

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 776 023**

51 Int. Cl.:

H01Q 7/00 (2006.01)

H01Q 1/22 (2006.01)

G06K 7/00 (2006.01)

G06K 7/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.11.2010 PCT/US2010/055326**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.05.2011 WO11056891**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.11.2010 E 10829039 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2020 EP 2497152**

54 Título: **Antena de múltiples bucles de transmisión/recepción de cancelación de señal para un lector de identificación de radiofrecuencia**

30 Prioridad:

04.11.2009 US 257906 P

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

28.07.2020

73 Titular/es:

**ALLFLEX USA, INC. (100.0%)
Box 612266
Dfw Airport, TX 75261, US**

72 Inventor/es:

STEWART, ROBERT

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 776 023 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Antena de múltiples bucles de transmisión/recepción de cancelación de señal para un lector de identificación de radiofrecuencia

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID) que utilizan señales de baja frecuencia acopladas inductivamente y, en particular, a sistemas de antenas con cancelación de ruido para su uso en sistemas RFID.

Antecedentes de la invención

10 Los lectores y etiquetas RFID pasivos de baja frecuencia utilizan principios operativos que son conocidos por los expertos en la materia, y que se describen con gran detalle en varias invenciones fundamentales, incluyendo la Patente U.S. 1.744.036 de Brard (1930), Patente U.S. 3.299.424 de Vinding (1967), Patente U.S. 3.713.146 de Cardullo (1973) y Patente U.S. 5.053.774 de Schuermann (1991), y en libros de texto como "RFID Handbook" (Finkenzeller - 1999).

15 En un sistema RFID acoplado inductivamente, como se muestra en la figura 1(a), el lector incluye circuitos electrónicos, que genera una señal de activación (generalmente una señal de frecuencia única no modulada) utilizando una fuente [101] de señal y un amplificador [102] para controlar un circuito [103] de antena resonante. Esta señal de activación se manifiesta como un campo electromagnético variable en el tiempo [104b], que se acopla con la etiqueta ID [105] por medio del componente [104a], [104c] del campo magnético del campo electromagnético. La etiqueta [105] de identificación convierte este campo magnético en un voltaje y corriente eléctricos, y utiliza esta energía eléctrica para activar sus circuitos electrónicos interiores. Usando cualquiera de varios esquemas de modulación posibles, como la
20 modulación [104d] de amplitud, la etiqueta de identificación transmite información codificada binaria almacenada dentro de ella al lector a través del campo [104a], [104c] magnético, en el que el circuito [106] detector y de utilización convierten este código binario en un dato [107] de etiqueta de formato alfanumérico de acuerdo con alguna aplicación prescrita.

25 Típicamente en sistemas RFID, el circuito [103] de antena resonante incluye los elementos de circuito mostrados en la figura 1(b) e incluye un condensador [108] y un inductor [109], el inductor existe en una forma física tal que produce un campo magnético distribuido espacialmente, y los valores del condensador y el inductor seleccionados para resonar en la frecuencia [101] de la fuente de señal. Tal inductor comúnmente tiene la forma de un circuito [112] cerrado como se muestra en la figura 1(c), que tiene una o más enrollamientos concéntricos de un conductor [110] y dos terminales [111] de conexión a través de los cuales se aplica la señal de activación.

Norma ISO 11785

30 Organización de Normas Internacionales (ISO) Norma 11785, "Identificación por radiofrecuencia de animales - Concepto técnico" (1996) (ISO 11785) define los principios técnicos para las comunicaciones entre lectores RFID y dos tipos de transpondedores electrónicos de identificación pasiva. Los dos tipos de tecnologías de etiquetas de identificación definidas en ISO 11785 se denominan "bidireccional" ("FDX-B") y "semi dúplex" ("HDX"). Ambos tipos
35 de etiquetas ISO, que también pueden denominarse transpondedores ISO, contienen información de identificación almacenada en forma binaria que se puede transmitir a un lector complementario cuando el lector activa adecuadamente el transpondedor. Se proporcionan detalles técnicos adicionales en la norma ISO 11785.

40 Los sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID) que se comunican con los transpondedores ISO 11785 suelen ser dispositivos lectores de baja frecuencia que generan una señal de activación de etiqueta y, en respuesta, reciben una señal de datos de identificación transmitida desde la etiqueta RFID. Tal lector puede usar elementos de antena de transmisión y recepción separados para realizar estas funciones. Sin embargo, los lectores en los que una sola antena realiza funciones de transmisión y recepción son muy económicos y eficientes, y se utilizan con frecuencia en lectores RFID de baja frecuencia.

45 Para ambos tipos de etiquetas pasivas especificadas en ISO 11785, la energía de activación se transfiere a la etiqueta desde el lector, y la información del código de identificación se transfiere al lector desde la etiqueta a través del acoplamiento mutuo a través de un campo magnético. La amplitud de la etiqueta FDX-B modula la señal de activación del lector con su secuencia de código de identificación binaria. La modulación de amplitud impone variaciones en la magnitud de la señal de activación, como se ilustra en la forma [104d] de onda, y el lector está equipado con circuitos de detección capaces de detectar estas variaciones de magnitud. Estas variaciones de magnitud tienen un patrón
50 específico asociado con la secuencia binaria incrustada en la etiqueta de unos y ceros. El lector detecta esta modulación y deriva de ella el código de identificación de la etiqueta FDX-B. El término "bidireccional" es indicativo de que la etiqueta FDX-B envía su información de código de identificación durante el tiempo en que recibe la señal de activación del lector.

55 Por el contrario, la etiqueta HDX usa la señal de activación del lector para cargar un condensador interior (que funciona como una batería recargable muy pequeña), y la etiqueta usa esta energía almacenada para alimentar un transmisor. Una vez que cesa la señal de activación, el transpondedor HDX emite una señal de radio generada internamente de

muy baja potencia, utilizando un esquema de modulación con clave de cambio de frecuencia ("FSK"). Específicamente, la información del código de identificación binario contenida en la etiqueta HDX se emite en serie de manera que la aparición de un "1" binario da como resultado que la señal de radio de la etiqueta HDX sea de 124,2 KHz y un "0" binario hace que la señal de radio de la etiqueta sea de 134,2 KHz. El lector detecta esta señal FSK y deriva de ella el código de identificación de la etiqueta HDX. El término "semidúplex" indica que el lector y la etiqueta HDX intercambian la señal de activación y la señal del código de identificación en intervalos de tiempo alternos.

