

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 984 498**

51 Int. Cl.:

H01Q 9/04 (2006.01)
H01Q 5/314 (2015.01)
H01Q 5/328 (2015.01)
H01Q 5/335 (2015.01)
H01Q 1/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.08.2018 PCT/EP2018/072288**
87 Fecha y número de publicación internacional: **21.02.2019 WO19034760**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.08.2018 E 18753199 (1)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2024 EP 3669422**

54 Título: **Antena de placa que presenta dos modos de radiación diferentes a dos frecuencias de trabajo distintas, dispositivo que utiliza dicha antena**

30 Prioridad:

18.08.2017 FR 1757731

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.10.2024

73 Titular/es:

**UNABIZ (100.0%)
425 rue Jean Rostand
31670 Labège, FR**

72 Inventor/es:

JOUANLANNE, CYRIL

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 984 498 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 placa que presenta dos modos de radiación diferentes a dos frecuencias de trabajo distintas, dispositivo que utiliza dicha antena

5 Campo técnico

La presente invención pertenece al campo de las antenas. Una antena es un dispositivo que permite irradiar (transmisor) o capturar (receptor) las ondas electromagnéticas. En particular, la invención se refiere a una antena cuya estructura permite irradiar o capturar ondas radioeléctricas a dos frecuencias de trabajo distintas según dos modos de radiación diferentes y con desempeños particularmente ventajosos.

10

Estado de la técnica

15 En el campo de las antenas compactas utilizadas para las telecomunicaciones, se conocen ya las antenas conocidas por el experto en la técnica con el nombre de "antena de placa". Estas antenas también se conocen con el nombre de "antena impresa", o bajo el anglicismo "antena de parche".

20 Una antena de este tipo consiste en un elemento radiante correspondiente a una placa metálica de cualquier forma (rectangular, circular u otras formas más elaboradas) depositada generalmente sobre la superficie de un sustrato dieléctrico que tiene en el otro lado un plano conductor, o plano de tierra. El sustrato dieléctrico, que desempeña esencialmente una función de soporte mecánico del elemento radiante, puede ser sustituido por una estructura de panel cuyo comportamiento sea próximo al del aire, o incluso eliminarse si el mantenimiento mecánico del elemento radiante puede ser proporcionado por otros medios. La alimentación de la antena se realiza generalmente a través de un cable de alimentación compuesto por una sonda coaxial que atraviesa el plano de tierra y el sustrato y está conectada al elemento radiante, es decir, a la placa.

25

30 Una antena de placa, sin embargo, tiene el inconveniente de tener unas dimensiones relativamente grandes, del orden de la mitad de la longitud de onda de la frecuencia de trabajo deseada. De hecho, podemos considerar como una primera aproximación que una antena de placa con una placa rectangular se comporta como una cavidad cuyas diversas frecuencias de resonancia discretas corresponden a modos conocidos dependiendo de las dimensiones de la placa. En particular, en el modo denominado "fundamental", la antena entra en resonancia a una frecuencia cuya mitad de la longitud de onda corresponde a la longitud de la cavidad. Así, cuanto menores sean las frecuencias de trabajo deseadas, mayores deben ser las dimensiones del elemento radiante para que al menos una de las frecuencias de resonancia de la cavidad coincida con la frecuencia de trabajo.

35

40 Para superar este problema y reducir el tamaño de las antenas, se conocen también las antenas conocidas por el experto en la técnica con el nombre de "antena de cable-placa". En comparación con una antena de placa, una antena de cable-placa tiene al menos un cable conductor adicional que conecta la placa al plano de tierra. Se trata de un cable de retorno a tierra activo y que irradia a la frecuencia de trabajo considerada.

40

45 Una antena de cable-placa es la sede de dos fenómenos de resonancia, uno relativo a una resonancia de tipo serie que implementa todos los elementos constitutivos de la estructura de la antena, y el otro relativo a una resonancia de tipo paralelo que implementa los únicos elementos debidos al cable de tierra y al capacitor formado por la placa (también llamado a veces "sombrero capacitivo") y el plano de tierra. Por eso a veces se habla de "doble resonancia" para las antenas de tipo cable-placa. La llamada resonancia paralela, provocada por el cable de retorno a tierra de una antena de cable-placa, se produce a una frecuencia inferior a la frecuencia de resonancia fundamental de tipo cavidad de una antena de placa. Por lo tanto, para dimensiones de placa dadas, una antena de cable-placa presenta una frecuencia de trabajo inferior que una antena de placa.

50

55 Cabe señalar que el funcionamiento de una antena de cable-placa es muy diferente al funcionamiento de una antena de placa. En efecto, la resonancia de la que hablamos para una antena de placa es de tipo electromagnética: resonancia de una cavidad formada por el plano de tierra, la placa y las cuatro "paredes magnéticas" imaginarias que conectan los cuatro bordes de la placa al plano de tierra. La resonancia de una antena de cable-placa es de tipo eléctrica: los elementos resonantes están localizados, comparables a los componentes eléctricos.

55

60 Sin embargo, a veces es deseable disponer de una antena que sea capaz de funcionar a varias frecuencias de trabajo distintas y con diferentes modos de radiación, para responder a diferentes funciones. Estas distintas frecuencias de trabajo pueden pertenecer, por ejemplo, a bandas de frecuencias discontinuas, a veces separadas entre sí por varios cientos de megahercios.

60

65 Con este fin, se conoce combinar varias antenas en una estructura única. Por ejemplo, se conoce superponer varias antenas de tipo cable-placa, o superponer una antena de tipo placa y una antena de tipo cable-placa, para obtener un comportamiento de antena que sería equivalente al de varias antenas distintas. Estas soluciones, sin embargo, presentan varios inconvenientes, en particular el tamaño de la antena, una complejidad mecánica que aumenta su coste de fabricación, así como dificultades para adaptar la antena a las diferentes frecuencias de trabajo, lo que

conduce a una degradación del rendimiento de la antena. El documento US 2009 167617 A1 describe una antena de placa que comprende un plano de tierra y un circuito que comprende interruptores y capacitores conectados entre la placa y el plano de tierra.

5 Divulgación de la invención

La presente invención tiene como objetivo remediar total o parcialmente los inconvenientes de la técnica anterior, en particular los expuestos anteriormente.

10 Para ello, y según un primer aspecto, la presente invención se refiere a una antena según la reivindicación 1.

15 Con tales disposiciones, la antena no sólo exhibe una resonancia en modo de antena de placa (es decir, una resonancia de cavidad de tipo electromagnética) a una primera frecuencia de trabajo, sino también una resonancia en modo de antena de cable-placa (es decir, una resonancia de tipo eléctrica) en una segunda frecuencia de trabajo inferior a la primera frecuencia de trabajo. El cable de retorno a tierra es un elemento radiante a la segunda frecuencia de trabajo. Cada una de estas dos resonancias corresponde a un modo particular de radiación. El elemento capacitivo permite en particular optimizar la potencia de radiación de la antena, así como su adaptación de impedancia a las dos frecuencias de trabajo consideradas.

20 En realizaciones particulares, la radiación de la antena a la primera frecuencia de trabajo es máxima en una dirección perpendicular a la placa, y la radiación de la antena a la segunda frecuencia de trabajo es una radiación omnidireccional máxima en un plano paralelo al plano de tierra.

25 En realizaciones particulares, la invención también puede comprender una o más de las siguientes características, tomadas individualmente o en todas las combinaciones técnicamente posibles.

30 En realizaciones particulares, la placa de la antena es una placa rectangular de la cual dos ángulos opuestos de la misma diagonal están truncados de modo que la antena tiene una polarización circular a la primera frecuencia de trabajo.

En realizaciones particulares, el elemento capacitivo es un componente electrónico discreto.

En realizaciones particulares, el componente capacitivo tiene un valor capacitivo controlable.

35 En realizaciones particulares, el elemento capacitivo comprende dos electrodos, uno de los cuales está formado por una placa metálica ubicada en un extremo del cable de retorno a tierra y dispuesta frente a la placa de la antena o al plano de tierra.

40 En realizaciones particulares, la placa metálica del elemento capacitivo está situada en el extremo del cable de retorno a tierra en el lado de la placa de la antena, de modo que el otro electrodo está formado por la placa de la antena.

45 En realizaciones particulares, se realiza una ranura en la placa de antena, de modo que dicha ranura rodee completamente el punto de conexión entre el cable de retorno a tierra y la placa, y el elemento capacitivo comprende dos electrodos de los cuales un electrodo está formado por una parte de la placa de la antena que está fuera de un contorno formado por la ranura, y el otro electrodo está formado por otra parte de la placa de antena que está dentro de dicho contorno formado por la ranura.

50 En realizaciones particulares, al menos uno de los cables de retorno a tierra y de alimentación es una cinta metálica cortada en la placa de la antena.

En realizaciones particulares, la distancia entre el cable de alimentación y el cable de retorno a tierra es superior que una décima parte de la longitud de onda de la segunda frecuencia de trabajo.

55 En una realización particular, un dispositivo de transmisión comprende la antena según la invención y un generador conectado al cable de alimentación, adaptado para formar una señal eléctrica a la primera frecuencia de trabajo y/o a la segunda frecuencia de trabajo.

60 En una realización particular, un dispositivo receptor comprende la antena según la invención y un receptor conectado al cable de alimentación, adaptado para recibir una señal eléctrica a la primera frecuencia de trabajo y/o a la segunda frecuencia de trabajo.

