

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 637 281**

51 Int. Cl.:

H01Q 1/00 (2006.01)

H01Q 13/20 (2006.01)

H04B 5/00 (2006.01)

H04B 7/0413 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.12.2011 PCT/EP2011/073867**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.06.2013 WO13091717**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2011 E 11810597 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.05.2017 EP 2795719**

54 Título: **Cobertura MIMO sobre cables bidireccionales con fugas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.10.2017

73 Titular/es:
TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)
(100.0%)
164 83 Stockholm, SE

72 Inventor/es:
COLDREY, MIKAEL;
ASPLUND, HENRIK;
JOHANSSON, MARTIN y
NILSSON, ANDREAS

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 637 281 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

Cobertura MIMO sobre cables bidireccionales con fugas

Campo técnico

5 La presente invención se refiere al campo de los sistemas de comunicación inalámbrica interior y, en particular, a los sistemas de comunicación de múltiples entradas múltiples salidas (MIMO) de interior que utilizan cables con fugas para comunicarse con equipos de usuario situados dentro de una estructura física tal como un edificio.

Antecedentes

10 Una gran parte de la carga de tráfico actual en la comunicación inalámbrica proviene de usuarios dentro de estructuras físicas como edificios de oficinas, centros comerciales, cafés y restaurantes, etc. Proporcionar a los usuarios de interiores una buena cobertura, una alta tasa de bits y una comunicación eficiente desde el punto de vista espectral desde estaciones base fuera de la estructura física es muy desafiante debido, por ejemplo, a la pérdida de penetración que se produce cuando las señales de comunicación se propagan a través de las paredes del edificio.

15 Una forma bien conocida de mejorar la cobertura interior es desplegar un sistema de comunicación inalámbrica destinado a uso en interiores que comprende una estación base de radio (RBS) interior conectada a un sistema de antenas distribuidas (DAS), en el que las antenas están situadas en el interior y distribuidas cerca de los usuarios. Un ejemplo de un DAS es el llamado cable con fugas que esencialmente es cables coaxiales con ranuras o huecos a lo largo de toda su longitud que permiten que el cable "filtre" las ondas electromagnéticas en su entorno. Un cable con fugas puede usarse tanto para transmitir como para recibir ondas electromagnéticas, es decir, permite una comunicación bidireccional. Los cables con fugas se han utilizado tradicionalmente en, por ejemplo, minas, pozos de ascensor, a lo largo de túneles ferroviarios, etc., pero se han vuelto cada vez más populares para desplegar en edificios de oficinas, centros comerciales y otros grandes complejos de interior.

20 Las comunicaciones de Múltiples Entradas Múltiples Salidas (MIMO) son típicamente aplicables en interiores donde se buscan altas tasas de bits. Sin embargo, los cables con fugas son relativamente caros y complicados de instalar debido a su peso y rigidez, y en aplicaciones de flujo múltiple, tales como en comunicaciones MIMO, es necesario instalar varios cables más o menos en paralelo lo que complica la instalación y los hace aún más caros de usar. Dado que un cable con fugas filtra energía a lo largo de toda su longitud, y dado que las instalaciones requieren a menudo cables bastante largos, la relación señal a ruido (SNR) experimentada por un dispositivo de usuario situado cerca del extremo del cable con fugas es mucho menor que si estuviera situado al principio del cable. Esto conduce a una distribución de capacidad muy sesgada a lo largo del cable con fugas que no es deseada. Una manera de combatir esta "asimetría de capacidad" es introducir múltiples amplificadores de radiofrecuencia, o repetidores, a lo largo del cable con fugas que pueden amplificar la señal que se propaga a través del cable. Sin embargo, estos amplificadores no sólo son costosos, sino que también necesitan fuentes de alimentación en cada punto de instalación, lo que tanto complica como incrementa incluso más el coste de la instalación. Por lo tanto, encontrar una forma de ofrecer una buena cobertura interior con una alta tasa de bits y una comunicación espectralmente eficiente utilizando cables con fugas, que también sea rentable y no demasiado compleja de instalar, es por lo tanto muy buscado.

25 La solicitud de patente europea EP 0 442 259 A1 describe un sistema de comunicación inalámbrica para comunicarse con el equipo de usuario situado dentro del área del túnel usando cables radiales.

40 Compendio de la invención

Con la descripción anterior en mente, entonces, un aspecto de la presente invención es proporcionar un sistema de comunicaciones inalámbricas que comprende un nodo (tal como una estación base de radio) y al menos un cable con fugas que intenta mitigar, aliviar o eliminar una o más de las deficiencias anteriormente identificadas en la técnica y desventajas individualmente o en cualquier combinación.

45 Un primer aspecto de la presente invención se refiere a un sistema de comunicaciones inalámbricas para comunicarse con equipos de usuario situados dentro de una estructura física, que comprende un nodo que tiene al menos dos puertos de antena y que está adaptado para comunicación inalámbrica con dicho equipo de usuario y al menos un cable con fugas que tiene dos extremos, caracterizado porque cada extremo de dicho al menos un cable con fugas está conectado a uno de dichos puertos de antena de dicho nodo, en el que dicho al menos un cable con fugas se proporciona al menos parcialmente dentro de dicha estructura física y estando adaptado para comunicación inalámbrica sobre un canal de radio con dicho equipo de usuario.

50 El sistema de comunicación inalámbrico comprende además un primer divisor de señales que tiene al menos dos puertos de antena de divisor de señales y al menos un puerto de nodo de divisor de señales conectado a uno de dichos al menos dos puertos de antena de dicho nodo, un segundo divisor de señales que tiene al menos dos puertos de antena de divisor de señales y al menos un puerto de nodo de divisor de señales conectado a uno de dichos al menos dos puertos de antena de dicho nodo, en el que cada extremo de dicho al menos un cable con

fugas está conectado, a través de uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de uno de dicho primer divisor de señales y dicho segundo divisor de señales, a uno de dichos puertos de antena de dicho nodo.

5 El sistema de comunicación inalámbrica en el que ambos extremos de un primer cable con fugas pueden conectarse cada uno a uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de dicho primer divisor de señales, mientras que ambos extremos de un segundo cable con fugas pueden conectarse cada uno a uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de dicho segundo divisor de señales.

10 El sistema de comunicación inalámbrica en el que un extremo de un primer cable con fugas puede estar conectado a uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de dicho primer divisor de señales mientras que el otro extremo de dicho primer cable con fugas puede estar conectado a uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de dicho segundo divisor de señales y un extremo de un segundo cable con fugas pueden estar conectado a uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de dicho primer divisor de señales mientras que el otro extremo de dicho segundo cable con fugas puede estar conectado a uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de dicho segundo divisor de señales.

15 El sistema de comunicación inalámbrica puede estar adaptado para la comunicación de múltiples entradas múltiples salidas con dicho equipo de usuario.

20 Un segundo aspecto de la presente invención se refiere a un método para proporcionar comunicación inalámbrica entre un nodo y un equipo de usuario situado dentro de una estructura física, comprendiendo el método configurar dicho nodo, que tiene al menos dos puertos de antena, para comunicación inalámbrica con dicho equipo de usuario, configurar al menos un cable con fugas, que tiene un primer extremo y un segundo extremo, para comunicación inalámbrica, caracterizado por conectar cada extremo de dicho al menos un cable con fugas a uno de dichos puertos de antena de dicho nodo, proporcionar dicho al menos un cable con fugas al menos parcialmente dentro de dicha estructura física, y configurar dicho al menos un cable con fugas para comunicación inalámbrica por encima de un canal de radio con dicho equipo de usuario.

25 El método comprende además conectar un primer divisor de señales que tiene al menos dos puertos de antena de divisor de señales y al menos un puerto de nodo de divisor de señales a uno de dichos al menos dos puertos de antena de dicho nodo, conectar un segundo divisor de señales que tiene al menos dos puertos de antenas de divisor de señales y al menos un puerto de nodo de divisor de señales conectado a uno de dichos al menos dos puertos de antena de dicho nodo y conectar cada extremo de dicho al menos un cable con fugas, a través de uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de uno de dicho primer divisor de señales y dicho segundo divisor de señales, a uno de dichos puertos de antena de dicho nodo.

30 El método puede comprender además conectar ambos extremos de un primer cable con fugas a cada uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de dicho primer divisor de señales y conectar ambos extremos de un segundo cable con fugas a cada uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de dicho segundo divisor de señales.

35 El método puede comprender además conectar un extremo de un primer cable con fugas a uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de dicho primer divisor de señales, conectar el otro extremo de dicho primer cable con fugas a uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de dicho segundo divisor de señales, y conectar un extremo de un segundo cable con fugas a uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de dicho primer divisor de señales, y conectar el otro extremo de dicho segundo cable con fugas a uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de dicho segundo divisor de señales.

40 El método puede comprender además adaptar dicho nodo, dichos primer y segundo divisores de señales y dicho al menos un cable con fugas para comunicación de múltiples de entradas múltiple salidas con dicho equipo de usuario.

