



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 358 429**

51 Int. Cl.:
H04B 7/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05701379 .9**

96 Fecha de presentación : **08.02.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1714401**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.10.2006**

54

Título: **Procedimiento y dispositivo para la operación de interfaces aire MIMO en sistemas de comunicaciones móviles.**

30

Prioridad: **10.02.2004 DE 10 2004 006 584**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
10.05.2011

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
10.05.2011

73

Titular/es: **T-MOBILE DEUTSCHLAND GmbH**
Landgrabenweg 151
53227 Bonn, DE

72

Inventor/es: **Kruse, Gerhard**

74

Agente: **Álvarez López, Fernando**

ES 2 358 429 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

Procedimiento y dispositivo para la operación de interfaces aire MIMO en sistemas de comunicaciones móviles

5 La invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo para la operación de interfaces aire MIMO en sistemas de comunicaciones móviles, según el preámbulo de las reivindicaciones independientes.

10 Los sistemas MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) son nuevas técnicas de transmisión radio muy prometedoras para las futuras generaciones de comunicaciones móviles "Beyond 3G". En los sistemas MIMO, en el recorrido de transmisión radio se irradian una o varias señales moduladas en alta frecuencia desde un número m de antenas MI, y son recibidas por un número n de antenas MO. Un canal MIMO, así pues, está conformado por m antenas emisoras, n antenas receptoras, y un gran número de subcanales invariantes en el tiempo por lo general entre las antenas emisoras y las antenas receptoras, que también se pueden entender como canales de diversidad. En la Figura 1 se representa a modo de ejemplo una conexión de comunicaciones móviles con un dispositivo emisor 1, por ejemplo una estación base, que contiene fundamentalmente un modulador/demodulador para la fuente/sumidero de datos, un procesador MIMO y una etapa de emisión/recepción de alta frecuencia, tres antenas MI 2 alimentadas por señales radio A, B, C, un dispositivo de recepción 3, por ejemplo una estación móvil, fundamentalmente con los mismos elementos que el dispositivo de emisión 1, dos antenas MO 4 y subcanales 5. Cuando los subcanales son estadísticamente independientes, aumenta la probabilidad de recibir la señal emitida sin errores con el número de las antenas. Para la combinación óptima de los subcanales MIMO, que se realiza con los procesadores MIMO, se conocen muchos procedimientos y algoritmos, tanto en la parte del emisor como en la parte del receptor, por ejemplo en el documento WO 03 041300 A1.

25 Las ventajas de los procedimientos MIMO consisten en un uso de frecuencias claramente más eficiente frente a los procedimientos existentes hasta el momento (por ejemplo 2G, 3G), una carga EMVU reducida por medio de menores potencias de emisión, así como una mayor robustez contra el "fading", véase, por ejemplo, la tecnología BLAST (Bell Labs Layered Space Time). De modo ventajoso, los sistemas MIMO se emplean en procedimientos de acceso múltiples ortogonales, como ODMA, TDMA, FDMA, o combinaciones de éstos.

30 Los resultados óptimos se consiguen con MIMO en el canal de Rayleigh, es decir, recepción sólo por medio de dispersión. La eficiencia de los sistemas MIMO se basa en la independencia estadística de los subcanales MIMO.

35 La presente invención se refiere a los interfaces aire MIMO, en particular a las antenas. Bajo la condición de la reciprocidad del canal radio resultan las mismas relaciones para la dirección de transmisión inversa.

40 Las antenas contiguas cercanas de la misma polarización tienen una elevada correlación de las señales emitidas o recibidas con el factor de correlación complejo \underline{r} . Para conseguir mediante diversidad espacial descorrelaciones significativas con, por ejemplo $|\underline{r}| < 0,2$, se requieren en las antenas de las estaciones fijas de comunicaciones móviles convencionales con polarización vertical y ángulos de abertura de 60° en el plano horizontal y 20° en el plano vertical distancias entre antenas de más de aproximadamente 20λ horizontalmente, y más de aproximadamente 3λ verticalmente. La diversidad espacial requiere grandes dimensiones, y debido a ello es menos adecuada para dispositivos móviles.

45 Una solución la ofrecen los procedimientos de diversidad de polarización. Éstos están publicados para sistemas MIMO, por ejemplo en el documento WO 02/058187 A1, en el documento WO 02/099995 A2 y en el documento US 6 049 705 A (aquí especialmente para dispositivos de radio móviles).

50 Los dispositivos de transmisión descritos trabajan para polarización ortogonal invariable de las antenas MI y MO individuales. Estas disposiciones tienen la desventaja de que para cada subcanal MIMO se requiere una antena.

