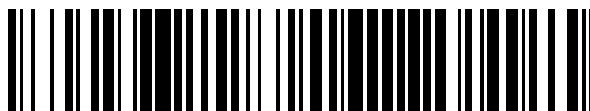


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 768 177**

51 Int. Cl.:

H04B 1/18 (2006.01)
H04B 7/06 (2006.01)
H04B 7/08 (2006.01)
H01Q 21/00 (2006.01)
H01Q 21/28 (2006.01)
H01Q 21/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2014** **E 14198386 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2019** **EP 3035547**

54 Título: **Aparato y método para múltiples sistemas de antena**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.06.2020

73 Titular/es:
NOKIA TECHNOLOGIES OY (100.0%)
Karakaari 7
02610 Espoo, FI

72 Inventor/es:
TIAN, RUIYUAN y
KROGERUS, JOONAS

74 Agente/Representante:
VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 768 177 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

Aparato y método para múltiples sistemas de antena

5 Campo tecnológico

Las realizaciones de la presente invención se refieren a un aparato y/o un método para múltiples sistemas de antena.

Antecedentes

10 El documento US2014/227982 (D1) divulga circuitos de extremo frontal para configuraciones de agregación de portadoras. De acuerdo con D1, los circuitos de extremo frontal de radiofrecuencia (RF) incluyen uno o más puertos de antena, uno o más puertos de conmutación de RF y una matriz de conmutación de RF acoplada entre los puertos de antena y los puertos de extremo frontal de RF. En D1, la matriz de conmutación de RF comprende un multiplexor dual 4x4 y está adaptada para acoplar selectivamente cualquiera de las antenas a cualquiera de la pluralidad de puertos de conmutación de RF.

20 El documento US4165497 (D2) divulga una matriz de conmutación de RF de banda ancha nxm construida a partir de módulos que están interconectados por rutas simples en serie. De acuerdo con D2, se pueden yuxtaponer tantos módulos como sea necesario para formar matrices de conmutación de cualquier orden. En D2, cada módulo incluye n entradas y un acoplador direccional de elementos agrupados diferentes conectado a cada entrada, teniendo cada acoplador direccional una salida acoplada. De acuerdo con D2, cada módulo incluye además un conductor acoplado a una salida de matriz. En D2, las salidas acopladas de los acopladores direccionales en un módulo dado están conectadas a través de un solo polo, conmutadores de un solo tiro al conductor. De acuerdo con D2, las salidas directas de los acopladores direccionales están acopladas a las entradas de los n acopladores direccionales en el siguiente módulo en la serie.

30 El documento US4517572 (D3) divulga un sistema adicional para usar con una matriz de conmutación de antenas multinivel existente del tipo que tiene una pluralidad de puertos de entrada, cada uno suministrado por una fuente de señal de entrada respectiva con al menos un puerto de entrada no utilizado disponible y una pluralidad de puertos de salida están conectados a receptores. En D3, el sistema complementario utiliza una pluralidad de dispositivos de conmutación que pueden operarse selectivamente para acoplar cada una de las fuentes de señal de entrada a uno diferente de los puertos de entrada no utilizados. De acuerdo con D3, esto proporciona que cuando un intento de efectuar una interconexión entre uno de los puertos de entrada deseados y un puerto de salida deseado esté bloqueado, la fuente de señal de entrada que suministra el puerto de entrada deseado asociado con una conexión de intento se acopla a cualquiera de los puertos de entrada no utilizados para facilitar la conexión en ese puerto al puerto de salida deseado.

40 El documento US6405018 (D4) describe una microcélula distribuida en interiores. De acuerdo con D4, una microcélula celular se implementa dentro de un edificio u otra estructura para proporcionar servicios de comunicación inalámbrica en el mismo. En consecuencia, en D4, se despliegan una pluralidad de antenas de modo que su área de influencia ilumine el área de servicio deseada. De acuerdo con D4, cada antena está en comunicación selectiva con varias entradas/salidas de la radio de la estación transceptora base de microcélulas para permitir que las unidades móviles de abonado se muevan por el área de servicio sin necesidad de condiciones de transferencia. Adicionalmente, en D4, como las antenas se pueden acoplar selectivamente a las entradas del transceptor, todos los canales de la microcélula pueden estar disponibles en toda el área de servicio, proporcionando así una mayor capacidad en todas las regiones del área de servicio.

50 Se pueden usar múltiples sistemas de antena en varias aplicaciones diferentes.

Un sistema puede, por ejemplo, estar configurado para operar las múltiples antenas simultáneamente.

Un sistema de múltiples antenas puede, por ejemplo, tener múltiples antenas diferentes configuradas para operar a diferentes frecuencias o para que el sistema pueda operar en diferentes canales de frecuencia.

55 Un sistema de múltiples antenas puede, por ejemplo, tener múltiples antenas diferentes configuradas para operar en canales ortogonales creados por codificación de señal ortogonal.

60 Un sistema de múltiples antenas puede, por ejemplo, tener múltiples antenas diferentes configuradas para operar simultáneamente en el mismo canal.

La diversidad se puede introducir entre las múltiples antenas mediante, por ejemplo, la disposición de las antenas de modo que tengan diversidad derivada de diferentes orientaciones y/o separación espacial.

65 La aplicación de estas diversas técnicas puede, por ejemplo, usarse para crear sistemas de múltiples entradas (MI), de múltiples salidas (MO) y de múltiples entradas y de múltiples salidas (MIMO).

Un sistema MO puede, por ejemplo, utilizarse para la formación de haces, multiplexación espacial o transmisión de diversidad. Un sistema MI puede, por ejemplo, usar para determinar una orientación (formación de haz inverso), recepción de multiplexación espacial o recepción de diversidad.

5 Sería deseable mejorar los sistemas de múltiples antenas.

Breve resumen

10 De acuerdo con diversas, pero no necesariamente todas, realizaciones de la invención se proporciona un aparato y un método de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas. De acuerdo con diversos, pero no necesariamente todos, los ejemplos de la invención se proporciona un aparato que comprende:

15 una pluralidad de puertos de radio para interconexión con circuitos de radio,
una pluralidad de puertos de antena para interconexión con antenas,
circuitos de interconexión configurados para permitir la interconexión de cada uno de los puertos de radio a diferentes conjuntos de puertos de antena P no superpuestos, donde P es controlable y $P=2^p$, p es un número entero; y
20 al menos un puerto de control configurado para recibir una señal de control para determinar P .

El circuito puede configurarse para interconectar cada puerto de antena a uno de la pluralidad de puertos de radio independientemente del valor de P .

25 El circuito de interconexión puede configurarse para permitir la interconexión compensada de cada uno de los puertos de radio a diferentes conjuntos de puertos de antena P no superpuestos para permitir una combinación controlada de señales que viajan a través de un puerto de radio compartido.

Los circuitos de interconexión pueden configurarse para proporcionar diferentes filtros entre diferentes pares de puertos de radio y puertos de antena, para permitir la compensación con respecto a múltiples puertos de antena interconectados a un puerto de radio compartido.

Los filtros pueden comprender elementos de adaptación de impedancia pasiva/sintonizable/adaptativa.

35 Los circuitos de interconexión pueden configurarse para proporcionar una compensación de fase diferente entre diferentes pares de puertos de radio y puertos de antena, para permitir la compensación de fase con respecto a múltiples puertos de antena interconectados a un puerto de radio compartido.

Los circuitos de interconexión pueden configurarse para proporcionar compensaciones de fase programables entre diferentes pares de puertos de radio y puertos de antena.

40 Los circuitos de interconexión pueden comprender uno o más circuitos de selección, comprendiendo cada circuito de selección primeros puertos y segundos puertos y está configurado para adoptar una primera configuración definida por asignaciones uno a uno entre los primeros puertos y los segundos puertos, y está configurado para adoptar una segunda configuración definida por 1 a 2^q asignaciones entre los primeros puertos y los segundos puertos, donde q
45 es un número entero no negativo, en el que el al menos un puerto de control está configurado para recibir una señal de control para controlar configuraciones de uno o más circuitos de selección.

Se pueden configurar uno o más de los circuitos de selección, en la segunda configuración, para proporcionar modificación de fase a las señales asignadas a través de al menos algunas de las asignaciones 2^q .