65 En una realización particular, un dispositivo transceptor comprende la antena según la invención y está configurado para recibir una señal a la primera frecuencia de trabajo que comprende información de geolocalización transmitida por un sistema de comunicación por satélite y para transmitir a un sistema de comunicación inalámbrico terrestre una señal a la segunda frecuencia de trabajo que comprende la posición geográfica de dicho dispositivo.

Presentación de las figuras

La invención se comprenderá mejor con la lectura de la descripción que sigue, dada a modo de ejemplo no limitativo y realizada con referencia a las Figuras 1 a 15 que representan:

- 5 - Figura 1: una representación esquemática, en una vista en perspectiva, de una primera realización de una antena según la invención,
- Figura 2: una representación esquemática, en una vista en sección en un plano vertical, de la primera realización de la antena,
- 10 - Figura 3: una representación esquemática de la forma de la placa para la primera realización de la antena,
- Figura 4: una representación esquemática de una variante de la primera realización de la antena,
- Figura 5: una representación esquemática de la placa para una variante de la primera realización de la antena,
- Figura 6: un diagrama que representa el coeficiente de reflexión en la entrada de la antena para la primera realización,
- 15 - Figura 7: un diagrama de radiación a lo largo de un plano de sección vertical para la primera realización de la antena y para una primera frecuencia de trabajo,
- Figura 8: un diagrama de radiación a lo largo de un plano de sección vertical para la primera realización de la antena y para una segunda frecuencia de trabajo,
- Figura 9: un diagrama que representa el coeficiente de reflexión en la entrada de la antena para diferentes valores de un elemento capacitivo,
- 20 - Figura 10: una representación esquemática, en una vista en sección en un plano vertical, de una segunda realización de la antena,
- Figura 11: un diagrama que representa el coeficiente de reflexión en la entrada de la antena para la segunda realización,
- 25 - Figura 12: un diagrama de radiación a lo largo de un plano de sección vertical para la segunda realización de la antena y para una primera frecuencia de trabajo,
- Figura 13: un diagrama de radiación a lo largo de un plano de sección vertical para la segunda realización de la antena y para una segunda frecuencia de trabajo,
- Figura 14: una representación esquemática de la placa de antena para una tercera realización,
- 30 - Figura 15: un diagrama que representa el coeficiente de reflexión en la entrada de la antena para la tercera realización,

En estas figuras, referencias idénticas de una figura a otra designan elementos idénticos o similares. Por motivos de claridad, los elementos que se muestran no están a escala a menos que se indique lo contrario.

Descripción detallada de las realizaciones

Como se ha indicado anteriormente, la presente invención se refiere a una antena 1 cuya estructura permite irradiar o capturar ondas electromagnéticas en dos frecuencias de trabajo distintas según dos modos de radiación diferentes y con desempeños particularmente ventajosos.

En el resto de la descripción, nos situamos a modo de ejemplo y de ningún modo limitativo, en el caso de que dicha antena 1 esté integrada en un objeto conectado destinado a ser colocado, por ejemplo, en el techo de un vehículo automóvil y configurado para recibir una señal de un sistema de geolocalización por satélite (también denominado en inglés con las siglas GNSS de Global Navigation Satellite System), como por ejemplo el GPS (Global Positioning System), para determinar su posición geográfica, y transmitirla, posiblemente acompañada de otra información, a otro sistema de comunicación inalámbrico como por ejemplo una red de acceso tipo "Internet de las Cosas", o IoT (acrónimo en inglés de "Internet Of Things").

Para recibir una señal de un sistema de geolocalización satelital, la antena 1 debe tener preferiblemente una ganancia alta en una dirección vertical 18 y hacia arriba con respecto al techo del vehículo a la frecuencia de trabajo de dicho sistema de geolocalización. Si se considera, por ejemplo, el sistema GPS, la frecuencia de trabajo, es decir, la frecuencia de las señales radioeléctricas transmitidas por los satélites GPS, es de aproximadamente 1575 MHz. Asimismo, la polarización utilizada por el sistema GPS, es decir, la polarización del campo eléctrico de la onda transmitida por una antena de un satélite GPS, es una polarización circular recta, denominada RHCP (acrónimo en inglés de Right Hand Circular Polarization).

Para transmitir información a un sistema de comunicación inalámbrica del tipo IoT, es por otra parte ventajosa que la antena 1 presente, a la frecuencia de trabajo de dicho sistema de comunicación, una ganancia omnidireccional que es máxima en un plano horizontal sustancialmente paralelo al techo del vehículo. En efecto, las estaciones de base de una red de acceso de un sistema de comunicación inalámbrica de este tipo están situadas generalmente en los laterales con respecto al vehículo, y no a su vertical. En lo que resta de descripción nos situamos a título de ejemplo y de forma no limitativa en el caso de un sistema de comunicaciones inalámbricas de banda ultraestrecha. Por "banda ultra estrecha" ("Ultra Narrow Band" o UNB en la literatura anglosajona), se entiende que el espectro de frecuencia instantáneo de las señales radioeléctricas transmitidas tiene un ancho de frecuencia de menos de dos kilohercios, o incluso inferior a un kilohercio. Estos sistemas de comunicación inalámbrica UNB son particularmente adecuados para

aplicaciones de tipo IoT. Estos pueden utilizar, por ejemplo, la banda de frecuencia ISM (acrónimo de “Industrial, Científico y Médico”) situada alrededor de los 868 MHz en Europa, o la banda de frecuencia ISM situada alrededor de los 915 MHz en Estados Unidos. En tales sistemas se utiliza generalmente una polarización rectilínea.

5 Así, para el resto de la descripción, nos situamos en el caso en el que la antena 1 según la invención funciona a dos frecuencias de trabajo distintas: una primera frecuencia de trabajo cercana a 1575 MHz correspondiente a la frecuencia del sistema GPS, y una segunda frecuencia de trabajo ubicada en una banda ISM soportada por la red de comunicación inalámbrica tipo IoT considerada, por ejemplo, la banda de 868 MHz o la banda de 915 MHz.

10 La Figura 1 representa esquemáticamente, en una vista en perspectiva, una primera realización de dicha antena. En el ejemplo ilustrado en la Figura 1, la antena 1 comprende un primer elemento radiante en forma de una placa 10 metálica de forma cuadrada. Según otros ejemplos, la placa 10 podría ser rectangular, hexagonal, circular o tener cualquier otra forma.

15 La placa 10 está dispuesta frente a un plano de tierra 11. En el resto de la descripción, se considera de forma no limitativa que la placa 10 es plana. Sin embargo, según otros ejemplos, nada excluye tener una placa 10 no plana. Además, se considera que la placa 10 está dispuesta horizontalmente y de forma sustancialmente paralela con respecto al plano de tierra 11. Según otros ejemplos alternativos, la placa 10 puede estar ligeramente inclinada con respecto al plano de tierra 11. La distancia que separa la placa 10 del plano de tierra 11 es muy inferior que las dimensiones de la placa 10 y las longitudes de onda de las frecuencias de trabajo de la antena. Por ejemplo, esta distancia es al menos inferior a una décima parte de la longitud de onda de la primera frecuencia de trabajo. Las dos superficies metálicas correspondientes a la placa 10 y al plano de tierra 11 pueden estar dispuestas, por ejemplo, a ambos lados de un sustrato dieléctrico 14 que desempeña entonces la función de soporte mecánico. En otros ejemplos, el sustrato dieléctrico 14 puede sustituirse por una estructura de panal cuyo comportamiento es próximo al del aire, o puede eliminarse si la retención mecánica de la placa 10 con respecto al plano de tierra 11 se garantiza por otros medios. Las dimensiones del plano de tierra 11 son generalmente superiores que las de la placa 10. En el ejemplo considerado en el que la antena está integrada en un objeto conectado destinado a ser colocado en el techo de un vehículo automóvil, el techo metálico del vehículo puede desempeñar también la función de un plano de tierra cuyas dimensiones son muy grandes con respecto a las dimensiones de la placa 10. La importancia de las dimensiones de la placa 10 y del plano de tierra 11 se discutirá más adelante en la descripción.

La placa 10 y el plano de tierra 11 están conectados mediante un cable de alimentación 12. El cable de alimentación 12 puede ser, por ejemplo, de manera convencional, una sonda coaxial que pasa a través del plano de tierra 11 y el sustrato dieléctrico 14 y está conectada a la placa 10.

35 Además, la antena 1 comprende un cable de retorno a tierra 13 que conecta la placa 10 al plano de tierra 11. Como se detallará más adelante, este cable de retorno a tierra 13 desempeña la función de un segundo elemento radiante a la segunda frecuencia de trabajo. Preferiblemente, el cable de alimentación 12 y/o el cable de retorno a tierra 13 están dispuestos sustancialmente perpendiculares al plano de tierra. En el caso en el que el cable de alimentación 12 y el cable de retorno a tierra 13 sean ambos perpendiculares al plano de tierra 11 y a la placa 10, entonces también están dispuestos sustancialmente paralelos entre dicho plano de tierra 11 y dicha placa 10.

40 De manera más general, por “cable” se entiende un conductor de cualquier sección, no necesariamente circular. En particular, el cable de alimentación 12 y/o el cable de retorno a tierra 13 podrían ser una cinta metálica.

45 En transmisión, la antena 1 convierte un voltaje o una corriente eléctrica existente en el cable de alimentación 12 en un campo electromagnético. Esta alimentación eléctrica se realiza, por ejemplo, mediante un generador de voltaje o de corriente 16.