55 El documento US 2003/0072382 A1 describe un "Sistema de comunicación temporal espacial para la operación de interfaces aire MIMO, en el que una señal de radio es emitida a través de un canal MIMO que comprende un cierto número de subcanales desde un dispositivo emisor, y es recibida por un dispositivo receptor, asignándose diferentes polarizaciones a las señales radio que se han de emitir y de recibir en los subcanales. También en este caso se requiere para cada señal de radio de un subcanal una antena.

El documento US 6 658 269 B1 y el documento EP 1 003 297 A2 dan a conocer sistemas de comunicaciones sin hilos con un sistema de antenas de diversidad con el que se pueden irradiar varias señales de radio de diferente polarización. A cada señal de radio polarizada de modo diferente se asigna en este caso exactamente una antena

del sistema de antenas.

El objetivo de la invención es proporcionar un procedimiento y un dispositivo para a operación de interfaces aire en sistemas de comunicaciones móviles, en el que el requerimiento de espacio para las antenas y la recorrelación de los subcanales en el interfaz aire se mejores de modo considerable.

5 Este objetivo se consigue según la invención por medio de las características de las reivindicaciones independientes.

10 La invención se caracteriza porque a las señales radio que se han de emitir y recibir en los subcanales se les asignan diferentes polarizaciones, y las señales radio de todos los subcanales son suministradas en su conjunto de modo superpuesto a una antena conformada a partir de varias antenas parciales contiguas cercanas espacialmente.

En una configuración preferida de la invención se usa como antena unos dipolos cruzados. Preferentemente coinciden los centros de fase de las antenas parciales.

15 La asignación de las polarizaciones de las señales radios emitidas en los subcanales se controla preferentemente por un dispositivo de control. En este caso, las polarizaciones de las señales emitidas en los subcanales se modifican en diferentes intervalos, preferentemente se modifican de modo síncrono. Una posibilidad es intercambiar entre ellas las polarizaciones de las señales radio emitidas en los subcanales en intervalos prefijados.

20 Sin embargo, también puede estar previsto asignar a cada señal de radio emitida en los subcanales una polarización seleccionada aleatoriamente a partir de una cierta cantidad de polarizaciones prefijadas. En este caso no se ha de adjudicar una ninguna polarización de modo doble.

25 Para el caso de que la señal de radio emitida en el canal MIMO esté modulada por medio de un flujo de datos digital, entonces el cambio de polarización se controla de tal manera que las polarizaciones de las señales de radio emitidas en los subcanales permanecen iguales durante la duración temporal de al menos un bit del flujo de datos. Los cambios de polarización, sin embargo, también se pueden controlar de tal manera que las polarizaciones de las señales radio emitidas en los subcanales cambien al menos una vez durante la duración de un bit del flujo de datos.

30 El dispositivo de control ejerce influencia a través de dispositivos correspondientes, como adelantadores de fase, líneas de retardo, divisores de potencia, sobre la polarización de las señales radio emitidas en los subcanales, determinándose las polarizaciones a través de la relación de los valores de sus potencias a o bien (1-a) y/o su posición de fase mutua y/o su retardo temporal τ_1 , τ_2 . El número de las polarizaciones que se pueden conectar ha de ser tan grande como el número m de los subcanales.

35 Según la invención se realizan respectivamente con una antena, que puede irradiar o recibir al mismo tiempo varias polarizaciones, muchos subcanales MI y MO. La ventaja del procedimiento MIMO, que hasta el momento sólo se ha conseguido con varias antenas distribuidas espacialmente, se consigue según la invención con sólo una antena. Preferentemente, los valores de los factores de correlación r promediados temporalmente de los canales MIMO se pueden reducir, haciendo para ello que las polarizaciones de las antenas se modifiquen continuamente, siendo que las polarizaciones en una señal de radio modulada digitalmente

- permanece igual a lo largo de al menos un bit o
- cambia al menos una vez por bit.

45 Cuando los subcanales son canales CDMA, los cambios de polarización se refieren a un chip.

A continuación se explican con más detalle ejemplos de realización de la invención a partir de las figuras del dibujo.

50 Figura 1 muestra a modo de ejemplo la construcción general de un sistema de comunicación MIMO según el estado de la técnica;

Figura 2 muestra a modo de ejemplo una construcción conforme a la invención de un sistema de comunicación MIMI;

Figura 3 muestra la aplicación de circuladores en "Y" en la construcción según la Figura 2;

55 Figura 4 muestra un ejemplo de realización especial de un sistema de comunicación MIMO conforme a la invención usando dipolos cruzados.

Figura 5 muestra una representación del campo eléctrico de una onda que se propaga en la dirección z, es decir, perpendicularmente respecto al plano de los dipolos.