Un lector compatible con ISO tiene la capacidad de activar y detectar etiquetas de tipo FDX-B y HDX. Para lograr esto, el lector compatible con ISO transmite una señal de activación, que consiste en una senoide de 134,2 kilohercios (KHz), que se ENCIENDE y APAGA en un patrón prescrito de acuerdo con ISO 11785. Durante el intervalo en el que la señal de 134,2 KHz está activada, la etiqueta FDX-B se activa y transmite su señal de código de identificación cíclicamente mientras la señal de activación esté presente. Durante este intervalo de ENCENDIDO también, una etiqueta HDX carga su condensador interior. Posteriormente, durante el intervalo en el cual la señal de activación de 134,2 KHz está APAGADA, la etiqueta FDX-B está inactiva, y la etiqueta HDX transmite su secuencia de código de identificación una sola vez.

Las figuras 2(a) y 2(b) ilustran las características espectrales de frecuencia del sistema RFID perteneciente a ISO 11785 y relacionado con la presente invención. La figura 2(a) muestra los espectros para el caso HDX, en los que la señal de activación [20] aparece a 134,2 KHz, y en los que las frecuencias de etiqueta HDX aparecen a 124,2 KHz [21] y 134,2 KHz [22]. Como la señal de activación y las señales del transpondedor HDX se alternan en el tiempo, la señal de activación de 134,2 KHz [20] y la señal de transpondedor de 134,2 KHz [22] no ocurren simultáneamente. De este modo, el circuito de recepción del lector puede detectar la frecuencia del transpondedor sin verse abrumado por su propia señal de activación.

La figura 2(b) muestra los espectros para el caso FDX-B, en los que la señal de activación [23] aparece a 134,2 KHz, y en los que la modulación de amplitud del transpondedor FDX-B aparece como bandas laterales cercanas a 134,2 KHz [24], [25]. Como es conocido para aquellos expertos en la técnica, las bandas laterales de modulación de amplitud aparecen simétricamente alrededor de la señal portadora modulada, y específicamente para FDX-B, estas bandas laterales aparecen a $\pm 2,097$ KHz y $\pm 4,194$ KHz. Debido a que la señal de activación y la señal de datos son frecuencias distintas, pueden ocurrir simultáneamente, y el lector puede separar las dos señales y recuperar los datos contenidos en estas frecuencias de banda lateral. Cuando las señales de modulación de amplitud se demodulan, las frecuencias de la banda lateral superior se traducen hacia abajo en frecuencia y aparecen a 2,097 KHz y 4,194 KHz [26].

Los sistemas RFID, tales como sistemas que cumplen con ISO 11785, se basan en radiofrecuencias (RF) y son susceptibles a interferencias electromagnéticas de la misma manera que las comunicaciones por radio, como AM y FM transmiten radio y televisión, son afectados. La interferencia de radiofrecuencia puede afectar la eficacia de los sistemas RFID al reducir el rango operativo de las etiquetas y, en casos extremos, dejar el sistema inoperativo. Debido a que las etiquetas HDX y FDX-B utilizan diferentes frecuencias de comunicación y técnicas de modulación, pueden verse afectados de manera diferente por una señal de interferencia particular. Algunos tipos de interferencia electromagnética son suficientemente de banda ancha como para afectar a HDX y FDX-B de manera indiscriminada, mientras que otros tipos de interferencia afectarán a uno más que al otro. Por ejemplo, las señales de etiqueta HDX pueden verse afectadas por las señales de activación transmitidas desde otros lectores que operan cerca, por circuitos de retroiluminación de la pantalla de la computadora, y/o por radiación de dispositivo de alimentación de modo conmutado en el rango de 100 KHz a 150 KHz. Dichas fuentes de interferencia generalmente no interferirán con las etiquetas FDX-B. Las etiquetas FDX-B, sin embargo, puede verse afectado por descargas electrostáticas, ruido de la fuente de alimentación del lector y señales de RF que contienen modulación de amplitud de frecuencia de datos FDX-B. Tanto HDX como FDX-B se ven igualmente afectados por los controladores de variadores de frecuencia del motor de CA, que tienden a irradiar amplitud de banda ancha y frecuencia modulada RF. La solicitud de patente estadounidense US 2007/0013483 desvela un circuito de sintonización de antena para un transpondedor RFID que sigue el estándar ISO 11785.

Antenas de Múltiples Bucles

Las antenas de múltiples bucles con características de cancelación de señal son conocidas en la técnica, y se divulgan en la patente de U.S. 4.243.980 de Lichtblau (6 de enero de 1981). Lichtblau divulga una disposición de antenas aplicable a un sistema de vigilancia electrónica de artículos (EAS, o anti-hurto) en el que dos antenas de múltiples bucles se utilizan como antena de transmisión y antena de recepción separadas. Lichtblau divulga antenas de múltiples bucles construidas con dos bucles y con tres bucles que se encuentran en un plano común, en el que cada bucle se tuerce 180° con respecto a cada bucle adyacente para estar en oposición de fase. La presencia de una etiqueta antihurto induce un cambio en el acoplamiento entre la antena de transmisión y la antena de recepción de tal manera que la etiqueta siempre sea detectable. La antena de transmisión de múltiples bucles de Lichtblau produce señales de campo cercano de alta intensidad que se cancelan a distancias un orden de magnitud mayor que la altura de la antena. De manera recíproca, la antena de recepción de múltiples bucles idéntica de Lichtblau es receptiva a las señales de la antena de transmisión acopladas directa e indirectamente a través de la etiqueta, pero cancela las señales interferentes que se originan a distancias grandes en comparación con la altura de la antena.

En una patente relacionada posterior, La patente de los U.S. 4.751.516 de Lichtblau (14 de junio de 1988) contiene una antena de tres bucles en la que el bucle central está torcido 180° con respecto a cada bucle adyacente para estar en oposición de fase, y donde las especificaciones para cada bucle incluyen sus respectivas dimensiones (por ejemplo, área), número de enrollamientos del conductor y corriente. De este modo, el mismo efecto de cancelación de señal obtenido con una antena que comprende un bucle central cuya área es igual a la suma de las áreas de los dos bucles externos adyacentes, con corriente uniforme y número de enrollamientos de conductor, también se puede obtener con una antena que tenga una corriente no uniforme, número desigual de enrollamientos conductores y áreas desiguales, siempre que el producto aritmético de estos tres factores (por ejemplo, corriente x enrollamientos x área) permanece constante. Por ejemplo, la suma del área de los dos bucles externos puede ser la mitad que la del bucle central, si hay el doble de enrollamientos o el doble de corriente en los bucles externos que el bucle central.