50 Por el contrario, durante la recepción, un campo electromagnético recibido por la antena 1 se convierte en una señal eléctrica que luego puede amplificarse.

De manera general, una antena pasiva se puede modelar mediante un componente que tenga una cierta impedancia vista en la entrada de la antena. Se trata de una impedancia compleja cuya parte real corresponde a la parte “activa” de la antena, es decir, a una disipación de energía por pérdidas óhmicas y radiación electromagnética, y cuya parte imaginaria corresponde a la parte “reactiva” de la antena, es decir, a un almacenamiento en forma de energía eléctrica (comportamiento capacitivo) y magnética (comportamiento inductivo). Si a una frecuencia particular, llamada frecuencia de resonancia, la inductancia y la capacitancia de la antena son tales que sus efectos se anulan entre sí, entonces la antena equivale a una resistencia pura, y si las pérdidas óhmicas son insignificantes, la potencia suministrada a la antena es casi completamente irradiada. Este comportamiento se observa si la parte imaginaria de la antena es nula.

60 Por otro lado, para asegurar la máxima transferencia de potencia entre una fuente de energía eléctrica y una antena, es necesario asegurar una adaptación de impedancias. La adaptación permite anular el coeficiente de reflexión, convencionalmente denominado S_{11} , en la entrada de la antena. El coeficiente de reflexión es la relación entre la onda reflejada en la entrada de la antena y la onda incidente. Si no se asegura la adaptación, una parte de la potencia se

devuelve a la fuente. En la práctica, para garantizar una buena adaptación de impedancia, la antena debe tener una impedancia igual a la de la línea de transmisión, o sea, generalmente 50 ohmios.

5 Dicho de otro modo, para obtener un comportamiento óptimo de la antena 1 en términos de radiación, se debe asegurar que se comporte, para el generador que la alimenta y a una frecuencia de resonancia predeterminada, como una carga cuya parte real se acerque a un valor determinado, casi siempre 50 ohmios, y cuya parte imaginaria es nula o casi nula. Para ello, es habitual insertar entre el generador 16 y la antena 1 un circuito electrónico de transformación de impedancia, denominado "circuito de adaptación" 17, que modifica la impedancia de entrada de la antena 1 vista desde la fuente y garantiza la adaptación de impedancia. Un circuito de adaptación 17 de este tipo puede incluir, por ejemplo, elementos pasivos tales como filtros basados en inductancias y capacitancias o líneas de transmisión.

15 La placa 10 y el plano de tierra 11 se pueden comparar con una cavidad resonante que puede considerarse, a baja frecuencia, como un capacitor que almacena cargas y en el que se crea un campo eléctrico uniforme entre el plano de tierra 11 y la placa 10. Mientras la distancia que separa el plano de tierra 11 y la placa 10 sea pequeña en comparación con la longitud de onda de las frecuencias consideradas, el campo eléctrico está orientado según un eje perpendicular al plano horizontal que contiene el plano de tierra 11. A alta frecuencia, la distribución de cargas en la placa 10 ya no es uniforme, y es igualmente el caso para la distribución de corriente y la del campo eléctrico. También aparece un campo magnético. Se conoce entonces que, para determinadas frecuencias, denominadas frecuencias de resonancia de cavidad, vinculadas a las dimensiones de la cavidad (es decir, vinculadas a las dimensiones de la placa 10), la distribución del campo eléctrico es tal que la radiación de la antena es optimizada. Tales frecuencias $F_{m,n}$ se definen según la siguiente expresión por pares (m, n) donde m y n son números enteros mayores o iguales a 0, siendo al menos uno de m o n distinto de cero, que representan los modos de cavidad:

25

$$F_{m,n} = \frac{c}{2\pi\sqrt{\epsilon_r}} \sqrt{\left(\frac{m\pi}{L}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{l}\right)^2}$$

30

expresión en la que:

- 35 - c es la velocidad de la luz en el vacío
- ϵ_r es la permitividad relativa para el sustrato dieléctrico 14
- L es la longitud de la placa 10
- l es el ancho de la placa 10

40 Entonces parece claro que si se considera que la permitividad relativa es cercana a 1 (por ejemplo, en el caso en que el sustrato dieléctrico 14 se reemplaza por el aire ambiente), para un modo, llamado modo de resonancia de cavidad fundamental, para el cual m es 1 y n es 0, la frecuencia de resonancia es tal que la mitad de su longitud de onda corresponde a la longitud L de la placa. Cabe señalar que para el ejemplo considerado descrito con referencia a la Figura 1, la longitud L y el ancho l son ambos iguales a la longitud de un lado de la placa 10 que tiene forma cuadrada.

45 Así, se puede obtener por ejemplo una radiación con una resonancia de cavidad de tipo electromagnética para una primera frecuencia de trabajo de 1575 MHz utilizando una longitud de un lado de la placa 10 próxima a 9 cm, o aproximadamente la mitad de la longitud de onda correspondiente a esta frecuencia. Sin embargo, otros parámetros tales como, por ejemplo, la distancia que separa la placa 10 del plano de tierra 11 o el valor de la permitividad del sustrato dieléctrico 14 pueden influir en la longitud de la placa 10 para la cual se obtiene una resonancia de cavidad. En el ejemplo considerado para la primera realización, la placa 10 es un cuadrado de 8,5 cm de lado. En la primera frecuencia de trabajo de 1575 MHz, la antena 1 se comporta de manera similar a la de una antena de placa. La adaptación de impedancia de dicha antena se obtiene generalmente cuando el cable de alimentación 12 está situado al nivel de un lado de la placa 10 en lugar de hacia su zona central.

55 Por otra parte, la placa 10 y el cable de retorno a tierra 13 pueden desempeñar la función de dos elementos que tienen un comportamiento radiante de tipo eléctrico. La antena 1 tiene entonces un comportamiento similar al de una antena de cable-placa. La antena 1 puede ser, en particular, la sede de una resonancia de tipo paralelo utilizando el cable de retorno a tierra 13 y el condensador formado por la placa 10 y el plano de tierra 11. Esta llamada resonancia paralela provocada por el cable de retorno a tierra 13 tiene lugar a una frecuencia inferior a la de la frecuencia de resonancia fundamental de tipo cavidad mencionada anteriormente.

60 Si la forma de la placa 10 no es determinante para esta radiación de tipo eléctrica, el valor de su superficie tiene una incidencia en la frecuencia de trabajo. En particular, cuanto más pequeña sea la superficie de la placa 10, mayor será la frecuencia de resonancia de tipo cable-placa. Para una placa 10 cuadrada, la frecuencia de resonancia del tipo cable-placa es generalmente tal que un cuarto de su longitud de onda está cerca de la longitud de un lado de la placa

10, pero nuevamente otros parámetros de la estructura de la antena 1 pueden influir en la frecuencia de resonancia. En el ejemplo considerado para la primera realización, se obtiene una radiación de tipo eléctrica para una segunda frecuencia de trabajo de 868 MHz.

5 Cabe señalar que sería posible obtener una segunda frecuencia de trabajo más alta reduciendo la superficie de la placa 10, por ejemplo, utilizando una placa de forma rectangular de longitud L fija con respecto a la longitud de onda de la primera frecuencia de trabajo, y eligiendo ventajosamente el ancho l de la placa para obtener la segunda frecuencia de trabajo deseada.

10 Cabe señalar que los dos modos de funcionamiento de la antena 1 descritos anteriormente son fundamentalmente diferentes. En efecto, se trata por una parte, a una frecuencia de 1575 MHz, de una resonancia de tipo electromagnético (resonancia en modo antena de placa) correspondiente a la resonancia de una cavidad formada por el plano de tierra 11, la placa 10 y las cuatro "paredes magnéticas" imaginarias que conectan los cuatro bordes de la placa 10 al plano de tierra 11, y por otra parte, a una frecuencia de 868 MHz, de una resonancia de tipo eléctrica (resonancia en modo antena de cable-placa), es decir una resonancia cuyos elementos resonantes están localizados, comparables a los componentes eléctricos (en particular, el conjunto formado por el plano de tierra 11 y la placa 10 es comparable a un condensador mientras que el cable de retorno a tierra 13 presenta una inductancia). En la realización de una antena 1 de este tipo, una gran dificultad reside en la posibilidad de adaptar la impedancia de la antena 1 a los dos modos de funcionamiento correspondientes a dos modos de radiación diferentes.

20 Muchos parámetros influyen en la adaptación de impedancia de la antena 1, como por ejemplo la posición del cable de alimentación 12, la del cable de retorno a tierra 13, la distancia que separa el cable de alimentación 12 del cable de retorno a tierra 13, su diámetro, etc. Por tanto, es posible jugar con estos diferentes parámetros para obtener la mejor adaptación de impedancia posible.

25 También es posible actuar sobre el circuito de adaptación 17 para mejorar esta adaptación de impedancia. Sin embargo, el rendimiento de una antena es generalmente mejor si su impedancia se adapta a su propia estructura en lugar de a un circuito de adaptación insertado entre el generador 16 y la antena 1.