Según la invención, la descorrelación de los subcanales de una señal de radio MIMO se consigue por medio del desacoplamiento de la polarización. La polarización de una onda electromagnética plana es por lo general elíptica girando hacia la izquierda o hacia la derecha, en casos especiales es lineal o circular. La dirección de giro de la polarización está definida según el IEEE como girando a la derecha cuando la punta del vector de campo eléctrico observada desde el emisor gira en el sentido de las agujas del reloj. Esta definición se basa en la independencia temporal del vector de campo eléctrico en un lugar fijo.

Las señales radio A, B, C que provienen del dispositivo emisor 1 según la Figura 1 son llevadas, en lugar de a varias antenas, sólo a una antena, que superpone y irradia las señales radio con m polarizaciones diferentes. Con ello se consigue el ahorro de antenas desplazadas espacialmente. La antena está formada por un array de antenas con varias antenas parciales que están dispuestas cercanas espacialmente.

En el ejemplo de realización según la Figura 2, las señales de radio A, B, C del dispositivo emisor mostrado en la Figura 1 se dividen con divisores de potencia 6.1 a 6.3 en dos ramas con potencias normalizadas a_i y $(1-a_i)$ con $0 \leq a_i \leq m$. Las dos salidas del divisor de cada subcanal MI con las potencias a_i y $(1-a_i)$ son retrasadas con los tiempos τ_1 y τ_2 por medio de líneas de retardo 7.1 a 7.6, que pueden estar formadas, por ejemplo, de piezas de líneas o delantadores de fase que se pueden conectar. Por medio de un retardo en las dos ramas de un subcanal MI, poniéndose por lo general $\tau_{11} = 0$ ó $\tau_{12} = 0$, se puede adelantar la onda opcionalmente en cada rama; gracias a ello se puede generar con la antena 8 polarización que gire hacia la izquierda o hacia la derecha. De modo correspondiente a los valores de ajuste de a_i , τ_{11} y τ_{12} se pueden emitir ondas con posición aleatoria y sentido de giro de la elipse de polarización, incluyendo la degeneración de rectas.

Para evitar la reacción recíproca de los subcanales MI, las dos ramas se llevan para cada canal MI a través de acopladores direccionales 10.1 a 10.6 a las antenas. Las ondas de las ramas 1 de los acopladores direccionales 10.1, 10.3 y 10.5 se superponen en una antena parcial A_1 , por ejemplo polarizada linealmente, las de las ramas 2 de los acopladores direccionales 10.2, 10.4 y 10.6 en una antena parcial A_2 con polarización ortogonal. Las antenas parciales A_1 y A_2 son contiguas muy cercanas, y conforman un array de antenas. Preferentemente, los centros de fase de las antenas parciales coinciden. Como antenas se pueden usar antenas polarizadas de modo lineal o circular con polarización ortogonal o radiadores abocinados con modos de excitación adecuados.

La inversión de la polarización de las antenas MI se realiza a través de varios bits o varias veces por bit, y se controla por medio de un dispositivo de control 9.

Para el cambio de polarización están previstos preferentemente dos algoritmos:

1. Inversión síncrona, cíclica, de todos los canales MI (la polarización del canal MI A se cambia después de un tiempo de espera al canal MI B; la polarización del canal MI B se cambia al canal MI C, etc.)

2. Polarización generada aleatoriamente de los canales MI.

Las polarizaciones de los subcanales MI pueden ser, por ejemplo: polarización horizontal, vertical, lineal con 45° y 135° respecto al suelo, circular girando a izquierdas o a derechas, elíptica girando a izquierdas o a derechas (con relación de ejes seleccionable y posición respecto al suelo), etc. El número de los estados de polarización que se pueden conmutar ha de ser al menos tan grande como el número m de los subcanales MI.

Para evitar la reacción recíproca de los subcanales MI, las dos ramas para cada canal MI respecto a la antena se llevan a través de acopladores direccionales 10.1 y 10.6 a las partes de la antena A_1 y A_2 . Alternativamente, con dos canales MI, se pueden usar dos circuladores en "Y" y para $m > 2$ circuladores "Y" en cascada para la conexión de las antenas MI, Figura 3.

Como ejemplo de realización para la descorrelación de los subcanales MI con una antena se consideran unos dipolos cruzados 11, Figura 4. Unos dipolos cruzados se consideran como una conexión de dos dipolos 11.1 y 11.2 ortogonales polarizados linealmente, cuyos centros de fase coinciden. Como antena direccional se pueden disponer los dipolos cruzados por delante de un reflector. Los dipolos tienen las ventajas

- conformación constructiva sencilla
- ancho de banda por medio de la conformación correspondiente de los dipolos (por ejemplo relación diámetro/longitud en el cas de dipolos cilíndricos)

La potencia de un dispositivo emisor 1 se divide en el divisor de potencia 6.1 (véase también la figura 2) en los componentes de potencia a y (1-a). Después del retardo de las dos componentes de señal en τ_1 y τ_2 en las líneas de retardo 7.1 y 7.2 se llevan las señales radio a los dos dipolos 11.1 y 11.2. En las realizaciones prácticas, la longitud total de un dipolo tiene un valor, por lo general, de aproximadamente $\lambda/2$.