45 El método puede comprender además proporcionar dicho primer cable con fugas y dicho segundo cable con fugas en dicha estructura física de tal manera que se desplieguen en paralelo entre sí para proporcionar esencialmente la misma cobertura interior.

El método puede comprender además proporcionar dicho primer cable con fugas y dicho segundo cable con fugas en dicha estructura física de tal manera que se desplieguen para proporcionar cobertura interior de dos áreas separadas en dicha estructura física.

50 Cualesquiera de las características del segundo aspecto de la presente invención anterior se pueden combinar, de cualquier manera posible, para formar diferentes realizaciones de la presente invención. Todos los beneficios descritos en conjunción con el primer aspecto de la presente invención pueden aplicarse de la misma manera al segundo aspecto de la presente invención.

Breve descripción de los dibujos

Otros objetos, características y ventajas de la presente invención aparecerán a partir de la siguiente descripción detallada de algunas realizaciones y variantes de la invención, en la que algunas realizaciones o variantes de la invención se describirán con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 5 la figura 1 ilustra una configuración de diversidad convencional o MIMO usando dos cables de fugas paralelos conectados a un nodo desplegados a lo largo de un pasillo dentro de una estructura física, según la técnica anterior; y
- 10 la figura 2 ilustra una configuración MIMO utilizando un solo cable con fugas, conectado en ambos extremos a un nodo, desplegado a lo largo de un pasillo dentro de una estructura física, según la técnica anterior; y
- Figura. La figura 3 ilustra una configuración SISO o SIMO/MISO utilizando un solo cable con fugas, conectado en ambos extremos a un divisor de señales conectado a un nodo, desplegado a lo largo de un pasillo dentro de una estructura física; y
- 15 la figura 4 ilustra una configuración MIMO utilizando dos cables con fugas, conectados a dos divisores de señales conectados a un nodo, desplegados a lo largo de un pasillo dentro de una estructura física, según una realización de la presente invención; y
- la figura 5 ilustra otra configuración MIMO utilizando dos cables con fugas, conectados a dos divisores de señales conectados a un nodo, desplegados a lo largo de un pasillo dentro de una estructura física, según una realización de la presente invención; y
- 20 la figura 6a ilustra otra instalación MIMO utilizando dos cables con fugas, conectados a dos divisores de señales conectados a un nodo, desplegados a lo largo de un pasillo dentro de una estructura física, según una realización de la presente invención; y
- la figura 6b ilustra una configuración MIMO utilizando dos cables con fugas, conectados a dos divisores de señales conectados a un nodo, desplegados a lo largo de dos pasillos dentro de una estructura física, según una realización de la presente invención; y
- 25 la figura 7 muestra un diagrama de flujo que describe un método según una realización no reivindicada de la presente invención; y
- la figura 8 muestra otro diagrama de flujo que describe un método según una realización de la presente invención; y
- 30 la figura 9a muestra una simulación de la capacidad MIMO 2 por 2, con una SNR objetivo de 20dB, a lo largo de un pasillo cuando se utiliza un despliegue con dos cables de fugas paralelos en comparación con un despliegue con un solo cable con fugas alimentado desde ambos extremos, según una realización de la presente invención; y
- 35 la figura 9b muestra una simulación de la capacidad MIMO 2 por 2, con una SNR objetivo de 30dB, a lo largo de un pasillo cuando se utiliza un despliegue con dos cables de fugas paralelos en comparación con un despliegue utilizando un solo cable con fugas alimentado desde ambos extremos según una realización de la presente invención; y
- 40 la figura 10 muestra un ejemplo de cómo una instalación de un sistema de cable con fugas único dispuesto para comunicación SISO según la técnica anterior puede ser modificada, a bajo coste, a un sistema de cable con fugas dispuesto para comunicación MIMO según una realización no reivindicada de la presente invención.

Descripción detallada

A continuación, se describirán con mayor detalle realizaciones de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran realizaciones de la invención. Esta invención puede, sin embargo, estar incorporada en muchas formas diferentes y no debería interpretarse como limitada a las realizaciones expuestas en la presente memoria. Más bien, estas realizaciones se proporcionan para que esta descripción sea minuciosa y completa, y transmita completamente el alcance de la invención a los expertos en la técnica. Los signos de referencia similares se refieren a elementos similares a lo largo de la descripción.

Una forma de ofrecer una buena cobertura interior, junto con una comunicación espectralmente eficiente y una tasa de bits alta, es utilizar un sistema de comunicaciones de múltiples entradas múltiples salidas (MIMO) inalámbricas de interior que comprende un nodo (es decir, estación base de radio) y un sistema de antena distribuida (DAS).

Un DAS es típicamente una red de nodos de antena espacialmente separados conectados a una fuente común, tal como una estación base de radio, un nodo o un repetidor que a través de un canal de radio proporcionan servicios inalámbricos dentro de una estructura física. Un ejemplo de un DAS es el llamado cable con fugas. Un cable con fugas se define generalmente como que es un cable aislado (normalmente un cable coaxial apantallado) con rendijas o ranuras a través del aislamiento que permiten que las señales de comunicación transportadas a lo largo de su longitud emanen, de una manera controlada, al entorno inmediato circundante. Los cables con fugas también se conocen en la literatura como cables radiantes o antenas de ranura con ondas de fuga.

La figura 1 muestra un ejemplo de un sistema de comunicaciones MIMO 100 que utiliza cables con fugas desplegados en una estructura física 101.

Una estructura física 101 puede ser cualquier tipo de estructura hecha por el hombre, tal como un edificio de almacenamiento múltiple que tiene varios espacios interiores (tales como habitaciones, pasillos, etc.) de diferentes tamaños y formas, a un pequeño edificio similar a una casa que contiene sólo un espacio (una habitación) interior. El término estructura física 101 también debería interpretarse que incluye cualquier estructura física semicerrada hecha por el hombre o cualquiera no hecha por el hombre tal como un túnel, mina, cueva o similar, en donde el cable con fugas puede ser desplegado parcialmente dentro de dicha estructura física semicerrada y parcialmente fuera de dicha estructura física semicerrada. Un ejemplo de un cable con fugas desplegado parcialmente dentro de una estructura física semicerrada es un cable con fugas que se despliega a lo largo de un túnel de carretera en el que una parte del cable con fugas sobresale en cada extremo de dicho túnel de carretera. En los siguientes ejemplos, se elige una estructura física 101 en forma de un edificio de oficinas cuadrado con un pasillo 102 que pasa a lo largo de todos los lados del edificio y con un espacio interior abierto (un jardín) en el medio del edificio para ilustrar diferentes realizaciones y variantes de realizaciones según la presente invención.

En la figura 1, un nodo 103, que puede ser una estación base de radio, un repetidor o algún otro tipo de dispositivo de comunicación capaz de manejar comunicaciones MIMO, está conectado a dos cables con fugas 104, 105, un cable con fugas 104 ilustrado por una línea que pasa desde el nodo 103 a lo largo del pasillo 102 y que termina 108 cerca del nodo 103, y un segundo cable con fugas 105 ilustrado por una línea de puntos que pasa desde el nodo 103 a lo largo del pasillo 102 y que termina 109 cerca del nodo 103. El equipo de usuario (UE) 106 puede comunicarse inalámbricamente a través de un canal 107, a través de los cables con fugas 104, 105, con el nodo 103, que a su vez puede permitir que dicho UE 106 se comunique con otro UE (no mostrado). El UE 106 puede ser cualquier tipo de equipo capaz de comunicarse de forma inalámbrica, tal como teléfonos móviles y equipos informáticos (es decir, ordenadores portátiles, ordenadores de sobremesa, almohadillas, etc.). El UE 106 puede estar estacionario en dicho pasillo 102 en la estructura física 101 o puede ser capaz de moverse (es decir, móvil) a lo largo del pasillo 102 dentro de la estructura física 101. El UE 106 puede o no estar adaptado para la comunicación MIMO con los cables con fugas 104, 105 y el nodo 103. Cada cable con fugas 104, 105 está provisto de tal manera que proporciona esencialmente la misma cobertura interior unificada del pasillo 102 en dicha estructura física 101. El término "esencialmente" debería ser interpretado como que significa tanto "exactamente lo mismo" como "cerca de, pero no exactamente igual", ya que en realidad sería muy difícil lograr exactamente la misma cobertura del pasillo 102 usando dos cables físicos (incluso colocados uno encima del otro).

El sistema de comunicaciones MIMO 100 que utiliza dos cables con fugas mostrados en la figura 1, desafortunadamente tiene varios inconvenientes. Los cables con fugas son relativamente caros y complicados de instalar debido a su peso y rigidez, y en aplicaciones de flujo múltiple como en comunicaciones MIMO, es necesario instalar varios cables más o menos en paralelo lo que complica el proceso de instalación y hace que el sistema sea incluso más costoso de implementar. Dado que un cable con fugas filtra energía a lo largo de toda su longitud, tiene una gran atenuación por metro de cable, lo que significa que la relación de señal a ruido (SNR) experimentada por un UE 106 situado cerca de los extremos 108, 109 de los cables con fugas 104, 105 es mucho menos que si el UE 106 está situado al principio de los cables 104, 105. De este modo, la SNR en la parte del pasillo 102 cerca de donde los cables con fugas 104, 105 están conectados al nodo 103 es mucho más alta que en la parte del pasillo 102 en los extremos 108, 109 de los cables con fugas. Esto conduce a una distribución de capacidad muy sesgada a lo largo del cable con fugas que es indeseable.