30 Generalmente resulta inútil poder adaptar la impedancia de la antena 1 descrita anteriormente para las dos frecuencias de trabajo consideradas utilizando sólo los parámetros antes mencionados y/o colocando un circuito de adaptación 17 entre la antena 1 y el generador 16, manteniendo al mismo tiempo un rendimiento razonable de la antena. Esta es la razón por la que se coloca un elemento capacitivo adicional 15a en serie con el cable de retorno a tierra 13 entre el cable de alimentación 12 y el plano de tierra 11. Como se ha explicado anteriormente, se trata de garantizar que la antena 1 se comporte, para el generador 16 que la alimenta y a una frecuencia de resonancia predeterminada, como una carga cuya parte real se aproxima a un valor determinado, casi siempre 50 ohmios, y cuya la parte imaginaria es nula o casi nula. El elemento capacitivo 15a tiene una impedancia que depende de su valor capacitivo y de la frecuencia utilizada. Modifica así la impedancia de la antena 1 y puede permitir obtener una adaptación de la impedancia en las dos frecuencias de trabajo consideradas. En particular, puede compensar la inductancia que representa el cable de retorno a tierra 13.

45 También cabe señalar que, para obtener una resonancia de tipo eléctrico a la segunda frecuencia de trabajo, es importante que exista un acoplamiento inductivo entre el cable de alimentación 12 y el cable de retorno a tierra 13. Por tanto, estos dos cables deben estar suficientemente cerca uno del otro. Sin embargo, resulta que la adaptación de la impedancia de la antena 1 a la primera frecuencia de trabajo es mejor si el cable de alimentación 12 se coloca a un lado de la placa 10 mientras que el cable de retorno a tierra 13 debe colocarse hacia la zona central de la placa 10. De hecho, como se detallará más adelante con referencia a la Figura 8, es importante que el cable de retorno a tierra 13 esté colocado hacia el centro de la placa 10 para optimizar la radiación de tipo monopolar con una polarización rectilínea a la segunda frecuencia de trabajo. Además, para obtener una resonancia de tipo cavidad a la primera frecuencia de trabajo, es importante que la corriente eléctrica que fluye a través del cable de retorno a tierra 13 a esta frecuencia sea lo más baja posible. Esto puede favorecerse colocando el cable de retorno a tierra 13 en un punto correspondiente a un nodo de campo eléctrico a la primera frecuencia de trabajo, es decir, en un punto donde el campo eléctrico es particularmente débil, o incluso casi cero, a la primera frecuencia de trabajo. Este es particularmente el caso en el centro de la placa 10.

55 Esta distancia relativamente grande entre el cable de alimentación 12 y el cable de retorno a tierra 13 es uno de los elementos que distingue la antena 1 según la invención de las antenas de cable-placa convencionales para las cuales esta distancia debe ser generalmente inferior a una décima parte de la longitud de onda de la frecuencia de trabajo considerada, lo que no es el caso de la antena 1 según la invención.

60 Preferiblemente, el cable de retorno a tierra 13 tiene un diámetro al menos cuatro veces mayor que el diámetro del cable de alimentación 12.

65 La Figura 2 representa esquemáticamente en una vista en sección en un plano vertical la primera realización de la antena 1 descrita anteriormente con referencia a la Figura 1. Esta vista en sección permite en particular constatar que el cable de alimentación 12 cruza el plano de tierra 11 para conectarse a un generador 16 o a un receptor. Cabe

señalar que el cable de alimentación 12, en este caso, debe estar aislado del plano de tierra 11 en el punto donde lo cruza.

El elemento capacitivo 15a utilizado en esta primera realización es un componente electrónico discreto, por ejemplo, un condensador, conectado por un lado al plano de tierra 11 y por el otro lado al cable de retorno a tierra 13.

La Figura 2 también permite aclarar lo que se entiende por dirección vertical 18. Esta es la dirección hacia arriba perpendicular al plano que contiene el plano de tierra 11 que se considera horizontal. Entonces podemos definir un ángulo Θ formado entre esta dirección vertical 18 y otra dirección. Este ángulo será de particular interés para definir la radiación de la antena 1 en las diferentes direcciones del espacio.

La Figura 3 es una representación esquemática de la forma de la placa 10 para una realización particular de la antena 1. Como se indicó anteriormente, la polarización del campo eléctrico de la onda emitida por una antena de un satélite GPS es una polarización circular recta (RHCP). Para obtener tal polarización para la onda electromagnética radiada por la antena 1 en la primera frecuencia de trabajo, se truncan dos ángulos opuestos de la misma diagonal de la placa 10. En el ejemplo considerado para la primera realización, la parte truncada en cada uno de dichos ángulos es un triángulo rectángulo isósceles cuya hipotenusa tiene una longitud de 25 mm.

Sin embargo, cabe señalar que existen otros medios para obtener una polarización circular, como por ejemplo excitando la antena 1 con dos fuentes desfasadas 90° .

La Figura 4 es una representación esquemática de una variante de la primera realización descrita con referencia a las Figuras 1 a 3 para la cual el cable de retorno a tierra 13 atraviesa el plano de tierra 11. En este caso, el cable de retorno a tierra 13 debe estar aislado del plano de tierra 11 en el punto donde lo atraviesa. El componente capacitivo 15a se conecta entonces por un lado a tierra y por el otro lado al extremo del cable de retorno a tierra 13 y que ha atravesado el plano de tierra 11. Ventajosamente, el cable de retorno a tierra 13 y/o el cable de alimentación 12 pueden servir entonces como soporte mecánico de la placa 10 con respecto al plano de tierra 11.

Las principales características de la primera realización de la antena 1 descrita anteriormente con referencia a las Figuras 1 a 4 se dan a continuación a modo de ejemplo no limitativo. La placa 10 es un cuadrado con un lado de 8,5 cm. La distancia que separa el plano de tierra 11 de la placa 10 es de 10 mm. Las dimensiones del plano de tierra 11 no son decisivas, pero en el ejemplo considerado son del orden de tres a cuatro veces las de la placa 10. El cable de alimentación 12 tiene un diámetro de 1 mm y está situado en el centro de uno de los lados de la placa 10, a una distancia igual a 10 mm de dicho lado. El cable de retorno a tierra 13 tiene un diámetro de 4 mm y está colocado en el centro de la placa 10. La distancia que separa el cable de alimentación 12 del cable de retorno a tierra 13 es por tanto de aproximadamente 32,5 mm. El valor del componente capacitivo 15a es 21,3 pF. El circuito de adaptación 17 es un circuito convencional en serie/paralelo (llamado circuito "L") que implica una inductancia de 12,6 nH y un condensador de 2 pF.

La Figura 5 es una representación esquemática en perspectiva de la placa 10 de la antena 1 para una variante de la realización descrita con referencia a la Figura 4. En esta variante, el cable de alimentación 12 y el cable de retorno a tierra 13 son dos cintas metálicas cortadas de la placa 10 y dobladas perpendicularmente a la placa. Las dimensiones de las ranuras correspondientes a los huecos debidos a los recortes en la placa 10 son suficientemente pequeñas (por ejemplo, aproximadamente 3 mm de ancho) para no tener ningún impacto en el desempeño de la antena. Un aspecto particularmente interesante de esta variante es el de simplificar la fabricación de la antena puesto que entonces ya no es necesario conectar cables a la placa 10. De hecho, las cintas metálicas desempeñan la función de cable de alimentación 12 y de cable de retorno a tierra 13 y son solidarias a la placa 10. Las cintas metálicas, al ser rígidas por naturaleza, pueden desempeñar también la función de soporte mecánico de la placa 10 con respecto al plano de tierra 11.

La Figura 6 es un diagrama que representa el coeficiente de reflexión en la entrada de la antena 1 para la primera realización descrita anteriormente con referencia a las Figuras 1 a 4. En términos generales, el coeficiente de reflexión, convencionalmente denominado S_{11} y expresado en dB, es la relación entre la onda reflejada a la entrada de una antena y la onda incidente. Depende de la impedancia de entrada de la antena y de la impedancia de la línea de transmisión que conecta el generador a la antena.

La curva 20 representa la evolución del coeficiente de reflexión S_{11} de la primera realización de la antena 1 en función de la frecuencia. Una frecuencia de resonancia correspondiente a la primera frecuencia de trabajo de 1575 MHz está indicada por el marcador triangular n.º 3. Otra frecuencia de resonancia correspondiente a la segunda frecuencia de trabajo de 868 MHz está indicada por el marcador triangular n.º 2. Cada frecuencia de resonancia corresponde a un mínimo del coeficiente de reflexión S_{11} . Se necesita un valor cercano a -13 dB para la resonancia a 1575 MHz, y un valor cercano a -16 dB para la resonancia a 868 MHz. Un valor mínimo del coeficiente de reflexión generalmente corresponde a una frecuencia para la cual la antena tiene impedancia adaptada. Un criterio típico es tener, por ejemplo, un coeficiente de reflexión inferior a -10 dB en la banda pasante de la antena, es decir, en la banda de frecuencia en la que se realiza la transferencia de energía de la fuente de alimentación a la antena (o de la antena al receptor) es máxima. La curva 20 permite por tanto confirmar que con las características enumeradas anteriormente para la primera

realización descrita con referencia a las Figuras 1 a 4, la antena 1 está adaptada en impedancia a las dos frecuencias de trabajo consideradas.

5 La Figura 7 representa un diagrama de radiación a lo largo de un plano de sección vertical para la primera realización de la antena 1 para la primera frecuencia de trabajo de 1575 MHz. Representa las variaciones de la potencia radiada por la antena 1 en diferentes direcciones en el espacio. Indica en particular las direcciones del espacio en las que la potencia radiada es máxima.