El sistema de antena de múltiples circuitos de Lichtblau, sin embargo, utiliza antenas de transmisión y recepción separadas en las que la antena de transmisión emite una señal de frecuencia barrida que hace que un circuito resonante pasivo produzca una perturbación del campo magnético que la antena de recepción es capaz de detectar. Los objetivos de Lichtblau son producir un campo de activación de etiqueta de muy alta intensidad cerca de la antena que cancele a distancias para no exceder los límites regulatorios permitidos en la potencia de transmisión y para no interferir con otros sistemas EAS cercanos, y una antena receptora que sea insensible a otros sistemas EAS y fuentes de ruido eléctrico activo distantes. Otro sistema de antena de circuito múltiple se describe en la patente U.S. US 5 061 941.

Interferencia de ruido acústico

Una fuente de interferencia curiosa y algo enigmática que afecta principalmente a las etiquetas de tipo FDX-B es el ruido acústico producido por estructuras metálicas ubicadas cerca de las antenas del lector. En algunas situaciones, las estructuras metálicas cercanas resuenan debido a la vibración y los golpes de la maquinaria. El movimiento de los animales también puede inducir ruido acústico como resultado del impacto y la vibración de estructuras metálicas que comprenden puertas, corrales, puntales, remolques y similares. El efecto de deterioro que tiene el ruido acústico en la eficacia del sistema RIFD ha sido documentado en varios ensayos y estudios de campo.

En 2007, el Departamento de Medio Ambiente y Asuntos Rurales de Escocia identificó la interferencia acústica como un obstáculo sustancial para el despliegue exitoso de un sistema de trazabilidad de animales basado en la identificación por radiofrecuencia, y lanzó una licitación (*Investigación del efecto de la interferencia acústica/mecánica en los sistemas de identidad de radiofrecuencia (RFID) utilizados para identificar animales electrónicamente* - Referencia CR/2007/01) que ofreció fondos para proyectos de investigación a contratistas calificados a cambio de una solución técnica y derechos de propiedad intelectual.

En 2007, se realizó un estudio de investigación en la Universidad del Estado de Kansas en un sistema de lectura montado en un remolque para ganado (*el lector RFID montado en el remolque escanea las etiquetas EID durante los envíos de ganado*). Sin embargo, durante el estudio, muchas etiquetas fueron legibles menos de la mitad del tiempo, y las etiquetas generales fueron legibles menos de dos tercios del tiempo. Tales bajas tasas de lectura son generalmente inaceptables en aplicaciones comerciales, en las que las tasas de lectura superiores al 99 % son deseables.

La radiación electromagnética generalmente es producida por cualquier dispositivo eléctrico o electrónico que utiliza corrientes eléctricas alternas en su funcionamiento. La radiación electromagnética emitida puede crear interferencia entre dispositivos electrónicos que comparten el mismo espectro. En ciertas ocasiones, la interferencia electromagnética se puede filtrar eficazmente electrónicamente en la fuente que lo crea o en el dispositivo que se ve interrumpido por ella, utilizando circuitos electrónicos pasivos o activos, mediante el uso de técnicas informáticas como el procesamiento de señales digitales, o mediante el uso de escudos metálicos que bloquean o redirigen la radiación. La interferencia electromagnética es especialmente problemática cuando las frecuencias interferentes coinciden con las frecuencias utilizadas por un sistema de radiofrecuencia particular, y separar la señal deseada de la señal interferente puede ser particularmente difícil.

Sumario de la invención

Los sistemas y procedimientos de acuerdo con las realizaciones de la invención leen transpondedores RFID y excluyen el ruido electromagnético relacionado con la vibración de objetos metálicos a frecuencias acústicas usando antenas de cancelación de señal de múltiples bucles. Por consiguiente, un objetivo de la invención es utilizar antenas de cancelación de señal para limitar la penetración espacial del campo magnético de la antena más allá de la vecindad ocupada por la etiqueta, y minimizar la sensibilidad del lector a las perturbaciones distantes del campo magnético, mientras se mantiene la sensibilidad a la etiqueta de identificación cercana. En contraste con muchas antenas de cancelación de ruido de múltiples bucles de la técnica anterior que utilizan antenas de transmisión y recepción separadas, las antenas de cancelación de ruido de acuerdo con las realizaciones de la invención pueden usar una sola antena de múltiples bucles para las funciones de transmisión y recepción. Además, las antenas de cancelación de señal de múltiples bucles de acuerdo con las realizaciones de la invención también transmiten una señal de activación de etiqueta de frecuencia única, detecta una señal de etiqueta de múltiples bits que contiene una secuencia de identificación binaria única y minimiza el ruido interferente asociado con estructuras metálicas que resuenan

- acústicamente proximales, limitando la penetración espacial del campo magnético de la antena y minimizando la sensibilidad de la antena a las perturbaciones distantes del campo magnético pasivo. La interferencia de ruido de las estructuras metálicas resonantes cercanas se atenúa y/o elimina significativamente a través de la cancelación de señal bilateral. En diversas realizaciones, los sistemas RFID también utilizan una orientación de antena alternativa que optimiza la detección de etiquetas de identificación caracterizadas por una orientación física aleatoria.
- 5 La realización principal se define en la reivindicación 1 y se refiere a un sistema RFID animal de baja frecuencia que sigue la Norma ISO 11785.
- En una realización adicional, los campos magnéticos generados por cada uno de la pluralidad de bucles cuando son conducidos por la señal de interrogación son suficientes dentro de una distancia igual a la mitad de la dimensión más grande de la antena de cancelación de señal para que se active un transpondedor RFID pasivo y para modular los datos en la señal de interrogación que puede ser detectado por el circuito lector de RFID.
- 10 En otra realización, un transpondedor RFID pasivo es incapaz de activarse y modular datos en la señal de interrogación que puede ser detectada por el circuito lector de RFID en los puntos en los que los campos magnéticos generados por los bucles de la antena se cancelan colectivamente.
- 15 En otra realización adicional, la pluralidad de bucles de la antena de cancelación de señal están conectados en serie.
- En aún otra realización, la antena de cancelación de señal incluye dos bucles.
- En todavía una realización más, ambos bucles tienen la misma altura, anchura, número de enrollamientos y corriente eléctrica.
- Aún en otra forma de realización, los dos bucles están conectados en serie.
- 20 En una realización adicional de nuevo, los dos bucles están conectados en paralelo.
- En otra realización de nuevo, los campos magnéticos generados por los dos bucles cuando la antena de cancelación de señal es impulsada por la señal de interrogación tienen una polaridad opuesta instantánea.
- En una realización adicional más, el primer bucle encierra un área mayor que el segundo bucle, y el primer bucle y el segundo bucle generan campos magnéticos de igual magnitud que tienen una polaridad opuesta instantánea.
- 25 En otra realización adicional, el segundo bucle incluye más enrollamientos que el primer bucle.
- En una realización aún más adicional, el segundo bucle lleva una corriente mayor que el primer bucle cuando la antena de cancelación de señal es impulsada por la señal de interrogación.
- Aún en otra realización, la antena de cancelación de señal incluye tres bucles.
- En aún otra realización, los tres bucles están configurados como un bucle interior y dos bucles externos adyacentes.
- 30 En otra realización más otra vez, el área encerrada por un primer bucle es igual al área encerrada por el segundo y el tercer bucle.
- En todavía otra realización adicional, el campo magnético generado por un primer bucle tiene una polaridad opuesta instantánea al campo magnético generado por un segundo y tercer bucle, cuando la antena de cancelación de señal es impulsada por la señal de interrogación.
- 35 En aún otra realización adicional, todos los bucles de la antena de cancelación de señal tienen el mismo número de enrollamientos y llevan la misma corriente eléctrica, cuando es conducida por la señal de interrogación.
- En otra forma de realización aún más, los bucles de la antena de cancelación de señal están conectados en serie.
- Aún en otra realización, los bucles de la antena de cancelación de señal están conectados en paralelo.
- 40 En otra realización adicional nuevamente, la pluralidad de bucles están dispuestos a lo largo de un eje y la antena de cancelación de señal está alineada de manera que el eje es paralelo a la dirección en la que los transpondedores se mueven más allá de la antena de cancelación de señal.
- En otra realización adicional nuevamente, la pluralidad de bucles están configurados de modo que el campo magnético general generado por la antena de cancelación de señal exhibe simetría tridimensional.
- 45 En otra realización adicional, los campos magnéticos generados por cada uno de la pluralidad de bucles cuando son impulsados por la señal de interrogación se cancelan colectivamente a una distancia al menos igual a la dimensión más grande de la antena.
- En aún otra realización, los campos magnéticos generados por cada uno de la pluralidad de bucles cuando son