50 Los circuitos de interconexión pueden comprender una disposición en cascada de circuitos de selección, en el que cada circuito de selección comprende dos primeros puertos y dos segundos puertos y está configurado para tener una primera configuración definida por asignaciones uno a uno entre cada uno de los dos primeros puertos y cada uno de los dos segundos puertos y configurado para tener una segunda configuración definida por una asignación de 1 a 2
55 entre uno de los dos primeros puertos y los dos segundos puertos.

La disposición en cascada puede comprender: un nivel de radio de uno o más circuitos de selección que tienen cada uno de los dos primeros puertos conectados a un puerto de radio diferente y cada uno de los dos segundos puertos está conectado a un primer puerto de diferentes circuitos de selección en un orden inferior adyacente nivel de circuitos
60 de selección; y un nivel de antena de circuitos de selección múltiple que tiene solo uno de los dos primeros puertos conectados a un puerto de radio, estando el otro de los dos primeros puertos conectado a un segundo puerto de un circuito de selección en un nivel adyacente de orden superior y tiene cada uno de los dos segundos puertos conectados a diferentes puertos de antena.

65 La disposición en cascada puede comprender al menos un nivel intermedio de circuitos de selección múltiple que tiene solo uno de los dos primeros puertos conectados a un puerto de radio, estando el otro de los dos primeros puertos

conectado a un segundo puerto de un circuito de selección en un nivel adyacente de orden superior y tiene cada uno de los dos segundos puertos conectados a un primer puerto de diferentes circuitos de selección en un nivel adyacente de orden inferior.

- 5 Cada circuito de selección puede comprender una derivación configurada, en la primera configuración, para evitar un elemento divisor y/o combinador y acoplar cada uno de los dos primeros puertos a los respectivos puertos de los dos segundos puertos y configurado, en la segunda configuración, para acoplar uno de los dos primeros puertos a los respectivos puertos de los dos segundos puertos a través del elemento divisor y/o combinador. La derivación puede comprender una disposición de conmutadores configurados para controlar las transiciones entre la primera configuración y la segunda configuración. Cada circuito de selección puede comprender un elemento de fase configurado para controlar una fase introducida entre los dos segundos puertos. El elemento de fase puede tener una fase programable.

- 15 El aparato puede comprender además una pluralidad de antenas, cada una de las cuales está interconectada con un puerto de antena, en el que la pluralidad de antenas están configuradas para diversidad. Al menos algunas de las antenas pueden estar alineadas en direcciones ortogonales y al menos algunas de las antenas están separadas espacialmente. Los circuitos de interconexión pueden configurarse para operar antenas interconectadas con un puerto de radio compartido como una sola antena virtual. El circuito de interconexión puede configurarse para operar una pluralidad (Y) de antenas interconectadas a través del circuito de interconexión con un puerto de radio compartido como una antena virtual única, para cada uno de los múltiples puertos de radio (X) para proporcionar múltiples entradas y múltiples salidas, en el que X es controlable.

- 20 De acuerdo con diversos, pero no necesariamente todos, los ejemplos de la invención se proporciona un método que comprende: recibir una señal de control; e interconectar cada uno de los puertos de radio operativos a diferentes conjuntos de puertos de antena no superpuestos, en dependencia de la señal de control.

Breve descripción

- 30 Para una mejor comprensión de varios ejemplos que son útiles para comprender la breve descripción, a continuación, se hace referencia, solamente a modo de ejemplo, a los dibujos adjuntos, en los que:

- La figura 1 ilustra un ejemplo de un aparato que comprende circuitos de interconexión;
La figura 2 ilustra el aparato de la figura 1 cuando está interconectado a múltiples circuitos de radio y a múltiples antenas;
35 Las figuras 3A a 3D ilustran ejemplos de diferentes configuraciones de los circuitos de interconexión;
La figura 4A ilustra un ejemplo de un módulo que comprende circuitos de selección;
La figura 4B ilustra un ejemplo de un circuito de selección en una primera configuración;
La figura 4C ilustra un ejemplo de un circuito de selección en una segunda configuración;
40 Las figuras 5A, 5B y 5C ilustran diferentes ejemplos de asignaciones entre primeros puertos y segundos puertos del módulo para diferentes combinaciones de configuraciones de circuito de selección;
Las figuras 6A, 6B y 6C ilustran ejemplos de diferentes disposiciones de circuitos de interconexión que pueden formarse a partir de uno o más módulos;
La figura 7 ilustra un ejemplo de disposición de circuitos de selección para circuitos de interconexión;
La figura 8 ilustra un ejemplo de un circuito de selección 60;
45 La figura 9 ilustra un ejemplo de un aparato de comunicación que comprende el aparato.

Descripción detallada

- 50 En un sistema de múltiples antenas, puede ser deseable cambiar el número de canales de comunicación por radio en uso. Por ejemplo, en algunas circunstancias, puede ser deseable tener un canal separado para cada una de las múltiples antenas. Mientras que en otras circunstancias puede ser deseable tener un número reducido de canales. Un canal normalmente está controlado por un circuito de radio que proporciona las señales de radiofrecuencia a una antena (o antenas) durante la transmisión y/o recibe las señales de radiofrecuencia de una antena (o antenas) durante la recepción. Debe haber alguna forma de interconexión entre los circuitos de radio y las antenas.

- 55 En los ejemplos que se describen a continuación, un aparato 10 tiene un circuito de interconexión 40 que interconecta los circuitos de radio 2 a las antenas 4. Los circuitos de interconexión 40 están configurados para interconectar cada miembro de un conjunto seleccionado de los múltiples circuitos de radio 2 a un subconjunto diferente no superpuesto de las múltiples antenas 4. El conjunto seleccionado puede en algunos ejemplos ser el conjunto de todos los circuitos de radio múltiples y en otros ejemplos puede ser un subconjunto de los múltiples circuitos de radio.

- 60 Los circuitos de interconexión 40 también pueden configurarse de modo que el subconjunto de múltiples antenas interconectadas a un solo circuito de radio 2 (canal único) opere como una antena virtual única. Ese es el subconjunto de múltiples antenas que funcionan de manera coherente con un sistema fijo, de desplazamiento de fase cero. Si una antena virtual está transmitiendo, las señales de radio transmitidas por el subconjunto de antenas están correlacionadas e interfieren constructivamente. Si la antena virtual está recibiendo, las señales de radiofrecuencia

proporcionadas al circuito de radio compartido 2 están correlacionadas. Los circuitos de interconexión 40 pueden permitir, por lo tanto, que el sistema de múltiples antenas opere las múltiples antenas 4 como un número variable de antenas virtuales (canales).

- 5 La figura 1 ilustra un ejemplo de un aparato 10 que comprende circuitos de interconexión 40. Los circuitos de interconexión 40 comprenden una pluralidad N de puertos de radio 20 para la interconexión con los circuitos de radio 2 y una pluralidad de M puertos de antena 30 para la interconexión con las antenas 4. Los circuitos de interconexión 40 están configurados para permitir la interconexión de cada uno de un conjunto de puertos de radio 20 a diferentes conjuntos no superpuestos de puertos de antena 30. El conjunto interconectado de puertos de radio 20 son controlables y el conjunto de puertos de antena 30 son controlables.

Los circuitos de interconexión 40 comprenden al menos un puerto de control 42 configurado para recibir una señal de control 44 para determinar los conjuntos.

- 15 La figura 2 ilustra el aparato 10 de la figura 1 cuando está interconectado a múltiples circuitos de radio 2 y a múltiples antenas 4. Cada uno de los N puertos de radio 20 está interconectado a un circuito de radio 2 diferente. Cada uno de los puertos de antena 30 está interconectado a una antena 4 diferente.

20 El funcionamiento del circuito de interconexión 40 puede, por ejemplo, entenderse en relación con los ejemplos ilustrados en las figuras 3A, 3B, 3C y 3D. En este ejemplo, el circuito de interconexión 40 tiene N puertos de radio 20, donde $N=2^n$ (que también se puede expresar como 2^n), donde N es un número entero mayor que uno. Los circuitos de interconexión 40 comprenden M puertos de antena 30 donde $M=2^m$ (que también puede expresarse como 2^m), donde M es un número entero mayor que uno. En este documento, la definición de un número entero es un entero no negativo, por ejemplo, 0, 1, 2, 3...