Una forma de combatir la "asimetría de capacidad" en una comunicación MIMO como la mostrada en la figura 1 es introducir múltiples amplificadores de radiofrecuencia, o repetidores, a lo largo del cable con fugas que pueden amplificar la señal que se propaga a través del cable. Sin embargo, estos amplificadores no sólo son caros, sino que también necesitan fuentes de alimentación en cada punto de instalación lo que complica tanto el proceso de instalación como aumenta el coste del sistema de comunicación.

Como se ha descrito anteriormente, un cable con fugas 104, 105 tiene dos extremos de los cuales un extremo generalmente se usa para alimentar el cable con fugas con una señal y el otro extremo 108, 109 se termina generalmente o se deja abierto. Por el contrario, la presente invención hace uso de ambos extremos del cable con fugas alimentando y/o detectando el cable en ambos extremos. La figura 2 muestra un sistema de comunicación MIMO inalámbrico 200 en el que cada extremo 205, 206 de un solo cable con fugas 204 se ha conectado a un puerto de antena separado en un nodo 203. De esta manera es posible que el nodo 203 alimente el cable con fugas 204, a través de los puertos de antena del nodo, en ambos extremos 205, 206. El cable con fugas 204 se distribuye en todo el pasillo 208 y proporciona por lo tanto cobertura en toda la estructura física 202. El UE 201 situado en el

pasillo 208 en la estructura física 202 puede comunicarse de forma inalámbrica con el cable con fugas 204 y el nodo 203, a través de un canal de comunicación 207, de la misma manera que el UE 106 podría en la figura 1. En un modo de transmisión, el cable con fugas 204 puede utilizarse para transmitir dos flujos de datos multiplexados que duplican efectivamente la capacidad del sistema de comunicación 200 en comparación con un sistema SISO, o el cable con fugas 204 puede utilizarse para transmisiones de diversidad usando, por ejemplo, codificación de bloques espacio-tiempo (STBC) de Alamouti que da al sistema una mayor resistencia al error. Otros esquemas de transmisión, no mencionados en la descripción, también pueden usarse en el sistema de comunicación MIMO mostrado en la figura 2.

La ventaja de alimentar y/o detectar el cable desde ambos extremos es que la longitud del cable se reduce a la mitad en comparación con una instalación convencional con dos cables, uno para cada puerto de antena, como se muestra en la figura 1. De esta manera el costo de instalación será considerablemente reducido sin sacrificar ninguna de las prestaciones. Otro beneficio es que una instalación de cable con fugas de alimentación doble, tal como la que se muestra en la figura 2, dará una cobertura de capacidad más uniforme que la instalación de cable con fugas convencional con cables paralelos. De esta manera es posible reducir considerablemente la distribución de capacidad no uniforme inherente a los despliegues convencionales de cables con fugas paralelos.

La figura 3 muestra otra realización de un sistema de comunicación 300. En esta realización, ambos extremos 303, 304 del cable con fugas 305 están conectados a los puertos de antena de divisor de señales en un divisor de señales 302. El divisor de señales 302 es capaz de o bien combinar señales o bien dividir señales. Un puerto de antena en dicho nodo 301 está conectado a un puerto de nodo de divisor de señales en dicho divisor de señales 302 y, de este modo, permite al nodo 301 alimentar simultáneamente el cable con fugas 305 en ambos extremos 303, 304 a través del divisor de señales 302. El cable con fugas 305 está distribuido por todo el pasillo 309 y por lo tanto cubre toda la estructura física 308. El UE 306 situado en el pasillo 309 en la estructura física 308 por lo tanto es capaz de comunicarse de forma inalámbrica con el cable con fugas 305 y el nodo 301 a través de un canal de comunicación 307. De la misma manera que la instalación de cable con fugas de alimentación doble en la figura 2, la instalación de cable con fugas de alimentación doble en la figura 3 también dará una cobertura de capacidad más uniforme que la instalación de cable con fugas convencional con cables paralelos o un solo cable alimentado solamente desde un extremo. De este modo, la instalación de la figura 3 reducirá considerablemente la distribución de capacidad no uniforme inherente a los despliegues convencionales de cables con fugas paralelos en los que los cables se alimentan desde un extremo solamente.

La Figura 4 muestra una realización de la presente invención en la que dos cables con fugas 408, 409 están conectados a un nodo 403 a través de divisores de señales 401, 402. En esta realización, un extremo 404, 405 de cada cable con fugas 408, 409 está conectado a uno de los divisores de señal 402, mientras que el otro extremo 406, 407 de cada cable con fugas 408, 409 está conectado al otro divisor de señales 401. Los extremos 404, 405, 406, 407 de los cables con fugas 408, 409 están conectados a los divisores de señales 401, 402 a través de sus puertos de antena de divisor de señales, y los divisores de señal 401, 402 están a su vez conectados a puertos de antena del nodo 403 a través de puertos de nodo de divisor de señales. De esta manera, el nodo 403 es capaz de alimentar ambos extremos 404, 405, 406, 407 de cada cable con fugas 408, 409 al mismo tiempo con una misma señal (es decir, lo que significa que una señal es alimentada a ambos extremos 404, 405 conectados al mismo divisor de señales 402 mientras se alimenta otra señal a ambos extremos 406, 407 conectados al mismo divisor de señales 401). Alimentar la misma señal en ambos extremos 404, 405, 406, 407 de cada cable con fugas 408, 409 dará como resultado una distribución de potencia más uniforme a lo largo de los cables con fugas 408, 409, donde la potencia de la misma señal será alta cerca de los extremos 404, 405, 406, 407 de cada cable con fugas 408, 409, y sumará debido a la contribución de potencia de ambas direcciones en el medio de cada cable con fugas 408, 409 donde la potencia de la señal de otro modo (si no se alimentó desde ambos extremos) ha sido débil debido a las pérdidas del cable. Por lo tanto, las ventajas de desplegar un sistema de comunicación 400 como se muestra en la figura 4 es que proporcionará una distribución de capacidad más uniforme a lo largo de toda la longitud de los cables con fugas, y que puede configurarse para funcionar tanto como un sistema de entrada única salida única (SISO), así como un sistema MIMO. Sin embargo, estos beneficios llegarán al precio de un mayor costo de instalación y material (se utiliza más cable).

En una variante de la realización mostrada en la figura 4, el nodo 403 puede alimentar los extremos 404, 405, 406, 407 de los cables con fugas 408, 409 con diferentes señales, es decir, un extremo 404, 405 de los cables con fugas 408, 409 es alimentado con una primera señal y el segundo extremo 406, 407 de los cables con fugas 408, 409 se alimentan con una segunda señal.

La figura 5 muestra una realización similar a la descrita en la figura 4. Sin embargo, en esta realización ambos extremos 504, 505, 506, 507 de cada cable con fugas 508, 509 están conectados al mismo divisor de señales 502, 503, es decir, ambos extremos 504, 505 de uno de los cables con fugas 509 están conectados a uno de los divisores de señales 503, mientras que ambos extremos 506, 507 del otro cable con fugas 508 están conectados al otro divisor de señales 502. De esta manera, el nodo 501 puede, de manera similar a la realización de la figura 4, alimentar ambos extremos 504, 505, 506, 507 de cada cable con fugas 508, 509 con la misma señal a través de los divisores de señales 502, 503. Los beneficios y el rendimiento de la realización mostrada en la figura 5 son los mismos que los beneficios y los rendimientos de las realizaciones mostradas en la figura 4. La realización de la

figura 5 también proporciona la posibilidad de que el nodo 501 alimente cada cable con fugas 508, 509 a través de los divisores de señales 502, 503 con diferentes señales.

La figura 6a muestra aún otra realización similar a las descritas en la figura 4 y la figura 5. Sin embargo, en esta realización, un extremo 604, 605 de cada cable con fugas 608, 609 está conectado a uno de los divisores de señales 603, mientras que el otro extremo 606, 607 de cada cable con fugas 608, 609 está conectado al otro divisor de señales 602. Sin embargo, debería observarse que el despliegue de los dos cables con fugas 608, 609 en el sistema de comunicación 600 en la figura 6a es fundamentalmente diferente del despliegue de los dos cables con fugas 408, 409 en el sistema de comunicación 400 de la figura 4, y el efecto de aplicar una señal a los cables con fugas en las dos realizaciones serán muy diferente. El sistema de comunicación 600 descrito en la figura 6a es esencialmente igual en términos de beneficios y rendimiento que el sistema de comunicaciones 200 presentado en la figura 2, con la diferencia de que el sistema de comunicación 600 de la figura 6a se despliega usando dos cables con fugas 608, 609.

