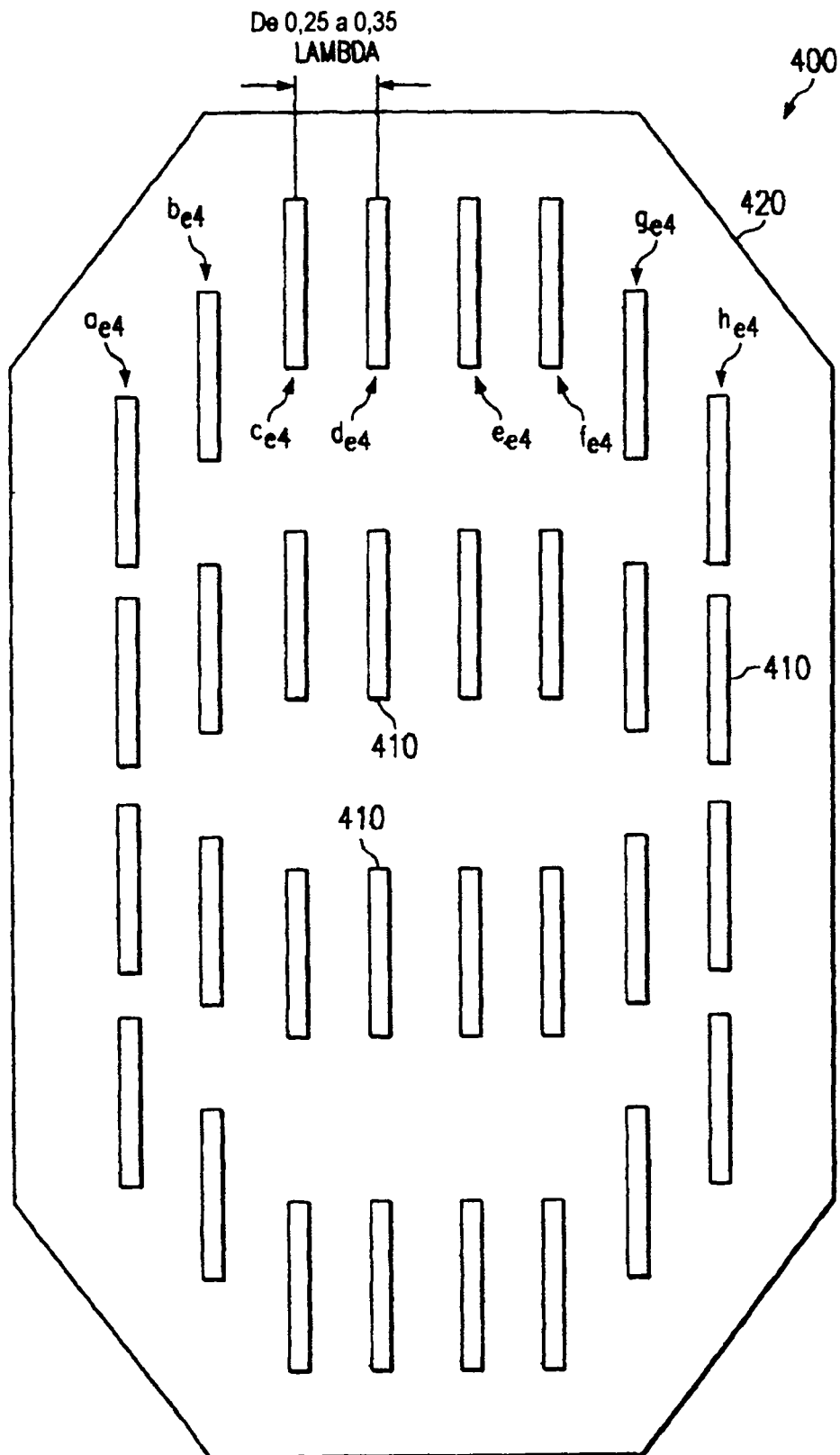


FIG. 4

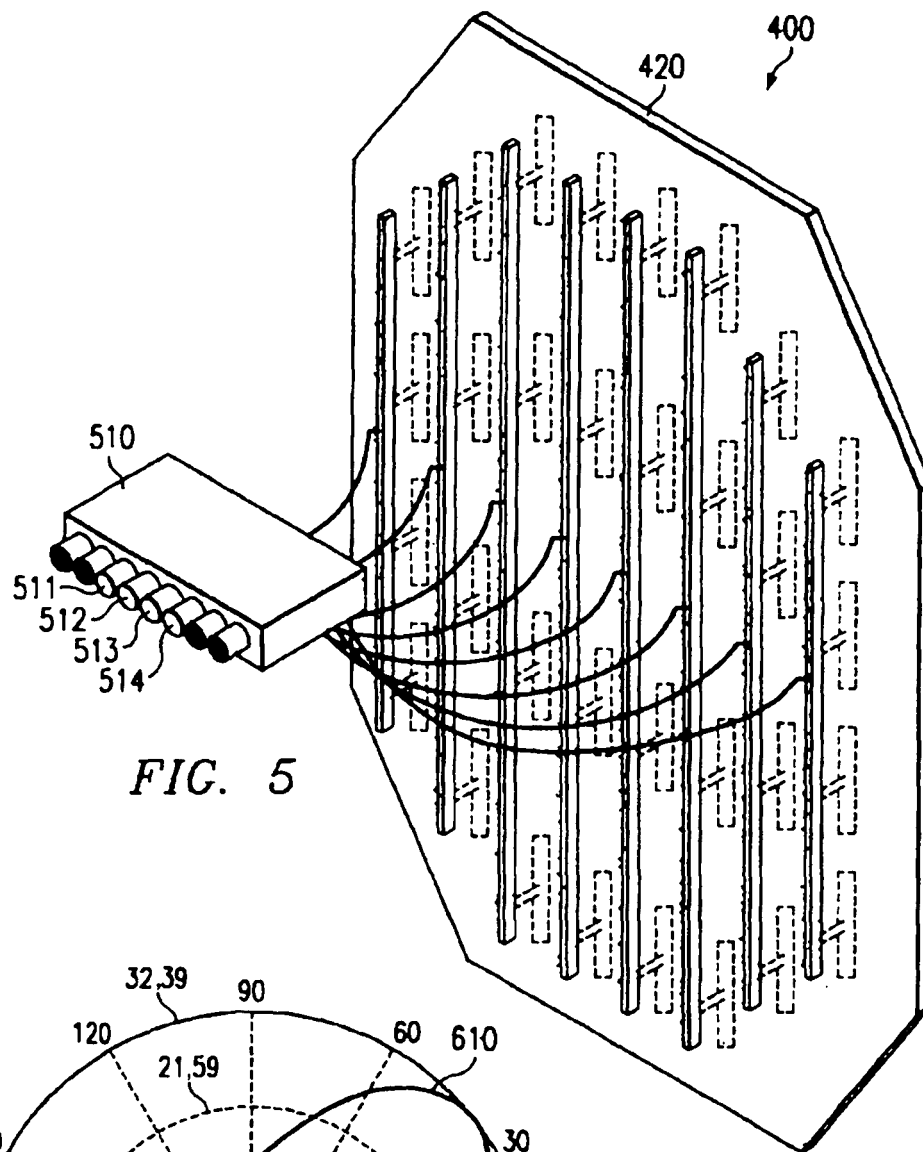


FIG. 5