25 En este y algunos otros ejemplos $M=N$. En el ejemplo ilustrado de las figuras 3A-3D, $M=8$ y $N=8$.

30 Cada una de las figuras 3A a 3D ilustra una configuración diferente de los circuitos de interconexión 40. En cada una de las configuraciones, diferentes conjuntos de puertos de radio 20 están conectados a diferentes conjuntos de puertos de antena 30. Los circuitos de interconexión 40 están configurados para permitir la interconexión de cada uno de los puertos de radio 20 a S diferentes conjuntos no superpuestos 50 de P puertos de antena. P es controlable por una señal de control 44. $P = 2^p$ (que también puede expresarse como 2^p), donde p es un número entero.

35 Sin embargo, los circuitos de interconexión 40 están configurados para interconectar cada puerto de antena 30 a uno y solo uno de la pluralidad de puertos de radio 20 independientemente del valor de P, a medida que aumenta el valor de P y disminuye el valor de S, cada uno de los S puertos de radio 20 se comparte con los P puertos de antena 30 ($S \cdot P = 8$).

40 En la figura 3A, hay una asignación uno a uno entre los ocho puertos de radio 20 y los ocho puertos de antena 30. En este ejemplo $P=1$ y $S=8$.

En la figura 3B, hay una asignación de uno a dos entre cuatro de los ocho puertos de radio 20 y los ocho puertos de antena 30. En este ejemplo $P=2$ y $S=4$.

45 En la figura 3C, hay una asignación de uno a cuatro entre dos de los ocho puertos de radio 20 y los ocho puertos de antena 30. En este ejemplo $P=4$ y $S=2$.

50 En la figura 3D, hay una asignación de uno a ocho entre uno de los ocho puertos de radio 20 y los ocho puertos de antena 30. En este ejemplo $P=8$ y $S=1$.

Por lo tanto, en general, hay una asignación uno a P entre S de los N puertos de radio 20 y los M puertos de antena 30. Cada uno de los puertos de antena 30 está interconectado a uno de los puertos de radio 20 y $N=P \cdot S$. Cuando $S > 1$, S puertos de radio son compartidos por P antenas diferentes 4.

55 Se apreciará que la señal de control 44 controla el valor de P y el valor de S y, por lo tanto, controla el número S de puertos de radio operativos 20 (número de canales de comunicación operativos). La señal de control 44 puede controlarse adaptativamente para determinar los mejores valores adecuados de P y S dadas diferentes circunstancias en las que se opera la comunicación por radio. Los circuitos de interconexión 40 pueden configurarse para permitir la interconexión compensada de cada uno de los uno o más puertos de radio 20 a diferentes conjuntos no superpuestos de P puertos de antena 30 para permitir una combinación controlada de las señales que viajan a través de un puerto de radio compartido 20. Por lo tanto, por ejemplo, donde un puerto de radio 20 es un puerto de radio compartido, las interconexiones entre ese puerto de radio compartido 20 y los puertos de antena 30 a los que está conectado pueden experimentar compensación de fase diferencial.

65 Los circuitos de interconexión 40 pueden estar compuestos por uno o más circuitos de selección 60. La figura 4A ilustra un módulo 70 que comprende circuitos de selección 60. El módulo 70 puede usarse como circuitos de

interconexión 40 o pueden usarse múltiples módulos para formar los circuitos de interconexión 40, por ejemplo, como se describe adicionalmente en relación con las figuras 6A, 6B y 6C a continuación.

El módulo 70 comprende una disposición en cascada 80 de circuitos de selección 60. Cada circuito de selección 60 comprende dos primeros puertos 61 y dos segundos puertos 62. Cada circuito de selección 60 está configurado para tener una primera configuración 71, como se ilustra en la figura 4B, definido por asignaciones uno a uno entre cada uno de los dos primeros puertos 61 y cada uno de los dos segundos puertos 62. Cada uno de los circuitos de selección 60 también está configurado para tener una segunda configuración 72, por ejemplo, como se ilustra en la figura 4C, definido por una asignación de uno a dos entre el primero de los dos primeros puertos 61 y los dos segundos puertos 62. El segundo de los dos primeros puertos 61 no está conectado a un segundo puerto 62.

La disposición en cascada 80 comprende un primer nivel que comprende un único circuito de selección 60 que tiene sus dos segundos puertos 62 interconectados a uno de los primeros puertos 61 de un primer circuito de selección 60 en un segundo, nivel de orden inferior y a un primero de los primeros puertos 61 de un segundo circuito de selección 60 en el segundo, nivel de orden inferior. Los primeros puertos A, B, C, D de la disposición en cascada 80 están interconectados a los primeros puertos 61 del circuito de selección 60 en el primer nivel (A, C), a un segundo de los primeros puertos 61 de uno de los primeros circuitos de selección 60 en el segundo nivel (B) y a un segundo de los primeros puertos 61 del segundo circuito de selección 60 en el segundo nivel (D). Los segundos puertos de la disposición en cascada A', B', C', D', se proporcionan por los segundos puertos 62 del primer circuito de selección 60 en el segundo nivel (A', B') y por los segundos puertos 62 del segundo circuito de selección 60 en el segundo nivel (C', D').

En este ejemplo, los circuitos de selección 60 en diferentes niveles pueden cambiarse independientemente entre configuraciones, sin embargo, los circuitos de selección 60 dentro de un nivel común tienen la misma configuración cuando se conmuta. Las diferentes configuraciones de la disposición en cascada 80 ilustradas en la figura 4A se ilustran en las figuras 5A, 5B y 5C como asignaciones entre los primeros puertos A, B, C, D y los segundos puertos A', B', C', D'.

En la figura 5A, la disposición en cascada 80 del módulo 70 tiene los circuitos de selección 60 del primer nivel en una primera configuración y los circuitos de selección 60 del segundo nivel en una primera configuración. Esto da como resultado una asignación uno a uno entre los primeros puertos A, B, C, D y los segundos puertos A', B', C', D'. Por ejemplo, el primer puerto A se asigna al segundo puerto A', el primer puerto B se asigna al segundo puerto B', el primer puerto C se asigna al segundo puerto C' y el primer puerto D se asigna al segundo puerto D'. La asignación del primer/segundo puerto es, por lo tanto, 4x4.

En la figura 5B, la disposición en cascada 80 del módulo 70 tiene los circuitos de selección 60 del primer nivel en una primera configuración y los circuitos de selección 60 del segundo nivel en una segunda configuración. Esto da como resultado una asignación de uno a dos entre el primer puerto A y los segundos puertos A', B' y entre el primer puerto C y los segundos puertos C', D'.

En la figura 5C, la disposición en cascada 80 del módulo 70 tiene los circuitos de selección 60 del primer nivel en una segunda configuración y los circuitos de selección 60 del segundo nivel en una segunda configuración. Esto da como resultado una asignación de uno a cuatro entre el primer puerto A y los segundos puertos A', B', C', D'.

Refiriéndonos de nuevo a la figura 4C, para la segunda configuración, el circuito de selección 60 puede configurarse para proporcionar un filtrado diferencial entre la ruta para la asignación entre el primero de los primeros puertos 61 y el primero de los segundos puertos 62 cuando se compara con la ruta para la asignación entre el primero de los primeros puertos 61 y el segundo de los segundos puertos 62. Esto se ilustra en la figura 4C por la presencia de un filtro 66 en una de las rutas, pero no en la otra. Sin embargo, debe apreciarse que ambas rutas pueden tener filtros.

El propósito del filtro o filtros 66 es compensar las señales proporcionadas a través de las diferentes rutas. Esto puede usarse, por ejemplo, de manera que un conjunto de los segundos puertos del módulo 70 opere como un segundo puerto virtual único en el que las señales se compensan de manera que se correlacionen en el primer puerto del módulo 70 (para recepción) o el segundo puertos del módulo (para transmisión).

En el ejemplo de la figura 5B, el primer puerto A del módulo 70 está asignado a los segundos puertos A', B' del módulo 70. Los filtros 66 proporcionan compensación de fase en la ruta AB'. Por lo tanto, la ruta AB' se compensa en comparación con la ruta AA' para permitir una combinación controlada de señales que viajan a través de las rutas respectivas.

En el ejemplo de la figura 5C, el primer puerto A del módulo 70 está asignado a los segundos puertos A', B', C' y D' del módulo 70. Los filtros 66 proporcionan una compensación de fase diferente en las rutas AA', AB', AC' y AD'.

