

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad
Intelectual
Oficina internacional



(10) Número de Publicación Internacional
WO 2012/017117 A1

(43) Fecha de publicación internacional
9 de febrero de 2012 (09.02.2012)

PCT

(51) Clasificación Internacional de Patentes:
H01Q 1/22 (2006.01)

Terrassa 42-44 2on C, E-08191 Rubí (ES). **VALLE FRAGA, Juan José** [ES/ES]; Avenida Arcadio Pardiñas 129 5ªA, E-27880 Burela (ES).

(21) Número de la solicitud internacional:

PCT/ES2011/070546

(74) Mandatario: **ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto de;** c/ Miguel Angel, 21, 2º, E-28010 Madrid (ES).

(22) Fecha de presentación internacional:

22 de julio de 2011 (22.07.2011)

(81) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Idioma de presentación:

español

(26) Idioma de publicación:

español

(30) Datos relativos a la prioridad:

61/400,209 23 de julio de 2010 (23.07.2010) US

(71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo US): **BAOLAB MICROSYSTEMS SL** [ES/ES]; Institut Politecnic del Campus de Terrassa - Mod TR25, Cta Nacional 150 Km 14,5, E-08220 Terrassa (ES).

(72) Inventores; e

(75) Inventores/Solicitantes (para US solamente): **MONTANYÀ I SILVESTRE, Josep** [ES/ES]; C/

(84) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible):

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: MEMS-CMOS VIBRATING ANTENNAS AND RELATED APPLICATIONS

(54) Título : ANTENAS VIBRANTES DE MEMS CMOS Y APLICACIONES DE LAS MISMAS

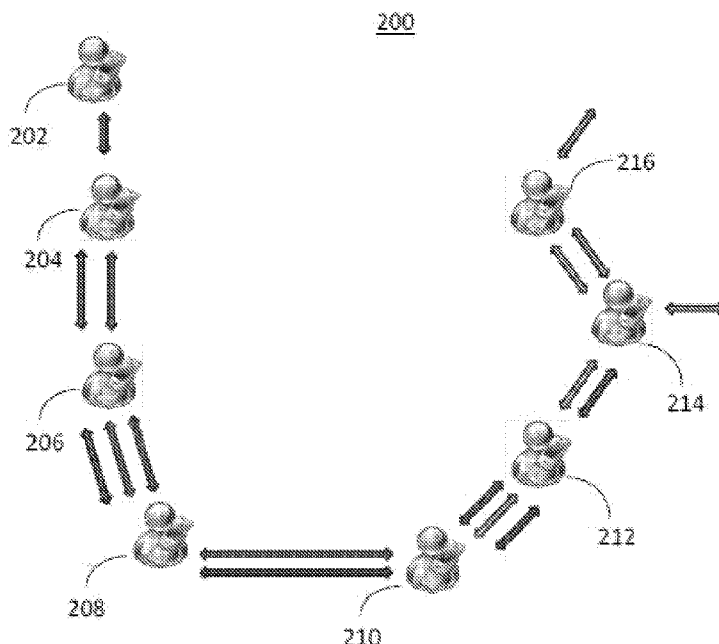


Fig. 2A

(57) Abstract: The systems and methods described herein address the deficiencies in the prior art, enabling spatial multiplexing in cellular and/or wireless networks to overcome capacity limitations. In one embodiment, the limitations are overcome by forming a spatially multiplexed network of portable communication devices that has MEMS-based vibrating antennas. Other appropriate applications of the vibrating antennas are also described.

(57) Resumen: Los sistemas y métodos descritos aquí dentro abordan las deficiencias en la técnica anterior habilitando la multiplexación espacial en las redes celulares y/o inalámbricas para superar las limitaciones de capacidad. En una realización, las limitaciones se superan formando una red de dispositivos de comunicaciones portátiles multiplexada espacialmente que tienen antenas vibrantes basadas en MEMS. Otras aplicaciones adecuadas de las antenas vibrantes también se describen.

WO 2012/017117 A1



ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— *sobre el derecho del solicitante para solicitar y que le sea concedida una patente (Regla 4.17(ii))*

Publicada:

— *con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))*

— *antes de la expiración del plazo para modificar las reivindicaciones y para ser republicada si se reciben modificaciones (Regla 48.2(h))*

Declaraciones según la Regla 4.17:

ANTENAS VIBRANTES DE MEMS CMOS Y APLICACIONES DE LAS MISMAS

Referencia Cruzada a las Solicitudes Relacionadas

- 5 Esta Solicitud reivindica el beneficio de la Solicitud de Patente Provisional de U.S. N° de Serie 61/400.209 clasificada el 23 de julio de 2010, que se incorpora por referencia aquí dentro en su totalidad.

Antecedentes

- 10 Las redes celulares típicas se limitan en su capacidad a manejar múltiples usuarios. Una vez se alcanza la capacidad de una estación base de la red celular, los usuarios son incapaces de hacer llamadas hasta que la capacidad se libera por otros usuarios. Alguno de estos problemas se alivia parcialmente configurando las estaciones base para utilizar esquemas de multiplexación, tales como multiplexación en frecuencia, multiplexación en el
- 15 tiempo, o multiplexación de código. No obstante, incluso con la aplicación de esquemas de multiplexación, la capacidad es limitada. Esto significa que una vez que se alcanza un número dado de usuarios, el espectro electromagnético asociado con la estación base llega a estar saturado y no se pueden situar allí más usuarios. Esto puede ser especialmente un
- 20 problema en áreas urbanas concurridas con usuarios que superan la capacidad de las redes celulares disponibles. Por consiguiente, hay una necesidad de sistemas y métodos que puede superar la saturación del espectro electromagnético en redes celulares y/o inalámbricas.

Resumen

- 25 Los sistemas y método descritos aquí dentro abordan las deficiencias de la técnica anterior permitiendo la multiplexación espacial en redes celulares y/o inalámbricas para superar las limitaciones de espectro. En una realización, las limitaciones se superan formando una red multiplexada espacialmente de los dispositivos de comunicaciones portátiles que tienen antenas vibrantes
- 30 basadas en sistemas micro-electromecánicos (MEMS).

La multiplexación espacial es una técnica de transmisión en la comunicación inalámbrica de entrada-múltiple salida-múltiple para transmitir independiente y separadamente las señales de datos codificadas de cada una de una pluralidad de antenas de transmisión. Esta técnica reutiliza, o multiplexa, la dimensión espacio de manera que la dimensión espacio se utiliza más de una vez. Por ejemplo, si se equipa un transmisor con N antenas y un receptor se equipa con N antenas, se pueden transmitir N señales en paralelo, idealmente conduciendo a un incremento de N veces en la capacidad del canal del sistema transmisor/receptor. En el caso de una red multiplexada espacialmente, cada dispositivo de red incluye capacidad múltiple de transmisión/recepción y se sitúa en la red de manera que el dispositivo está dentro de las inmediaciones de al menos otro dispositivo. Cada dispositivo barre otros dispositivos en sus inmediaciones y establece los canales de comunicaciones con los dispositivos encontrados durante el barrido. Cualquier dispositivo en la red puede comunicar con otro dispositivo en la red a través de estos canales de comunicaciones establecidos. Mientras que las redes celulares típicas están limitadas a un número máximo de dispositivos, una red multiplexada espacialmente no sufre de tal limitación. Una red multiplexada espacialmente en su lugar adquiere más capacidad según se añaden dispositivos a la red. En una realización, la capacidad del canal aumenta proporcional al cuadrado del número de usuarios.

Una red multiplexada espacialmente se puede formar a partir de dispositivos de comunicaciones portátiles cada uno que tiene una o más antenas vibrantes basadas en MEMS. Las soluciones basadas en MEMS pueden ofrecer reducción en espacio muerto, pérdida de inserción, consumen mínima potencia durante el funcionamiento, y proporcionan baja distorsión de señal. La tecnología MEMS se puede usar para construir una antena vibrante que cambia su forma durante un periodo de tiempo de dos maneras. La primera manera incluye conmutar un conjunto de antenas fijas o partes de antenas a través de conmutadores MEMS, por ejemplo, conmutadores de estado sólido o cualesquiera otros dispositivos adecuados. La segunda manera incluye mover mecánicamente una antena construida usando la

- tecnología MEMS. El movimiento se consume típicamente a través de fuerzas electrostáticas, aunque las fuerzas pueden ser piezoeléctricas, magnéticas, o térmicas en naturaleza. La estructura que se mueve interactúa con las ondas electromagnéticas para generar una señal de salida que se puede detectar. No obstante, la tecnología MEMS es solamente un tipo de proceso para construir antenas vibrantes. El proceso de fabricación de antenas vibrantes no necesita estar limitado a la tecnología MEMS. Por ejemplo, las antenas vibrantes se pueden implementar como dispositivos de sistemas nano-electromecánicos (NEMS) basados en nano-tubos de carbono. En otro ejemplo, las antenas vibrantes se pueden fabricar usando un proceso basado en MEMS CMOS descrito en la Publicación de la Solicitud de Patente de U.S. N° 2010/0295138 de propiedad conjunta, titulada "Métodos y Sistemas para la Fabricación de Dispositivos MEMS CMOS", e incorporada aquí dentro por referencia en su totalidad.
- En un aspecto, los sistemas y métodos descritos aquí dentro se refieren a un sistema de comunicaciones. El sistema de comunicaciones incluye dispositivos de comunicaciones portátiles que forman una red multiplexada espacialmente. Cada dispositivo de comunicaciones incluye una antena vibrante que se configura para recibir y transmitir en múltiples direcciones. El sistema de comunicaciones además incluye un primer dispositivo de comunicaciones de los dispositivos de comunicaciones que se configura para transmitir una señal a los dispositivos de comunicaciones. La transmisión de la señal puede incluir iniciar un movimiento de una primera antena vibrante del primer dispositivo de comunicaciones. El sistema de comunicaciones además incluye un segundo dispositivo de comunicaciones de los dispositivos de comunicaciones que se configura para recibir la señal y retransmitir la señal a los dispositivos de comunicaciones. La recepción de la señal puede incluir permitir un movimiento de una segunda antena vibrante del segundo dispositivo de comunicaciones en respuesta a la señal.
- En algunas realizaciones, la antena vibrante en cada dispositivo de comunicaciones del sistema de comunicaciones incluye una antena vibrante basada en MEMS, una antena vibrante basada en NEMS, y una antena

vibrante basada en MEMS CMOS. En algunas realizaciones, la antena vibrante en cada dispositivo de comunicaciones del sistema de comunicaciones es una antena parpadeante, una antena de Faraday, una antena de Lorentz, una antena de rotación lineal, o una antena de rotación sincronizada. En algunas realizaciones, la antena vibrante en cada dispositivo de comunicaciones del sistema de comunicaciones se compone de nano-tubos de silicio, carbono y/o grafeno.

En algunas realizaciones, el sistema de comunicaciones además incluye una estación base que se configura para recibir la señal desde uno más dispositivos de comunicaciones, y enviar una segunda señal a uno o más de los dispositivos de comunicaciones. En algunas realizaciones, la red multiplexada espacialmente que es una red de telecomunicaciones y al menos uno de los dispositivos de comunicaciones es un teléfono móvil. En algunas realizaciones, una capacidad disponible para cada dispositivo de comunicación es proporcional al número de dispositivos de comunicaciones que forman la red.

En algunas realizaciones, el movimiento de la primera antena vibrante del primer dispositivo de comunicaciones se inicia a una frecuencia que corresponde a una frecuencia inalámbrica abierta o sin licencia. En algunas realizaciones, el movimiento de la primera antena vibrante del primer dispositivo de comunicaciones se inicia en alrededor de 60 GHz o una frecuencia más alta. En algunas realizaciones, los dispositivos de comunicaciones en el sistema de comunicaciones se determinan para estar dentro de las inmediaciones del primer dispositivo de comunicaciones.

En otro aspecto, los sistemas y métodos descritos aquí dentro se refieren al método para proporcionar un sistema de comunicaciones. El método incluye proporcionar los dispositivos de comunicaciones portátiles que forman una red multiplexada espacialmente. Cada dispositivo de comunicaciones incluye una antena vibrante que se configura para recibir y transmitir en múltiples direcciones. El método además incluye la transmisión, desde un primer dispositivo de comunicaciones de los dispositivos de comunicaciones, de una señal a los dispositivos de comunicaciones. La transmisión de la señal

puede incluir iniciar un movimiento de una primera antena vibrante del primer dispositivo de comunicaciones. El método además incluye recibir la señal en un segundo dispositivo de comunicaciones de los dispositivos de comunicaciones. La recepción de la señal puede incluir permitir un movimiento de una segunda antena vibrante del segundo dispositivo de comunicaciones en respuesta a la señal. El método además incluye retransmitir, desde el segundo dispositivo de comunicaciones, la señal a los dispositivos de comunicaciones.