conducidos por la señal de interrogación se cancelan colectivamente a una distancia de al menos el doble de la dimensión más grande de la antena.

Otra realización principal se define en la reivindicación 14, que se relaciona con un procedimiento para interrogar un transpondedor de RF pasivo siguiendo la norma ISO 11785.

- 5 En otra realización adicional de nuevo, la pluralidad de bucles de la antena están alineados a lo largo de un eje y además comprenden ubicar la antena de modo que el eje sea paralelo a la dirección en la que los transpondedores se mueven más allá de la antena de cancelación de señal.

Breve descripción de los dibujos

- 10 La figura 1(a) ilustra los componentes básicos de un sistema RFID pasivo de la técnica anterior.
 La figura 1(b) ilustra un circuito de antena resonante de la técnica anterior para un lector de bobina de antena única.
 La figura 1(c) ilustra en sentido figurado una antena de bucle único de la técnica anterior.
 Las figuras 2(a) y 2(b) ilustran los espectros de frecuencia de la señal de activación del lector y las frecuencias de la señal del transpondedor para los transpondedores ISO HDX y FDX-B, respectivamente.
 15 La figura 3(a) ilustra el fenómeno de interferencia de ruido acústico en una antena de bucle único de la técnica anterior.
 La figura 4(a) ilustra el fenómeno de interferencia de ruido acústico en una antena de cancelación de señal de múltiples bucles que tiene dos bucles de polaridades opuestas de acuerdo con una realización de la invención.
 La figura 4(b) ilustra la asimetría del campo magnético del diseño de antena de dos bucles ilustrado en la figura 4(a).
 20 La figura 5(a) ilustra el fenómeno de la interferencia de ruido acústico en una antena de cancelación de señal de múltiples bucles que tiene tres bucles de acuerdo con una realización de la invención.
 La figura 5(b) ilustra la simetría del campo magnético del diseño de antena de tres bucles ilustrado en la figura 5(a).
 25 La figura 6(a) ilustra una antena de múltiples bucles de tres bucles utilizada en las funciones de transmisión y recepción de un sistema RFID de acuerdo con una realización de la invención, y que está orientada para la detección óptima de etiquetas de identificación orientadas aleatoriamente.

Divulgación detallada de la invención

- 30 Volviendo ahora a los dibujos, se ilustran lectores RFID que incluyen antenas de cancelación de señal de múltiples bucles configurados para leer transpondedores RFID y excluir el ruido electromagnético relacionado con la vibración de objetos metálicos a frecuencias acústicas de acuerdo con las realizaciones de la invención. En muchas realizaciones, los bucles de la antena de cancelación de señal generan campos magnéticos que tienen una polaridad opuesta instantánea y se cancelan efectivamente cuando se fusionan a una distancia de la antena. Las antenas de acuerdo con las realizaciones de la invención se denominan cancelación de señal, a diferencia de la cancelación de ruido, porque las antenas generan campos magnéticos que cancelan efectivamente la señal de interrogación (es decir, la señal generada por la antena) a una distancia de la antena que normalmente es un pequeño múltiplo de la dimensión más grande de la antena. El efecto de cancelar la señal de interrogación más allá de una cierta distancia de la antena es eliminar la interferencia de estructuras metálicas que vibran acústicamente que de otro modo podrían interferir con los datos modulados en la señal de interrogación por transpondedores bidireccionales.
 35
 40 En una serie de realizaciones, las antenas de cancelación de señal incluyen dos bucles conectados en serie, en las que cada bucle encierra la misma área e incorpora el mismo número de enrollamientos. Cuando se discuten antenas según realizaciones de la invención, el término "bucle" se usa para describir distintas áreas encerradas por la antena y el término "enrollamiento" se usa para describir cada vez que un conductor se enrolla alrededor del perímetro de un área cerrada. En diversas realizaciones, la antena de cancelación de señal incluye bucles que están alineados a lo largo de un eje que está alineado paralelo a la dirección en la que los transpondedores se mueven más allá de la antena. Los sistemas RFID y las antenas de cancelación de señal de acuerdo con las realizaciones de la invención se analizan más adelante.
 45

Interferencia electromagnética asociada con ruido acústico

- 50 El ruido acústico producido por estructuras metálicas comunes en entornos de manejo de ganado generalmente cae dentro del rango de frecuencia audible de 500 Hz a 5000 Hz, que se superpone directamente a las frecuencias de datos FDX-B 2097 Hz y 4194 Hz. Una antena de lector RFID no es sensible al ruido acústico, pero es sensible a las perturbaciones del campo magnético producidas por las vibraciones físicas en las estructuras metálicas que causan el ruido acústico. La antena de un lector RFID generalmente incluye una bobina de cable impulsada por una corriente eléctrica alterna, que a su vez produce un campo magnético alterno en las inmediaciones de la antena. Cuando cualquier objeto metálico produce ruido acústico dentro de este campo magnético, el movimiento físico del objeto metálico acompaña al ruido acústico y se altera la trayectoria de retención del campo magnético. Esta perturbación se manifiesta como una modulación de amplitud de la frecuencia de corriente alterna que conduce la antena. Cuando hay una etiqueta de identificación FDX-B presente simultáneamente en el campo magnético, la modulación de amplitud
 55

de la etiqueta y la modulación de amplitud del objeto metálico se combinan, distorsionando así la señal de la etiqueta y potencialmente volviéndola ilegible.