10 La curva 22a corresponde a la radiación según polarización circular derecha (RHCP). Presenta un solo lóbulo cuya dirección principal está orientada a lo largo de la vertical 18 ($\Theta = 0^\circ$) hacia arriba. Es en esta dirección donde la energía transmitida o recibida por la antena es máxima. La ganancia máxima es de aproximadamente 10 dBi y se observa un ángulo de apertura a 3 dB de aproximadamente 60° .

15 La curva 22b corresponde a la radiación según la polarización circular izquierda (LHCP). Presenta un lóbulo en la dirección vertical 18 hacia arriba y otro lóbulo en una dirección a 60° de la vertical 18 ($\Theta = 60^\circ$). Para estas dos direcciones, la ganancia máxima es sólo de unos -10 dBi. Por tanto, hay aproximadamente 20 dB de diferencia de ganancia entre la polarización RHCP y la polarización LHCP en la dirección vertical 18 hacia arriba. Estos valores permiten obtener una buena discriminación de los dos tipos de polarizaciones circulares en esta dirección. La antena 1 es así particularmente eficiente en polarización RHCP a la primera frecuencia de trabajo de 1575 MHz en esta dirección vertical 18 y hacia arriba. Por tanto, está totalmente adaptada para recibir señales provenientes de satélites del sistema GPS.

25 La Figura 8 representa un diagrama de radiación a lo largo de un plano de sección vertical para la primera realización de la antena 1 para la segunda frecuencia de trabajo de 868 MHz.

30 La curva 21 corresponde en particular a la radiación de la antena 1 a esta frecuencia según una polarización rectilínea según la vertical 18. Es importante para la radiación omnidireccional de tipo monopolar (es decir, correspondiente a la radiación de un monopolo). En particular, se puede observar un lóbulo con simetría de revolución. La radiación es máxima horizontalmente, es decir paralela al plano de tierra ($\Theta = 90^\circ$), y es nula verticalmente, es decir perpendicular a este último ($\Theta = 0^\circ$). La antena tiene una ganancia de aproximadamente 5 dBi en las direcciones horizontales ($\Theta = 90^\circ$). Se observa una pérdida de ganancia superior a 3 dB con respecto a la ganancia máxima para ángulos Θ con respecto a la vertical 18 inferiores o iguales a aproximadamente 40° . La posición del cable de retorno a tierra 13 en el centro de la placa 10 permite ventajosamente favorecer esta radiación omnidireccional de tipo monopolar con una polarización rectilínea inscrita en un plano que contiene el cable de retorno a tierra 13 (el campo eléctrico de la onda electromagnética radiada o recibida por la antena mantiene una dirección fija a lo largo del eje del cable de retorno a tierra 13, es decir a lo largo de la vertical 18). La antena 1 es así particularmente eficaz en polarización rectilínea a la segunda frecuencia de trabajo de 868 MHz en direcciones principalmente horizontales. Por lo tanto, es totalmente adecuada para transmitir señales a una red de acceso de tipo IoT que funcione alrededor esta frecuencia.

40 Cabe señalar que los diagramas de radiación de las Figuras 7 y 8 solo presentan radiación en el espacio ubicado por encima del plano de tierra 11 de la antena 1 ($-90^\circ \leq \Theta \leq 90^\circ$). Esto se debe al hecho de que las dimensiones del plano de tierra 11 son suficientemente grandes en comparación con las dimensiones de la placa 10 para que refleje las ondas emitidas por la antena hacia arriba. Por ejemplo, las dimensiones del plano de tierra 11 son al menos diez veces mayores que las de la placa 10, especialmente cuando el techo del vehículo automóvil desempeña la función de plano de tierra.

La Figura 9 representa el coeficiente de reflexión S_{11} en la entrada de la antena 1 para diferentes valores del componente capacitivo 15a.

50 La curva 23 representa el coeficiente de reflexión S_{11} para un primer valor de capacitancia de 21,3 pF para el cual se obtiene una resonancia de tipo eléctrica para una segunda frecuencia de trabajo cercana a 868 MHz (que pertenece por ejemplo a una banda de frecuencia ISM en Europa para la red IoT considerada). El marcador triangular n.º 4 indica un valor mínimo de S_{11} inferior a -16 dB para esta frecuencia.

55 La curva 24 representa el coeficiente de reflexión S_{11} para un segundo valor de capacitancia de 17 pF para el cual se obtiene una resonancia de tipo eléctrica para una segunda frecuencia de trabajo cercana a 893 MHz (que pertenece por ejemplo a una banda de frecuencia ISM en Estados Unidos para la red IoT considerada). El marcador triangular n.º 3 indica un valor mínimo de S_{11} del orden de -15 dB para esta frecuencia.

60 La curva 25 representa el coeficiente de reflexión S_{11} para un tercer valor de capacitancia de 13,8 pF para el cual se obtiene una resonancia de tipo eléctrico para una segunda frecuencia de trabajo cercana a 923 MHz (que pertenece por ejemplo a una banda de frecuencia ISM en Australia o Japón para la red IoT considerada). El marcador triangular n.º 1 indica un valor mínimo de S_{11} del orden de -14 dB para esta frecuencia.

65

Para estos tres valores del componente capacitivo 15a, siempre se obtiene una frecuencia de resonancia fundamental de tipo cavidad para la primera frecuencia de trabajo de 1575 MHz. El marcador triangular n.º 2 indica un valor mínimo de S_{11} del orden de -14 dB para esta frecuencia.

5 La experiencia muestra que es posible, por ejemplo, variar el valor de la capacitancia del componente capacitivo 15a de 10 pF a 50 pF para obtener una resonancia de tipo eléctrica para una segunda frecuencia de trabajo que varía entre 800 MHz y 1 GHz. Cuanto mayor sea el valor de la capacitancia, menor será el valor de la segunda frecuencia de trabajo para la cual se obtiene una resonancia de tipo eléctrica. Para este rango de valores de la capacitancia del componente capacitivo 15a entre 10 pF y 50 pF, el funcionamiento de la antena 1 a la primera frecuencia de trabajo
10 no se ve afectado. Para valores de la capacitancia del componente capacitivo 15a inferiores a 10 pF o superiores a 50 pF, ya no parece posible adaptar la antena 1 a los dos modos de radiación deseados.

Así, es muy fácil adaptar la fabricación de una antena 1 según la zona geográfica en la que está destinada a funcionar. En efecto, es suficiente cambiar el valor capacitivo del componente capacitivo 15a para obtener un valor de la segunda
15 frecuencia de trabajo correspondiente a la frecuencia de funcionamiento de la red de acceso de tipo IoT para el área geográfica considerada. También es posible utilizar un componente capacitivo 15a cuyo valor capacitivo sea controlable, por ejemplo, un condensador variable, un diodo varicap (del inglés "variable capacitor", un componente DTC (siglas en inglés de "Digitally Tunable Capacitor"), o bien un conmutador a diferentes capacidades, para que una misma y única antena 1 pueda funcionar en diferentes zonas geográficas donde se utilizan diferentes frecuencias de
20 trabajo de la red de acceso tipo IoT.

La Figura 10 es una representación esquemática, según una vista en sección en un plano vertical, de una segunda realización de la antena 1.

25 En este segundo modo de realización particular, el elemento capacitivo 15b comprende dos electrodos, uno de los cuales es una placa metálica 19 situada frente a la placa 10 que corresponde al otro electrodo. Por lo tanto, el elemento capacitivo 15b se coloca nuevamente en serie con el cable de retorno a tierra 13 entre el cable de alimentación 12 y el plano de tierra 11. En el ejemplo ilustrado en la Figura 10 para esta segunda realización, la placa 19 se coloca en el extremo del cable de retorno a tierra 13 que está en el lado de la placa 10, pero nada impediría, según otro ejemplo,
30 colocar en el otro extremo del cable de retorno a tierra 13 que está del lado del plano de tierra 11 (en este caso es el plano de tierra 11, y no la placa 10, que corresponde al otro electrodo del elemento capacitivo 15b).

En esta segunda realización, es posible, por ejemplo, utilizar un circuito impreso 31 (PCB en inglés para "Printed Circuit Board"), uno de cuyos lados está completamente metalizado para producir la placa 10, y del cual sólo una
35 pequeña superficie de la otra cara está metalizada para producir la placa inferior 19 del elemento capacitivo 15b. Esto permite en particular facilitar la fabricación de la antena 1 porque el cable de retorno a tierra 13 puede entonces desempeñar la función de soporte mecánico del circuito impreso 31 que incluye tanto la placa 10 como el elemento capacitivo 15b. En el ejemplo considerado para esta segunda realización, la placa 19 es un disco de 10 mm de diámetro y la distancia entre la placa 19 y la placa 10 es de 0,1 mm.

40 Además, en esta segunda realización, la adaptación de impedancia de la antena 1 se realiza únicamente ajustando los diferentes parámetros de la estructura de dicha antena. De este modo se elimina el circuito de adaptación 17 de la primera realización descrita con referencia a las Figuras 1 a 4.

45 Las Figuras 11, 12 y 13 representan respectivamente el coeficiente de reflexión y los diagramas de radiación de la antena 1 según esta segunda realización a una primera frecuencia de trabajo de 1575 MHz y a una segunda frecuencia de trabajo cercana a 988 MHz.

La curva 25 en la Figura 11 representa el coeficiente de reflexión de la antena 1. En la Figura 12, la curva 27 representa su diagrama de radiación a 1575 MHz según una polarización RHCP mientras que la curva 28 representa su diagrama de radiación según la polarización LHCP. La curva 26 en la Figura 13 representa el diagrama de radiación de la antena
50 1 a 988 MHz según una polarización rectilínea vertical.