El campo eléctrico de una onda que se propaga en la dirección z, es decir, perpendicularmente al plano de los dipolos, de los dipolos cruzados 11, se describe según las Figuras 4 y 5 por medio del vector bidimensional:

$$\underline{E}(t) = \underline{e}_x \cdot a \cdot \cos(\omega t - k \cdot z + \delta_x) + \underline{e}_y \cdot (1 - a) \cdot \cos(\omega t - k \cdot z + \delta_y)$$

con el número de onda $k = 2\pi/\lambda$ y la fase $\delta = 2 \cdot \pi \cdot c \cdot \tau/\lambda$.

Las siguientes polarizaciones de las antenas MIMO son posibles, por ejemplo, con los ajustes τ_1 y τ_2 (véase, por ejemplo, Kraus, John D.: "Antennas", 1950, y Schrott/Stein: "Bedeutung und Beschreibung der Polarisation elektromagnetischer Wellen", 1980):

Tabla 1

A	1	0	0,5	0,5	<1	<1	0,5	0,5	0,5	0,5
τ_1	Ale	Ale	$\lambda/4 \cdot c$	0	$\lambda/4 \cdot c$	0	$\lambda/2 \cdot c$	0	$<\lambda/2 \cdot c$	0
τ_2	Ale	Ale	0	$\lambda/4 \cdot c$	0	$\lambda/4 \cdot c$	0	0	0	$<\lambda/2 \cdot c$
Pol	Hor	Vert	Cir-dcha	Cir-izda	El-dcha	All-izda	45°	135°	El-dcha	El-izda

(Pol: Polarización, ale: aleatoria; hor: horizontal; vert: vertical, cir-izda: circular a izquierdas, cir-dcha: circular a derecha, el-izda: elíptica girando a izquierdas, el-dcha: elíptica girando a derechas; 45°: lineal formando 45° con el suelo; 135°: lo mismo formando 135°).

El ángulo de orientación φ del eje principal de la elipse en relación al suelo tiene el valor:

$$\tan 2\varphi = 2a(a - 1)/(a^2 - (1 - a)^2) \cdot \cos \delta$$

con la fase de la relación de polarización $\delta = \beta_y - \beta_x$.

El ángulo de elipticidad ε como medida para la relación de ejes de la elipse (tangente de los ejes) se determina a partir de:

$$\tan 2\varepsilon = \tan \delta \cdot \tan 2\varphi.$$

Con ello la forma y la posición de la elipse de polarización está fijada por medio de a y τ_1 .

Representa una ventaja el hecho de que las polarizaciones elípticas se puedan controlar tanto por medio de la división a ó (1-a) de la potencia de emisión y de los tiempos de retardo τ_i (posición de fase) de las señales de radio como, en menor medida, sólo por medio de τ , cuando se selecciona $0 < a < 1$ (véase tabla 1).

Lista de los símbolos de referencia

- 1 Dispositivo emisor (estación base)
- 2 Antena MI
- 3 Dispositivo receptor (estación móvil)
- 4 Antena MO
- 5 Subcanales
- 6 Divisores de potencia (6.1-6.3)
- 7 Líneas de retardo (7.1-7.6)
- 8 Antena (8.1, 8.2)
- 9 Dispositivo de control
- 10 Acoplador direccional (10.1-10.6)

- 11 Dipolos cruzados (11.1, 11.2)
- 12 Circulador en "Y" (12.1, 12.2)