Una forma beneficiosa de desplegar los cables con fugas en el sistema de comunicación 600 se muestra en la figura 6b. En esta variante se despliega un cable con fugas 613 en un pasillo 616 en una primera parte de la estructura física 617, mientras que el otro cable con fugas 614 se despliega en otro pasillo 615 en una segunda parte de la estructura física 617. Ambos cables con fugas 613, 614 están conectados al nodo 610 a través de dos divisores de señales 611, 612 de la misma manera que se muestra en el sistema de comunicación 600 mostrado en la figura 6a. De esta manera, un cable con fugas 613 sirve a una parte 616 del edificio 617 mientras que el otro cable con fugas 614 sirve a otra parte 615 del edificio 617 usando solamente un conjunto de dos divisores de señales y un nodo.

También debería observarse que todas las realizaciones mostradas en las figuras 2 - 6b pueden extenderse a MIMO de orden superior simplemente aumentando el número de cables, siempre que esté soportado por el nodo.

Se ha mostrado anteriormente que la presente invención describe un método para proporcionar comunicación inalámbrica entre un nodo y un equipo de usuario situado dentro de una estructura física. El método puede expresarse a través de una serie de etapas (como se muestra en el diagrama de flujo en la figura 7) según lo siguiente:

- Configurar (701) el nodo, que tiene al menos dos puertos de antena, para la comunicación inalámbrica con el equipo de usuario.
- Configurar (702) al menos un cable con fugas, que tiene un primer extremo y un segundo extremo, para la comunicación inalámbrica.
- Conectar (703) cada extremo del al menos un cable con fugas a uno de los puertos de antena de dicho nodo.
- Proporcionar (704) al menos un cable con fugas al menos parcialmente dentro de dicha estructura física.
- Configurar (705) el al menos un cable con fugas para comunicación inalámbrica por un canal de radio con dicho equipo de usuario.

El método según la presente invención también comprende las siguientes etapas adicionales (como se muestra en el diagrama de flujo en la figura 8):

- Conectar (801) un primer divisor de señales que tiene al menos dos puertos de antena de divisor de señales y al menos un puerto de nodo de divisor de señales a uno de los al menos dos puertos de antena del nodo.
- Conectar (802) un segundo divisor de señales que tiene al menos dos puertos de antena de divisor de señales y al menos un puerto de nodo de divisor de señales conectado a uno de los al menos dos puertos de antena del nodo.
- Conectar (803) cada extremo del al menos un cable con fugas, a través de uno de los puertos de antena de divisor de señales de uno de dicho primer divisor de señales y dicho segundo divisor de señales, a uno de dichos puertos de antena de dicho nodo.

Para ilustrar la diferencia en la distribución de capacidad entre el sistema de comunicación de la técnica anterior representado en la figura 1 y el sistema de comunicación según la figura 2 se han realizado dos simulaciones. Las simulaciones se realizaron utilizando un modelo de un sistema de comunicación MIMO 2 por 2 utilizando cables con fugas con una atenuación igual a 20dB/100m. El aislamiento del puerto de antena se eligió a 20dB que es aproximadamente igual que en una solución de antena convencional. La longitud de cada lado (es decir, la longitud de cada pasillo) de la estructura física se fijó en 25 m, lo que da que cada cable con fugas tiene que ser de 100 m de largo (4 x 25 m) en la simulación. La potencia de transmisión total se ajustó a 24 dBm y la potencia de ruido del receptor se normalizó de tal manera que se obtuvo una SNR objetivo recibida o bien de 10 o bien de 30dB cerca del

nodo (es decir, en el punto donde no hay atenuación de cable y sólo hay presente pérdida de trayecto). Se suponen un desvanecimiento Rayleigh no correlacionado y un modelo de pérdida de trayecto en el interior y que el receptor se encuentra a pocos metros del cable. Se simularon dos escenarios y se compararon entre sí. El primer escenario es el escenario convencional de cable con fugas paralelo representado en la figura 1, mientras que el segundo escenario es el escenario de cable con fugas de alimentación doble descrito en la figura 2.

La figura 9a muestra el diagrama 900 resultante de una primera simulación en la que la SNR objetivo se estableció en 10dB. El eje y en el diagrama representa la capacidad (bps/Hz) y el eje x en el diagrama representa la posición (m). Se puede ver claramente a partir del diagrama que la curva que pertenece al escenario 903 convencional de cable con fugas paralelo que la capacidad, como se espera, disminuye rápidamente con la posición. Por el contrario, la curva que pertenece al escenario 902 de cable con fugas de alimentación doble descrito tiene forma de bañera, lo que indica que la distribución de capacidad es como se esperaba más baja en el medio del cable (a 50m) y alta en ambos extremos. Debería tenerse en cuenta que la variación de capacidad entre los extremos y el medio del cable no es tan grande lo que indica que es muy beneficioso usar el despliegue de cable de fugas alimentado doble descrito si se desea una distribución de capacidad uniforme.

La figura 9b muestra el diagrama resultante 901 de una segunda simulación en la que la SNR objetivo se fijó a 30dB. El eje y en el diagrama representa la capacidad (bps/Hz) y el eje x en el diagrama representa la posición (m). Se puede ver claramente a partir del diagrama que la curva que pertenece al escenario 905 convencional de cable con fugas paralelo que la capacidad, como se espera, disminuye rápidamente con la posición. Por el contrario, la curva que pertenece al escenario 904 de cable con fugas de alimentación doble descrito es casi plana, lo que indica que el cambio de capacidad a lo largo de la longitud del cable con fugas está casi sin cambios. Esto indica que es muy beneficioso usar el despliegue de cable con fugas de alimentación doble descrito si se desea una distribución de capacidad uniforme, especialmente para SNR altas. Una conclusión de los resultados presentados en las figuras 9a y 9b que se puede extraer es que cuanto más alta es la SNR objetivo, más uniforme es la distribución de la capacidad, y las distribuciones de capacidad uniforme son muy deseadas en los sistemas de comunicación.

Otro beneficio de la utilización de la presente invención es que los sistemas de comunicación que utilizan un solo cable con fugas para la transmisión SISO en un despliegue existente pueden ser fácilmente actualizados a MIMO o transmisión/recepción de diversidad utilizando la presente invención. El requisito para realizar esta actualización es proporcionar la posibilidad de alimentar ambos extremos del cable desde la misma ubicación (estación base de radio o repetidor). La complejidad de una actualización de este tipo depende de la instalación actual, que es muy probable que varíe de un sitio a otro. La figura 10 muestra un escenario en el que un antiguo despliegue 1000 de un cable con fugas 1003 conectado en un extremo 1002 a un nodo 1001 y que tiene el otro extremo abierto o terminado 1004 puede ser remendado con una pieza de cable con fugas 1005 de manera que el cable con fugas 1003 puede alimentarse en ambos extremos.

La terminología usada en la presente memoria es con el propósito de describir únicamente realizaciones particulares y no pretende ser limitativa de la invención. Tal como se usa en la presente memoria, las formas singulares "un", "una", "el" y "la" pretenden incluir también las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Se entenderá además que los términos "comprende", "que comprende", "incluye" y/o "que incluye" cuando se usan en la presente memoria, especifican la presencia de características, números enteros, pasos, operaciones, elementos y/o componentes fijados, pero no excluyen la presencia o adición de uno o más de otras características, enteros, pasos, operaciones, elementos, componentes y/o grupos de los mismos.

A menos que se defina lo contrario, todos los términos (incluyendo términos técnicos y científicos) usados en la presente memoria tienen el mismo significado que comúnmente se entiende por un experto en la técnica al que pertenece esta invención. Se entenderá además que los términos usados en la presente memoria deberían interpretarse como que tienen un significado que es consistente con su significado en el contexto de esta memoria descriptiva y la técnica relevante y no se interpretarán en un sentido idealizado o excesivamente formal a menos que así se defina expresamente en la presente memoria.

Lo anterior ha descrito los principios, realizaciones preferidas y modos de funcionamiento de la presente invención. Sin embargo, la invención debería ser considerada como ilustrativa en lugar de restrictiva, y no como que está limitada a las realizaciones particulares discutidas anteriormente. Las diferentes características de las diversas realizaciones de la invención se pueden combinar en otras combinaciones distintas a las descritas explícitamente. Por lo tanto, debería apreciarse que pueden realizarse variaciones en esas realizaciones por los expertos en la técnica sin apartarse del alcance de la presente invención como se define por las reivindicaciones siguientes.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de comunicaciones inalámbricas (400, 500, 600) para comunicarse con un equipo de usuario (410) situado dentro de una estructura física (412), que comprende:

- 5 - un nodo (403, 501, 601) que tiene al menos dos puertos de antena y que está adaptado para comunicación inalámbrica con dicho equipo de usuario (410), y
- al menos un cable con fugas (408, 409) que tiene dos extremos (404, 405, 406, 407), cada extremo (404, 405, 406, 407) de dicho al menos un cable con fugas (408, 409) está conectado a uno de dichos puertos de antena de dicho nodo (403, 501, 601), en el que dicho al menos un cable con fugas (408, 409) se proporciona al menos parcialmente dentro de dicha estructura física (412) y estando adaptado para comunicación inalámbrica a través de un canal de radio (411) con dicho equipo de usuario (410)

caracterizado por que el sistema de comunicación inalámbrica (400, 500, 600) comprende además:

- un primer divisor de señales (401, 402) que tiene al menos dos puertos de antena de divisor de señales y al menos un puerto de nodo de divisor de señales conectado a uno de dichos al menos dos puertos de antena de dicho nodo;
- 15 - un segundo divisor de señales (401, 402) que tiene al menos dos puertos de antena de divisor de señales y al menos un puerto de nodo de divisor de señales conectado a uno de dichos al menos dos puertos de antena de dicho nodo (403);

en el que cada extremo (404, 405, 406, 407) de dicho al menos un cable con fugas (408, 409) está conectado, a través de uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de uno de dicho primer divisor de señales (401) y dicho segundo divisor de señales (402), a uno de dichos puertos de antena de dicho nodo (403).