Cabe señalar que, a diferencia de los diagramas de radiación de las Figuras 7 y 8, los diagramas de las Figuras 12 y
55 13 presentan una radiación en todo el espacio, incluso bajo el plano horizontal que contiene el plano de tierra 11 de la antena 1 ($90^\circ < \Theta < 270^\circ$). Esto se debe al hecho de que, para la segunda realización, las dimensiones del plano de tierra 11 no son suficientemente grandes en comparación con las de la placa 10 para que refleje completamente hacia arriba las ondas emitidas por la antena. Por otro lado, si consideramos que la antena está colocada en el techo de un vehículo automóvil, entonces el techo del vehículo desempeñaría la función de un plano de tierra infinito, y la radiación
60 observada estaría exclusivamente en el espacio situado por encima del plano de tierra.

De estas diferentes curvas se desprende que incluso si los desempeños de la antena 1 según la segunda realización son un poco menos buenos que los de la antena 1 según la primera realización, siguen siendo muy satisfactorios para los modos de funcionamiento esperados, es decir, la recepción de señales GPS y la transmisión de mensajes en una
65 red de acceso IoT.

De hecho, a 1575 MHz la antena tiene un coeficiente S_{11} de aproximadamente -18 dB y una ganancia cercana a 10 dBi en la dirección vertical $18 (\Theta = 0^\circ)$ para la polarización RHCP. En esta dirección, la ganancia es de -2 dBi para la polarización LHCP. Por lo tanto, siempre es posible una discriminación de la polarización RHCP con respecto a la polarización LHCP, incluso si la diferencia de ganancia entre estas dos polarizaciones es menos significativa que en la primera realización. A 988 MHz, se observa un coeficiente S_{11} de aproximadamente -13 dB y una ganancia cercana a 2 dBi en las direcciones horizontales (Θ cercana a 90°).

La Figura 14 muestra una tercera realización de la antena 1. En particular, la parte a) de la Figura 14 es una representación esquemática de la placa 10 de la antena 1 para esta tercera realización. En esta tercera realización, se hace una ranura 30 en la placa 10 de manera que rodee completamente el punto de conexión entre el cable de retorno a tierra 13 y la placa 10. Aparece entonces un elemento capacitivo 15c: uno de sus electrodos está formado por la parte 10a de la placa 10 que está fuera del contorno formado por la ranura 30, y su otro electrodo está formado por la parte 10b de la placa 10 que está dentro de dicho contorno formado por la ranura 30. Así, en lugar de utilizar un componente electrónico discreto 15a o una placa metálica 19, el elemento capacitivo 15c se realiza a partir de una ranura 30 en la placa 10 a nivel del extremo del cable de retorno a tierra 13 que está en contacto con la placa 10.

La parte b) de la Figura 14 es una ampliación de la forma particular de la ranura 30. En el ejemplo considerado, la ranura 30 está inscrita en un cuadrado lateral de longitud L igual a 10,2 mm, y el grosor de la ranura 30 es de 0,2 mm. La forma particular de la ranura 30 permite maximizar el valor de la capacitancia para una superficie dada (en este caso a veces se habla de "capacitancia interdigitada"). Las dimensiones de la ranura 30 podrían variar dependiendo del sustrato dieléctrico 14 utilizado. Además, es posible variar la forma de la ranura 30 para obtener diferentes valores de capacitancia.

Es importante señalar que el elemento capacitivo 15c producido a partir de la ranura 30 en esta tercera realización distingue la antena 1 de ciertas antenas de cable-placa de la técnica anterior para las cuales también se realizan ranuras en la placa. De hecho, la ranura 30 corresponde a un elemento capacitivo 15c colocado en serie con el cable de retorno a tierra 13 entre el cable de alimentación 12 y el plano de tierra 11. Así, a diferencia de las antenas de cable-placa de la técnica anterior que utilizan ranuras, para la antena 1 según la tercera realización descrita con referencia a la Figura 14 no existe conexión eléctrica directa entre el cable de alimentación 12 y el cable de retorno a tierra 13 porque la ranura 30 rodea completamente el punto de conexión entre el cable de retorno a tierra 13 y la placa 10.

La Figura 15 representa el coeficiente de reflexión a la entrada de la antena para esta tercera realización. Se encuentran allí claramente las dos frecuencias de resonancia para las que la antena 1 está adaptada en impedancia. En particular, el marcador n.º 1 indica la segunda frecuencia de resonancia alrededor de 982 MHz y el marcador n.º 2 indica la primera frecuencia de resonancia a 1575 MHz.

La invención también se refiere a un dispositivo de transmisión que comprende una antena 1 según cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente y un generador 16 conectado al cable de alimentación 12, adaptado para formar una señal eléctrica a la primera frecuencia de trabajo y/o a la segunda frecuencia de trabajo. Por ejemplo, el generador 16 aplica un voltaje o una corriente eléctrica al cable de alimentación 12 a la primera frecuencia de trabajo y/o a la segunda frecuencia de trabajo, generando así un campo electromagnético irradiado por la antena 1. Según otros ejemplos, el dispositivo de transmisión podría comprender también dos generadores conectados a la antena 1, por ejemplo, a través de un duplexor.

La invención también se refiere a un dispositivo receptor que comprende una antena 1 según cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente y un receptor conectado al cable de alimentación 12, adaptado para recibir una señal eléctrica a la primera frecuencia de trabajo y/o a la segunda frecuencia de trabajo. Por ejemplo, el receptor extrae una señal a la primera frecuencia de trabajo y/o a la segunda frecuencia de trabajo a partir de variaciones de un voltaje o de una corriente eléctrica inducidas en el cable de alimentación 12 por el campo eléctrico de una onda electromagnética captada por la antena 1.

Más particularmente, la invención se refiere a un dispositivo transceptor que comprende una antena 1 según cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente y que permite recibir, a la primera frecuencia de trabajo de la antena 1, una señal radioeléctrica que comprende información de geolocalización transmitida por un sistema de comunicación por satélite, y transmitir a un sistema de comunicación inalámbrico terrestre, a la segunda frecuencia de trabajo de la antena 1, una señal radioeléctrica que comprende la posición geográfica de dicho dispositivo posiblemente acompañada de otras informaciones.

Estos dispositivos incluyen, de manera convencional, uno o más microcontroladores, y/o circuitos lógicos programables (del tipo FPGA, PLD, etc.), y/o circuitos integrados especializados (ASIC), y/o un conjunto de componentes electrónicos discretos, y un conjunto de medios, que se consideran conocidos por el experto en la técnica, para realizar el procesamiento de señales (filtro analógico o digital, amplificador, conversor analógico/digital, muestreador, modulador, demodulador, oscilador, mezclador, etc.).

Dependiendo de la realización de la antena 1 elegida, estos dispositivos pueden incluir o no un circuito de adaptación 17 entre la línea de transmisión que transporta la señal de radiofrecuencia y la antena. En particular, para la segunda realización de la antena 1 descrita anteriormente con referencia a la Figura 10, es posible prescindir de dicho circuito de adaptación porque la antena 1, por su propia estructura, se adapta perfectamente en impedancia a las dos frecuencias de trabajo consideradas.

La descripción anterior ilustra claramente que, a través de sus diferentes características y sus ventajas, la presente invención logra los objetivos fijados. En particular, la antena 1 según la invención permite el funcionamiento a dos frecuencias distintas según dos modos de radiación diferentes y con desempeños muy satisfactorios obtenidos gracias a una buena adaptación de la impedancia en cada una de las dos frecuencias de trabajo consideradas. Además, la invención ofrece la posibilidad de ajustar fácilmente al menos una de las frecuencias de trabajo variando el valor del elemento capacitivo (15a, 15b, 15c). Finalmente, la estructura mecánica de la antena 1 según la invención facilita su fabricación y reduce su volumen en comparación con las soluciones de la técnica anterior. También se reduce el coste de fabricación de dicha antena 1.

De manera más general, cabe señalar que las realizaciones consideradas anteriormente se han descrito a modo de ejemplos no limitativos y que, por lo tanto, son posibles otras variantes. En particular, se pueden obtener diferentes frecuencias de trabajo variando ciertos parámetros de la antena como por ejemplo las dimensiones de la placa 10, el diámetro y/o la posición del cable de alimentación 12 y del cable de retorno a tierra 13, el valor del sustrato dieléctrico 14, la distancia entre la placa 10 y el plano de tierra 11, el valor del elemento capacitivo 15a, 15b, 15c, etc.