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la operación de interfaces aire MIMO en sistemas de comunicaciones móviles, en el que se emite una señal de radio (A, B; C) a través de un canal MIMO que comprende un número de m subcanales (5) desde un dispositivo de emisión (1), y se recibe por un dispositivo de recepción (3), asignándose a las señales de radio que se han de emitir y recibir en los subcanales (5) diferentes polarizaciones, **caracterizado porque** las señales de radio de todos los subcanales se asignan conjuntamente de modo superpuesto a un array de antenas (8, 11) con varias antenas parciales (8.1, 8.2; 11.1, 11.2) contiguas cercanas espacialmente.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los centros de fase de las antenas parciales (8.1, 8.2; 11.1, 11.2) coinciden.
- 15 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la asignación de las polarizaciones de las señales de radio emitidas en los subcanales (5) se controla por parte de un dispositivo de control (9).
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se modifican las polarizaciones de las señales radio emitidas en los subcanales (5) se modifican en intervalor prefijados.
- 20 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las polarizaciones de las señales de radio emitidas en los subcanales (5) se modifican de modo síncrono.
- 25 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las polarizaciones de las señales de radio emitidas en los subcanales (5) se intercambian entre ellas en intervalos prefijados.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** a cada señal de radio emitida en los subcanales (5) se le asigna una polarización escogida de modo aleatorio a partir de una cantidad de polarizaciones prefijadas.
- 30 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la señal de radio (A; B; C) emitida en el canal MIMO está modulada por medio de un flujo de datos digital, permaneciendo igual las polarizaciones de las señales de radio emitidas en los subcanales (5) durante la duración temporal de al menos un bit del flujo de datos.
- 35 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la señal de radio (A; B; C) emitida en el canal MIMO está modulada por medio de un flujo de datos digital, cambiando al menos una vez las polarizaciones de las señales de radio emitidas en los subcanales (5) durante la duración de un bit del flujo de datos.
- 40 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la polarización de las señales de radio emitidas en los subcanales (5) está determinada por medio de la relación de los valores de sus potencia a y (1-a) y/o su posición de fase mutua y/o su retardo temporal (τ_1 , τ_2).
- 45 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el número de las polarizaciones que se pueden conmutar es al menos tan grande como el número m de los subcanales (5).
- 50 12. Dispositivo para la operación de interfaces aire MIMO en sistemas de comunicaciones móviles, con un dispositivo emisor (1) para la emisión de una señal de radio (A; B; C) a través de un canal MIMO que comprende un número de m subcanales (5), un dispositivo de recepción (3) para la recepción de la señal de radio, y dispositivos para la asignación de diferentes polarizaciones a las señales de radio emitidas y recibidas en los subcanales (5), **caracterizado por** medio de un array de antenas (8; 11) conformado por varias antenas parciales (8.1, 8.2; 11.1, 11.2) contiguas cercanas espacialmente, al que se le suministran de modo superpuesto todas las señales de radio polarizadas de modo diferente de los subcanales (5).
- 55 13. Dispositivo según la reivindicación 12, **caracterizado porque** los centros de fase de las antenas parciales (8.1, 8.2; 11.1, 11.2) coinciden.
14. Dispositivo según una de las reivindicaciones 12 ó 13, **caracterizado porque** la antena (11) son unos dipolos cruzados.

15. Dispositivo según una de las reivindicaciones 12 a 14, **caracterizado porque** los dispositivos comprenden medios (7; 12) para la modificación de la posición de fase y/o del desplazamiento temporal (τ) de las señales de radio.

5 16. Dispositivo según una de las reivindicaciones 12 a 15, **caracterizado porque** los dispositivos comprenden medios (6) para la división de la señal de radio en varias señales parciales de diferente potencia a y 1-a.

17. Dispositivo según una de las reivindicaciones 12 a 16, **caracterizado porque** el dispositivo de control (9) está previsto para el control de los dispositivos (6; 7; 12).