En la figura 5B, aunque hay dos primeros puertos físicos A, C y cuatro segundos puertos físicos A', B', C' y D' de tal manera que la primera/segunda la asignación puede representarse como 2x4 a nivel físico. La compensación de fase significa que en operación hay dos primeros puertos A, C y dos segundos puertos virtuales. El segundo puerto virtual

proporcionado por los segundos puertos A', B' se asigna al primer puerto A y al puerto virtual proporcionado por el segundo puerto proporcionado por los segundos puertos C', D' se asigna al primer puerto C. La primera/segunda asignación se puede representar como 2x2 a nivel virtual.

- 5 Análogamente, en la figura 5C, la asignación del primer/segundo puerto es, por lo tanto, 1x4 (físicamente) o si se usa la compensación de fase de modo que todos los segundos puertos operen como un puerto virtual, la asignación es 1x1 (virtualmente).

- 10 Por lo anterior, por lo tanto, se apreciará que el aparato 10 que comprende un módulo 70 puede configurarse para proporcionar una compensación de fase diferente entre diferentes pares de puertos de radio 20 y puertos de antena 30 para permitir la compensación de fase con respecto a múltiples puertos de antena 30 interconectados a un puerto de radio compartido 20.

- 15 Refiriéndonos de nuevo a la figura 4C, la compensación de fase proporcionada por el filtro 66, que puede ser un elemento de retraso de fase, puede ser programable a través de una señal de control de entrada. De esta manera, la compensación de fase entre diferentes pares de puertos de radio y puertos de antena puede ser programable. La compensación de fase también se puede determinar y programar de forma adaptativa en función de la retroalimentación de otras partes de los circuitos.

- 20 Las figuras 6A, 6B y 6C ilustran diferentes disposiciones de circuitos de interconexión 40 formados a partir de uno o más módulos 70.

- 25 Los circuitos de interconexión 70 en la figura 6A comprende un único módulo 70 y los primeros puertos AD del módulo 70 corresponden a los puertos de radio 20 de la circuitería de interconexión 40 y los segundos puertos A'-D' del módulo 70 corresponden a los puertos de antena 30 de los circuitos de interconexión 40. Los circuitos de interconexión 40 son operables con 2ª puertos de radio 20, donde a es seleccionable para ser uno de 0, 1, 2 y con 2ª puertos de antena 30. Donde se produce la compensación de fase, los cuatro puertos de antena 30 operan como 2ª puertos de antena virtuales donde hay una relación uno a uno entre los puertos de antena virtuales y los puertos de radio operacionales 20.

- 30 Los circuitos de interconexión 70 en la figura 6B comprende dos módulos 70 y los primeros puertos AD de los módulos 70 corresponden a los puertos de radio 20 de los circuitos de interconexión y los segundos puertos A'-D' de los módulos 70 corresponden a los puertos de antena 30 del circuito de interconexión 40. Los circuitos de interconexión 40 son operables con 2ª puertos de radio 20, donde a es seleccionable para ser uno de 1, 2, 3 y con 2ª puertos de antena 30. Donde se produce la compensación de fase, los 2ª puertos de antena 30 operan como 2ª virtuales puertos de antena donde hay una relación uno a uno entre los 2ª puertos de antena virtual y los 2ª puertos de radio operacionales 20.

- 40 Los circuitos de interconexión 70 en la figura 6C es similar a la de la figura 6B pero además comprende los circuitos de selección 60 que tiene respectivos segundos puertos 62 conectados a los primeros puertos A' de los respectivos módulos 70. Los primeros puertos del circuito de selección 60 y los primeros puertos restantes de los módulos 70 proporcionan los puertos de radio de los circuitos de interconexión 40. Los segundos puertos de los módulos 70 proporcionan los puertos de antena 30 de los circuitos de interconexión 40. Los circuitos de interconexión 40 son operables con 2ª puertos de radio 20, donde a es seleccionable para ser uno de 0, 1, 2, 3 y con 2ª puertos de antena 30. Donde se produce la compensación de fase, los 2ª puertos de antena 30 operan como 2ª virtuales puertos de antena donde hay una relación uno a uno entre los 2ª puertos de antena virtual y los 2ª puertos de radio operacionales 20.

- 50 La figura 7 ilustra la disposición de los circuitos de selección 60 para los circuitos de interconexión 40 configurados, por ejemplo, de manera similar a la figura 6C. Sin embargo, en este ejemplo, el orden de los puertos de radio y los puertos de antena se ha cambiado de modo que existe una correspondencia secuencial entre los puertos de radio 20 y los puertos de antena 30 cuando a=3.

- 55 Los circuitos de interconexión 40 comprende una disposición en cascada 80 de circuitos de selección 60. Cada circuito de selección 60 comprende dos primeros puertos 61 y dos segundos puertos 62 como se describió previamente. Además, como se describió anteriormente, cada circuito de selección 60 está configurado para tener una primera configuración 71 (figura 4B) definida por asignaciones uno a uno entre cada uno de los primeros puertos 61 y cada uno de los dos segundos puertos 62 y está configurado para tener una segunda configuración 72 (figura 4C) definida por una asignación de uno a dos entre el primero de los dos primeros puertos 61 y los dos segundos puertos 62. El segundo de los dos primeros puertos 61 está conectado a un puerto de radio 20.

- 60 La disposición en cascada 80 comprende un nivel de radio 81 que tiene un circuito de selección 60. Cada uno de los dos primeros puertos 61 de ese circuito de selección 60 está conectado a un puerto de radio diferente 20 y cada uno de los dos segundos puertos 62 está conectado a un primer puerto de circuito de selección diferente 60 en un nivel de orden inferior adyacente 85 de los circuitos de selección 60.

- 65 La disposición en cascada 80 también comprende un nivel de antena 83 de múltiples circuitos de selección 60 que

tiene solo uno de los dos primeros puertos 61 conectados a un puerto de radio 20, el otro primero de los primeros puertos 61 está conectado a un segundo puerto 62 de un circuito de selección 60 en un nivel adyacente de orden superior 85 y tiene cada uno de los dos segundos puertos 62 conectados a diferentes puertos de antena 30.

- 5 La disposición en cascada 80 también comprende un nivel intermedio 85 de múltiples circuitos de selección 60 que tiene solo uno de los dos primeros puertos 61 conectados a un puerto de radio 20, el otro de los dos primeros puertos 61 está conectado a un segundo puerto 62 de un circuito de selección 60 en un nivel de orden superior adyacente 81 y tiene cada uno de los dos segundos puertos 62 conectados a un primero de los primeros puertos 61 de diferentes circuitos de selección 60 en un nivel adyacente de nivel inferior 83.

10 La figura 8 ilustra un ejemplo de circuito de selección 60. El circuito de selección 60 comprende una derivación 84 configurada en la primera configuración para evitar una unión 86 e interconectar cada uno de los dos primeros puertos 61 a los respectivos de los dos segundos puertos 62 y configurados, en una segunda configuración, para acoplar un primero de los dos primeros puertos 61 a los respectivos de los dos segundos puertos 62 a través de la unión 86. En la segunda configuración, el primero de los primeros puertos 61 está acoplado a uno de los segundos puertos 62 a través de un elemento de fase 66 configurado para controlar una fase diferencial introducida entre los dos segundos puertos 62 por la señal de control 67.

20 La unión 86 puede ser un divisor/combinador como se ilustra, un combinador, un divisor o un conmutador activo, por ejemplo.

La señal de control 67 puede ser una señal analógica o una señal digital, o puede usarse una mezcla de circuitos analógicos y digitales y sus correspondientes circuitos y software analógicos y/o digitales para proporcionar la señal de control 67.

25 Con referencia a la figura 8, en la primera configuración, un primer conmutador 82A interconecta el primero de los primeros puertos 61 a uno de los primeros puertos 62 a través de un segundo conmutador 82B. Un tercer conmutador 82C interconecta un segundo de los primeros puertos 61 a un segundo de los segundos puertos 62.

30 En una segunda configuración, el primer conmutador 82A interconecta el primero de los primeros puertos 61 a un divisor/combinador 86, el segundo conmutador 82B interconecta el primero de los segundos puertos 62 al divisor/combinador 86 y el tercer conmutador 82C interconecta el segundo de los segundos puertos 62 al divisor/combinador a través del elemento de fase 66.