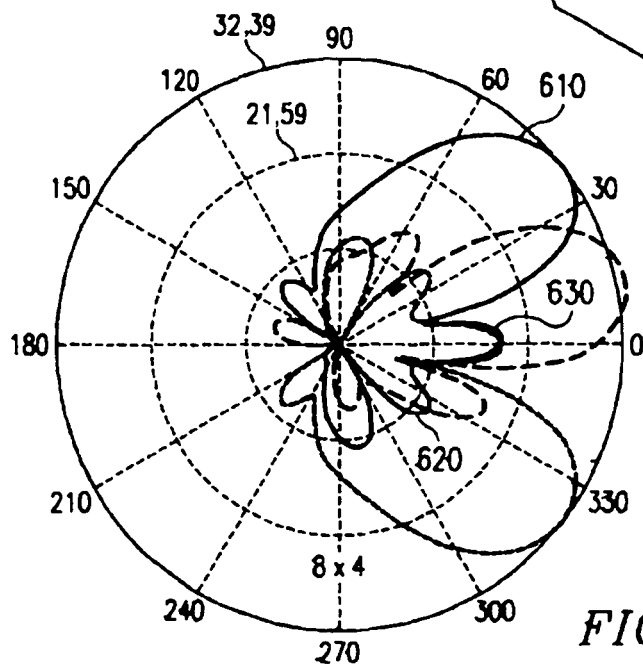


FIG. 6

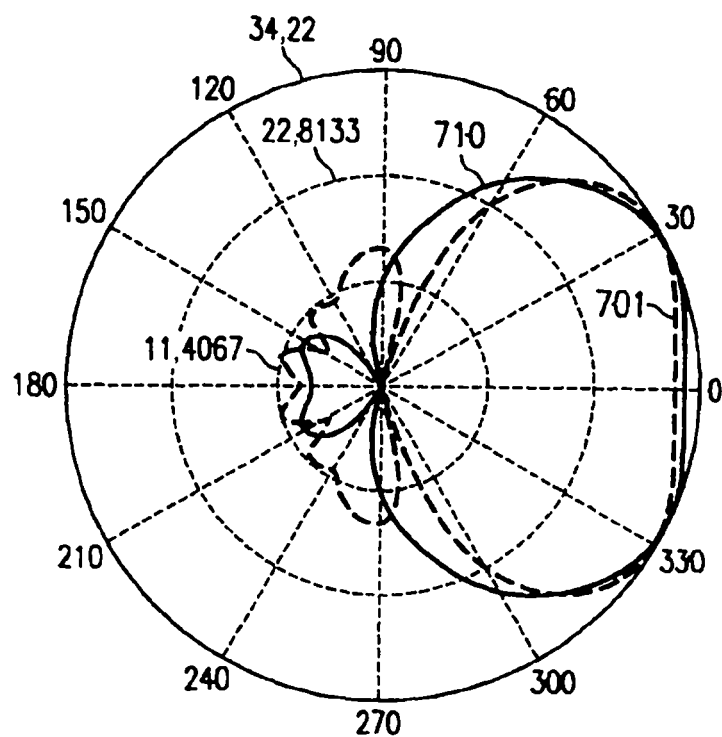