Cabe señalar, finalmente, que la invención encuentra una aplicación particularmente ventajosa para un dispositivo destinado a recibir señales provenientes de satélites GPS y a transmitir información a un sistema de comunicación inalámbrica del tipo IoT, pero podría tener otras aplicaciones, por ejemplo, para sistemas de comunicación que utilizan otras bandas de frecuencia. Además, nada impediría que un dispositivo que utiliza una antena 1 según la invención se configure para transmitir y recibir en cada una de las dos frecuencias de trabajo de la antena.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Antena (1) que comprende un plano de tierra (11), una placa metálica (10) dispuesta frente a dicho plano de tierra (11), un cable de alimentación (12) que permite conectar dicha placa (10) a un generador (16) o un receptor, de manera que la antena (1) tiene una frecuencia de resonancia en modo antena de placa, denominada "primera frecuencia de trabajo", dicha antena (1) está caracterizada porque comprende, además:
 - 10 - un cable de retorno a tierra (13) que conecta la placa (10) al plano de tierra (11), el cable de retorno a tierra (13) está dispuesto sustancialmente perpendicular a la placa (10) y al plano de tierra (11) y colocado sustancialmente en el centro de la placa (10),
 - 15 - un elemento capacitivo (15a, 15b, 15c) dispuesto en serie con el cable de retorno a tierra (13) entre el cable de alimentación (12) y el plano de tierra (11), y porque el cable de retorno a tierra (13) es un elemento radiante a una "segunda frecuencia de trabajo", inferior a dicha primera frecuencia de trabajo, de manera que la antena (1) tiene una frecuencia de resonancia en modo antena de cable-placa a dicha segunda frecuencia de trabajo.
- 20 2. Antena (1) según la reivindicación 1, en la que la placa (10) es una placa rectangular donde dos ángulos opuestos de una misma diagonal están truncados de modo que la antena (1) presenta una polarización circular a dicha primera frecuencia de trabajo.
- 25 3. Antena (1) según una de las reivindicaciones 1 a 2, en la que el elemento capacitivo (15a) es un componente electrónico discreto.
4. Antena (1) según la reivindicación 3, en la que el componente capacitivo (15a) tiene un valor capacitivo controlable.
- 30 5. Antena (1) según una de las reivindicaciones 1 a 2 en la que el elemento capacitivo (15b) comprende dos electrodos, de los cuales un electrodo está formado por una placa metálica (19) situada en un extremo del cable de retorno a tierra (13) y dispuesto frente a la placa (10) de la antena (1) o al plano de tierra (11).
- 35 6. Antena (1) según la reivindicación 5 en la que dicha placa metálica (19) del elemento capacitivo (15b) está situada en el extremo del cable de retorno a tierra (13) en el lado de la placa (10) de la antena (1), de manera que el otro electrodo está formado por la placa (10) de la antena (1).
- 40 7. Antena (1) según una de las reivindicaciones 1 a 2 en la que se realiza una ranura (30) en la placa (10) de manera que dicha ranura (30) rodea completamente el punto de conexión entre el cable de retorno a tierra (13) y la placa (10), y el elemento capacitivo (15c) comprende dos electrodos, de los cuales un electrodo está formado por una parte (10a) de la placa (10) que está fuera de un contorno formado por la ranura (30), y el otro electrodo está formado por otra parte (10b) de la placa (10) que está dentro de dicho contorno formado por la ranura (30).
- 45 8. Antena (1) según una de las reivindicaciones 1 a 7, en la que al menos uno de los cables de retorno a tierra (13) y de alimentación (12) es una cinta metálica cortada en la placa (10).
9. Antena (1) según una de las reivindicaciones 1 a 8 en la que la distancia entre el cable de alimentación (12) y el cable de retorno a tierra (13) es superior a una décima parte de la longitud de onda de la segunda frecuencia de trabajo.
- 50 10. Dispositivo transmisor que comprende una antena (1) según una de las reivindicaciones 1 a 9 y un generador (16) conectado al cable de alimentación (12), adaptado para formar una señal eléctrica a la primera frecuencia de trabajo y/o a la segunda frecuencia de trabajo.
- 55 11. Dispositivo receptor que comprende una antena (1) según una de las reivindicaciones 1 a 9 y un receptor conectado al cable de alimentación (12), adaptado para recibir una señal eléctrica a la primera frecuencia de trabajo y/o a la segunda frecuencia de trabajo.
- 60 12. Dispositivo transceptor que comprende una antena (1) según una de las reivindicaciones 1 a 9 configurada para recibir una señal a la primera frecuencia de trabajo que comprende información de geolocalización transmitida por un sistema de comunicación por satélite y para transmitir a un sistema de comunicación inalámbrica terrestre una señal a la segunda frecuencia de trabajo que comprende la posición geográfica de dicho dispositivo.