En otro aspecto, los sistemas y métodos descritos aquí dentro relacionados con un dispositivo de emisión y/o recepción de señal electromagnética que tiene un ancho de banda de funcionamiento o frecuencia de ancho de banda mínimo. El dispositivo incluye una antena para generar una señal de salida. La antena se orienta en una primera dirección. La antena se configura para ser deformada periódicamente, inclinada periódicamente, y/u orientada periódicamente en una segunda dirección diferente de la primera dirección de acuerdo con un primer movimiento periódico que tiene una primera frecuencia más grande que el ancho de banda de funcionamiento mínimo. En algunas realizaciones, la antena se orienta en una primera dirección, y la antena se configura además para ser orientada periódicamente en una segunda dirección diferente de la primera dirección de acuerdo con el primer movimiento periódico. En algunas realizaciones, la antena además se configura para ser girada periódicamente de acuerdo con el primer movimiento periódico. En algunas realizaciones, la antena se configura además para ser conmutada periódicamente de acuerdo con el primer movimiento periódico.

Breve descripción de los dibujos

Otras ventajas y características de los sistemas y métodos descritos aquí dentro se pueden apreciar a partir de la siguiente descripción, que proporciona una descripción no limitativa de las realizaciones ilustrativas, con referencia a los dibujos anexos, en los que:

La Fig. 1 representa una vista esquemática de una red celular típica;

La Fig. 2A representa una vista esquemática de una red multiplexada espacialmente formada a partir de una pluralidad de dispositivos de comunicaciones portátiles, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;

5 La Fig. 2B es un diagrama de flujo que representa el funcionamiento de la red multiplexada espacialmente de la Fig. 2A según se propaga una señal desde un dispositivo fuente a un dispositivo objetivo a través de la red multiplexada espacialmente, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;

10 La Fig. 3A es una vista esquemática de un dispositivo de comunicaciones portátil que tiene una pluralidad de antenas vibrantes integradas, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;

La Fig. 3B una vista esquemática de un dispositivo de comunicaciones portátil que tiene una antena vibrante integrada, de acuerdo con una
15 realización ilustrativa de la invención;

La Fig. 4A representa una vista esquemática de una antena Parpadeante en un estado inactivo, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;

La Fig. 4B representa una vista esquemática de una antena Parpadeante en un estado activado, de acuerdo con una realización ilustrativa de la
20 invención;

La Fig. 4C representa una vista esquemática de una antena Parpadeante en un estado activado, de acuerdo con otra realización ilustrativa de la invención;

La Fig. 5A representa una vista esquemática de una antena de Faraday en
25 un estado inactivo, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;

La Fig. 5B representa una vista esquemática de una antena de Faraday en un estado activado, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;

La Fig. 5C representa una vista en perspectiva de una antena de Faraday en

un estado inactivo, de acuerdo con otra realización ilustrativa de la invención;

La Fig. 5D representa una vista en perspectiva de una antena de Faraday en un estado inactivo, de acuerdo con otra realización ilustrativa de la invención;

La Fig. 6A representa una vista esquemática de una antena de Lorentz en un estado inactivo, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;

La Fig. 6B representa una vista esquemática de una antena de Lorentz en un estado activado, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;

La Fig. 6C representa una vista en perspectiva de una antena de Lorentz en un estado inactivo, de acuerdo con otra realización ilustrativa de la invención;

La Fig. 6D representa una vista en perspectiva de una serie de antenas de Lorentz en un estado inactivo, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;

La Fig. 7A representa una vista esquemática de una antena de rotación lineal en un estado inactivo, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;

La Fig. 7B representa una vista esquemática de una antena de rotación lineal en un estado activado, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;

La Fig. 8A representa una sección transversal después de un primer conjunto de pasos de flujo del proceso para la fabricación de una antena vibrante, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;

La Fig. 8B representa una sección transversal después de un segundo conjunto de pasos de flujo del proceso para la fabricación de una antena vibrante, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;

La Fig. 8C representa una sección transversal después de un tercer conjunto

de pasos de flujo del proceso para la fabricación de una antena vibrante, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;

Descripción Detallada de las Realizaciones

Para proporcionar una comprensión total de los sistemas y métodos descritos aquí dentro, se describirán ahora ciertas realizaciones ilustrativas. No obstante, se entenderá por un experto ordinario en la técnica que los sistemas y métodos descritos aquí dentro se pueden adaptar y modificar como sea adecuado para la aplicación que se aborda y que los sistemas y métodos descritos aquí dentro se pueden emplear en otras aplicaciones adecuadas, y que tales otras adiciones y modificaciones no se saldrán del alcance de la misma.

La Fig. 1 representa una vista esquemática de una red celular típica 100. Una red celular incluye al menos un transceptor de ubicación fija o estación base 118. Cuando se unen juntas estas estaciones base proporcionan cobertura de radio sobre un área geográfica amplia. Las estaciones base además se configuran para usar esquemas de multiplexación, tales como multiplexación en frecuencia, multiplexación en el tiempo, o multiplexación de código. Esto permite un gran número de transceptores portátiles o dispositivos de comunicaciones portátiles (por ejemplo, teléfonos móviles, buscapersonas) a comunicar entre sí y con los transceptores fijos y teléfonos en cualquier sitio en la red a través de las estaciones base 118. Aunque una red celular con estaciones base 118 puede alojar múltiples dispositivos, la estación base 118 se limita en el número de dispositivos que puede alojar y una vez que se alcanza el número, la capacidad llega a estar saturada y no se pueden situar en la red más usuarios. Esto se ilustra en la Fig. 1 donde el dispositivo 102 es incapaz de conectar con el dispositivo 114 porque la capacidad de la estación base 118 se ha saturado. Detalles adicionales para este ejemplo se proporcionan más adelante.

En la realización mostrada en la Fig. 1, el dispositivo 104 se conecta con el dispositivo 112 a través de la estación base 118, el dispositivo 106 se conecta con el dispositivo 108 a través de la estación base 118, y el

dispositivo 110 se conecta con el dispositivo 116 a través de la estación base 118. Una vez se establecen estas conexiones, la capacidad de la estación base 118 se satura y los intentos de establecer conexiones mediante otros dispositivos (por ejemplo, los dispositivos 102 y 114) se rechazan. Consecuentemente, el dispositivo 102 es incapaz de unirse a la red y no puede conectar con el dispositivo 114 o viceversa. Una forma de superar esta limitación es eliminar la estación base 118 de la red, y en su lugar formar una red multiplexada espacialmente a partir de los dispositivos de comunicaciones portátiles 102-116. Este planteamiento ventajoso se ilustra además con respecto a las Fig. 2A y 3 más adelante.

La Fig. 2A representa una vista esquemática de una red multiplexada espacialmente 200 formada a partir de una pluralidad de dispositivos de comunicaciones portátiles 202-216. La multiplexación espacial es una técnica de transmisión en comunicación inalámbrica de entrada-múltiple salida-múltiple para transmitir independiente y separadamente las señales de datos codificadas desde múltiples antenas de transmisión. En el caso de una red multiplexada espacialmente, cada dispositivo es capaz de la transmisión/recepción múltiple de señal y se sitúa en la red de manera que el dispositivo está dentro de las inmediaciones de al menos otro dispositivo. Cada dispositivo barre otros dispositivos en sus inmediaciones y establece los canales de comunicaciones con los dispositivos encontrados durante el barrido. En una realización, cada dispositivo barre periódicamente los dispositivos añadidos o eliminados de la red y restablece los canales de comunicaciones para formar una red configurable dinámicamente. Cualquier dispositivo en la red puede comunicar con otro dispositivo en la red a través de estos canales de comunicaciones establecidos. Mientras que las redes celulares típicas están limitadas a un máximo número de dispositivos, una red multiplexada espacialmente no sufre de tal limitación. Una red multiplexada espacialmente en su lugar adquiere más capacidad según se añaden dispositivos a la red. En otras palabras, cuanto mayor es el número de dispositivos en la red, mejor funciona para todos. La capacidad del canal aumenta proporcional al número de dispositivos en la red. En una realización, la capacidad del canal aumenta proporcional al cuadrado del

número de dispositivos.

En una realización mostrada en la Fig. 2A, el dispositivo 204 se conecta con el dispositivo 212, el dispositivo 206 se conecta con el dispositivo 208, y el dispositivo 210 se conecta con el dispositivo 216. Estas conexiones son similares a las conexiones mostradas en la Fig. 1. No obstante, en lugar de estar conectados a través de una estación base, los dispositivos se conectan a través de la red multiplexada espacialmente formada a partir de los dispositivos 202-216. Por ejemplo, el dispositivo 204 se conecta con el dispositivo 212 a través de los dispositivos 204, 206, 208, y 210. En otro ejemplo, el dispositivo 206 se conecta con el dispositivo 208 directamente. En otro ejemplo, el dispositivo 210 se conecta con el dispositivo 216 a través de los dispositivos 212 y 214. Adicionalmente, los dispositivos 202 y 214 también se conectan a través de los dispositivos 204, 206, 208, 210, y 212. Como se trató anteriormente, la red multiplexada espacialmente adquiere más capacidad con un aumento en el número de dispositivos, y por lo tanto, los dispositivos 202 y 214 son capaces de conectarse entre sí sin sufrir el problema de capacidad descrito con respecto a la Fig. 1. Opuesto a la red de la Fig. 1 en la que la adición de dispositivos se traduce en capacidad disminuida para cada dispositivo, la red multiplexada espacialmente de la Fig. 2A proporciona capacidad aumentada para cada dispositivo según se añaden más dispositivos a la red.

Los proveedores de redes celulares típicamente compran bandas de frecuencia para sus redes celulares. Las bandas de frecuencia se utilizan por las estaciones base para transmitir las señales a los dispositivos de comunicaciones portátiles en la red. Por ejemplo, la estación base puede transmitir una señal a un primer dispositivo en una primera frecuencia en la banda de frecuencia asignada, mientras que transmite una señal a un segundo dispositivo sobre una segunda frecuencia en la banda de frecuencia asignada. No obstante, una vez se alcanza la capacidad de la estación base, no se pueden conectar más dispositivos a la estación base. Este problema surge porque las señales se envían en todas direcciones independientemente de la ubicación de la ubicación del dispositivo objetivo.

No obstante, en una red multiplexada espacialmente, las señales se envían solamente en la dirección del dispositivo objetivo. Como se trató anteriormente, cada dispositivo en una red multiplexada espacialmente barre periódicamente otros dispositivos en sus inmediaciones y establece los canales de comunicaciones con los dispositivos encontrados. Las señales enviadas desde un dispositivo fuente en la red a un dispositivo objetivo son altamente directivas. Esto se consuma con el uso de antenas vibrantes, detalles adicionales para las cuales se proporcionan con respecto a las Fig. 3A y 3B más adelante. Debido a la naturaleza altamente directiva de las señales de la antena vibrante, todos los usuarios en la red multiplexada espacialmente pueden usar la misma frecuencia para establecer los canales de comunicaciones y enviar las señales entre sí. Por lo tanto, la red multiplexada espacialmente propuesta puede eliminar los problemas de saturación observados en los espectros electromagnéticos asociados con las redes celulares de hoy en día.

En una realización, se elige la frecuencia para el establecimiento de los canales de comunicaciones a partir de una banda de frecuencia sin licencia o abierta, por ejemplo, 60 GHz. Para establecer una red multiplexada espacialmente, puede ser necesaria una masa crítica de usuarios, junto con las antenas vibrantes integradas en los dispositivos de la red que pueden establecer los canales de comunicaciones en múltiples direcciones. Esta masa crítica se puede sostener asegurando que cada dispositivo de la red tiene al menos otro dispositivo dentro de su alcance. En el caso de una banda de frecuencia de 60 GHz, el alcance de cada dispositivo puede variar de alrededor de 1m a alrededor de 100m. En las realizaciones en las que la masa crítica no se ha alcanzado aún, se pueden desplegar estaciones base convencionales para completar cualquier vacío en la cobertura de la red multiplexada espacialmente. Por lo tanto, los dispositivos pueden emplear tecnología celular convencional cuando un dispositivo para la formación de un canal de comunicaciones multiplexado espacialmente no está disponible. Este planteamiento se puede considerar que es un cambio disruptivo en las prácticas de telefonía móvil actuales. Los fabricantes de circuitos integrados pueden fabricar dispositivos con antenas vibrantes integradas para las redes

celulares convencionales. Con la adquisición de masa crítica, los fabricantes pueden activar las antenas vibrantes integradas y consecuentemente también funcionar como operadores de telecomunicaciones. Ellos pueden estar motivados además para incursionar en el campo de los operadores de telecomunicaciones dando la oportunidad de usar las frecuencias inalámbricas abiertas o sin licencia y evitar los costes asociados con la compra de licencias para las bandas de frecuencia. Esta innovadora red multiplexada espacialmente se habilita integrando las antenas vibrantes en los dispositivos de comunicaciones portátiles, detalles de los cuales se proporcionan con respecto a las Fig. 3A y 3B.