En muchas situaciones que involucran comunicaciones de radiofrecuencia, una solución para superar la presencia de una señal de ruido interferente es aumentar la potencia de transmisión del sistema de comunicaciones, mejorando así la relación señal/ruido. Incrementar la intensidad del campo magnético transmitido por el lector RFID como un medio para superar la interferencia correlacionada con el ruido acústico no produce una mejora interesante del rendimiento, y de hecho agrava y aumenta el problema debido al hecho de que la señal de interrogación es indirectamente la fuente del ruido. Maximizar el campo magnético emitido por un lector RFID y la sensibilidad del receptor optimiza el acoplamiento con la etiqueta de identificación, pero al mismo tiempo aumenta la interferencia de estructuras metálicas vibrantes. Un campo magnético más fuerte y penetrante se acopla más efectivamente con estructuras metálicas, aumentando así la probabilidad de interferencia, en lugar de mejorar la relación señal/ruido del sistema.

Estructuras metálicas vibratorias y antenas convencionales

La figura 3 ilustra una antena [300] de bucle de sistema RFID convencional, incluyendo uno o más enrollamientos de un conductor [301], y accionado por una señal de corriente alterna en los dos extremos del conductor [302]. La antena [300] produce un campo [309] magnético variable en el tiempo que tiene una senoide [303] de amplitud constante. Una etiqueta [304] de identificación ubicada cerca de la antena [300] se activa mediante la señal [303] de campo magnético, e induce una modulación de amplitud, como se muestra en la forma [305] de onda de la señal, en la que la línea punteada enfatiza la forma envolvente de la forma [305] de onda, y es representativa de los datos de identificación binarios de la etiqueta.

La estructura [306] metálica típica, pero no se limita a, una puerta cercana, estructura metálica del corral o del puntal, comúnmente encontrada en entornos de manipulación de animales, y que cae dentro de la penetración [309], [303] espacial de las señales de campo magnético. Cuando dicha estructura [306] metálica, estática puede producir distorsiones de campo magnético en estado estacionario, posiblemente llevando a la desintonización de la antena, pérdida de potencia y/o deformación del campo magnético. Sin embargo, el movimiento físico de la estructura [306] metálica induce cambios variables en el tiempo en la trayectoria de reluctancia del campo [307] magnético, induciendo así variaciones de amplitud en la señal [303] del campo magnético, ejemplificado por la forma [308] de onda de señal ilustrada, en la que la línea punteada enfatiza la forma envolvente de las fluctuaciones de amplitud. Cuando estos movimientos físicos están correlacionados con el ruido de frecuencia acústica, las formas [308] de onda de la señal reflejadas por la estructura metálica y la modulación [305] de la etiqueta de identificación son espectralmente inseparables. La señal reflejada desde la estructura [308] metálica vibrante corrompe la integridad de la señal [305] de etiqueta e interrumpe la detección del lector de la señal de etiqueta, interfiriendo así con la eficacia del sistema de identificación.

Antenas de cancelación de señal de bucle múltiple

La intensidad del campo magnético de una antena de bucle, expresado en unidades de amperios por metro (A/m), se calcula a partir de la ecuación:

$$H = [u_0 n I A] / d^3 \quad [1]$$

en la que n es el número de vueltas de conductor, I es la corriente (Amperios) en el conductor, A es el área de superficie (metros cuadrados) del bucle, d es la distancia (metros) a la que se realiza el cálculo de la intensidad del campo magnético, y u₀ es la constante de permeabilidad del espacio libre (4π x 10⁻⁷ Henry/metro).

Como se indica en la Ecuación 1, las ondas electromagnéticas se atenúan en relación con el cubo inverso de la distancia dentro del campo cercano. En consecuencia, para una intensidad de campo magnético H₀ que existe a 1 metro de la antena, la intensidad de campo magnético se atenúa a una distancia de 10 metros de distancia desde la antena a 1/10³ = H₀/1.000, o aproximadamente 0,1 % de su magnitud en 1 metro.

Para separar la señal de etiqueta de identificación deseada de la señal de interferencia relacionada acústica no deseada que ocupa el mismo espectro de frecuencia, Los lectores RFID de acuerdo con las realizaciones de la invención usan una antena de múltiples bucles que incluye dos o más bucles, cuyos conductores pueden conectarse eléctricamente en serie. La antena está construida de tal manera que los bucles generan campos magnéticos que tienen polaridades magnéticas opuestas, pero iguales magnitudes de campo magnético cuando se fusionan, tal que más allá de un punto cercano, los campos se cancelan efectivamente. La antena es un componente eléctrico pasivo que posee la propiedad de reciprocidad, lo que significa que las señales que se originan más allá de este punto cercano son canceladas o atenuadas significativamente por la antena. Señales cerca de la antena, típicamente dentro de una distancia de aproximadamente la mitad de la dimensión más grande de la antena, sin embargo, no se cancelan. Dentro de este límite, las señales transmitidas desde la antena no se cancelan y las señales recibidas por la antena no se cancelan. En consecuencia, la antena de múltiples bucles se puede diseñar de modo que las etiquetas RFID cercanas sean legibles, mientras que las señales de interferencia resultantes de vibrar estructuras metálicas cercanas se cancelan.

Dos diseños de antena de cancelación de señal de bucle

La figura 4(a) ilustra una antena de cancelación de señal de dos bucles. La antena [400] incluye dos bucles [401] y [402], ambos bucles tienen las mismas dimensiones de altura y anchura, y ambos bucles contienen el mismo número de enrollamientos de cable conductor y llevan la misma magnitud de corriente alterna (CA).

5 La antena de dos bucles se construye utilizando un conductor eléctrico que se origina y termina en la parte inferior del bucle [402] inferior como lo indica la línea [405]. En la medida en que la presente invención se refiere a una antena "eléctricamente pequeña" (por ejemplo, una antena con dimensiones físicas de al menos un orden de magnitud menor que la longitud de onda de su frecuencia de operación), el punto de origen y terminación del conductor no son críticos y pueden ubicarse en cualquier lugar alrededor del perímetro de la antena. Desde el punto de origen, el conductor está enrollado en un patrón indicado por una línea [403], [404] discontinua de modo que haya un enrollamiento cruzado en el punto [415]. Al completar N vueltas, el conductor termina en el punto de origen [405] del enrollamiento, asegurando así que ambos bucles tengan el mismo número de vueltas de enrollamiento completas. Las direcciones de las flechas asociadas con la línea [403], [404] discontinua muestra que la dirección del enrollamiento en el bucle [401] superior es opuesta a la del bucle [402] inferior en virtud del cruce del patrón de enrollamiento en el punto [415].