35 En algunas realizaciones, el elemento de fase 66 puede tener una fase fija. En otras realizaciones, el elemento de fase 66 puede ser programable de modo que su fase se pueda variar a través de la señal de control 67.

Puede haber elementos de adaptación de impedancia pasiva/sintonizable/adaptativa en cualquier lugar entre las antenas 4 y el siguiente componente de RF (ya sea un filtro 66 o un divisor/combinador 86) hacia el circuito de radio 2. En algunos ejemplos, un filtro 66 puede comprender elementos de adaptación de impedancia pasiva/sintonizable/adaptativa.

45 La figura 9 ilustra un ejemplo de un aparato de comunicación 100 que comprende el aparato 10. El aparato 100 se ilustra esquemáticamente en la figura 2 y comprende múltiples circuitos de radio 2, el aparato 10 comprende circuitos de interconexión 40 y múltiples antenas 4. En este ejemplo, las múltiples antenas 4 están configuradas para la diversidad. Cada una de las antenas 4 tiene diversidad con respecto a las otras antenas. La diversidad puede, por ejemplo, surgir de la orientación. Por ejemplo, algunas de las antenas 4 están orientadas en la dirección +x, otras antenas están orientadas en la dirección -x, otras antenas están orientadas en la dirección +y y otras antenas están orientadas en la dirección -y. Las direcciones x e y son ortogonales y las direcciones +/- son paralelas pero en sentido opuesto (diferencia de fase π). Por ejemplo, algunas de las antenas 4 están físicamente separadas en la dirección x y otras antenas están físicamente separadas en la dirección y.

50 En algunos de los ejemplos descritos anteriormente, puede ser deseable operar dos antenas 4 como antenas independientes que operan en diferentes canales de comunicación. En otros ejemplos, puede ser deseable operar las antenas como una antena virtual única y, en este último caso, puede ser deseable compensar las diferencias de fase introducidas por la diversidad.

60 Por lo anterior, por lo tanto, se apreciará que los circuitos de interconexión 40 del aparato 10 pueden configurarse para operar una pluralidad (Y) de antenas 4 interconectadas con un puerto de radio compartido 20 como una antena virtual única, para cada uno de los múltiples puertos de radio (X) 20 para proporcionar múltiples entradas y múltiples salidas para X entradas e Y salidas, donde Y y X son controlables a través de los circuitos de interconexión 40.

Si bien la descripción anterior ha descrito aspectos relacionados con la operación de múltiples entradas y múltiples salidas, también debe tenerse en cuenta que los circuitos de interconexión tienen aplicación en otros usos.

65 El aparato 100 puede operar como un sistema de múltiples antenas, que puede usarse en varias aplicaciones

diferentes. Un sistema de múltiples antenas puede, por ejemplo, estar configurado para operar las múltiples antenas simultáneamente.

Un sistema de múltiples antenas puede, por ejemplo, tener múltiples antenas diferentes configuradas para operar a diferentes frecuencias o para que el sistema pueda operar en diferentes canales de frecuencia. Un sistema de múltiples antenas puede, por ejemplo, tener múltiples antenas diferentes configuradas para operar en canales ortogonales creados por codificación de señal ortogonal. Un sistema de múltiples antenas puede, por ejemplo, tener múltiples antenas diferentes configuradas para operar simultáneamente en el mismo canal. La diversidad se puede introducir entre las múltiples antenas mediante, por ejemplo, la disposición de las antenas de modo que tengan diversidad derivada de diferentes orientaciones y/o separación espacial. La diversidad puede modificarse y compensarse por el uso de los circuitos de interconexión 40. La aplicación de estas diversas técnicas puede, por ejemplo, usarse para crear múltiples entradas (MI), sistemas de múltiples salidas (MO) y múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO). Un sistema MO puede, por ejemplo, usarse para formar haces, multiplexación espacial o transmisión de diversidad. Un sistema MI puede, por ejemplo, usar para determinar una orientación (formación de haz inverso), recepción de multiplexación espacial o recepción de diversidad.

Para conseguir el mejor rendimiento de diversidad, la correlación entre las señales de cada antena 4 se minimiza. Esta baja correlación puede facilitarse o lograrse creando patrones de radiación de antena, utilizando los circuitos de interconexión 40, que son ortogonales en orientación y/o polarización, o separados en distancia y/o fase.

Como se usa en esta solicitud, el término "circuito" se refiere a todo lo siguiente:

- (a) implementaciones de circuito únicamente de hardware (tal como implementaciones en únicamente circuitería analógica y/o digital) y
- (b) a combinaciones de circuitos y software (y/o firmware), tal como (según corresponda): (i) a una combinación de procesador (es) o (ii) a porciones de procesador (es)/software (incluyendo procesador(es) de señal digital), software y memoria(s) que trabajan juntas para causar un aparato, tal como un teléfono móvil o servidor, para realizar varias funciones) y
- (c) a circuitos, como un microprocesador o una porción de un microprocesador, que requieren software o firmware para operación, incluso si el software o firmware no está físicamente presente.

Esta definición de "circuito" se aplica a todos los usos de este término en esta solicitud, incluyendo en cualquier reivindicación. Como un ejemplo adicional, como se usa en esta solicitud, el término "circuitería" también cubriría una implementación de simplemente un procesador (o múltiples procesadores) o porción de un procesador y su (o sus) software y/o firmware que lo acompaña. El término "circuito" también cubriría, por ejemplo, y si corresponde al elemento de reivindicación particular, un circuito integrado de banda base o circuito integrado de procesador de aplicaciones para un teléfono móvil o un circuito integrado similar en un servidor, un dispositivo de red celular u otro dispositivo de red.

Cuando se ha descrito una característica estructural, puede reemplazarse por medios para realizar una o más de las funciones de la característica estructural, ya sea que esa función o esas funciones se describan explícita o implícitamente.

El aparato 10, por ejemplo, puede, comprender: una pluralidad de medios de puerto de radio para interconexión con circuitos de radio, una pluralidad de medios de puerto de antena para interconexión con antenas, medios de interconexión para permitir la interconexión de cada uno de los medios de puerto de radio a diferentes conjuntos no superpuestos de medios de puerto de antena P, donde P es controlable y $P=2^p$, p es un número entero; y al menos un medio de puerto de control configurado para recibir una señal de control para determinar P.

Los medios de puerto de radio pueden comprender cualquier medio que permita la comunicación de señal con los medios de interconexión. Los medios de puerto de radio pueden, por ejemplo, comprender una o más líneas de transmisión, conectores, acopladores, almohadillas de contacto de la placa de circuito, pasadores de metal, contactos metálicos cargados con resorte, pasadores pogo, como una lista no exhaustiva.

Los medios de interconexión pueden comprender cualquier medio para interconectar cada uno de los medios de puerto de radio a diferentes conjuntos no superpuestos de medios de puerto de antena P, donde P es controlable y $P=2^p$, p es un número entero; en respuesta a una señal de control recibida que determina P.

Los medios de antena pueden ser cualquier medio adecuado para transferir energía electromagnética entre la interfaz de aire y los medios de interconexión.

Los circuitos de radio 2 y las antenas 4 pueden configurarse para operar en una o más de una pluralidad de bandas de frecuencia resonantes operativas. Por ejemplo, las bandas de frecuencia resonantes operativas pueden incluir (pero no se limitan a) Evolución a largo plazo (LTE) (EE. UU.) (734 a 746 MHz y 869 a 894 MHz), Evolución a largo plazo (LTE) (resto del mundo) (791 a 821 MHz y 925 a 960 MHz), radio de modulación de amplitud (AM) (0,535-1,705 MHz); radio de modulación de frecuencia (FM) (76-108 MHz); Bluetooth (2400-2483,5 MHz); red de área local