10

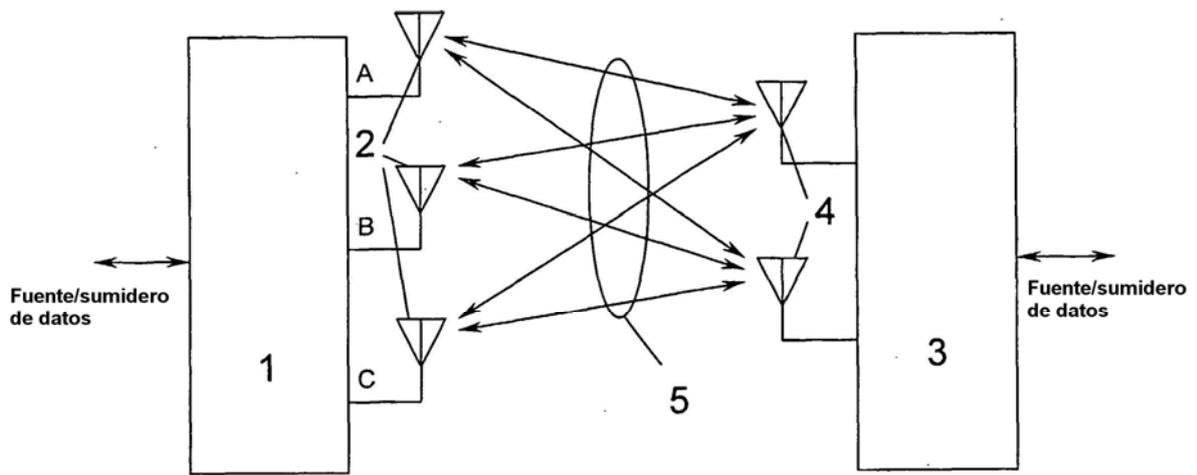


Fig. 1

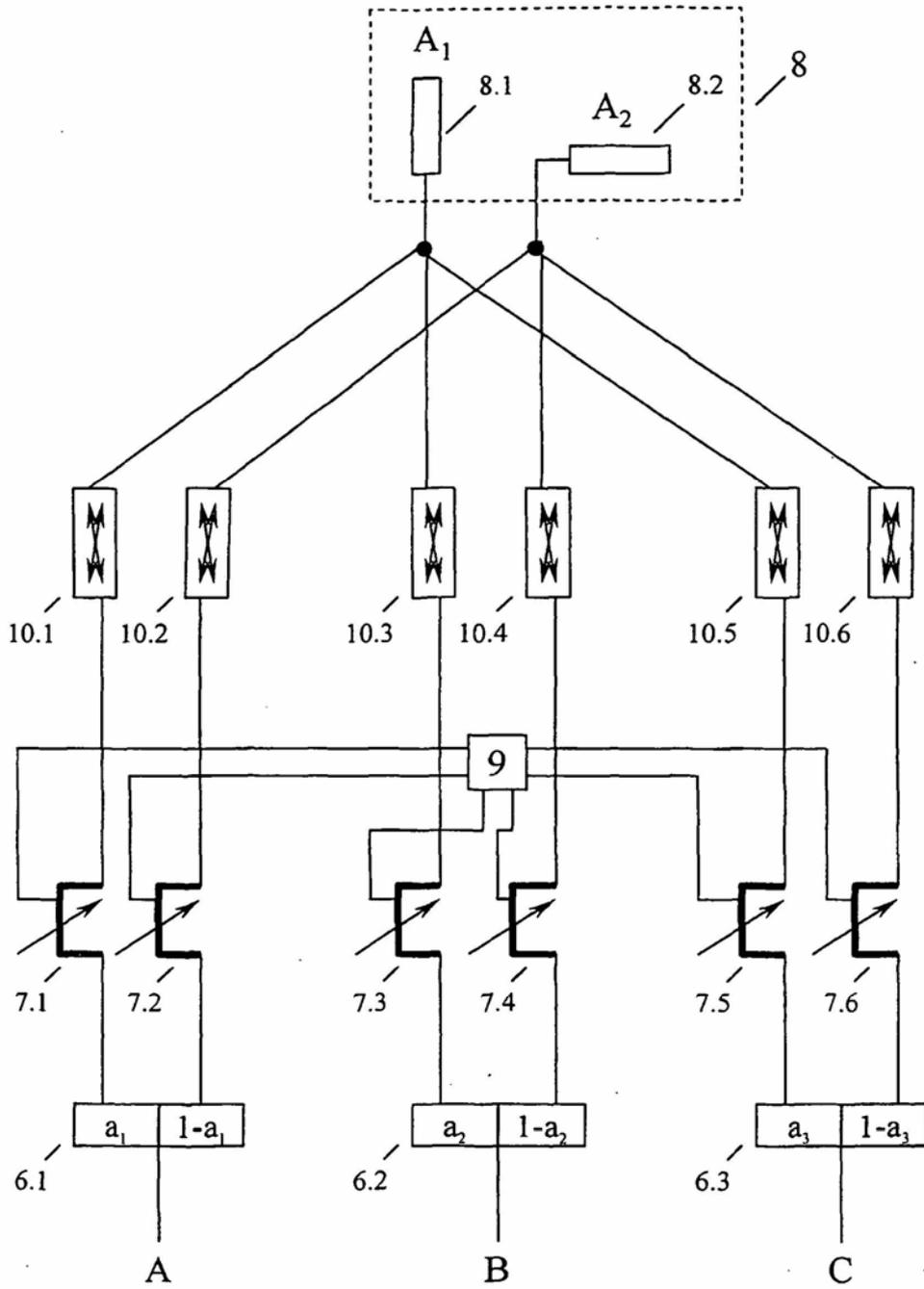