15 La línea [403], [404] discontinua es indicativa no solo del patrón de enrollamiento del conductor, pero también de la dirección en que fluye instantáneamente la corriente alterna. Mientras que la dirección de la corriente es uniforme en todo el conductor, como resultado del cruce [415] en el patrón de enrollamiento que invierte la dirección del enrollamiento, La dirección relativa de la corriente entre los dos bucles también se invierte. Como se muestra, la corriente fluye en sentido horario en el circuito [403] superior y en sentido antihorario en el circuito [404] inferior. No es crítico para la presente descripción de la operación en qué dirección se enrolla cualquiera de los bucles, en sentido horario o antihorario; simplemente que las direcciones de enrollamiento en el bucle [401] superior y el bucle [402] inferior son opuestas entre sí, y por lo tanto también tienen direcciones de corriente opuestas.

De acuerdo con la Ley de Ampere, que se expresa comúnmente en la forma

$$\oint B \cdot dl = \mu_0 i \quad [2]$$

25 un conductor que transporta una corriente eléctrica produce un campo magnético cuyas líneas de fuerza pueden visualizarse como círculos concéntricos que rodean al conductor, la dirección de las líneas de fuerza es una función de la dirección de la corriente. Como la corriente en el bucle [401] superior tiene la dirección opuesta [403] de la corriente [404] en el bucle [402] inferior, el campo magnético producido por el bucle [401] superior tiene la polaridad opuesta instantánea de la producida por el bucle [402] inferior.

30 Cuando la corriente [403], [404] en la antena de dos bucles [400] es una corriente alterna sinusoidal, la corriente en cada bucle se invierte periódicamente, pero las corrientes en los dos bucles están en fase opuesta, por lo que siempre tienen direcciones instantáneamente opuestas. En consecuencia, los campos [406] magnéticos producidos por el bucle [401] superior y el bucle [402] inferior son instantáneamente opuestos, como se muestra en las formas de onda sinusoidales f_0 [407] y f_{180} [408].

35 Como los campos [406] magnéticos producidos por el bucle [401] superior y el bucle [402] inferior se fusionan [409] con una distancia creciente de la antena, la intensidad del campo magnético disminuye rápidamente porque las polaridades opuestas hacen que los campos magnéticos se cancelen. Como se muestra en las formas [407], [408] de onda, las amplitudes del campo magnético se atenúan de tal manera que la penetración espacial del campo magnético compuesto se limita típicamente a solo unos pocos múltiplos de la dimensión física más grande de la antena. Con el campo magnético así muy atenuado, una estructura [410] metálica cercana que produce ruido acústico y perturbaciones de campo magnético asociadas tiene un efecto sustancialmente reducido sobre la retención del campo magnético, representado por la forma [412] de onda, en comparación con el ejemplo [308] de antena de bucle único ilustrado en la figura 3.

45 La antena de dos bucles posee la propiedad de reciprocidad. Una corriente alterna en la antena [400] produce dos campos [407], [408] magnéticos de fase opuesta que se cancelan cuando los dos campos se fusionan [409]. Debido a la reciprocidad, una señal [412] electromagnética que se origina en o más allá de este límite [409] se impone por igual en ambos bucles e induce corrientes iguales en el bucle [401] superior y el bucle [402] inferior. Como la dirección del enrollamiento del conductor en el bucle [403] superior y el bucle [404] inferior son opuestas entre sí, las corrientes inducidas por la señal [412] también son opuestas, induciendo así ninguna corriente de señal neta en la antena [400] compuesta. En consecuencia, la señal [412] es efectivamente cancelada por la antena de dos bucles. La antena [400] 50 única que comprende dos bucles [401], [402] antifásicos puede reducir la interferencia del ruido acústico a través de las acciones combinadas de (a) reducción de la penetración espacial del campo magnético, y (b) perturbaciones canceladas del campo magnético producidas por estructuras metálicas resonantes cercanas.

A una distancia más cercana, la reciprocidad también es cierta. La etiqueta [413] de identificación ubicada cerca de la antena induce una corriente mayor en el circuito al que está más cerca, así, las corrientes inducidas en los dos bucles no se cancelan completamente. El diferencial de señal resultante puede ser amplificado por los circuitos del lector RFID y la etiqueta [413] es legible. Sin embargo, a lo largo del eje del punto [415] de cruce las corrientes inducidas en los dos bucles son iguales y, por lo tanto, se cancelan, haciendo que la etiqueta no sea legible.

La realización de dos bucles de la presente invención funciona eficazmente en varios casos en los que la estructura

metálica vibratoria se encuentra a una distancia de al menos varios múltiplos mayor que la dimensión más grande de la antena, pero su rendimiento es menos efectivo cuando la estructura metálica está más cerca de la antena, que frecuentemente puede ser el caso. La figura 4(b) ilustra la antena de dos bucles [420] colocada en el origen de un eje [423] XYZ tridimensional, con las polaridades magnéticas de los dos bucles [421], [422] designado por el sombreado de color opuesto. La antena de dos bucles posee simetría en las dimensiones X y Z, pero no en la dimensión Y. Es decir, en cualquier punto z_0 en el eje Z, la antena aparece física y magnéticamente idéntica en el punto $-z_0$. Esto también es cierto a lo largo del eje X. Sin embargo, en el punto y_0 en el eje Y, la antena aparece magnéticamente diferente que en el punto $-y_0$, debido a la polaridad opuesta del bucle [421] superior y el bucle [422] inferior. Esta falta de simetría limita la eficacia de la antena de dos bucles en la cancelación de señales de ruido a distancias en situaciones en las que la ubicación de la estructura metálica está sesgada a un lado de la antena a lo largo del eje Y.

La simetría del eje Y se puede lograr en la antena de bucle múltiple dividiendo uno de los bucles del diseño de dos bucles por la mitad y colocando los dos bucles divididos a cada lado del otro bucle. Este diseño se muestra en las figuras 5(a) y 5(b). En la figura 5(b), la antena [520] ahora parece simétrica en el espacio [525] tridimensional. En cualquier punto x_0 , y_0 , o z_0 , en los ejes X, Y, o Z, respectivamente, la antena aparece física y magnéticamente idéntica en los puntos $-x_0$, $-y_0$, o $-z_0$, respectivamente.