inalámbrica (WLAN) (2400 -2483,5 MHz); red de área local hiper (HiperLAN) (5150-5850 MHz); sistema de posicionamiento global (GPS) (1570,42-1580,42 MHz); Estados Unidos - Sistema global para comunicaciones móviles (US-GSM) 850 (824-894 MHz) y 1900 (1850-1990 MHz); Sistema global europeo para comunicaciones móviles (EGSM) 900 (880-960 MHz) y 1800 (1710-1880 MHz); Acceso múltiple por división de código de banda ancha europea (EU-WCDMA) 900 (880-960 MHz); red de comunicaciones personales (PCN/DCS) 1800 (1710-1880 MHz); acceso múltiple por división de código de banda ancha EE.UU. (US- WCDMA) 1700 (transmisión: 1710 a 1755 MHz, recepción: 2110 a 2155 MHz) y 1900 (1850-1990 MHz); acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA) 2100 (transmisión: 1920-1980 MHz, recepción: 2110-2180 MHz); servicio de comunicaciones personales (PCS) 1900 (1850-1990 MHz); acceso múltiple por división de código síncrono de división de tiempo (TD-SCDMA) (1900 MHz a 1920 MHz, 2010 MHz a 2025 MHz), banda ultra ancha (UWB) más baja (3100-4900 MHz); UWB superior (6000-10600 MHz); transmisión de video digital - portátil (DVB-H) (470-702 MHz); DVB-H US (1670-1675 MHz); radio digital mundial (DRM) (0,15-30 MHz); interoperabilidad mundial para acceso de microondas (WiMaX) (2300-2400 MHz, 2305-2360 MHz, 2496-2690 MHz, 3300-3400 MHz, 3400-3800 MHz, 5250-5875 MHz); transmisión de audio digital (DAB) (174,928-239,2 MHz, 1452,96- 1490,62 MHz); identificación por radiofrecuencia de baja frecuencia (RFID LF) (0,125-0,134 MHz); identificación por radiofrecuencia de alta frecuencia (RFID HF) (13,56-13,56 MHz); identificación por radiofrecuencia ultra alta frecuencia (RFID UHF) (433 MHz, 865-956 MHz, 2450 MHz).

Una banda de frecuencia sobre la cual una antena puede operar eficientemente es un rango de frecuencia donde la pérdida de retorno de la antena es menor que un umbral operativo. Por ejemplo, una operación eficiente puede ocurrir cuando la pérdida de retorno de la antena es mejor que (es decir, menos de) -4 dB o -6 dB.

Un modo resonante operacional (ancho de banda operacional) es un rango de frecuencia sobre el cual una antena puede operar eficientemente. Un modo resonante operacional (ancho de banda operativo) puede definirse como donde la pérdida de retorno S11 de la antena es mayor que un umbral operativo T tal como, por ejemplo, 3 o 4 dB y donde la eficiencia radiada es mayor que un umbral operativo como, por ejemplo, -3 dB en una gráfica de eficiencia. La eficiencia de radiación es la relación de la potencia entregada a la resistencia a la radiación de la antena (Rrad) a la potencia total entregada a la antena: $\epsilon_r = (R_{rad}) / (R_L + R_{rad})$, donde R_L = resistencia a la pérdida (que cubre las pérdidas disipativas en la antena). Debe entenderse que la "eficiencia de la radiación" no incluye la pérdida de potencia debido a un VSWR deficiente (pérdidas de desajuste en la red de adaptación que no es parte de la antena como tal, pero un circuito adicional). La "eficiencia de radiación total" comprende la "eficiencia de radiación" y la potencia perdida debido a la baja VSWR [en dB]. El umbral operativo de eficiencia podría expresarse alternativamente en relación con la "eficiencia de radiación total" en lugar de "eficiencia de radiación".

El término "comprender" se utiliza en este documento con un significado no inclusivo y no exclusivo. Es decir, cualquier referencia a X que comprende Y indica que X puede comprender solo un Y o puede comprender más de un Y. Si se pretende utilizar "comprende" con un significado exclusivo, entonces quedará claro en el contexto haciendo referencia a "que comprende solo uno" o utilizando "consiste".

En esta breve descripción, se ha hecho referencia a varios ejemplos. La descripción de características o funciones en relación con un ejemplo indica que esas características o funciones están presentes en ese ejemplo. El uso del término 'ejemplo' o 'por ejemplo' o 'puede' en el texto indica, ya sea explícitamente declarado o no, que tales características o funciones están presentes en al menos el ejemplo descrito, si se describe como un ejemplo o no, y que pueden estar, pero no están necesariamente, presentes en algunos o en todos los demás ejemplos. Así 'ejemplo', 'por ejemplo' o 'puede' se refiere a una instancia particular en una clase de ejemplos. Una propiedad de la instancia puede ser una propiedad de solo esa instancia o una propiedad de la clase o una propiedad de una subclase que incluye algunas pero no todas las instancias en la clase. Por lo tanto, se revela implícitamente que las características descritas con referencia a un ejemplo, pero no con referencia a otro ejemplo, siempre que sea posible, puede usarse en ese otro ejemplo, pero no necesariamente tiene que usarse en ese otro ejemplo. Aunque las realizaciones de la presente invención se han descrito en los párrafos anteriores con referencia a diversos ejemplos, debería apreciarse que pueden realizarse modificaciones a los ejemplos dados sin alejarse del alcance de la invención según se reivindica.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (10) que comprende:

- 5 una pluralidad de puertos de radio (20) para interconexión con circuitos de radio (2), una pluralidad de puertos de antena (30) para interconexión con antenas (4), circuitos de interconexión (40) configurados para permitir la interconexión de cada uno de los uno o más puertos de radio (20) a diferentes conjuntos no superpuestos de P puertos de antena (30), donde P es controlable y $P=2^p$, siendo p un número entero y en donde los circuitos de interconexión están configurados para permitir una
10 asignación uno a P entre los puertos de radio (20) y los puertos de antena (30) con cada puerto de antena (30) interconectado a uno y solo un puerto de radio (20); y al menos un puerto de control configurado para recibir una señal de control para determinar P.
- 15 2. Un aparato (10) según la reivindicación 1, en el que los circuitos de interconexión (40) están configurados para proporcionar una compensación de fase diferente entre diferentes pares de puertos de radio (20) y puertos de antena (30), para permitir la compensación de fase con respecto a múltiples puertos de antena (30) interconectados a un puerto de radio compartido.
- 20 3. Un aparato (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los circuitos de interconexión (40) están configurados para proporcionar compensaciones de fase programables entre diferentes pares de puertos de radio (20) y puertos de antena (30).
- 25 4. Un aparato (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los circuitos de interconexión (40) comprenden uno o más circuitos de selección, comprendiendo cada circuito de selección primeros puertos y segundos puertos y está configurado para adoptar una primera configuración definida por asignaciones uno a uno entre los primeros puertos y los segundos puertos, y está configurado para adoptar una segunda configuración definida por asignaciones 1 a 2^q entre los primeros puertos y los segundos puertos, donde q es un número entero no negativo, en donde el al menos un puerto de control está configurado para recibir una señal de control para controlar configuraciones de uno o más circuitos de selección.
- 30 5. Un aparato (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el circuito de interconexión (40) comprende una disposición en cascada de circuitos de selección, en el que cada circuito de selección comprende dos primeros puertos y dos segundos puertos y está configurado para tener una primera configuración definida por asignaciones uno a uno entre cada uno de los dos primeros puertos y cada uno de los dos segundos puertos y configurado para tener una segunda configuración definida por una asignación de 1 a 2 entre uno de los dos primeros puertos y los dos segundos puertos.
- 35 6. Un aparato (10) según la reivindicación 5, en el que la disposición en cascada comprende: un nivel de radio de uno o más circuitos de selección que tienen cada uno de los dos primeros puertos conectados a un puerto de radio diferente y cada uno de los dos segundos puertos está conectado a un primer puerto de diferentes circuitos de selección en un nivel de orden inferior adyacente de circuitos de selección; y un nivel de antena de circuitos de selección múltiple que tiene solo uno de los dos primeros puertos conectados a un puerto de radio, estando el otro de los dos primeros puertos conectado a un segundo puerto de un circuito de selección en un nivel adyacente de orden superior y tiene cada uno de los dos segundos puertos conectados a diferentes puertos
45 de antena (30).
7. Un aparato (10) según la reivindicación 6, en el que la disposición en cascada comprende al menos un nivel intermedio de múltiples circuitos de selección que tienen solo uno de los dos primeros puertos conectados a un puerto de radio, estando el otro de los dos primeros puertos conectado a un segundo puerto de un circuito de selección en un nivel adyacente de orden superior y teniendo cada uno de los dos segundos puertos conectados a un primer puerto de diferentes circuitos de selección en un nivel adyacente de orden inferior.
- 50 8. Un aparato (10) según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, en el que cada circuito de selección comprende una derivación configurada, en la primera configuración, para evitar un elemento divisor y/o combinador y acoplar cada uno de los dos primeros puertos a los respectivos puertos de los dos segundos puertos y configurado, en la segunda configuración, para acoplar uno de los dos primeros puertos a los respectivos puertos de los dos segundos puertos a través del elemento divisor y/o combinador.
- 55 9. Un aparato (10) según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 8, en el que cada circuito de selección comprende un elemento de fase configurado para controlar una fase introducida entre los dos segundos puertos.
- 60 10. Un aparato (10) según la reivindicación 9, en el que el elemento de fase tiene una fase programable.
11. Un aparato (10) según cualquier reivindicación anterior, que comprende además una pluralidad de antenas (4), cada una de las cuales está interconectada a un puerto de antena, en donde la pluralidad de antenas (4) están configuradas para diversidad.
- 65