Fig. 2

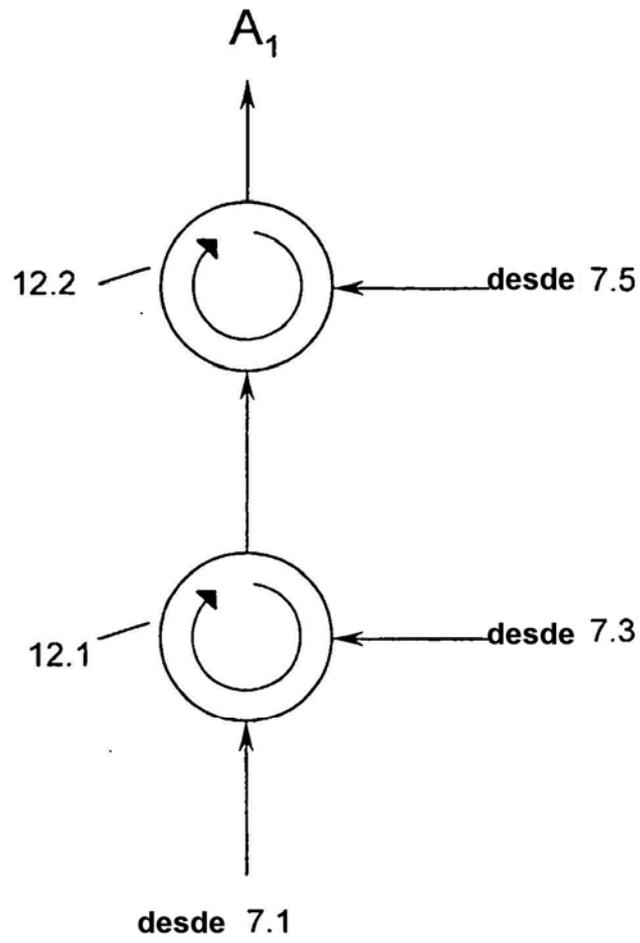


Fig. 3