Para resumir el funcionamiento de la red multiplexada espacialmente según se describe con referencia a la Fig. 2A, la Fig. 2B es un diagrama de flujo que representa el funcionamiento de la red multiplexada espacialmente. En particular, la Fig. 2B representa el funcionamiento de la red multiplexada espacialmente según se propaga una señal desde un dispositivo fuente a un dispositivo objetivo a través de la red multiplexada espacialmente. Un serie de dispositivos de comunicaciones portátiles se sitúan para formar una red de manera que cada dispositivo está dentro de las inmediaciones de al menos otro dispositivo (paso 252). Cada dispositivo puede barrer periódicamente otros dispositivos y establecer los canales de comunicaciones según se añaden o elimina dispositivos de la red. El dispositivo fuente transmite una señal para el dispositivo objetivo a la red (paso 254). Otro dispositivo (intermedio) recibe la señal desde el dispositivo fuente y retransmite la señal a otro dispositivo en la red (pasos 256, 258). Los pasos 256 y 258 se pueden repetir hasta que la señal se reciba en el dispositivo objetivo (paso 260).

En algunas realizaciones, en ausencia de un dispositivo intermedio disponible dentro de las inmediaciones del dispositivo fuente, una estación base recibe la señal desde el dispositivo fuente y retransmite la señal a otro dispositivo en la red. La estación base puede ser una estación celular típica o cualquier otro tipo de estación de comunicaciones adecuada. Por ejemplo, el dispositivo fuente puede iniciar una llamada de teléfono que se transmite

al dispositivo objetivo a través de una estación celular. En algunas realizaciones, un dispositivo intermedio o estación base no se usa entre los dispositivos objetivo y fuente. Por ejemplo, un dispositivo intermedio no se puede usar cuando el dispositivo objetivo está dentro de las inmediaciones del dispositivo fuente. En tal caso, la señal se recibe en el dispositivo objetivo directamente desde el dispositivo fuente (por ejemplo, los dispositivos 206 y 208 en la Fig. 2A).

Una red multiplexada espacialmente, por ejemplo, descrita con respecto a las Fig. 2A y 2B anteriores, se puede formar a partir de los dispositivos de comunicaciones portátiles que cada uno tiene una o más antenas vibrantes basadas en MEMS. Las soluciones basadas en MEMS pueden ofrecer reducción es espacio muerto, pérdida de inserción, consumen mínima potencia durante el funcionamiento, y proporcionan baja distorsión de señal. La tecnología MEMS se puede usar para construir una antena vibrante que cambia su forma durante un periodo de tiempo en dos maneras. La primera manera incluye conmutar un conjunto de antenas fijas. Cada antena se apunta en una dirección distinta y las antenas reciben/transmiten señales en múltiples direcciones a través de multiplexación de conmutación. La segunda manera incluye mover mecánicamente una antena construida usando la tecnología MEMS. El movimiento se consume típicamente a través de fuerzas electrostáticas, aunque las fuerzas pueden ser piezoeléctricas, magnéticas, o térmicas en naturaleza. La estructura que se mueve interactúa con las ondas electromagnéticas para generar una señal de salida que se puede detectar. No obstante, la tecnología MEMS es solamente un tipo de proceso para construir antenas vibrantes. El proceso de fabricación de antenas vibrantes no necesita estar limitado a la tecnología MEMS. Por ejemplo, las antenas vibrantes se pueden implementar como dispositivos de sistemas nano-electromecánicos (NEMS) basados en nano-tubos de carbono. En otro ejemplo, las antenas vibrantes se pueden fabricar usando un proceso basado en MEMS CMOS descrito en la Publicación de la Solicitud de Patente de U.S. N° 2010/0295138 de propiedad conjunta, titulada "Métodos y Sistemas para la Fabricación de Dispositivos MEMS CMOS".

La Fig. 3A es una vista esquemática de un dispositivo de comunicaciones portátil 300 que tiene las antenas vibrantes integradas 302. Esta realización corresponde al primer planteamiento descrito anteriormente en el que un conjunto de antenas fijas que apuntan en distintas direcciones se multiplexan para recibir/transmitir las señales en múltiples direcciones. Cada antena 302 se dirige hacia una dirección particular y puede establecer los canales de comunicaciones con un dispositivo 304 en esa dirección. Por lo tanto, el dispositivo 300 puede establecer los canales de comunicaciones con cada uno de los dispositivos 304 a través de las antenas 302. Aunque esta realización muestra seis antenas, se puede emplear un número grande de tales antenas para el establecimiento de los canales de comunicación con otros dispositivos en la red. Por ejemplo, se pueden emplear alrededor de 100 o más de tales antenas. En otra realización, se pueden emplear alrededor de 100 o más de tales antenas. Incluso tal número grande de antenas vibrantes se pueden fabricar ventajosamente en un espacio pequeño a través de la tecnología MEMS, y de esta manera, se pueden desplegar fácilmente en los dispositivos de comunicaciones portátiles o estaciones base por igual. Ejemplos de tipos de antenas vibrantes se describen con respecto a las Fig. 4A-7B.

La Fig. 3B es una vista esquemática de un dispositivo de comunicaciones portátiles 350 que tiene una antena vibrante integrada 352. Esta realización corresponde al segundo planteamiento descrito anteriormente en el que una antena vibrante única se mueve mecánicamente para recibir y transmitir las señales en una pluralidad de direcciones. La antena 352 se mueve a través de una actuación electrostática. En las realizaciones alternativas, la antena 352 se mueve a través de una actuación piezoeléctrica, actuación magnética, actuación térmica, o cualquier otro tipo de actuación forzada adecuada. La antena 352 se mueve de manera que puede recibir las señales de transmisión/recepción en múltiples direcciones. Por ejemplo, en la realización mostrada en la Fig. 3B, la antena 352 se mueve a través de seis direcciones distintas. Esto permite al dispositivo 350 establecer los canales de comunicaciones con cada uno de los dispositivos 354 a través de la antena 352. En una realización, la frecuencia de vibración de la antena se

desea que sea mayor que la frecuencia de ancho de banda de las señales entrantes. De esta forma hay distorsión de repliegue del espectro mínima a cero que resultaría de otra forma de la señal recibida que se modula en la misma frecuencia de vibración por las antenas. Tener distorsión de repliegue del espectro puede conducir a que una señal recibida de una dirección particular se pierda y/o sea indistinguible de las señales que vienen de otras direcciones. Un ejemplo de una señal que se pierde se describe además más tarde.

Como la antena 352 se mueve con el tiempo hacia una cierta dirección, la ganancia de la antena en esa dirección aumenta con el tiempo. Igualmente, según se aleja con el tiempo de una cierta dirección, la ganancia de la antena en esa dirección disminuye con el tiempo. Una señal recibida desde una cierta dirección en la antena 352 se modula por la ganancia asociada con esa dirección en ese punto en el tiempo. Si la ganancia es demasiado baja, la señal se puede atenuar demasiado y se puede perder. Por lo tanto, para asegurar que ninguna de las señales recibidas se modulan mediante tal baja ganancia, es decir, atenuadas cerca de cero, se desea que la frecuencia de vibración de la antena sea mayor que la frecuencia del ancho de banda de las señales entrantes. En otras palabras, para asegurar que no se pierde una señal recibida, la frecuencia de vibración de la antena necesita ser mayor que la frecuencia del ancho de banda de la señal recibida. Ciertas realizaciones de las antenas vibrantes se pueden encontrar descritas en la Publicación de la Solicitud de Patente PCT Internacional N° WO2005/112190 de propiedad conjunta, titulada "Dispositivo de Emisión y/o Recepción de Señales Electromagnéticas y Circuito Integrado Correspondiente", que se incorpora aquí dentro por referencia en su totalidad. Las realizaciones de los distintos tipos de antenas vibrantes se describen también con respecto a las Fig. 4A-7B más adelante.

La Fig. 4A representa una vista esquemática de una antena Parpadeante en un estado inactivo 400. En la realización mostrada, la antena Parpadeante incluye una serie de elementos interconectados 402. Los elementos 402 se comportan como una antena pero se activan individualmente y son capaces

de moverse independientemente unos de otros. Para recibir una señal, los elementos 402 se accionan periódicamente, tanto independientemente como conjuntamente, a un conjunto de posiciones fijas. La actuación puede ser debida a fuerzas electrostáticas, magnéticas, piezoeléctricas, o térmicas. Las Fig. 4B y 4C representan las realizaciones 440 y 480, respectivamente, de los elementos 402 en un estado activado. La señal recibida por los elementos 402 en cada posición se almacena junto con un valor temporal para cuando se reciba la señal. Los valores recogidos se proporcionan entonces a un procesador de señal digital (DSP) para calcular la señal entrante recibida en los elementos 402 según se activan a través del conjunto de posiciones fijas. En una realización, la antena Parpadeante se implementa como un elemento único en movimiento que se orienta periódicamente de manera similar en múltiples posiciones y los datos se recogen y procesan por un DSP, un grupo de puertas programables de campo (FPGA), un circuito analógico, o cualquier otro medio electrónico adecuado, para calcular la señal entrante recibida en los elementos 402 según se activan a través del conjunto de posiciones fijas. La señal entrante se puede calcular determinando las fuerzas del campo eléctrico $E(\Omega_u)$, en cada dirección Ω_u , de acuerdo con el siguiente conjunto de ecuaciones:

$$v_i(t) = \sum_{u=1}^N KD^{1/2}(\Omega_u, t) E(\Omega_u) \hat{e}_r(\Omega_u) \hat{e}_a(\Omega_u, t)$$

$$\begin{bmatrix} KD^{1/2}(\Omega_1, t_1) \hat{e}_a(\Omega_1, t_1) & KD^{1/2}(\Omega_2, t_1) \hat{e}_a(\Omega_2, t_1) & \dots & KD^{1/2}(\Omega_n, t_1) \hat{e}_a(\Omega_n, t_1) \\ KD^{1/2}(\Omega_1, t_2) \hat{e}_a(\Omega_1, t_2) & & & \\ \dots & & & \\ KD^{1/2}(\Omega_1, t_n) \hat{e}_a(\Omega_1, t_n) & & & KD^{1/2}(\Omega_n, t_n) \hat{e}_a(\Omega_n, t_n) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E(\Omega_1) \hat{e}_r(\Omega_1) \\ \dots \\ E(\Omega_n) \hat{e}_r(\Omega_n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_i(t_1) \\ \dots \\ v_i(t_{2N}) \end{bmatrix}$$

donde $v_i(t_u)$ es la señal recibida en cada valor temporal (que corresponde a cada posición de la antena), $\hat{e}_r(\Omega_u)$ y $\hat{e}_a(\Omega_u)$ son los vectores de polarización para la señal recibida y la antena, respectivamente, en cada dirección Ω_u , $D(\Omega_u, t_u)$ es la directividad en cada dirección e intervalo de tiempo (o posición/forma de la antena), y $E(\Omega_u)$ son las fuerzas del campo eléctrico, en cada dirección, Ω_u .