12. Un aparato (10) según la reivindicación 11, en el que al menos algunas de las antenas (4) están alineadas en direcciones ortogonales y al menos algunas de las antenas (4) están separadas espacialmente.
- 5 13. Un aparato (10) según cualquier reivindicación anterior, en el que los circuitos de interconexión (40) están configurados para operar una pluralidad (Y) de antenas (4) interconectadas a través del circuito de interconexión (40) a un puerto de radio compartido como una antena virtual única, para cada uno de los múltiples (X) puertos de radio (20) para proporcionar múltiples entradas y múltiples salidas, en donde X es controlable.
- 10 14. Un aparato de comunicación 100 que comprende un aparato según al menos una de las reivindicaciones 1 a 13, una pluralidad de circuitos de radio (2) y una pluralidad de antenas (4).
15. Un método que comprende:
15 recibir una señal de control; e
interconectar cada uno de los puertos de radio operacionales (20), el uno o más puertos de radio (20) para interconexión con circuitos de radio (2), a diferentes conjuntos no superpuestos de P puertos de antena (30), los puertos de antena (30) para interconexión con antenas, dependiendo de la señal de control, donde P es controlable y $P=2^p$, p siendo un número entero, en donde la interconexión comprende interconectar un puerto de radio (20)
20 a P puertos de antena (30) con cada puerto de antena (30) interconectado a uno y solo un puerto de radio (20).

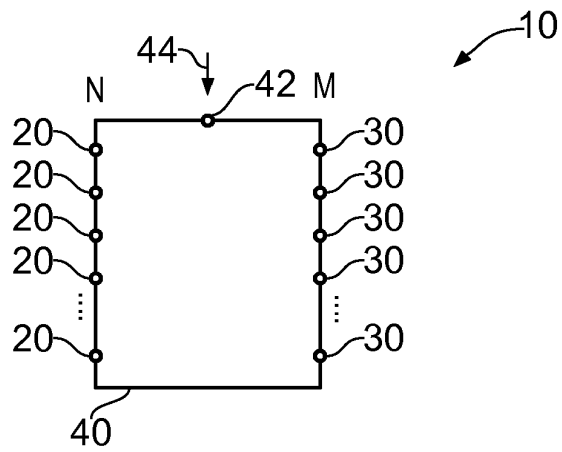


FIG. 1

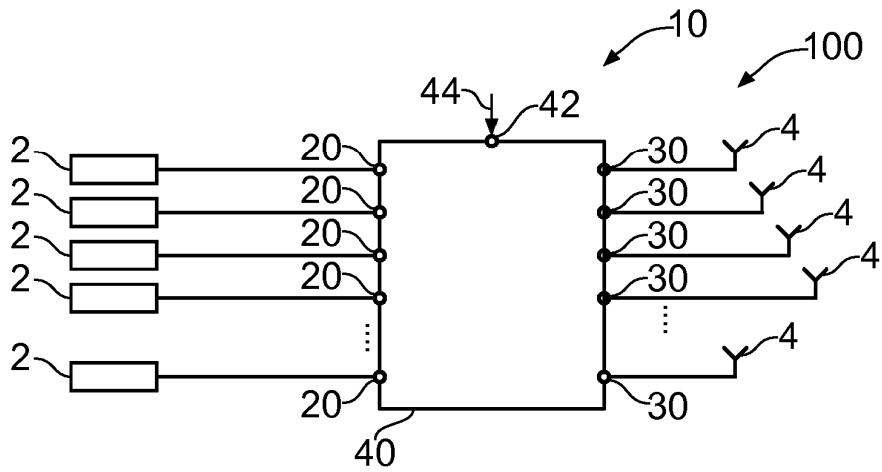


FIG. 2

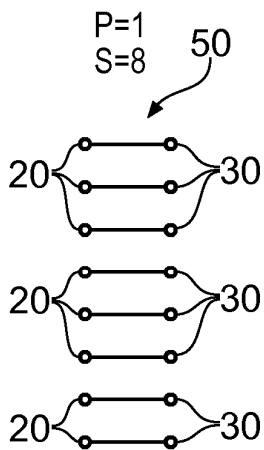


FIG. 3A

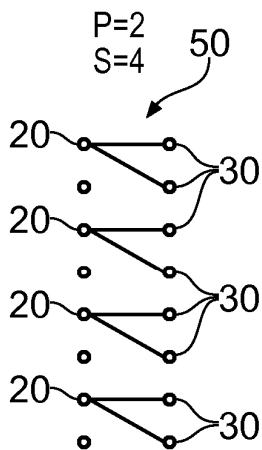


FIG. 3B

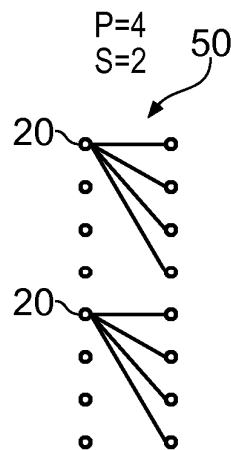


FIG. 3C

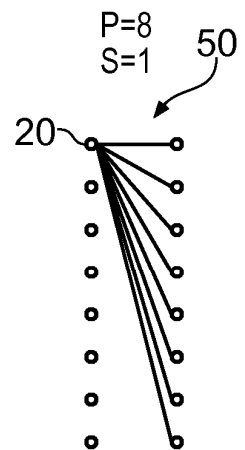


FIG. 3D

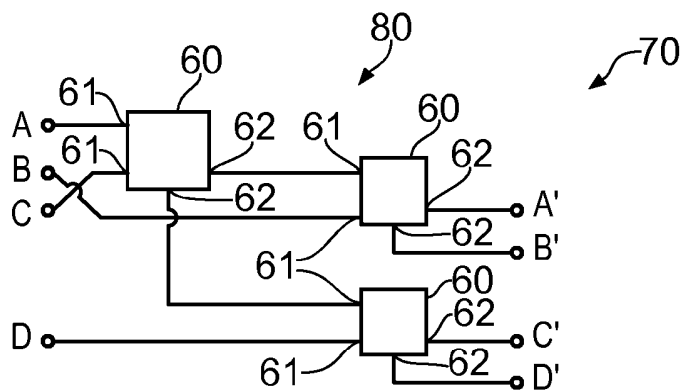


FIG. 4A

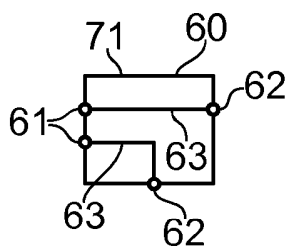


FIG. 4B

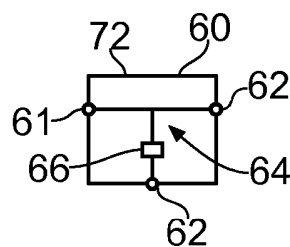
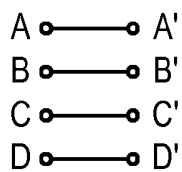
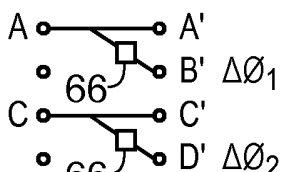