FIG. 7 --- HAZ 4 x 4, 90° BW, ROTACIÓN 0
 — HAZ 8 x 4, 90° BW, ROTACIÓN 0

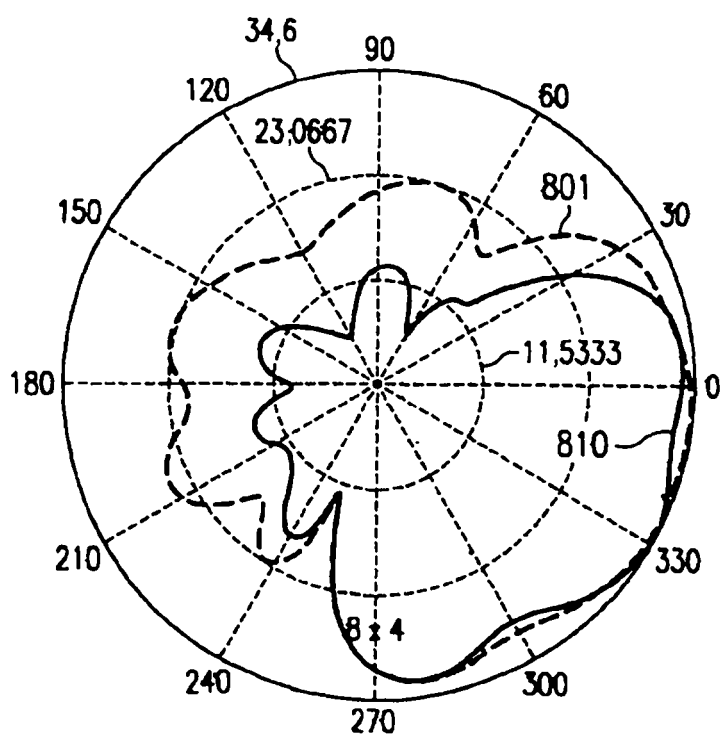