Las antenas Parpadeantes se pueden implementar en un tamaño compacto, por ejemplo, usando la tecnología basada en MEMS, y pueden proporcionar alta resolución en aplicaciones que tienen frecuencias de portadora altas y bajo ancho de banda de información. Además de las redes multiplexadas

5 espacialmente, las antenas Parpadeantes pueden ser muy adecuadas en el campo de los sistemas de radar de automoción. En una realización, un sistema de radar de automoción recibe una nueva trama cada 40 ms, es decir, el sistema tiene un ancho de banda de información bajo de 25 Hz. Adicionalmente, el sistema tiene frecuencias de portadora altas de 24 GHz

10 y/o 79 GHz. Los elementos de la antena Parpadeante se mueven continuamente a un conjunto de posiciones fijas cada nueva trama, es decir, 40 ms, y la señal recibida por cada elemento en cada posición se almacena junto con un valor temporal para cuando se reciba la señal. Los valores recogidos se proporcionan entonces a un DSP para calcular la señal

15 entrante. Tal antena Parpadeante puede servir como un potente sensor con alta resolución en los sistemas de radar de automoción. En una realización, se usan dos antenas Parpadeantes en un planteamiento biestático, una antena cada una para recepción y transmisión, respectivamente. En una realización alternativa, solamente se usa una antena Parpadeante en un

20 planteamiento monoestático, que reutiliza la misma antena para la transmisión así como la recepción. Aunque el planteamiento monoestático puede añadir complejidad a la circuitería de control para la antena Parpadeante comparado con el planteamiento biestático, el planteamiento monoestático reduce ventajosamente el área del circuito integrado en un

25 50%. En otra realización alternativa, se puede usar una antena Parpadeante solamente para la recepción, dependiendo de la aplicación de radar de automoción. Esta realización proporciona una reducción ventajosa del 50% en el área del circuito integrado comparado con el planteamiento biestático, y reduce el consumo de potencia comparado tanto con los planteamientos

30 biestáticos como monoestáticos. Otra aplicación de la antena Parpadeante puede estar en el campo de los escáneres de alta resolución, tales como para los escáneres de seguridad en aeropuertos o edificios públicos, escáneres médicos, y los sistemas anti hurto en tiendas.

La Fig. 5A representa una vista esquemática de una antena de Faraday en un estado inactivo 500. En la realización mostrada, la antena de Faraday incluye un bucle formado a partir de voladizos 504 unidos juntos a través de un elemento de unión 502. El bucle de la antena se activa electrostáticamente en una alta frecuencia de vibración para deformar o doblar periódicamente los voladizos 504 provocando un cambio periódico de la orientación del área del bucle. La activación puede ser alternativamente debida a fuerzas magnéticas, piezoeléctricas, o térmicas. La Fig. 5B representa la realización 520 de la antena de Faraday en un estado activado. La distancia d y el ángulo α del bucle deformado se limitan por la fuerza del límite elástico del metal usado para fabricar el bucle. En una realización alternativa, los voladizos 504 se accionan a una frecuencia de vibración alta para deformar o doblar periódicamente el uno hacia el otro, provocando también un cambio periódico en el área del bucle de la antena.

La Fig. 5C representa una vista en perspectiva de una antena de Faraday en un estado inactivo 540. Similar a las antenas de las Fig. 5A y 5B, la antena incluye los voladizos 544 unidos juntos por el elemento 542. Los voladizos 544 se sujetan mediante los anclajes 548. La Fig. 5C también incluye el electrodo 546 que cuando actúa deforma o dobla los voladizos 504. No obstante, la distancia d y el ángulo α del bucle deformado se limitan por la fuerza del límite elástico del metal usado para fabricar el bucle. Esta limitación es una función de la frecuencia de resonancia del dispositivo y puede limitar la ganancia de la antena y reducir la relación señal a ruido máxima por unidad de área. Una forma de superar esta limitación se ilustra por la antena de la Fig. 5D. Similar a la antena de la Fig. 5C, la antena incluye los voladizos 544 unidos junto por el elemento 542. No obstante, el electrodo 566 es más pequeño que el electrodo 546 y se sitúa de manera que solamente deforma o dobla una parte de los voladizos 504 próxima a los anclajes 548 y la parte restante permanece sin tensión. Esta flexión de efecto de palanca de los voladizos 504 puede aumentar el ángulo α y el desplazamiento d del elemento 542. La técnica de flexión de efecto palanca

también permite frecuencias de vibración más altas a ser usadas que conducen a la mejor ganancia para la antena.

5 Para las realizaciones descritas con respecto a las Fig. 5A-5D, el cambio periódico en la orientación del área del bucle de la antena provoca un cambio periódico en el flujo magnético a través del bucle de la antena. Este flujo magnético crea un voltaje periódico a través del bucle de la antena de acuerdo con la ley de Faraday-Lenz, en la que el voltaje v_F generado a través de la antena es una variación negativa del flujo magnético Φ , y se
10 calcula como:

$$v_F(t) = -\frac{d}{dt}\Phi(t)$$

Este voltaje calculado v_F corresponde a la señal entrante recibida en la antena en el tiempo t . Como el bucle de la antena se acciona periódicamente en la frecuencia de vibración alta, el voltaje v_F calculado a través del tiempo
15 corresponde a la señal entrante recibida en la antena de Faraday. En una realización, la frecuencia de vibración de la antena de Faraday oscila de alrededor de 100 kHz a alrededor de 100 MHz. En otra realización, la frecuencia de vibración de la antena de Faraday oscila de alrededor de 100 kHz a alrededor de 10 GHz, por ejemplo, cuando la antena de Faraday se
20 fabrica usando un proceso basado en MEMS CMOS. Es deseable para la frecuencia de vibración que sea mayor que la frecuencia del ancho de banda de la señal para evitar problemas de distorsión de repliegue del espectro. Las antenas de Faraday puede ser útiles en el campo de las redes multiplexadas espacialmente. También se pueden usar en el campo de la
25 identificación de radiofrecuencia (RFID), por ejemplo, para proporcionar etiquetas de RFID compactas en la fabricación textil, por ejemplo, para seguir una fuente de hilos usados en textiles.

La Fig. 6A representa una vista esquemática de una antena de Lorentz en un estado inactivo 600. En la realización mostrada, la antena de Lorentz
30 incluye un puente 602 agregado a los anclajes 604. Como es evidente de la similitud en la estructura a la antena de Faraday, la antena de Lorentz es

una modificación de la antena de Faraday. No obstante, en lugar de deformar el bucle de la antena, solamente se deforma o mueve periódicamente el puente 602 a una frecuencia de vibración. La antena de Lorentz se acciona electrostáticamente a una frecuencia de vibración alta para mover periódicamente el puente 602, por ejemplo, en las direcciones arriba/abajo o izquierda/derecha. El accionamiento alternativo puede ser debido a fuerzas magnéticas, piezoeléctricas, o térmicas. La Fig. 6B representa la realización 620 de la antena de Lorentz en un estado accionado. La dirección del movimiento del puente 602 es dependiente de la orientación del accionamiento aplicado. El movimiento mecánico y el campo magnético externo generan un voltaje a través del puente 602 debido a una fuerza de Lorentz experimentada por el puente 602. Como el puente 602 se activa periódicamente a la frecuencia de vibración alta, el voltaje a través del bucle de antena calculado a través del tiempo corresponde a la señal entrante recibida en la antena de Lorentz. Dado que solamente se requiere un puente en movimiento, la antena de Lorentz es más fácil de construir que la antena de Faraday. Por ejemplo, la Fig. 6C ilustra una realización de la antena de Lorentz fabricada con el puente en movimiento 642 y conectado con los anclajes 644. Los anclajes 644 están enterrados en el óxido de la capa de Dieléctrico Inter Metal (IMD) 646 para proporcionar soporte a la antena de Lorentz. La deformación o movimiento del puente 602 se limita por la fuerza del límite elástico del metal usado para fabricar el puente 602. En una realización, la longitud del puente 602 oscila de alrededor de 50 μm a alrededor de 100 μm . Para superar esta limitación, se puede usar una serie de antenas de Lorentz. Esto se ilustra en la Fig. 6D en la que la antena 660 está fabricada con una serie de antenas de Lorentz 664, cada una que tiene los anclajes 662. Tal serie de N antenas de Lorentz cada una que tiene una longitud del puente l se comporta como una antena de Lorentz que tiene una longitud del puente de $N \cdot l$.

30

En una realización, la frecuencia de vibración de la antena de Lorentz oscila de alrededor de 100 kHz a alrededor de 100 MHz. En otra realización, la frecuencia de vibración de la antena de Lorentz oscila de alrededor de 100

kHz a alrededor de 10 GHz, por ejemplo, cuando la antena de Lorentz está fabricada usando un proceso basado en MEMS CMOS. Es deseable para la frecuencia de vibración que sea mayor que la frecuencia del ancho de banda de la señal para evitar problemas de distorsión de repliegue del espectro.

5 Las antenas de Lorentz pueden ser útiles en el campo de las redes multiplexadas espacialmente. También pueden ser útiles en el campo de las aplicaciones de radar de automoción y de escáner de alta resolución (descritas anteriormente con respecto a la antena Parpadeante) y de identificación de radiofrecuencia (RFID) (descrita anteriormente con respecto

10 a la antena de Faraday).

La Fig. 7A representa una vista esquemática de una antena de rotación lineal en un estado inactivo 700. En la realización mostrada, la antena de rotación lineal se observa desde la parte de arriba e incluye las pilas de metal fijas 704 y las placas móviles 702. Las placas móviles 702 se fijan en un extremo mediante los anclajes 706 pero están libres para moverse en su otro extremo. La antena de rotación lineal se acciona electrostáticamente a una frecuencia de vibración alta aplicando periódicamente un voltaje a las pilas de metal 704. El accionamiento alternativamente se puede deber a

15 fuerzas magnéticas, piezoeléctricas, o térmicas. El voltaje aplicado provoca el movimiento de las placas móviles 702 hacia su pila de metal respectiva 704 de una manera periódica, como se muestra en la Fig. 7B. Según se mueve la antena en el tiempo hacia una cierta dirección, la ganancia de la antena en esa dirección puede aumentar con el tiempo. Igualmente, según se aleja la antena en el tiempo de una cierta dirección, la ganancia de la antena en esa dirección puede disminuir con el tiempo. En otras palabras, una señal recibida desde una cierta dirección en la antena se modula por la ganancia asociada con esa dirección en ese punto en el tiempo. Si la antena se opera en una frecuencia de vibración adecuada, las placas móviles de la

25 antena se pueden situar de manera que cada señal que viene de un conjunto de direcciones se modula con una alta ganancia, mientras que las señales de otras direcciones se filtran o atenúan. Este planteamiento permite a la antena de rotación lineal que sea altamente directiva y reciba las

30

señales solamente de las direcciones deseadas. En una realización, la antena de rotación lineal sitúa las señales que vienen de distintas direcciones en distintas bandas de frecuencia. Esto permite a la antena detectar y distinguir las señales de las distintas direcciones
5 simultáneamente.

En una realización, la frecuencia de vibración de la antena de rotación lineal oscila de alrededor de 100 kHz a alrededor de 100 MHz. En otra realización, la frecuencia de vibración de la antena de rotación lineal oscila de alrededor
10 de 100 kHz a alrededor de 10 GHz, por ejemplo, cuando la antena de rotación lineal se fabrica usando un proceso basado en MEMS CMOS. Puede ser ventajoso tener las frecuencias de vibración en el orden de 1 GHz. Por ejemplo, las redes celulares funcionan en alrededor del intervalo de frecuencia de 1-2 GHz. Si se recibe una señal entrante que tiene una
15 frecuencia portadora de alrededor de 1 GHz en una antena de rotación lineal que tiene una frecuencia de vibración de alrededor de 1 GHz, tras la modulación por la antena la frecuencia de la señal se puede centrar en DC (es decir, cerca de cero). Los dispositivos de comunicaciones típicamente incluyen filtros complejos altamente selectivos, por ejemplo, los filtros de
20 ondas acústicas de superficie (SAW) o de Resonador Acústico Masivo de Película (FBAR), en comunicación con un mezclador, para obtener una señal entrante centrada en una frecuencia DC (cerca de cero). No obstante, una antena de rotación lineal que tiene una frecuencia en el orden de 1 GHz puede eliminar la necesidad de filtros complejos y/o un mezclador para
25 obtener la señal entrante deseada centrada en una frecuencia DC (cerca de cero). Tal antena de rotación lineal también es fácil de sintonizar a distintas frecuencias de vibración. En algunas realizaciones, la antena de rotación lineal se fabrica usando un proceso de MEMS CMOS y puede soportar altas frecuencias no disponibles en los dispositivos de MEMS típicos. Esto es
30 porque el proceso de MEMS CMOS ofrece un tamaño característico de alrededor de 0,3 μm comparado con el tamaño característico de 1-2 μm ofrecido por los procesos MEMS típicos.