2. El sistema de comunicación inalámbrica (400) según la reivindicación 1, en el que ambos extremos (401, 402) de un primer cable con fugas (403) está conectado cada uno a uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de dicho primer divisor de señales (404), mientras que ambos extremos (405, 406) de un segundo cable con fugas (407) está conectado cada uno a uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de dicho segundo divisor de señales (408).

3. El sistema de comunicación inalámbrica (500) según la reivindicación 1, en el que un extremo (501) de un primer cable con fugas (502) está conectado a uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de dicho primer divisor de señales (503) mientras que el otro extremo de dicho primer cable con fugas (504) está conectado a uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de dicho segundo divisor de señales (505) y un extremo (506) de un segundo cable con fugas (507) está conectado a uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de dicho primer divisor de señales (503) mientras que el otro extremo de dicho segundo cable con fugas (508) está conectado a uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de dicho segundo divisor de señales (505).

4. El sistema de comunicación inalámbrica (400) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, está adaptado para la comunicación de múltiples entradas múltiples salidas con dicho equipo de usuario (410).

5. Un método (600) para proporcionar comunicación inalámbrica entre un nodo (403) y un equipo de usuario (410) situado dentro de una estructura física (412), comprendiendo el método:

- configurar (601) dicho nodo (403), que tiene al menos dos puertos de antena, para comunicación inalámbrica con dicho equipo de usuario (410),
- 40 - configurar (602) al menos un cable con fugas (408, 409) que tiene un primer extremo (405) y un segundo extremo (407), para comunicación inalámbrica,
- conectar (603) cada extremo (405, 407) de dicho al menos un cable con fugas (409) a uno de dichos puertos de antena de dicho nodo (410),
- proporcionar (604) dicho al menos un cable con fugas (409) al menos parcialmente dentro de dicha estructura física (412),
- 45 - configurar (605) dicho al menos un cable con fugas (409) para comunicación inalámbrica sobre un canal de radio (411) con dicho equipo de usuario (410),

caracterizado por.

- conectar (701) un primer divisor de señales (401) que tiene al menos dos puertos de antena de divisor de señales y al menos un puerto de nodo de divisor de señales a uno de dichos al menos dos puertos de antena de dicho nodo (403);

- conectar (702) un segundo divisor de señales (402) que tiene al menos dos puertos de antena de divisor de señales y al menos un puerto de nodo divisor de señales conectado a uno de dichos al menos dos puertos de antena de dicho nodo (403); y
- 5 - conectar (703) cada extremo (404, 405, 406, 407) de dicho al menos un cable con fugas (408, 409) a través de uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de uno de dicho primer divisor de señales (401) y dicho segundo divisor de señales (402), a uno de dichos puertos de antena de dicho nodo (403).
- 6. El método (600) según la reivindicación 5, que comprende además:
 - conectar (801) ambos extremos (401, 402) de un primer cable con fugas (403) a cada uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de dicho primer divisor de señales (404); y
 - 10 conectar (802) ambos extremos (405, 406) de un segundo cable con fugas (407) a cada uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de dicho segundo divisor de señales (408).
- 7. El método (600) según la reivindicación 5, que comprende además:
 - conectar (901) un extremo (501) de un primer cable con fugas (502) a uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de dicho primer divisor de señales (503),
 - 15 - conectar (902) el otro extremo de dicho primer cable con fugas (504) a uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de dicho segundo divisor de señales (505), y
 - conectar (903) un extremo (506) de un segundo cable con fugas (507) a uno de dichos puertos de antena de divisor de señales de dicho primer divisor de señales (503), y
 - 20 - conectar (904) el otro extremo de dicho segundo cable con fugas (508) a uno de dichos puertos de antena de divisor de señal de dicho segundo divisor de señales (505).
- 8. El método (600) según cualquiera de las reivindicaciones 5-7, que comprende además:
 - adaptar dicho nodo, dichos primer y segundo divisores de señales y dicho al menos un cable con fugas para comunicación de múltiples entradas múltiples salidas con dicho equipo de usuario (410).
- 9. El método (600) según cualquiera de las reivindicaciones 6-7, que comprende además:
 - 25 - proporcionar dicho primer cable con fugas y dicho segundo cable con fugas (408, 409) en dicha estructura física (412) de tal manera que se desplieguen en paralelo entre sí para proporcionar esencialmente la misma cobertura interior.
- 10. El método (600) según cualquiera de las reivindicaciones 6-7, que comprende además:
 - 30 - proporcionar dicho primer cable con fugas (613) y dicho segundo cable con fugas (614) en dicha estructura física (617) de manera que se desplieguen para proporcionar cobertura interior de dos áreas separadas (615, 616) en dicha estructura física (617).