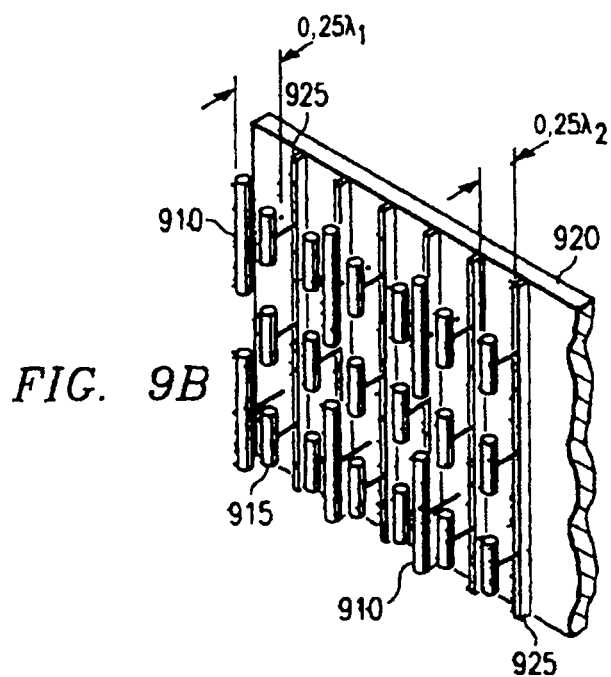
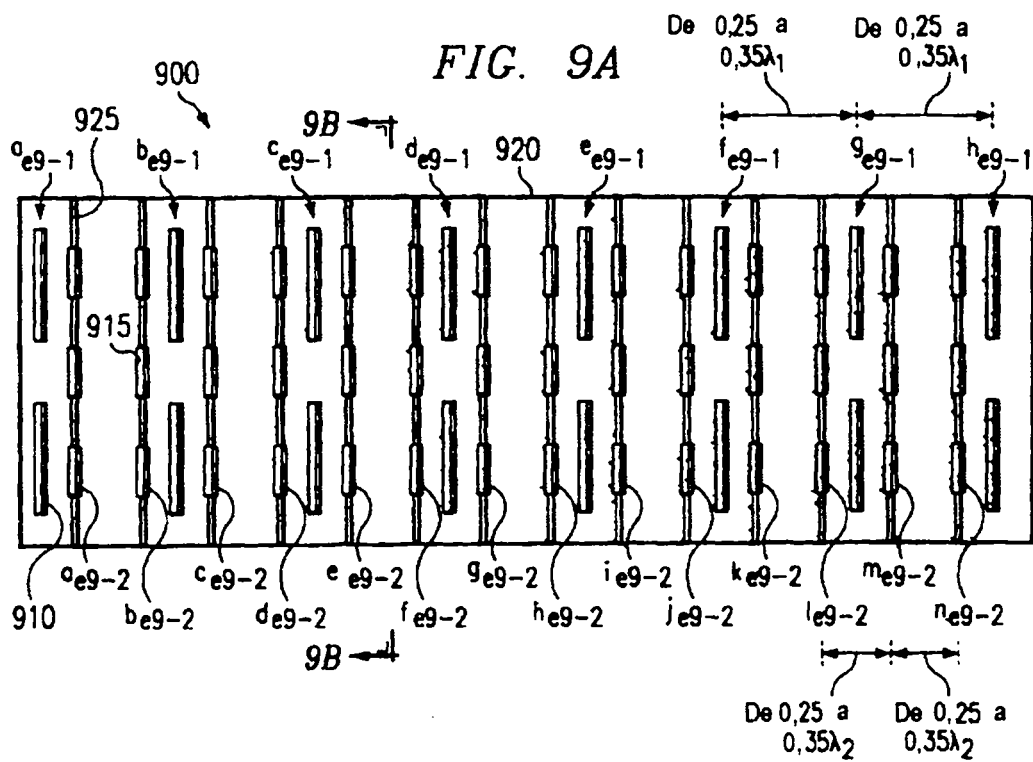