La frecuencia de vibración de la antena de rotación lineal puede estar sujeta a ciertas restricciones para permitir el funcionamiento adecuado. En una realización, la frecuencia de vibración se elige de manera que es mayor que la frecuencia del ancho de banda de la señal entrante pero mucho más bajo que la frecuencia portadora. La frecuencia portadora es la frecuencia central de una señal entrante mientras que la frecuencia del ancho de banda es la frecuencia que abarca por encima y por debajo de su frecuencia central. Estas restricciones eliminan cualquier problema de distorsión de repliegue del espectro cuando se recibe la señal entrante y la antena se puede analizar como si fuera una antena estática. En una realización, el tamaño lineal de la antena de rotación lineal está al menos en el mismo orden de magnitud que la longitud de onda de la señal entrante. Esta restricción permite alta directividad en la transmisión/recepción de las señales a la antena de rotación lineal. En una realización, se proporcionan al menos dos antenas de rotación lineal y el voltaje periódico aplicado a sus respectivas pilas de metal 704 se sincroniza de manera que sus respectivas placas móviles 702 se mueven juntas de una manera sincronizada. Tales antenas se conocen como antenas de rotación sincronizadas. Las antenas de rotación sincronizadas pueden proporcionar mayor directividad en la transmisión/recepción de las señales comparado con la antena de rotación lineal, incluso cuando se tienen tamaños eléctricos más pequeños que la longitud de onda de la señal entrante. Con las antenas de rotación lineal, la ganancia o directividad resultante es una combinación lineal de la directividad de las antenas (en el caso de múltiples antenas que se conmutan) o las posiciones/orientaciones/formas de antena en distintos intervalos de tiempo (en el caso de una antena única que se mueve o deforma). Por lo tanto, usar antenas elementales (es decir, antenas que son pequeñas comparado con la longitud de onda de la señal entrante) que tienen típicamente baja directividad provocaría una antena de rotación lineal con baja directividad. No obstante, las antenas vibrantes con alta directividad son deseables para implementar una red multiplexada espacialmente como se describió anteriormente. Por lo tanto, las antenas de rotación lineal pueden usar antenas base más grandes para proporcionar alta directividad y

no pueden usar antenas elementales. Una forma de superar esta limitación es usar en su lugar antenas elementales en antenas de rotación sincronizadas. Esto es porque cuando las antenas de rotación sincronizadas se mueven juntas, muestran la misma ganancia al mismo tiempo. Sus
5 respectivas ganancias se multiplican, es decir, la ganancia se eleva al cuadrado, y la señal se modula de acuerdo con la ganancia al cuadrado. Las antenas elementales que muestran tal ganancia al cuadrado ya no sufren de las limitaciones de directividad y se puede usar en aplicaciones que desean alta directividad tales como una red multiplexada espacialmente. Las
10 antenas de rotación también se pueden usar en el campo de las aplicaciones de radar de automoción y de escáner de alta resolución (descritas anteriormente con respecto a la antena Parpadeante).

Ahora describimos los pasos del flujo del proceso para la fabricación de una
15 antena vibrante a través de un proceso basado en MEMS CMOS. Por ejemplo, la antena vibrante se puede fabricar usando un proceso basado en MEMS CMOS descrito en la Publicación de la Solicitud de Patente de U.S. Nº 2010/0295138 de propiedad conjunta, titulada "Métodos y Sistemas para la Fabricación de Dispositivos MEMS CMOS". No obstante, los procesos de
20 fabricación para una antena vibrante no necesitan estar limitados a los procesos basados en MEMS CMOS, y pueden incluir procesos basados en MEMS, procesos basados en NEMS, y otros procesos adecuados.

La Fig. 8A representa una sección transversal después de un primer
25 conjunto de pasos de flujo del proceso para la fabricación de una antena vibrante, en particular una antena de Lorentz. El espesor de las capas se ha magnificado. En una realización, la antena vibrante se fabrica en una cavidad formada dentro de las capas de interconexión de un circuito integrado CMOS. En una realización alternativa, la antena vibrante se fabrica
30 como un dispositivo MEMS autónomo. Inicialmente se deposita la capa de metal. La capa de metal se puede hacer, por ejemplo, de aleación de metal AlCu. Una capa de enmascaramiento se deposita por encima de la capa de metal, y entonces se graba la capa de metal usando, por ejemplo, HF seco,

para formar las placas 802. Una capa de Dieléctrico Inter-Metal (IMD) se deposita por encima de las placas 802, seguida por una capa de enmascaramiento, y entonces la capa de IMD se graba y rellena con metal para formar los espaciadores o vías 804. En una realización, la capa de IMD incluye una capa de óxido no dopado. Otra capa de metal se deposita, seguida por una capa de enmascaramiento depositada por encima de la capa de metal, y luego la capa de metal se graba usando, por ejemplo, HF seco, para formar las placas 806. Otra capa de IMD se deposita por encima de las placas 806, seguida por una capa de enmascaramiento, y entonces la capa de IMD se graba y rellena con metal para formar los espaciadores o vías 808. Las placas 802 y 804 y los espaciadores 806 y 808 juntos forman los anclajes para la antena vibrante. Una capa de metal se deposita en los espaciadores 808 para formar el puente 810 de la antena vibrante. Otra capa de IMD se deposita en el puente 810, seguida por la capa de metal superior 812. Una capa de enmascaramiento se deposita en la capa de metal superior 812. La capa de metal superior 812 se graba entonces para formar los agujeros pasantes 814. Los agujeros pasantes puede permitir el paso del grabador, por ejemplo, HF en vapor, para grabar el material por debajo de la capa de metal superior 812.

20

Las Fig. 8B y 8C representan secciones transversales después de un segundo y un tercer conjunto de pasos de flujo del proceso, respectivamente, para la fabricación de la antena vibrante. Un grabador, por ejemplo, HF seco, se libera a través de los agujeros pasantes 814 en la capa de metal superior 812. El grabador graba partes de las capas de IMD para liberar los anclajes y el puente de la antena vibrante, como se muestra en la Fig. 8B. Las placas del fondo 802 se entierran en el óxido restante 842 de las capas de IMD para proporcionar soporte a la antena vibrante. Finalmente, la capa de metalización 882 se deposita en la capa de metal superior 812 para sellar la antena vibrante del entorno exterior, como se muestra en la Fig. 8C. En una realización, la antena vibrante se fabrica usando la tecnología de circuito integrado basada en MEMS, basada en NEMS, o basada en MEMS CMOS.

30

Los solicitantes consideran todas las combinaciones operables de las realizaciones reveladas aquí dentro que son materia objetivo patentable. Aquellos expertos en la técnica conocerán o serán capaces de determinar usando nada más que la experimentación de rutina, muchos equivalentes a las realizaciones y prácticas descritas aquí dentro. Por ejemplo, aunque la antena vibrante descrita con respecto a las Fig. 8A-8C es una antena de Lorentz, las realizaciones y prácticas pueden ser igualmente aplicables a otras antenas vibrantes tales como la antena Parpadeante, la antena de Faraday, la antena de rotación lineal, la antena de rotación sincronizada, o cualquier otra antena vibrante adecuada. Por consiguiente, se entenderá que los sistemas y métodos descritos aquí dentro no van a estar limitados a las realizaciones reveladas aquí dentro, sino que van a ser entendidos a partir de las siguientes reivindicaciones, las cuales van a ser interpretadas tan ampliamente como se permita por la ley. Se debería señalar también que, mientras que las siguientes reivindicaciones se disponen de una forma particular de manera que ciertas reivindicaciones dependen de otras reivindicaciones, o bien directamente o bien indirectamente, cualquiera de las siguientes reivindicaciones pueden depender de cualquier otra de las siguientes reivindicaciones, o bien directamente o bien indirectamente para realizar cualquiera de las diversas realizaciones descritas aquí dentro.

Reivindicaciones

1. Un sistema de comunicaciones, que comprende:

una pluralidad de dispositivos de comunicaciones portátiles que forman una red multiplexada espacialmente, cada dispositivo de comunicaciones
5 que incluye una antena vibrante, la antena vibrante configurada para recibir y transmitir en una pluralidad de direcciones;

un primer dispositivo de comunicaciones de la pluralidad de dispositivos de comunicaciones configurado para transmitir una señal a la pluralidad de dispositivos de comunicaciones, en el que la transmisión de la señal
10 comprende iniciar un movimiento de una primera antena vibrante del primer dispositivo de comunicaciones;

un segundo dispositivo de comunicaciones de la pluralidad de dispositivos de comunicaciones configurado para recibir la señal y retransmitir la señal a la pluralidad de dispositivos de comunicaciones, en el
15 que la recepción de la señal comprende permitir un movimiento de una segunda antena vibrante del segundo dispositivo de comunicaciones en respuesta a la señal.

2. El sistema de comunicaciones de la reivindicación 1, en el que la antena vibrante incluye una de una antena vibrante basada en MEMS, una antena vibrante basada en NEMS, y una antena vibrante basada en MEMS CMOS.
20

3. El sistema de comunicaciones de la reivindicación 2, en el que se selecciona la antena vibrante a partir de un grupo que consta de una antena parpadeante, una antena de Faraday, una antena de Lorentz, una antena de rotación lineal, y una antena de rotación sincronizada.

4. El sistema de comunicaciones de la reivindicación 1, que comprende una estación base configurada para (i) recibir la señal desde al menos uno de la pluralidad de dispositivos de comunicaciones, y (ii) enviar una segunda señal a al menos uno de la pluralidad de dispositivos de comunicaciones.
25

5. El sistema de comunicaciones de la reivindicación 1, en el que la red es una red de telecomunicaciones y al menos uno de los dispositivos de
30

comunicaciones es un teléfono móvil.

6. El sistema de comunicaciones de la reivindicación 1, en el que una capacidad disponible para cada dispositivo de comunicación es proporcional al número de dispositivos de comunicaciones que forman la red.
- 5 7. El sistema de comunicaciones de la reivindicación 1, en el que la antena vibrante se compone de al menos un nano-tubos de silicio, carbono, y grafeno.
8. El sistema de comunicaciones de la reivindicación 1, en el que el movimiento de la primera antena vibrante se inicia en una frecuencia que
10 corresponde con una frecuencia inalámbrica abierta o sin licencia.
9. El sistema de comunicaciones de la reivindicación 1, en el que el movimiento de la primera antena vibrante se inicia en alrededor de 60 GHz o una frecuencia más alta.
10. El sistema de comunicaciones de la reivindicación 1, en el que la pluralidad de los dispositivos de comunicaciones se determinan para estar dentro de las inmediaciones del primer dispositivo de comunicaciones.
11. Un método para proporcionar un sistema de comunicaciones que comprende:
- 20 proporcionar una pluralidad de dispositivos de comunicaciones portátiles que forman una red multiplexada espacialmente, cada dispositivo de comunicaciones que incluye una antena vibrante, la antena vibrante configurada para recibir y transmitir en una pluralidad de direcciones;
- transmitir, a partir de un primer dispositivo de comunicaciones de la pluralidad de dispositivos de comunicaciones, una señal a la pluralidad de
25 dispositivos de comunicaciones, en el que la transmisión de la señal comprende iniciar un movimiento a una primera antena vibrante del primer dispositivo de comunicaciones;
- recibir la señal en un segundo dispositivo de comunicaciones de la pluralidad de dispositivos de comunicaciones, en el que la recepción de la

señal comprende permitir un movimiento a una segunda antena vibrante del segundo dispositivo de comunicaciones en respuesta a la señal;

retransmitir, desde el segundo dispositivo de comunicaciones, la señal a la pluralidad de dispositivos de comunicaciones.

- 5 **12.** Un dispositivo que emite y/o recibe la señal electromagnética que tiene un ancho de banda mínimo operativo, el dispositivo que comprende:

al menos una antena para la generación de una señal de salida, en la que la antena se orienta en una primera dirección y se configura para ser al menos una de deformada periódicamente, inclinada periódicamente, y
10 orientada periódicamente en una segunda dirección distinta de la primera dirección de acuerdo con un primer movimiento periódico, el primer movimiento periódico que tiene una primera frecuencia más alta que el ancho de banda mínimo operativo.

13. El dispositivo de la reivindicación 12, en el que la antena se configura
15 además para ser girada periódicamente de acuerdo con el primer movimiento periódico.

14. El dispositivo de la reivindicación 12, en el que la antena se configura además para ser conmutada periódicamente de acuerdo con el primer movimiento periódico.