Técnica Anterior

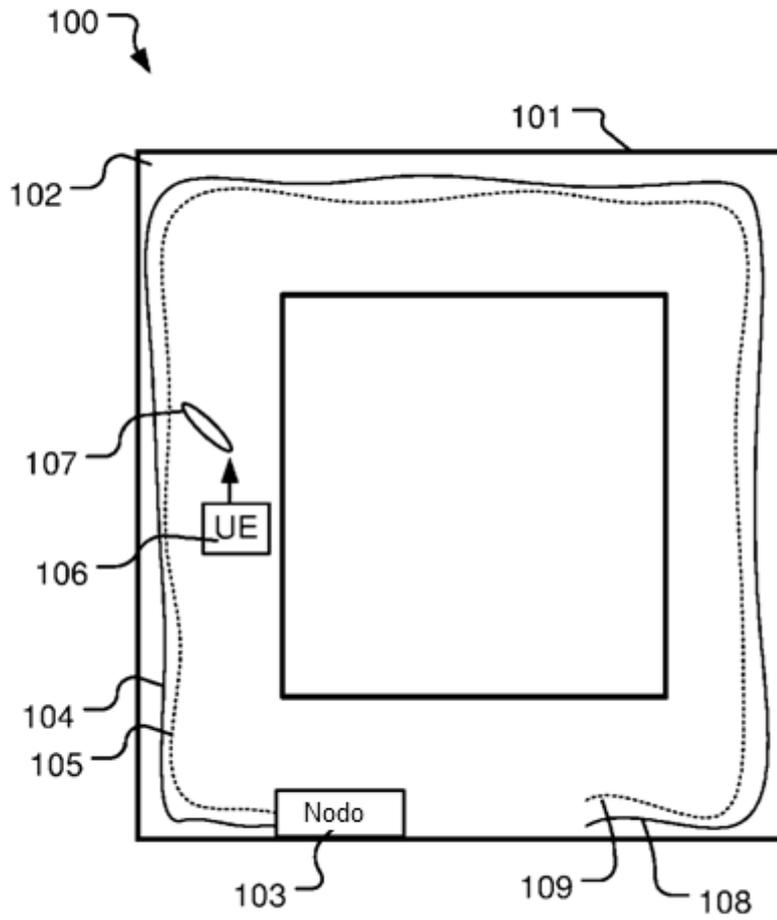


Fig. 1

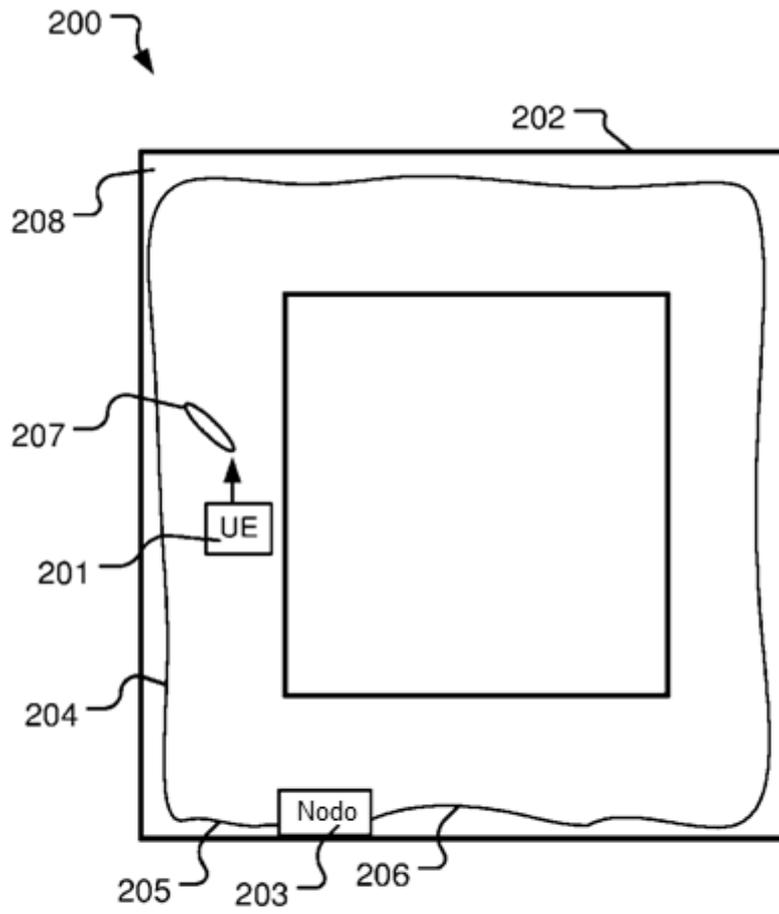


Fig. 2

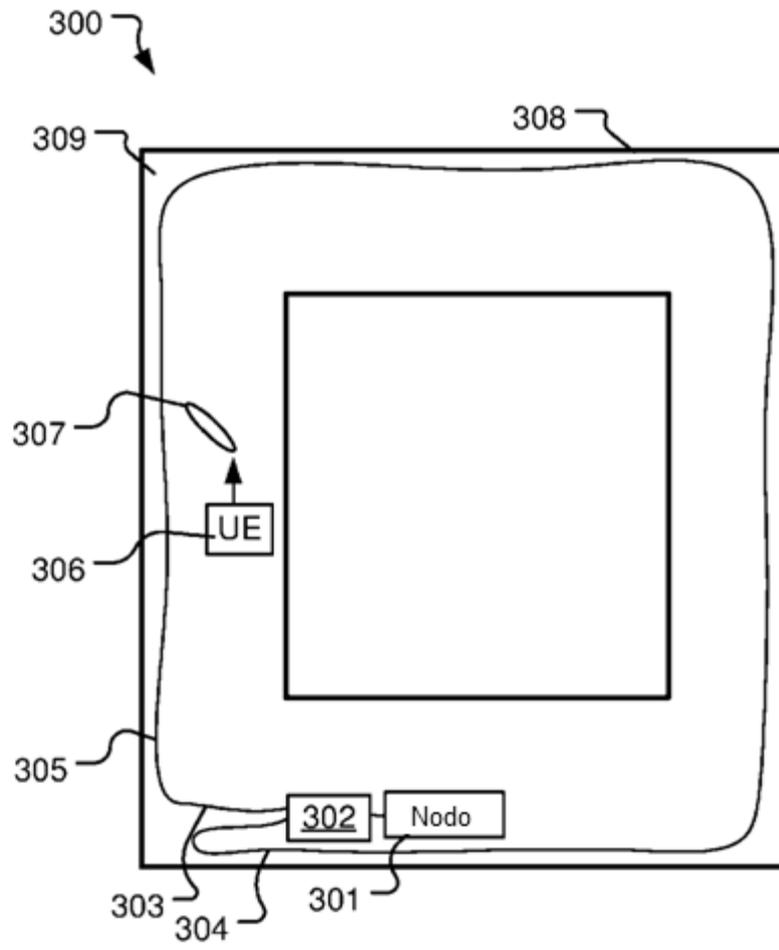


Fig. 3

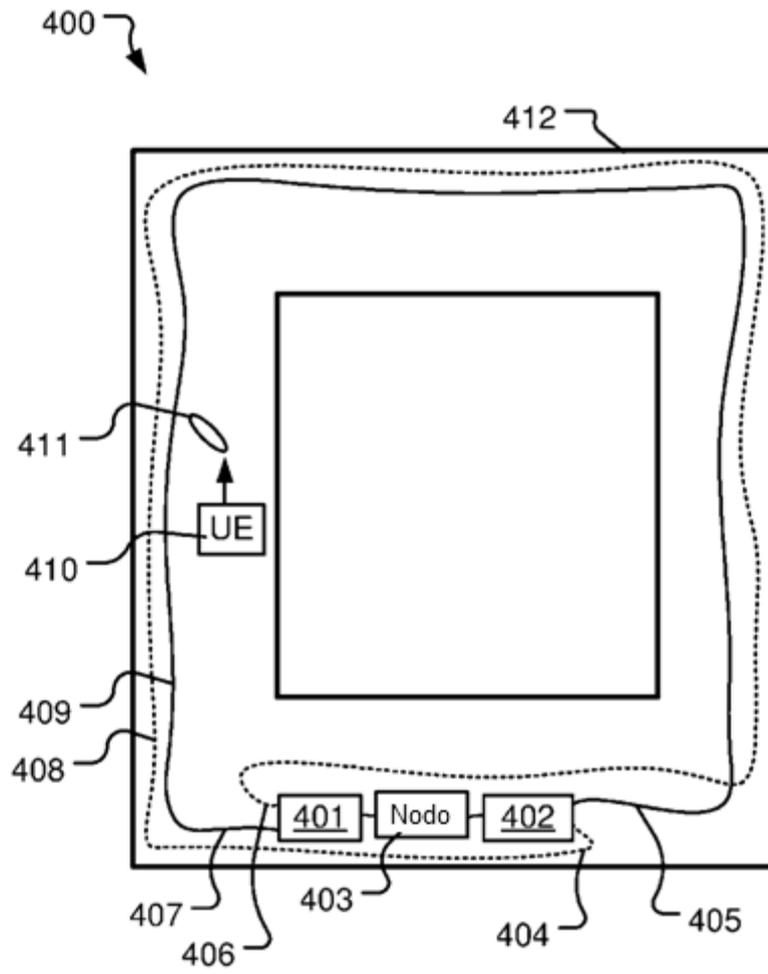