FIG. 8 --- HAZ 4 x 4, 112° BW, ROTACIÓN 30
 — HAZ 8 x 4, 107° BW, ROTACIÓN 30



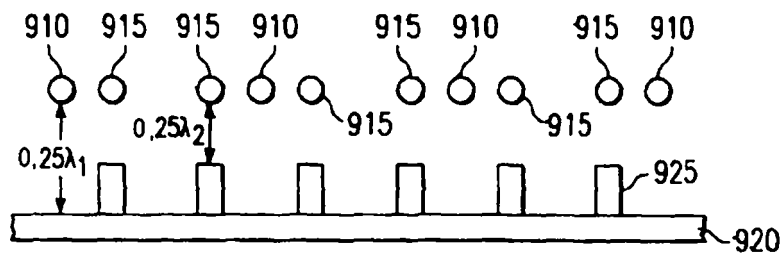


FIG. 9C

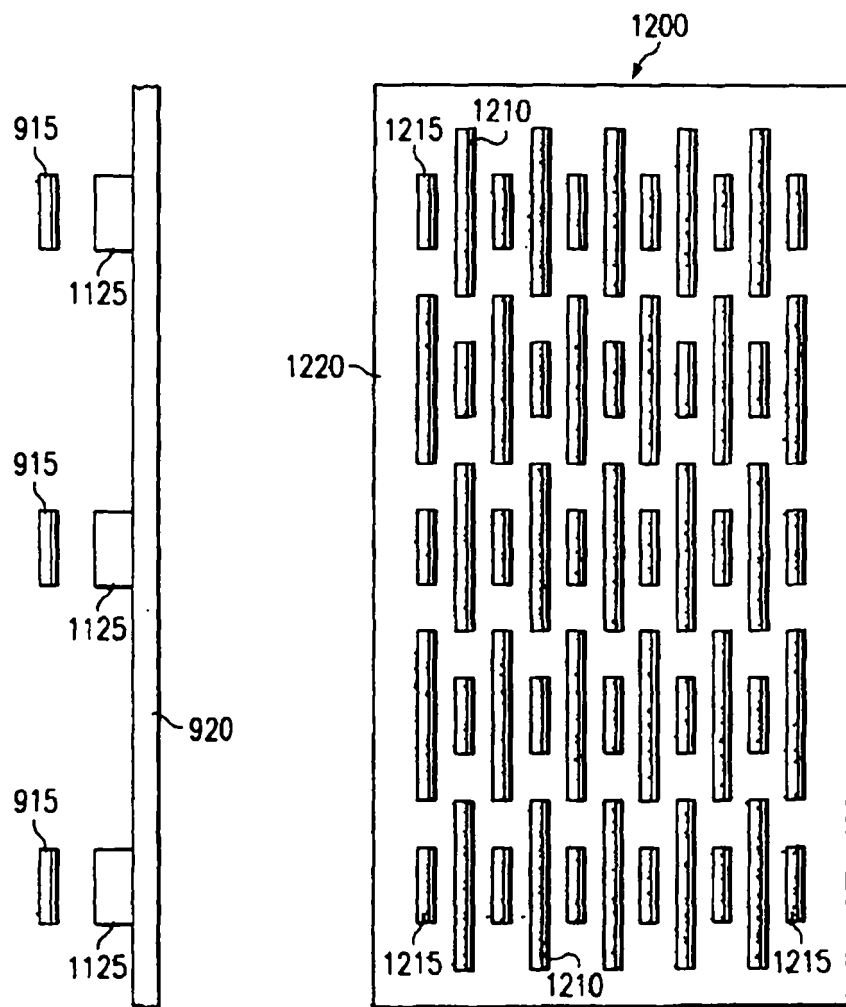
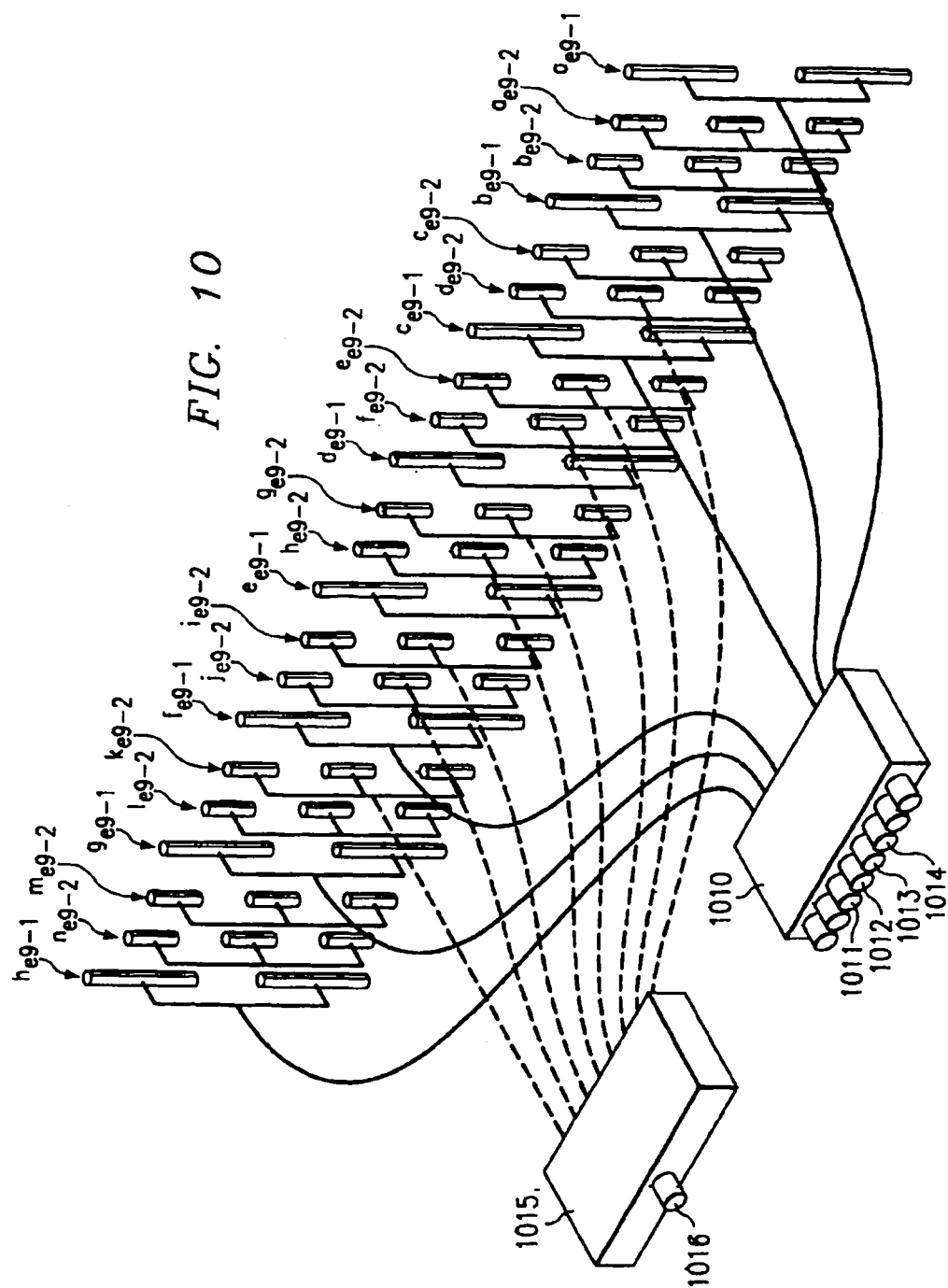