20

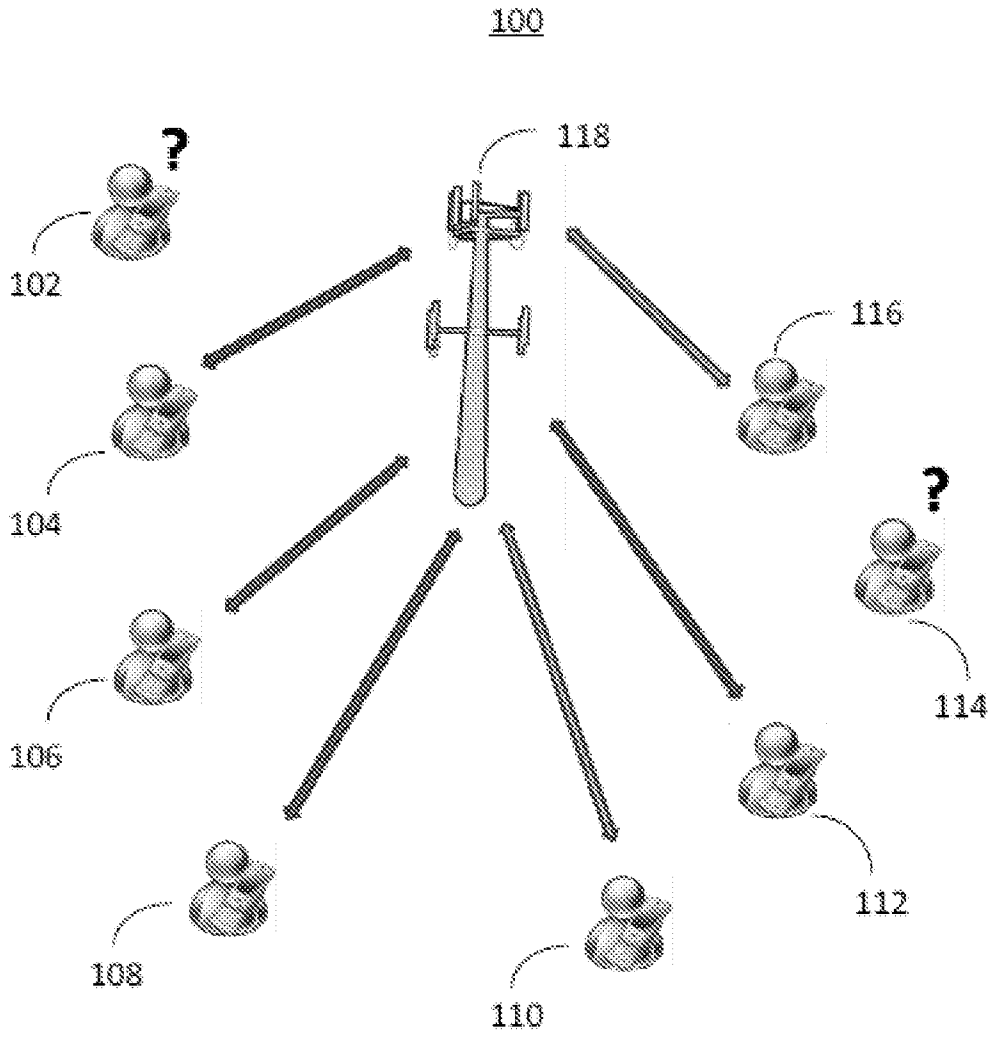


Fig. 1

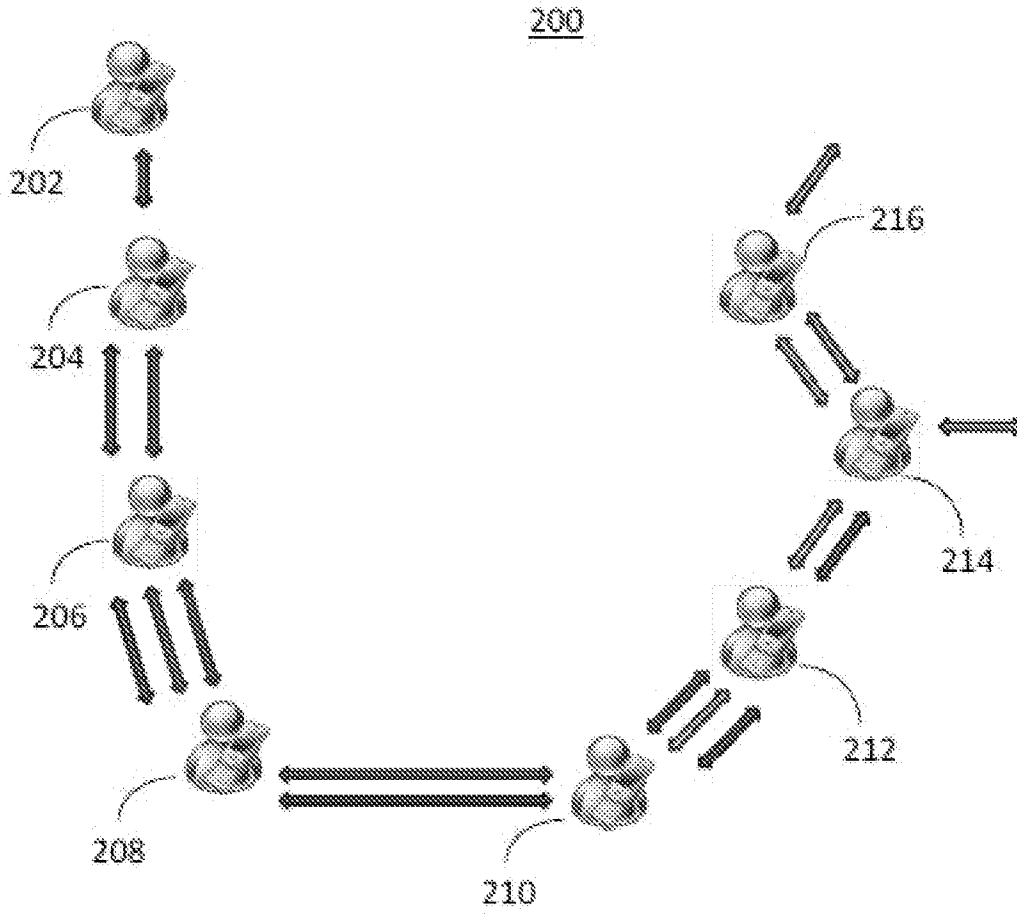


Fig. 2A

3/12

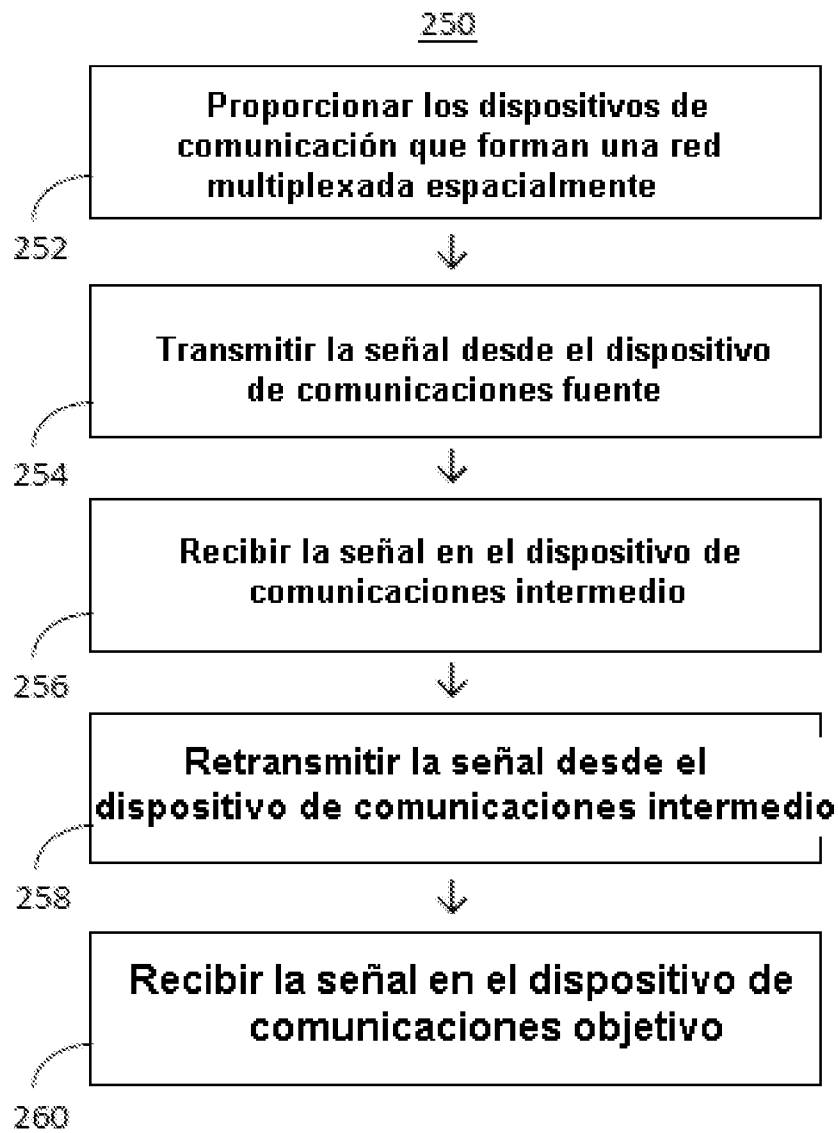


Fig. 28

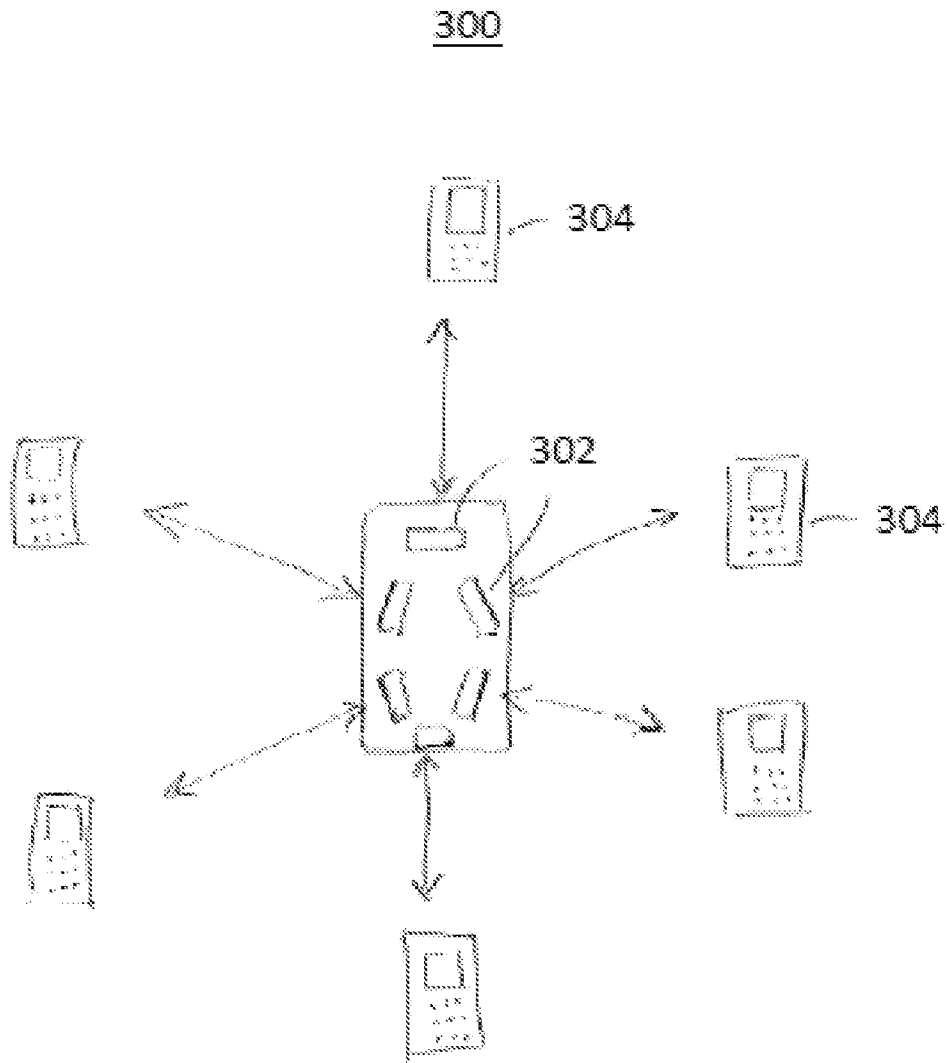


Fig. 3A

350

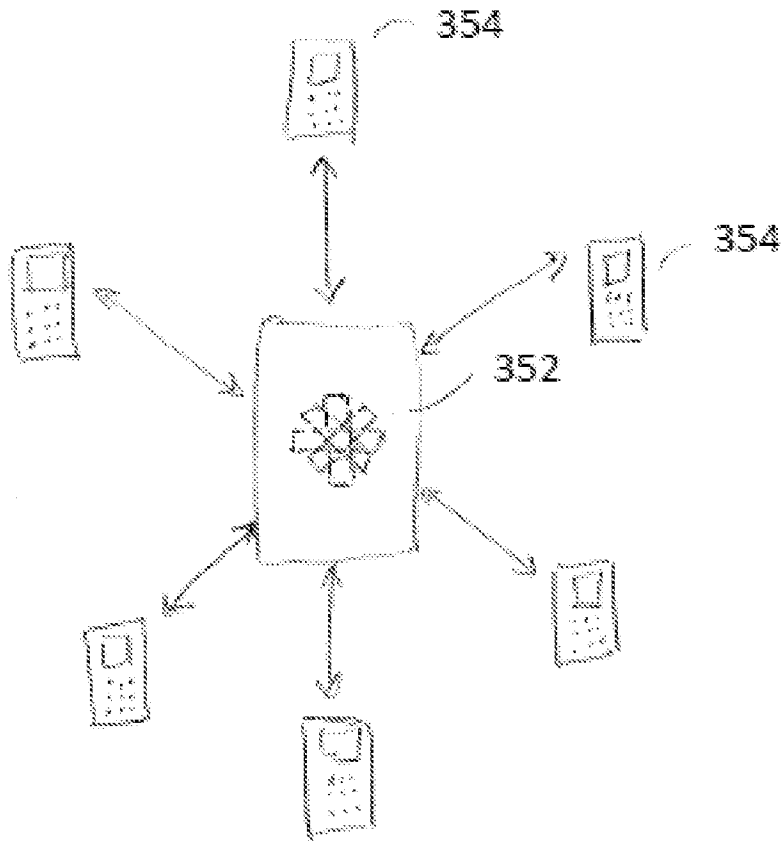
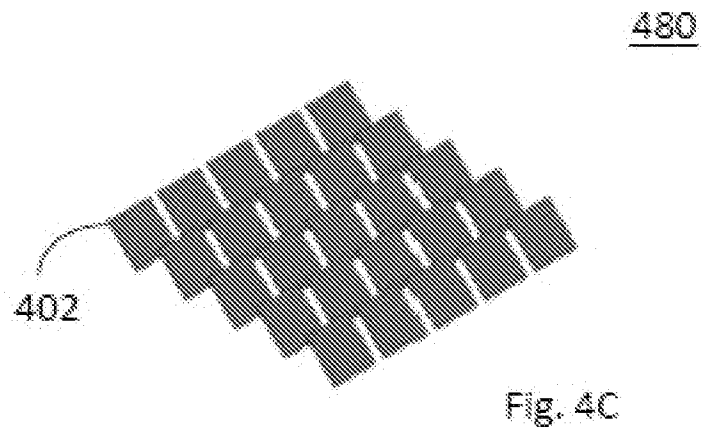
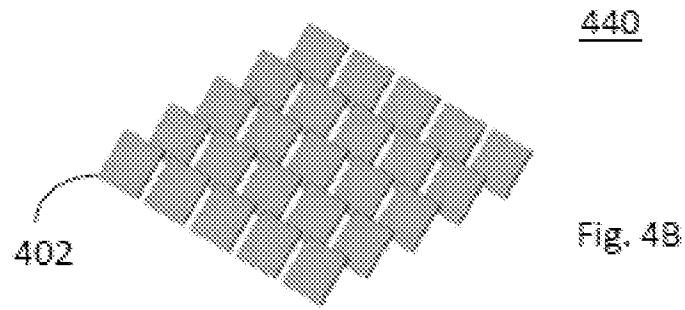
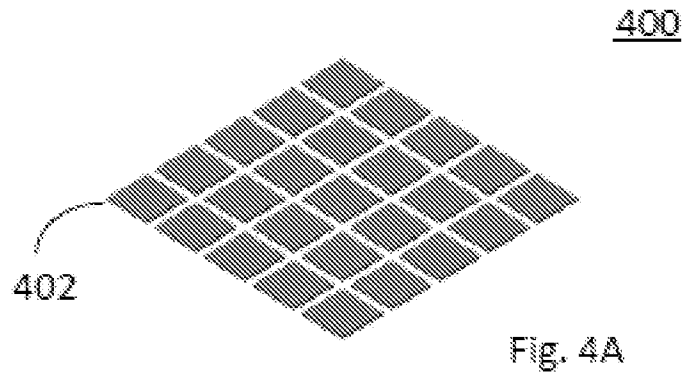