Fig. 4

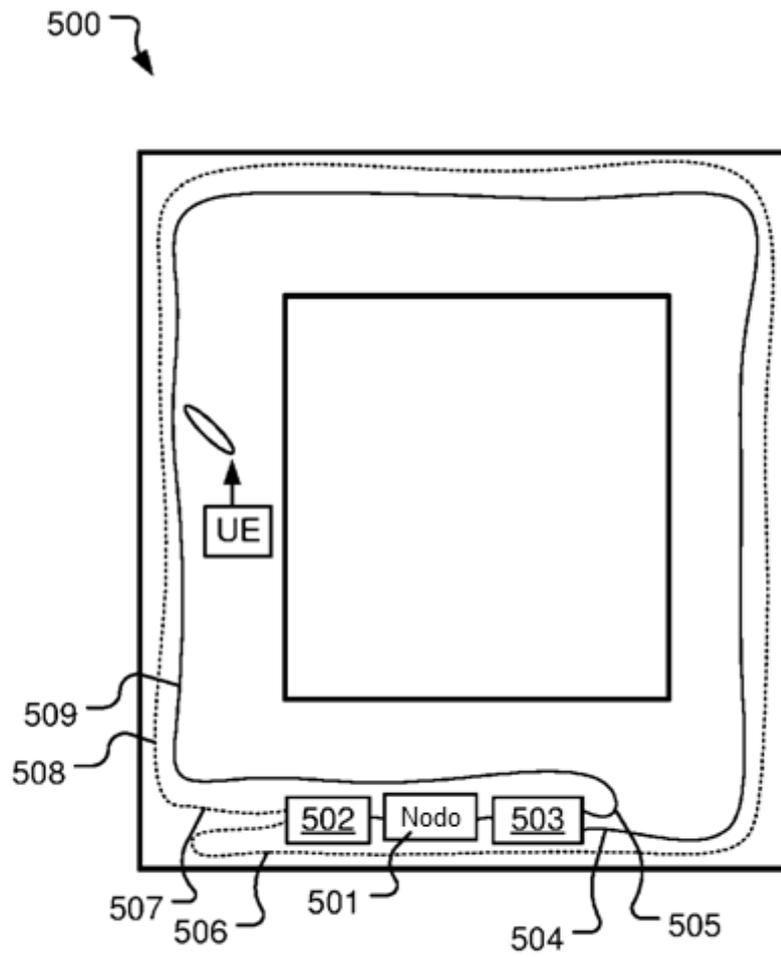


Fig. 5

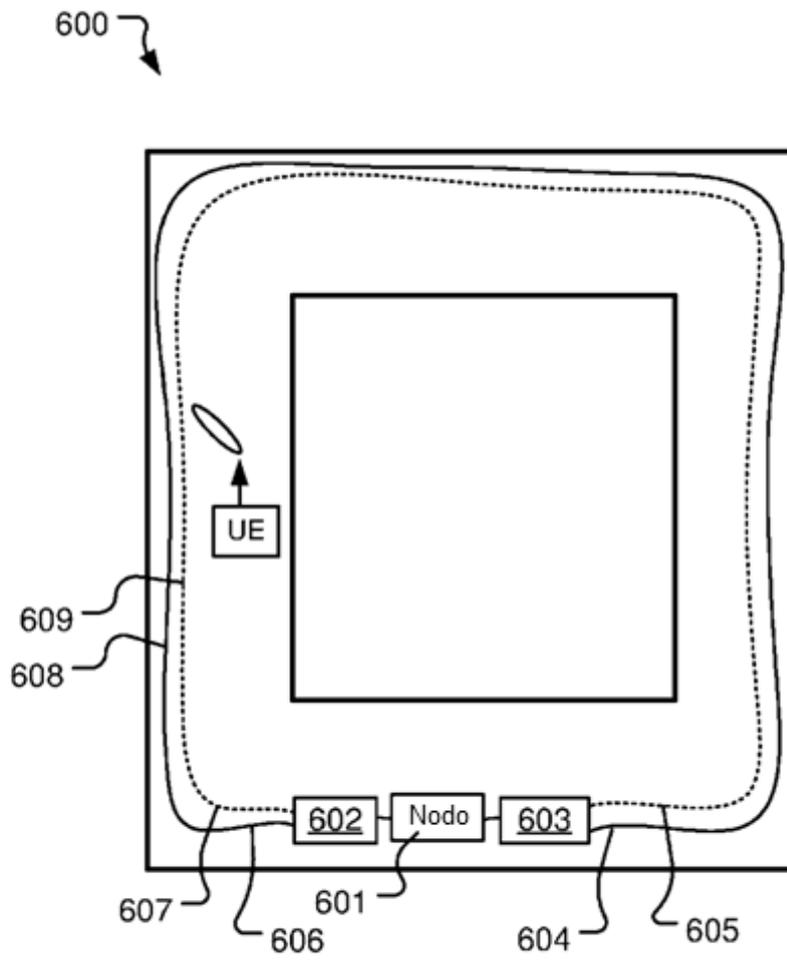


Fig. 6a

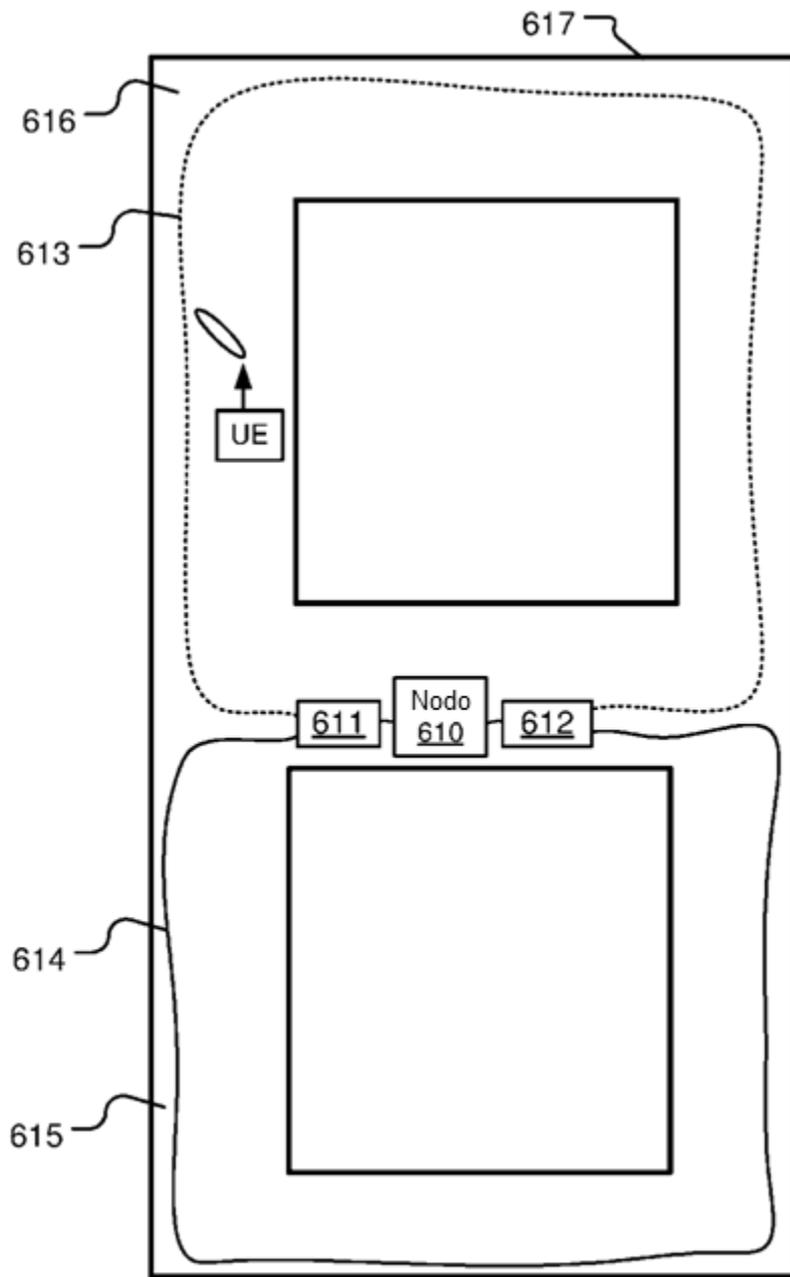


Fig. 6b

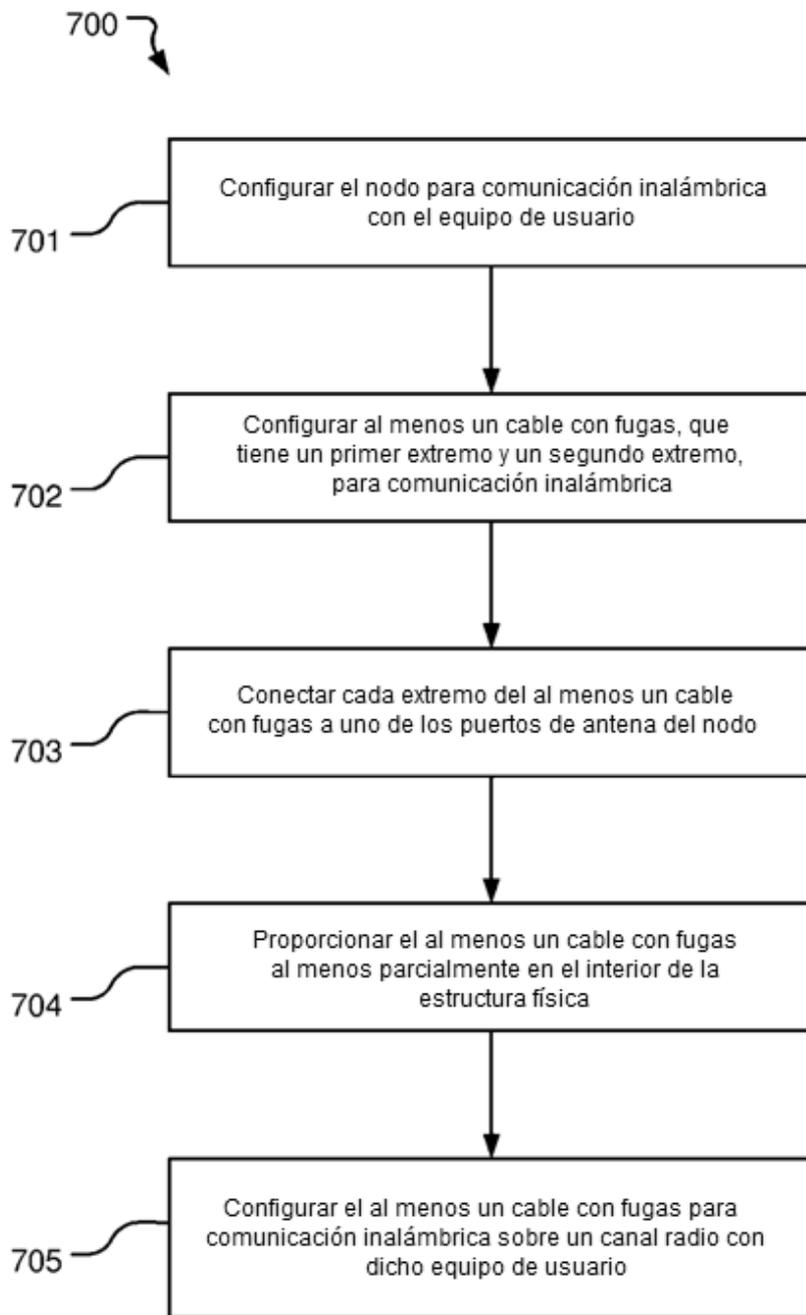