FIG. 11

FIG. 12



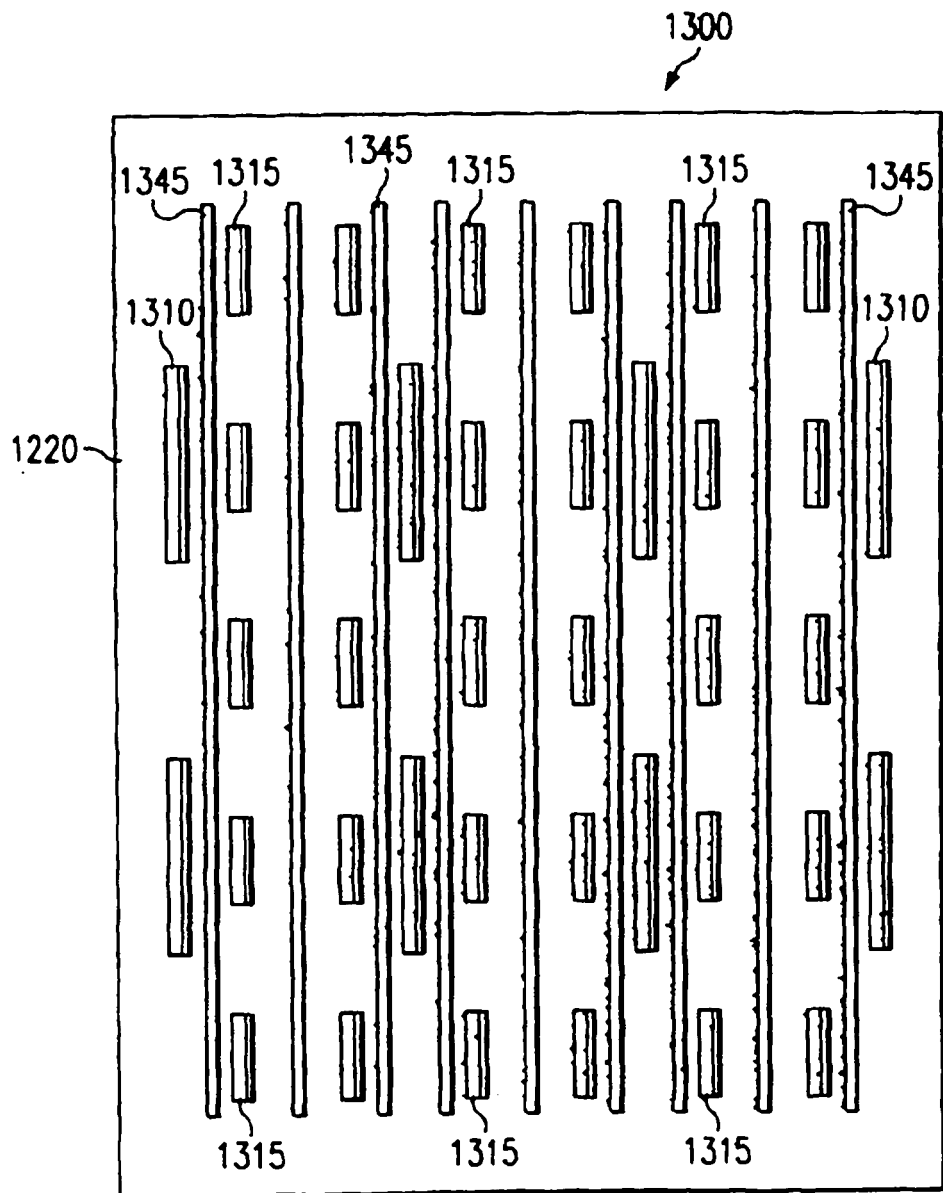


FIG. 13A

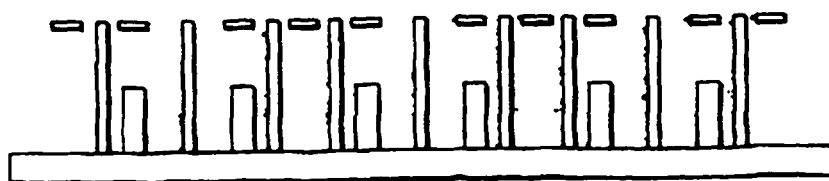


FIG. 13B