Fig. 3B



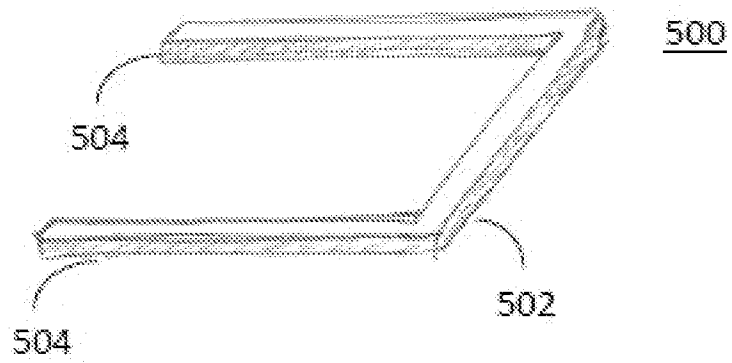


Fig. 5A

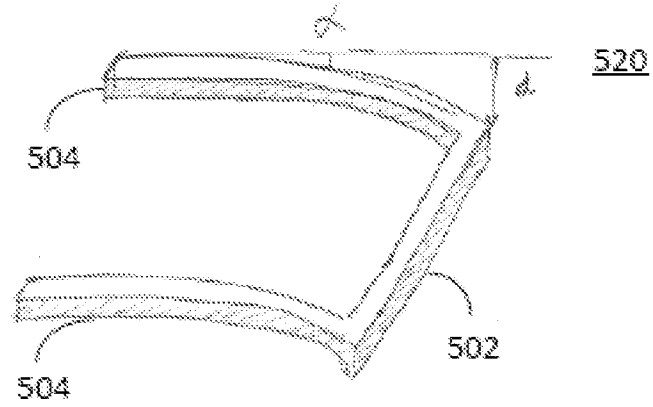


Fig. 5B

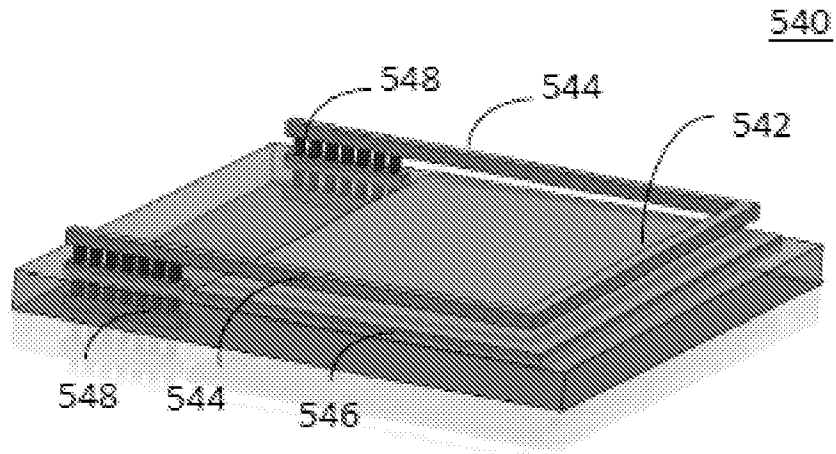


Fig. 5C

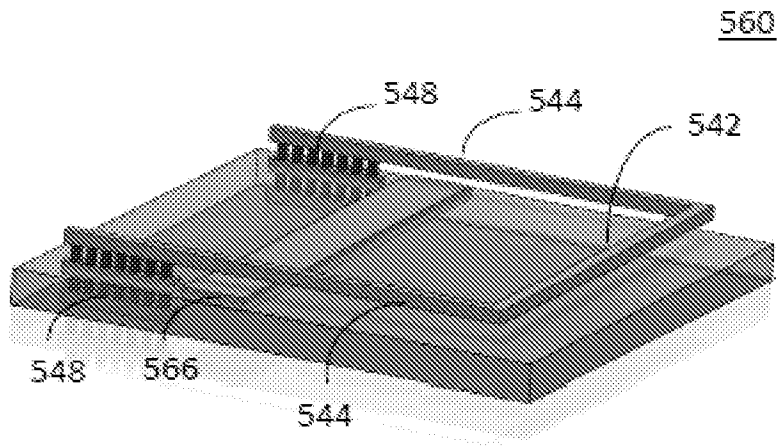


Fig. 5D

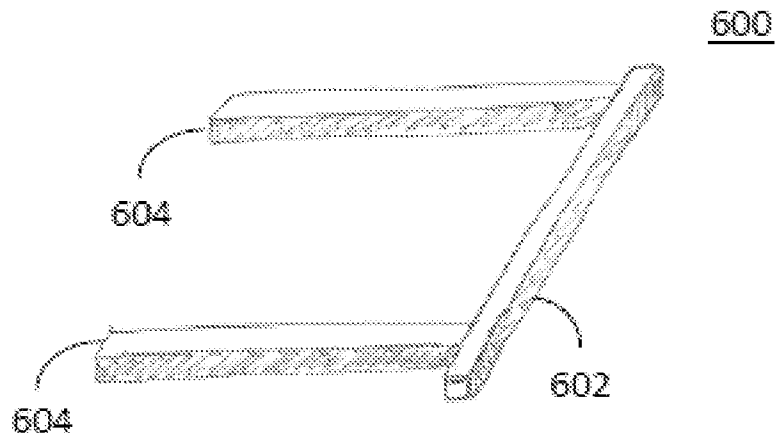


Fig. 6A

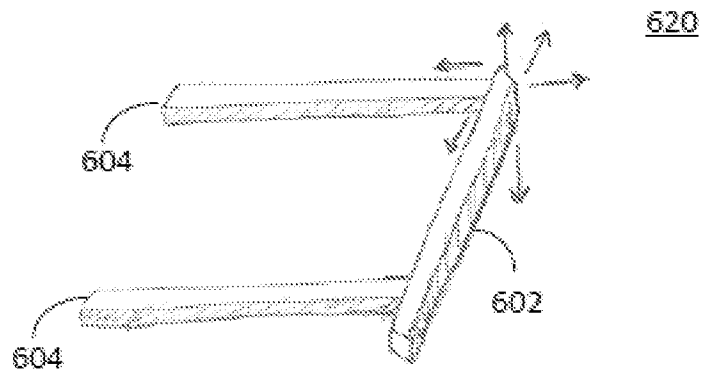


Fig. 6B

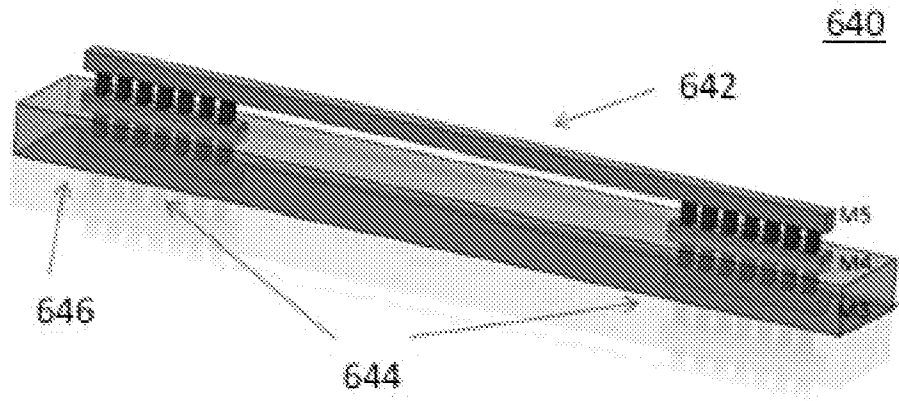


Fig. 6C

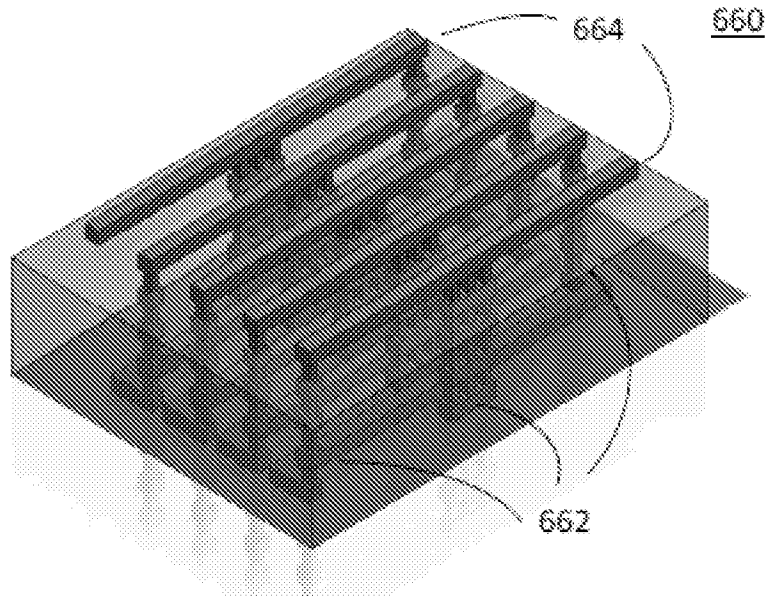


Fig. 6D

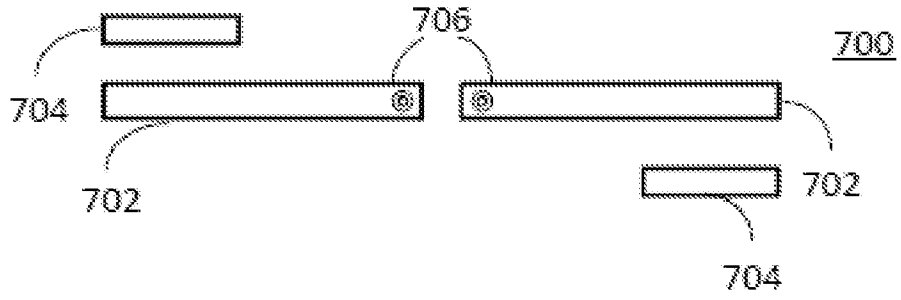


Fig. 7A

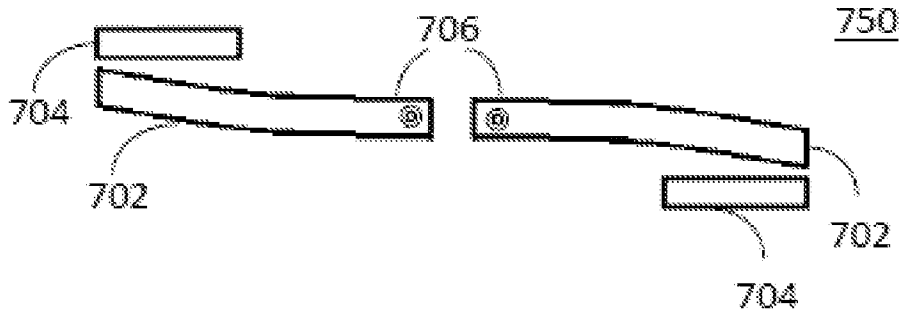
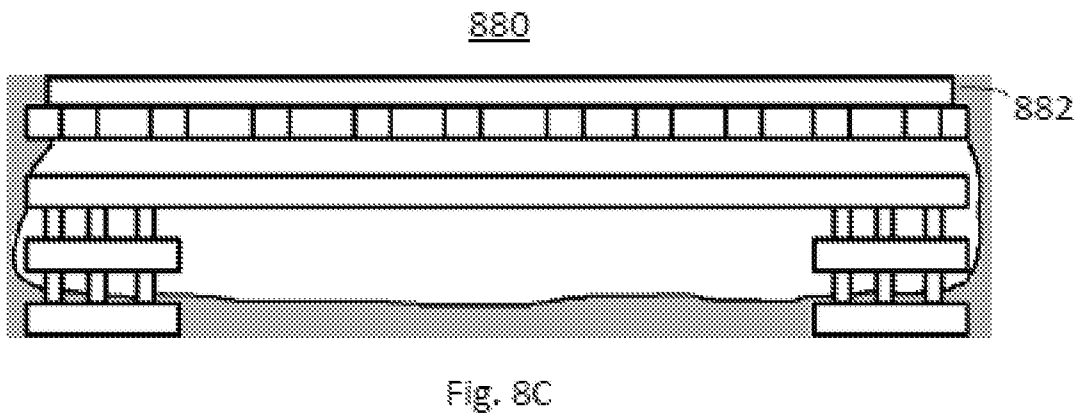
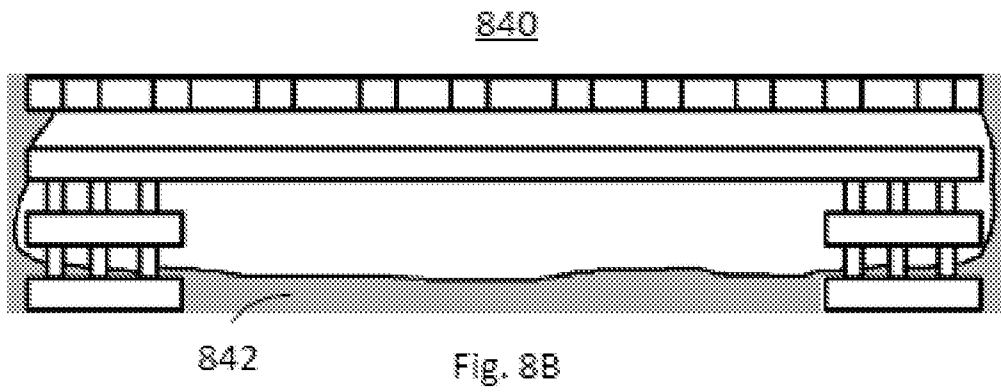
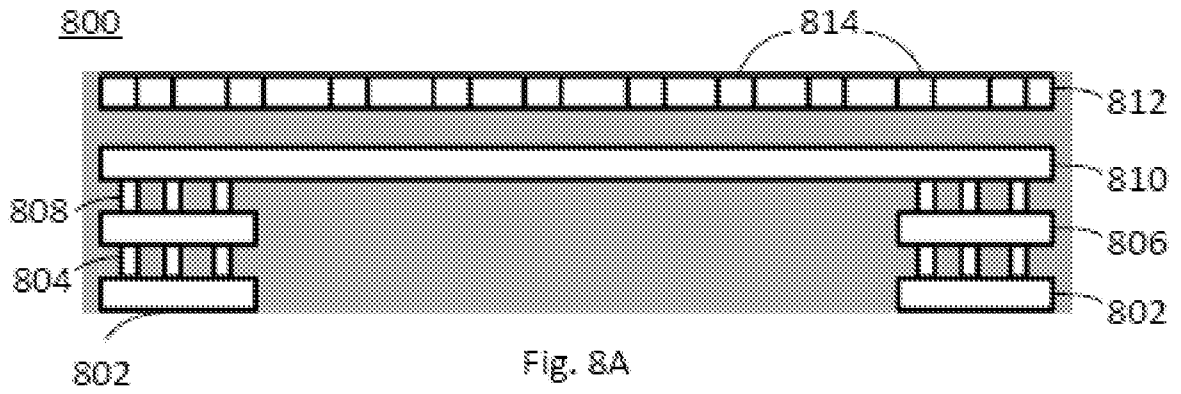


Fig. 7B



INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional N°

PCT/ES2011/070546

| C (continuación). DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES | | |
|--|---|--|
| Categoría* | Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes | Relevante para las reivindicaciones N° |
| A | <p>JUNG-CHIH CHIAO ET L: "MEMS millimeterwave components", MICROWAVE SYMPOSIUM DIGEST, 1999 IEEE MTT-S INTERNATIONAL ANAHEIM, CA, USA 13-19 JUNIO 1999, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, US, vol. 2, 13 Junio 1999 (1999-06-13), páginas 463-466, XP010343389, DOI: 10.1109/MWSYM.1999.779802 ISBN: 978-0-7803-5135-6 páginas 463</p> <p style="text-align: center;">-----</p> | 1-14 |
| A | <p>ES 2 342 872 AI (BAOLAB MICROSYSTEMS S L [ES]) 15 Julio 2010 (2010-07-15) abstractos, figuras 1-10</p> <p style="text-align: center;">-----</p> | 1-14 |

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud internacional N°

PCT/ES2011/070546

| | | | | | |
|------------|----|------------|----|---------------|------------|
| EP 2202841 | A2 | 30-06-2010 | CN | 101752645 A | 23-06-2010 |
| | | | EP | 2202841 A2 | 30-06-2010 |
| | | | JP | 4645732 B2 | 09-03-2011 |
| | | | JP | 2010141492 A | 24-06-2010 |
| | | | US | 2010144300 A1 | 10-06-2010 |

US 2008159363 A1 03-07-2008 NINGUNO

| | | | | | |
|------------|----|------------|----|---------------|------------|
| WO 0110156 | A1 | 08-02-2001 | AU | 6613700 A | 19-02-2001 |
| | | | BR | 0012814 A | 02-07-2002 |
| | | | CN | 1376370 A | 23-10-2002 |
| | | | EP | 1198963 A1 | 24-04-2002 |
| | | | MX | PA02001046 A | 20-08-2003 |
| | | | US | 2005025099 A1 | 03-02-2005 |
| | | | US | 2010260134 A1 | 14-10-2010 |
| | | | WO | 0110156 A1 | 08-02-2001 |

| | | | | | |
|------------|----|------------|----|---------------|------------|
| ES 2342872 | A1 | 15-07-2010 | ES | 2342872 A1 | 15-07-2010 |
| | | | US | 2010295138 A1 | 25-11-2010 |