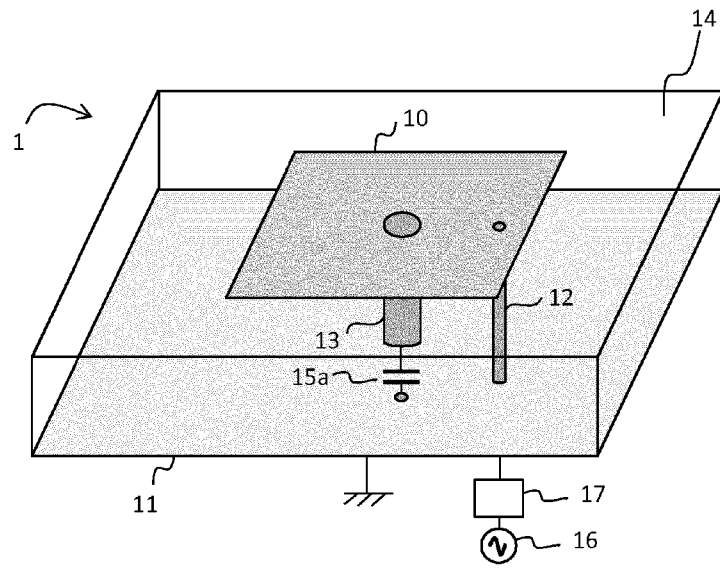


Figura 1

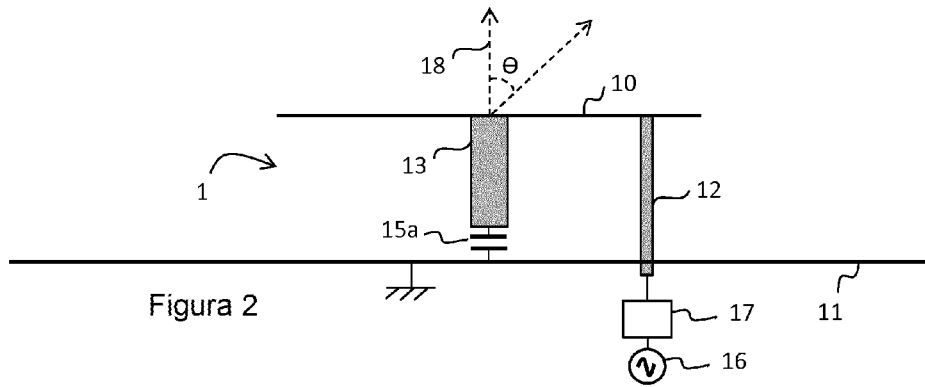


Figura 2

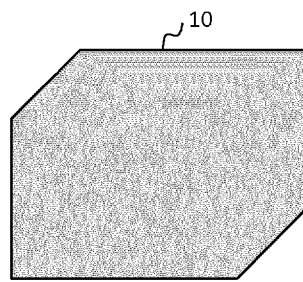


Figura 3

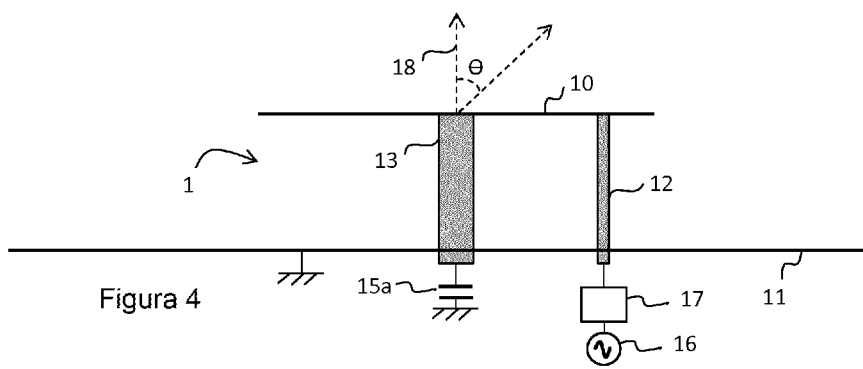


Figura 4

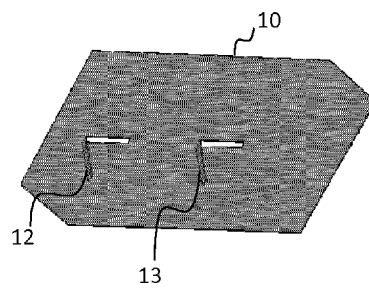


Figura 5

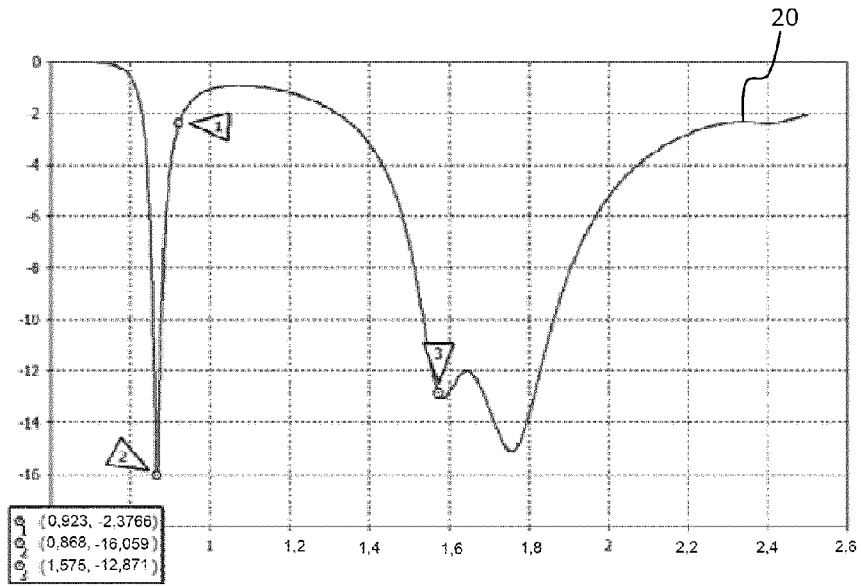


Figura 6

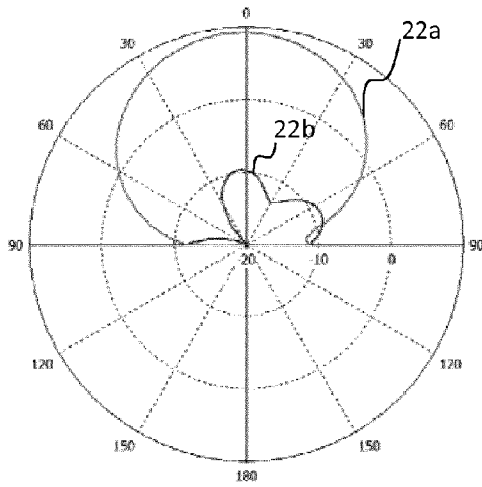


Figura 7

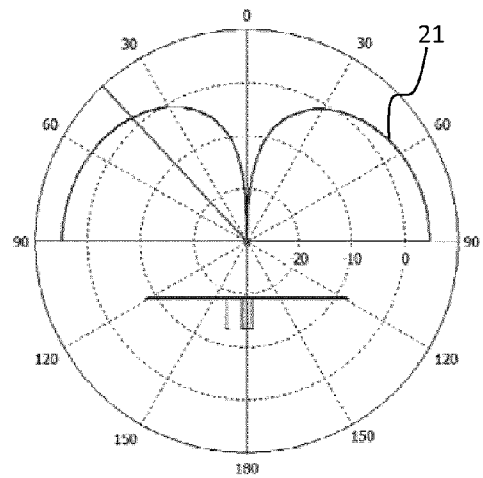


Figura 8

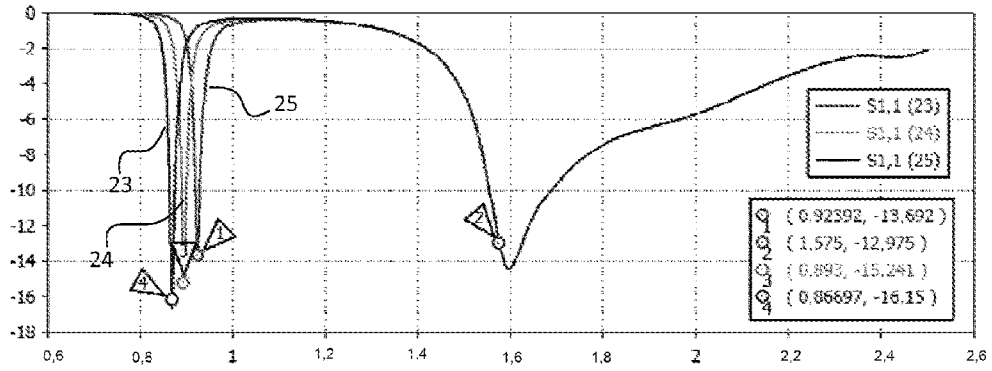


Figura 9

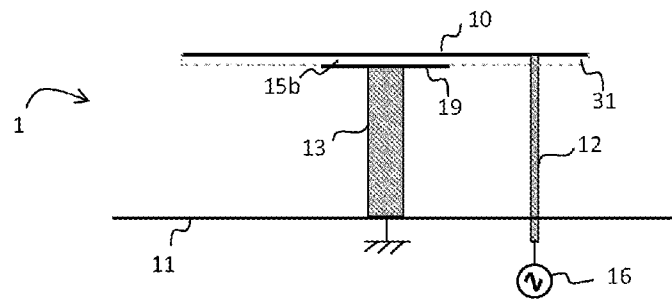


Figura 10

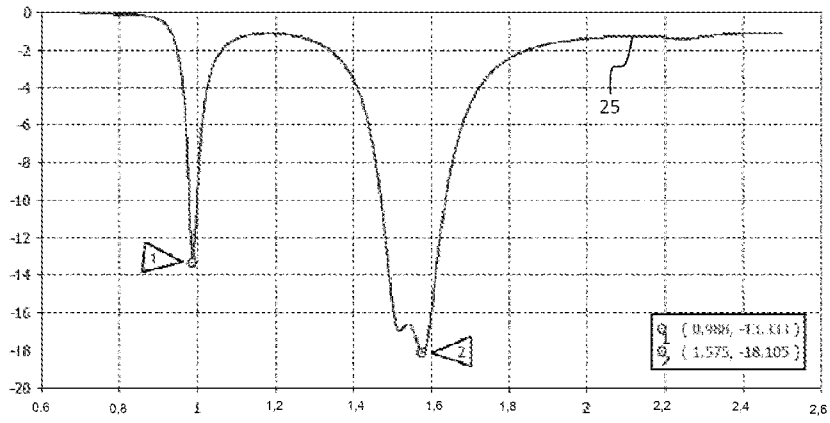


Figura 11

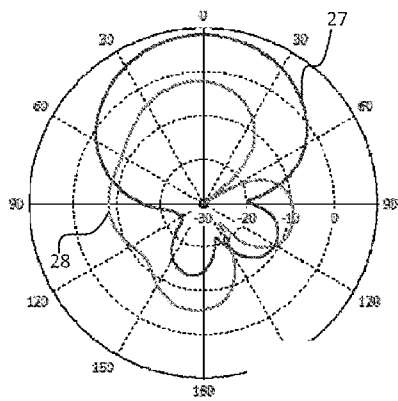


Figura 12

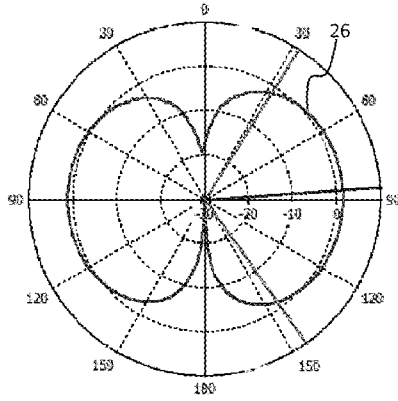


Figura 13

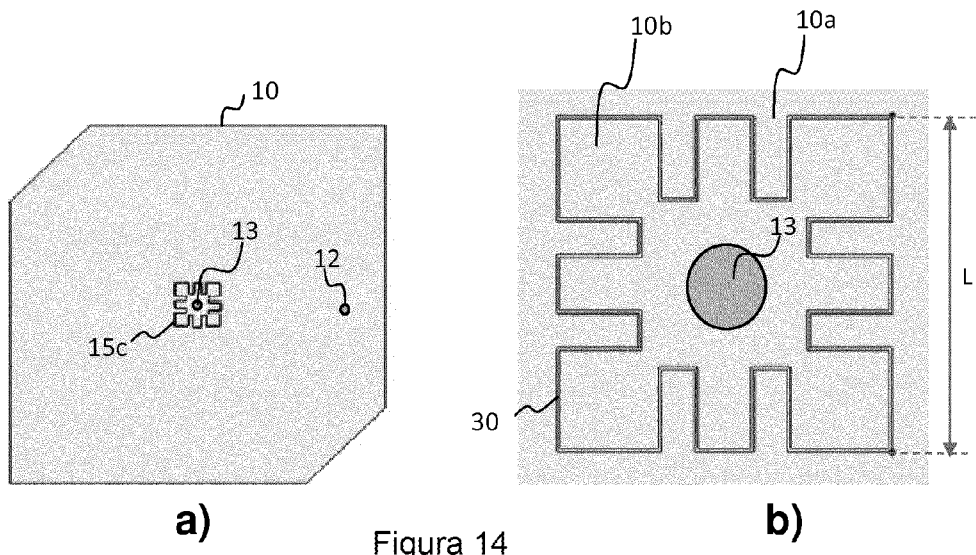


Figura 14

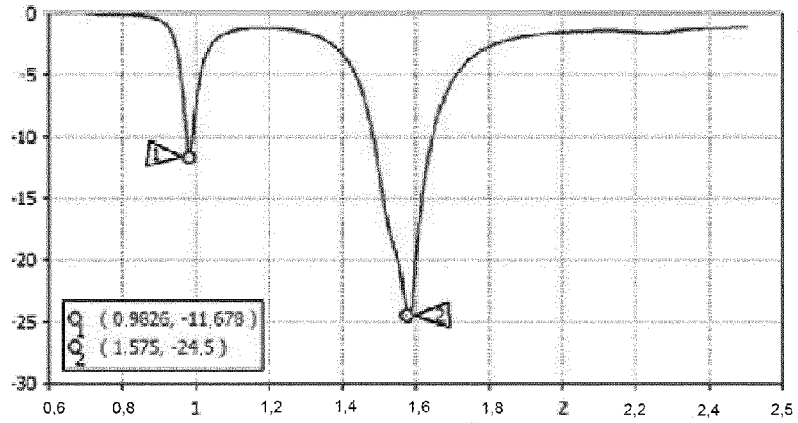


Figura 15