FIG. 4C



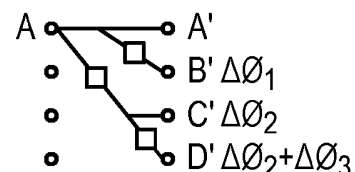
4 x 4

FIG. 5A



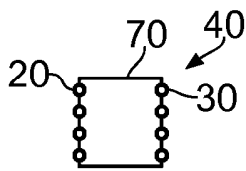
2 x 4
2 x 2

FIG. 5B



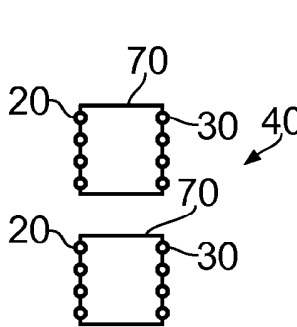
1 x 4
1 x 1

FIG. 5C



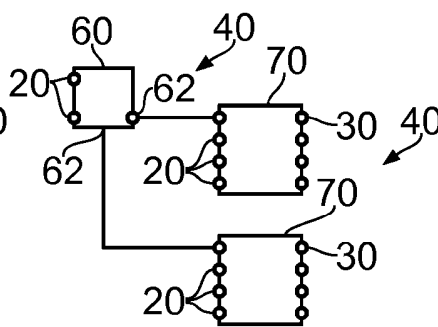
$2^a \times 4$
 $2^a \times 2^a$
 $a=0,1,2$

FIG. 6A



$2^a \times 8$
 $2^a \times 2^a$
 $a=1,2,3$

FIG. 6B



$2^a \times 8$
 $2^a \times 2^a$
 $a=0,1,2,3$

FIG. 6C

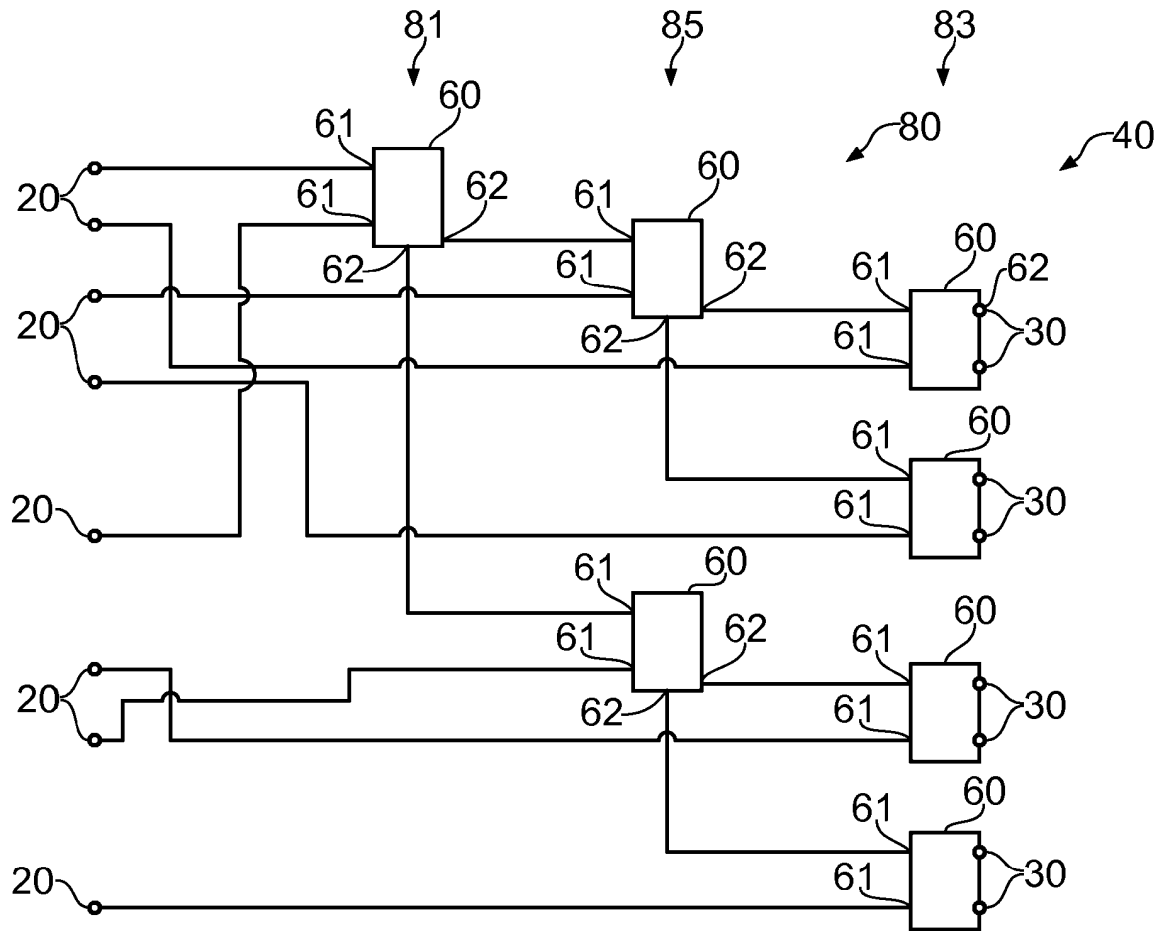


FIG. 7

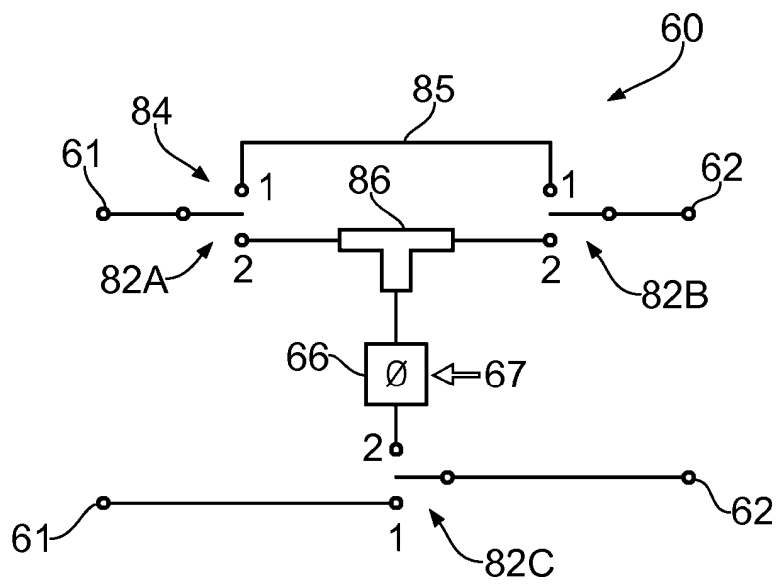


FIG. 8

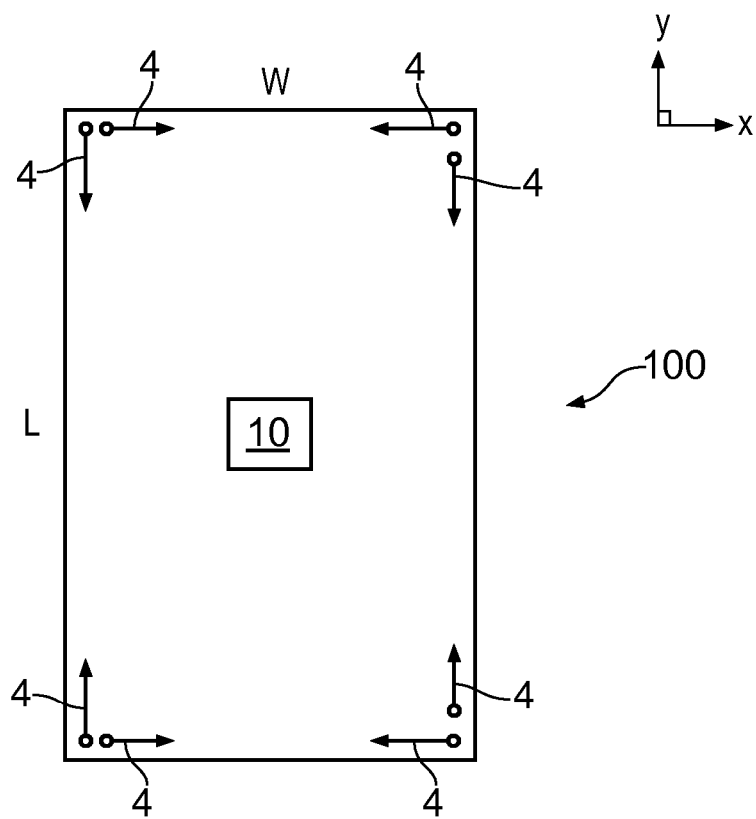


FIG. 9