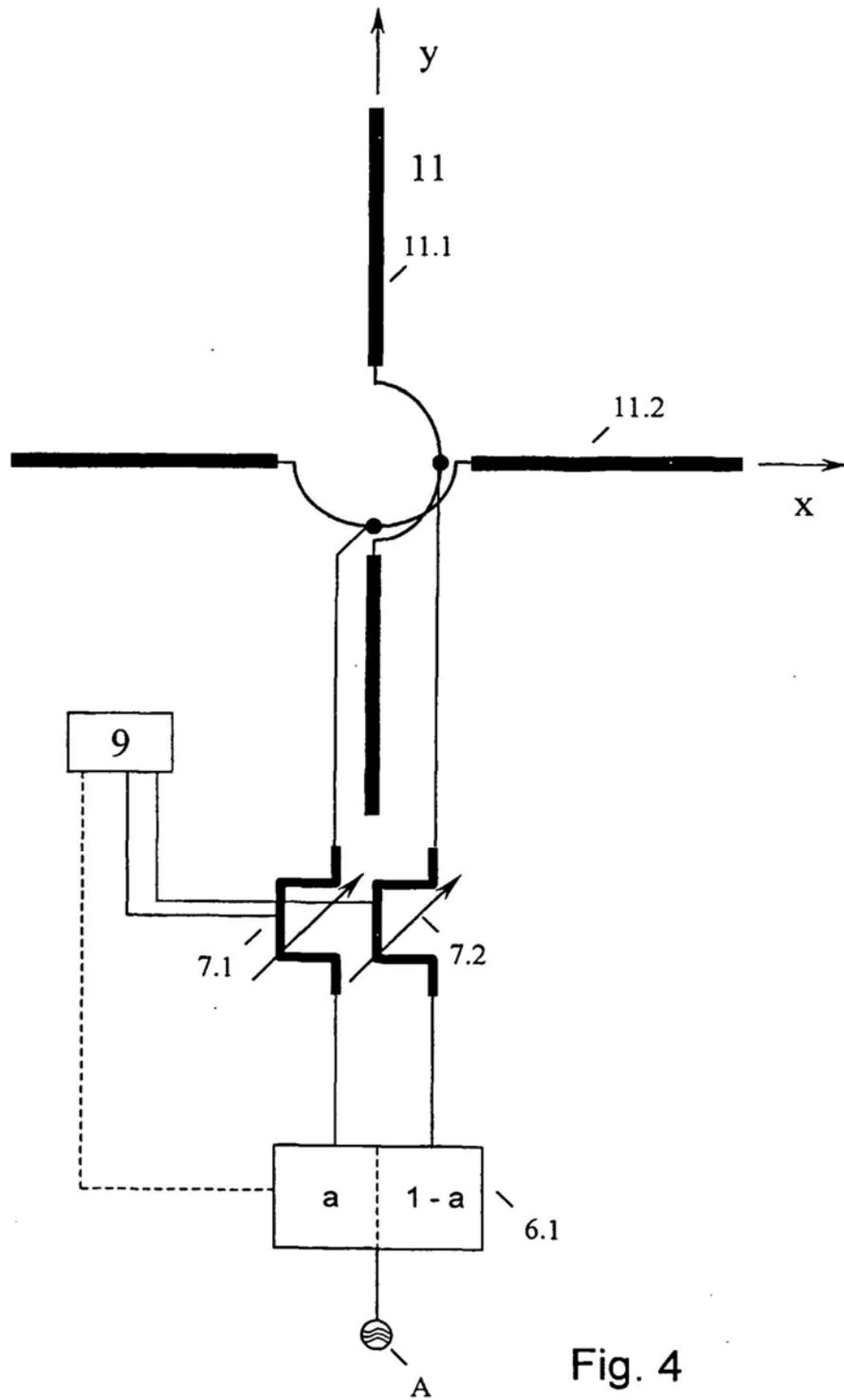


Fig. 4

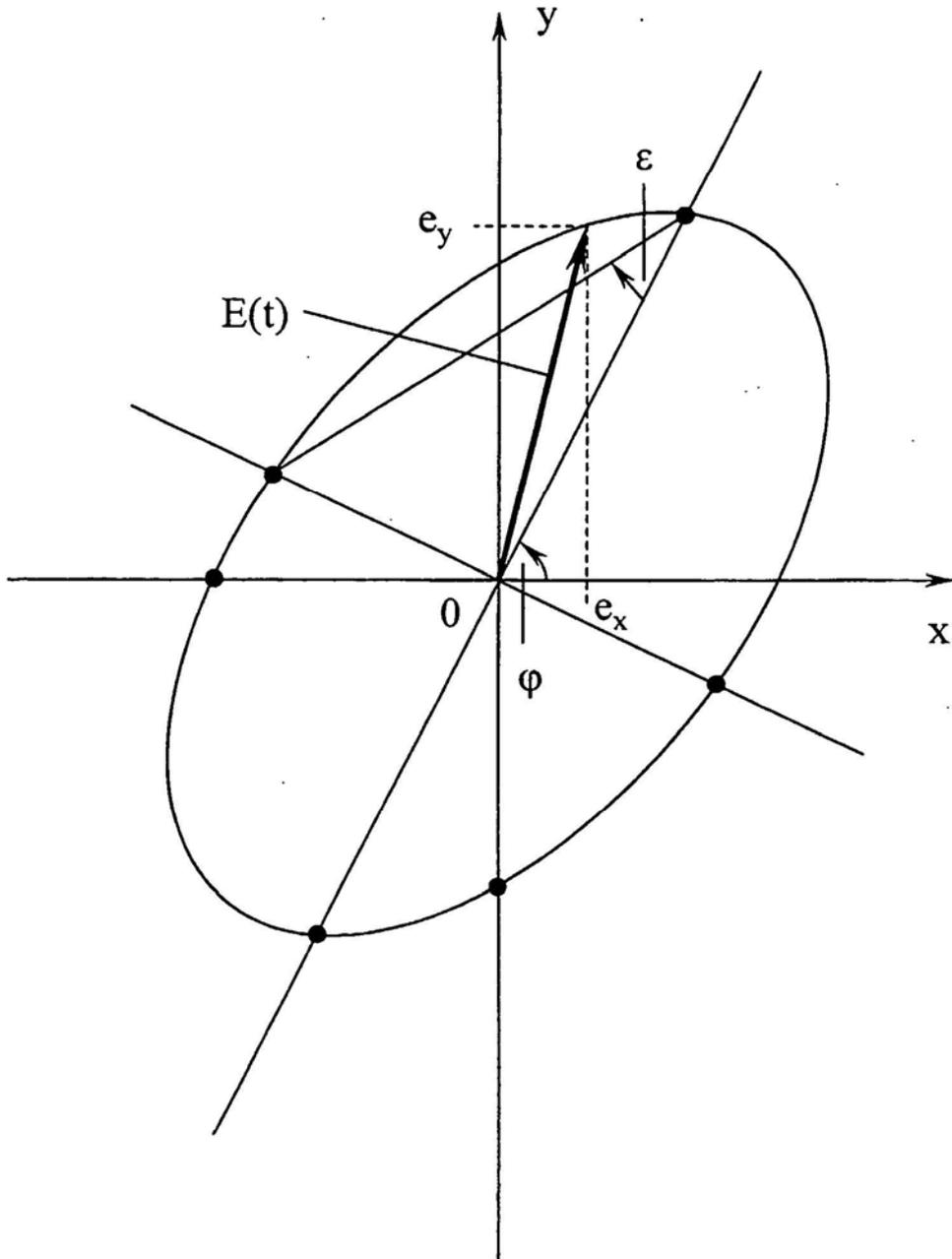


Fig. 5