| | | | WO | 2010145907 A2 | 23-12-2010 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/ES2011/070546

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01Q1/22
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| X | EP 2 202 841 A2 (CASIO COMPUTER CO LTD [JP]) 30 June 2010 (2010-06-30) | 12-14 |
| Y | abstract; figures 1-3 paragraphs [0010] - [0026] | 1-11 |
| Y | US 2008/159363 A1 (ROFOUGARAN AHMADREZA REZA [US]) 3 July 2008 (2008-07-03) abstract; figures 1-5, 13-15 paragraph [0007] - paragraph [0008] paragraph [0048] - paragraph [0066] | 1-11 |
| Y | WO 01/10156 A1 (GIGABIT WIRELESS INC [US] IOSPAN WIRELESS INC [US]) 8 February 2001 (2001-02-08) abstract; figures 1,1b page 2 - page 14 | 1-11 |
| | ----- -/-- | |

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

| | |
|--|--|
| Date of the actual completion of the international search 2 December 2011 | Date of mailing of the international search report 09/12/2011 |
|--|--|

| | |
|--|--|
| Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016 | Authorized officer Unterberger, Michael |
|--|--|

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/ES2011/070546

| C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
|--|--|-----------------------|
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| A | JUNG-CHIH CHIAO ET AL: "MEMS millimeterwave components", MICROWAVE SYMPOSIUM DIGEST, 1999 IEEE MTT-S INTERNATIONAL ANAHEIM, CA, USA 13-19 JUNE 1999, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, US, vol. 2, 13 June 1999 (1999-06-13), pages 463-466, XP010343389, DOI: 10.1109/MWSYM.1999.779802 ISBN: 978-0-7803-5135-6 page 463 | 1-14 |
| A | ----- ES 2 342 872 A1 (BAOLAB MICROSYSTEMS S L [ES]) 15 July 2010 (2010-07-15) abstract; figures 1-10 ----- | 1-14 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/ES2011/070546

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|--|------------------|-------------------------|------------------|
| EP 2202841 | A2 | 30-06-2010 | CN 101752645 A |
| | | | EP 2202841 A2 |
| | | | JP 4645732 B2 |
| | | | JP 2010141492 A |
| | | | US 2010144300 A1 |
| ----- | | | |
| US 2008159363 | A1 | 03-07-2008 | NONE |
| ----- | | | |
| WO 0110156 | A1 | 08-02-2001 | AU 6613700 A |
| | | | BR 0012814 A |
| | | | CN 1376370 A |
| | | | EP 1198963 A1 |
| | | | MX PA02001046 A |
| | | | US 2005025099 A1 |
| | | | US 2010260134 A1 |
| | | | WO 0110156 A1 |
| ----- | | | |
| ES 2342872 | A1 | 15-07-2010 | ES 2342872 A1 |
| | | | US 2010295138 A1 |
| | | | WO 2010145907 A2 |
| ----- | | | |