Fig. 7

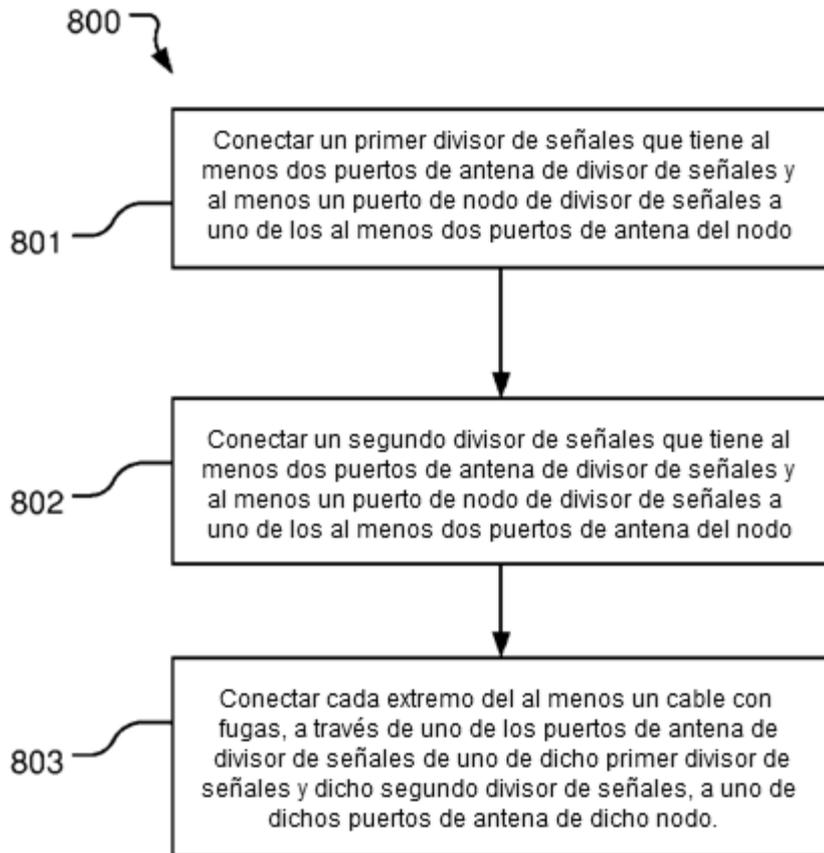


Fig. 8

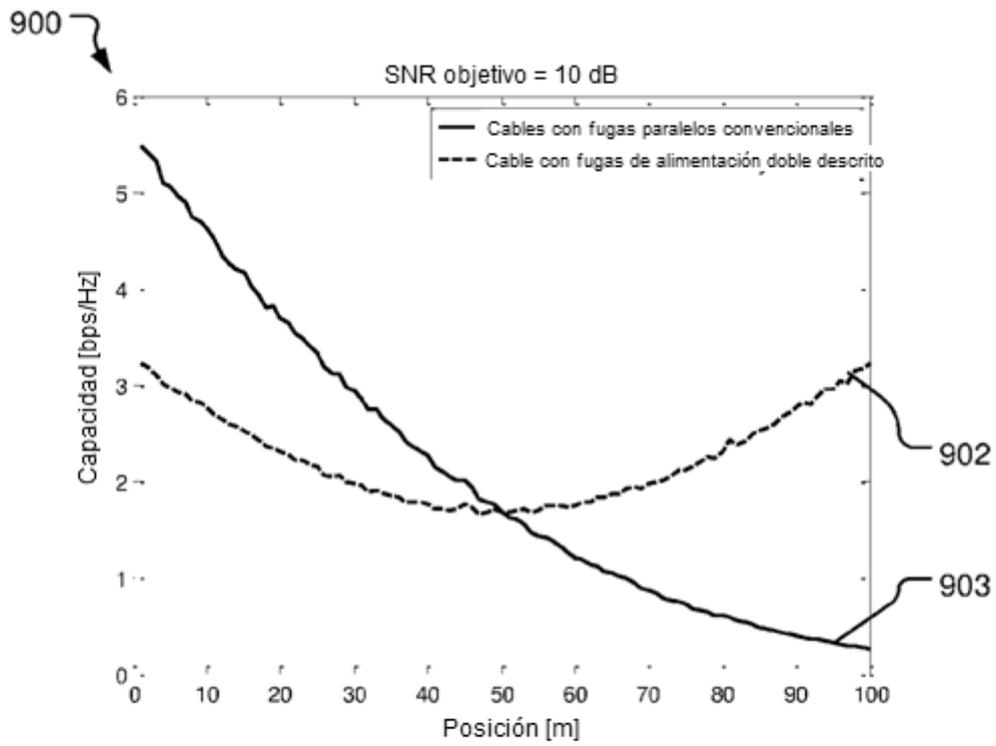


Fig. 9a

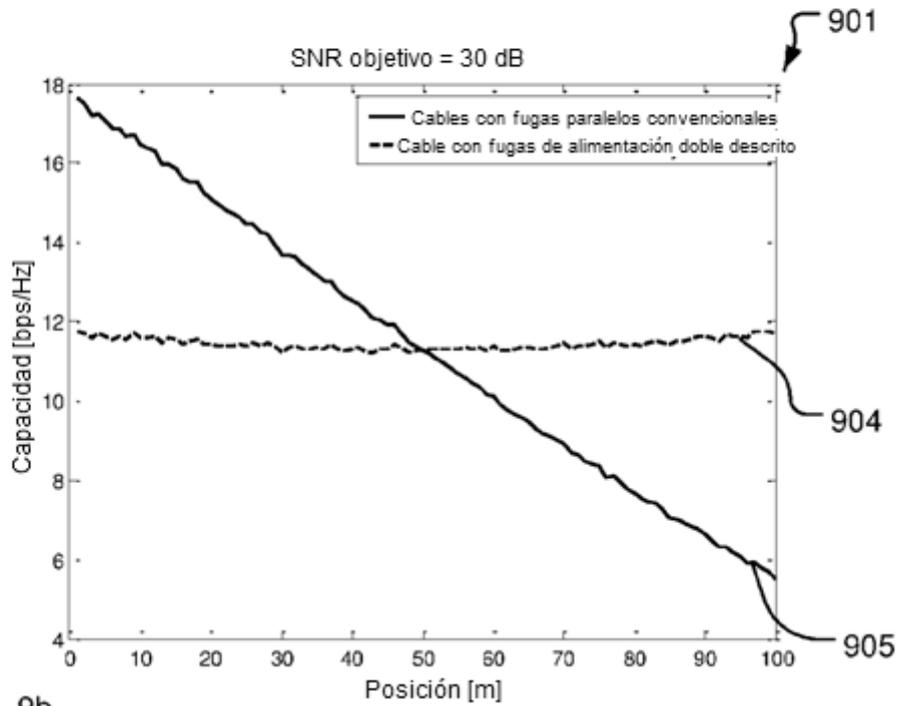


Fig. 9b

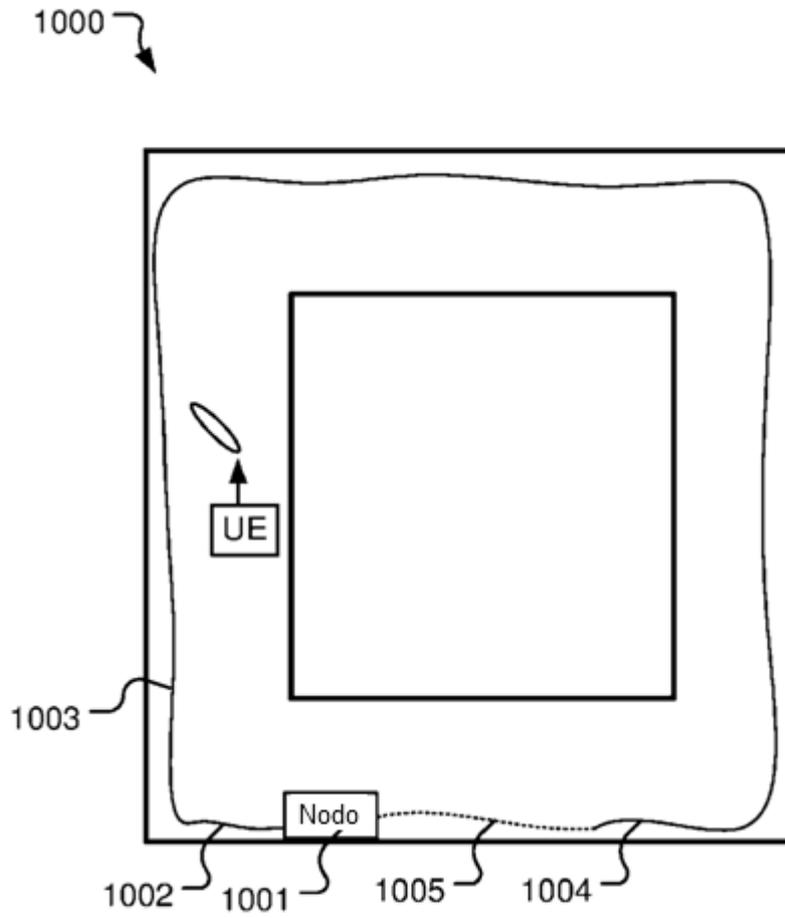


Fig. 10