Aunque la realización ilustrada en la figura 4(a) incluye una antena en la que el número de enrollamientos del conductor, las corrientes y las áreas de superficie en cada bucle son iguales, se puede construir una antena de múltiples bucles de acuerdo con las realizaciones de la invención en las que los bucles individuales tienen un número desigual de enrollamientos de conductores, corrientes y/o áreas de superficie, mientras que tiene las mismas magnitudes de campo magnético. A continuación se discuten varios diseños de antena de cancelación de señal de múltiples bucles de acuerdo con realizaciones de la invención.

Tres antenas de cancelación de señal de bucle

La figura 5(a) ilustra una antena de cancelación de señal de tres bucles de acuerdo con una realización de la invención. La antena [500] incluye dos bucles [501] y [503] exteriores, cada uno tiene la mitad de la altura y el mismo ancho que un bucle [502] central. Los tres bucles están alineados a lo largo de un eje común, contienen el mismo número de enrollamientos de cable conductor y transportan la misma cantidad de corriente alterna (CA).

La antena [500] de tres bucles se construye utilizando un solo conductor que, como el diseño de dos bucles, se origina y termina arbitrariamente en la parte inferior del bucle [503] inferior como lo indica la línea [518]. Desde este punto [518] de origen, el conductor está enrollado en un patrón indicado por una línea [504], [505], [506] discontinua de modo que haya cruces sinuosos en los puntos [516], [517]. Al completar N vueltas, el conductor termina en el punto [518] en el que se origina el enrollamiento del conductor. Las direcciones de las flechas asociadas con la línea [504], [505], [506] discontinua, muestran que las direcciones de enrollamiento en el bucle [501] superior y el bucle [503] inferior son opuestas a las del bucle [502] central en virtud de los cruces del patrón de enrollamiento en los puntos [516], [517].

La línea [504], [505], [506] discontinua es indicativa no solo del patrón de enrollamiento del conductor, pero de la dirección en la que la corriente alterna de la antena fluye instantáneamente. Mientras que la dirección de la corriente es uniforme en todo el conductor, debido a los cruces [516], [517] en el patrón de enrollamiento que invierte la dirección de los enrollamientos, La dirección relativa de la corriente en los tres bucles también se invierte. No es relevante para la presente descripción de la operación si el bucle [501] superior y el bucle [503] inferior están enrollados en sentido horario o antihorario, pero solo que las direcciones de enrollamiento en el bucle [501] superior y el bucle [503] inferior son idénticas y opuestas a las de la dirección de enrollamiento del conductor del bucle [502] central y, por lo tanto, la corriente que fluye en el bucle [505] central es instantáneamente opuesta en dirección con respecto a las direcciones actuales en los dos bucles [504], [506] externos.

Cuando la corriente [504], [505], [506] en la antena [500] de tres bucles es una corriente alterna sinusoidal, la corriente en cada bucle se invierte periódicamente, pero las corrientes en los dos bucles [501], [503] externos, están en la fase opuesta a la del bucle [502] central, y siempre tienen direcciones opuestas instantáneas. Juntos, los bucles [501], [503] exteriores tiene la misma área dimensional que el bucle [502] central. En consecuencia, los campos [507] magnéticos producidos por los bucles [501], [503] externos juntos tienen la misma magnitud que el campo magnético del bucle [502] central, pero los bucles [501], [503] exteriores son instantáneamente opuestos al bucle [502] central, como se muestra en las formas de onda sinusoidales f_{180} [508] y f_0 [509].

Como se describió para la versión de dos bucles de la antena de cancelación de señal, la misma cancelación del campo magnético de la antena ocurre cuando los campos de los tres bucles individuales se fusionan [510], y debido a la reciprocidad, se produce la misma cancelación de la señal [513] originada por la vibración de la estructura [511] metálica. Debido a la simetría tridimensional mejorada del diseño de tres bucles, sin embargo, estos efectos de cancelación ocurren más cerca de la antena, proporcionando así un rechazo mejorado de la interferencia no deseada y una sensibilidad reducida a la ubicación de la fuente de interferencia.

Montaje de antenas de cancelación de señal de bucle múltiple

La figura 6(a) ilustra una antena de cancelación de señal de tres bucles de acuerdo con una realización de la invención utilizada en una aplicación en la que la antena [600] está montada de manera estacionaria, y una etiqueta [608], [609]

de identificación, traduce [607] pasado. Sensibilidad mejorada a una etiqueta [608], [609] de identificación orientada al azar se logra girando la antena 90° desde la orientación mostrada en las figuras 5(a) y 5(b), tal que la etiqueta pase por los tres bucles [601], [602], [603], en lugar de solo el bucle [603] central como lo haría si la antena [600] estuviera orientada como se muestra en las figuras 5(a) y 5(b).

- 5 Como se muestra por las líneas discontinuas con flechas, las direcciones de enrollamiento del conductor y las direcciones [604], [606] de corriente en los bucles [601], [602] exteriores son opuestos a los del bucle [603] central dirección del enrollamiento del conductor y dirección de [605] corriente. A medida que la etiqueta [608] pasa por la antena [600], la etiqueta se lee de manera óptima directamente frente a cualquiera de los tres bucles [601], [602], [603] cuando la etiqueta está orientada como se muestra en la etiqueta A [608], representando que los planos de superficie de los bucles [601], [602], [603] de antena y la bobina de antena de la etiqueta A [608] son paralelas. En la unión del primer bucle [601] exterior y el bucle [603] interior y el segundo bucle [602] exterior y el bucle [603] interior, la etiqueta [609] se lee de manera óptima cuando el plano de la bobina de su antena es ortogonal al plano de superficie de la antena [600], como se muestra en la etiqueta B [609].
- 10

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de identificación animal de radiofrecuencia de baja frecuencia (RFID) que sigue la norma ISO 11785, que comprende:

una antena (400, 420, 500, 520, 600) de transmisión y recepción;
 un circuito lector de RFID configurado para controlar la antena (400, 420, 500, 520, 600) con una señal (414, 515) de interrogación;
 en el que el circuito lector de RFID y la antena (400, 420, 500, 520, 600) están configurados para detectar datos modulados en la señal (414, 515) de interrogación por un transpondedor RFID pasivo del tipo FDX-B bidireccional; el sistema RFID **caracterizado por**:

la antena (400, 420, 500, 520, 600) de transmisión y recepción incluye una pluralidad de bucles (401, 402, 501, 502, 503, 601, 602, 603) y al menos dos de la pluralidad de bucles (401, 402, 501, 502, 503, 601, 602, 603) generan campos (406, 407, 408, 409, 421, 422, 507, 508, 509, 510, 521, 522, 523) magnéticos que tienen polaridad opuesta cuando son conducidos por la señal (414, 515) de interrogación;
 la pluralidad de bucles (401, 402, 501, 502, 503, 601, 602, 603) están dispuestos físicamente de modo que, cuando es conducido por la señal (414, 515) de interrogación, el campo (406, 407, 408, 409, 421, 422, 507, 508, 509, 510, 521, 522, 523) magnético próximo a cada bucle (401, 402, 501, 502, 503, 601, 602, 603) activa cualquier transpondedor (413, 514, 608, 609) RFID pasivo presente dentro de una primera distancia de la antena;
 en el que la disposición física de la pluralidad de bucles provoca los campos magnéticos generados por los bucles, cuando es conducido por la señal de interrogación, para fusionarse y cancelar colectivamente más allá de la primera distancia de la antena, y
 en el que la disposición física de la pluralidad de bucles provoca una señal electromagnética que resulta de la vibración de las estructuras metálicas en frecuencias acústicas e induce una modulación de amplitud sobre la señal de interrogación para inducir ninguna corriente de señal neta en la antena, de modo que la señal electromagnética se cancela o significativamente atenuado cuando las estructuras metálicas se colocan en o más allá de la primera distancia de la antena.

2. El sistema RFID según la reivindicación 1, en el que los campos (406, 407, 408, 409, 421, 422, 507, 508, 509, 510, 521, 522, 523) magnéticos generados por cada uno de la pluralidad de bucles (401, 402, 501, 502, 503, 601, 602, 603) cuando son activados por la señal (414, 515) de interrogación son suficientes dentro de una distancia igual a la mitad de la dimensión más grande de la antena (400, 420, 500, 520, 600) para un transpondedor (413, 514, 608, 609) RFID pasivo para activarse y modular los datos en la señal (414, 515) de interrogación que puede ser detectada por el circuito lector de RFID.

3. El sistema RFID según la reivindicación 1, en el que un transpondedor (413, 514, 608, 609) RFID pasivo es incapaz de ser activado y de modular la información en la señal (414, 515) de interrogación que puede ser detectada por el circuito lector RFID en los puntos en los que los campos (406, 407, 408, 409, 421, 422, 507, 508, 509, 510, 521, 522, 523) magnéticos generados por los bucles (401, 402, 501, 502, 503, 601, 602, 603) de la antena (400, 420, 500, 520, 600) colectivamente se cancelan.

4. El sistema RFID según la reivindicación 1, en el que los campos (406, 407, 408, 409, 421, 422, 507, 508, 509, 510, 521, 522, 523) magnéticos generados por los bucles (401, 402, 501, 502, 503, 601, 602, 603) cuando la antena (400, 420, 500, 520, 600) es accionada por la señal (414, 515) de interrogación tiene una polaridad opuesta instantánea.

5. El sistema RFID según la reivindicación 1, en el que:

la antena (400, 420, 500, 520, 600) incluye un primer bucle (401) y un segundo bucle (402);
 el primer bucle (401) encierra un área mayor que el segundo bucle (402); y
 el primer bucle (401) y el segundo bucle (402) generan campos (407, 408, 421, 422) magnéticos de igual magnitud que tienen una polaridad opuesta instantánea.

6. El sistema RFID según la reivindicación 1, en el que:

la antena (400, 420, 500, 520, 600) incluye tres bucles (501, 502, 503, 601, 602, 603); y
 los tres bucles (501, 502, 503, 601, 602, 603) están configurados como un primer bucle (502, 603) y un segundo bucle (501, 601) adyacente y un tercer bucle (503, 602) adyacente.

7. El sistema RFID según la reivindicación 6, en el que:

el área encerrada por el primer bucle (502, 603) es igual al área encerrada tanto por el segundo (501, 601) como por el tercer bucle (503, 602); y
 el campo (509, 522) magnético generado por el primer bucle (502, 603) tiene una polaridad opuesta instantánea al campo (508, 521, 523) magnético generado por el segundo bucle (501, 601) y el tercer bucle (503, 602) cuando la antena (400, 420, 500, 520, 600) es accionada por la señal (414, 515) de interrogación.

8. El sistema RFID según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que todos los bucles (401, 402, 501, 502, 503, 601, 602, 603) de la antena (400, 420, 500, 520, 600) tienen el mismo número de enrollamientos (403, 404, 504, 505, 506) y transportan la misma corriente (403, 404, 504, 505, 506, 604, 605, 606) eléctrica cuando son activados por la señal (414, 515) de interrogación.
- 5 9. El sistema RFID según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los bucles (401, 402, 501, 502, 503, 601, 602, 603) de la antena (400, 420, 500, 520, 600) están conectados en serie.
10. El sistema RFID según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los bucles (401, 402, 501, 502, 503, 601, 602, 603) están dispuestos a lo largo de un eje (607) y la antena (400, 420, 500, 520, 600) está montada de manera estacionaria y alineada de modo que el eje (607) es sustancialmente paralelo al suelo.
- 10 11. El sistema RFID según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los bucles (401, 402, 501, 502, 503, 601, 602, 603) están configurados de modo que el campo (409, 510) magnético global generado por la antena (400, 420, 500, 520, 600) exhibe simetría tridimensional.
- 15 12. El sistema RFID según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los campos magnéticos generados por cada uno de los bucles (401, 402, 501, 502, 503, 601, 602, 603) cuando son conducidos por la señal (414, 515) de interrogación se cancelan colectivamente a una distancia al menos igual a la dimensión más grande de la antena.
13. El sistema RFID según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los campos (406, 407, 408, 409, 421, 422, 507, 508, 509, 510, 521, 522, 523) magnéticos generados por cada uno de los bucles (401, 402, 501, 502, 503, 601, 602, 603) cuando se activa mediante la señal (414, 515) de interrogación se cancelan colectivamente a una distancia de al menos el doble de la dimensión más grande de la antena.
- 20 14. Un procedimiento para interrogar un transpondedor RFID pasivo de baja frecuencia del tipo FDX-B bidireccional, siguiendo la norma ISO 11785, llevado por un animal, en presencia de estructuras metálicas que vibran a frecuencias acústicas, el procedimiento **está caracterizado por**:
- posicionar una antena (400, 420, 500, 520, 600) de transmisión y recepción de modo que las estructuras (410, 511) metálicas vibratorias estén ubicadas al menos a una primera distancia de la antena,
 - 25 - accionar la antena (400, 420, 500, 520, 600) con una señal de interrogación, la antena tiene una pluralidad de bucles (401, 402, 501, 502, 503, 601, 602, 603) para generar campos (406, 407, 408, 409, 421, 422, 507, 508, 509, 510, 521, 522, 523) magnéticos que tienen polaridad opuesta instantánea que se cancelan colectivamente más allá de la primera distancia desde la antena;
 - 30 - cancelar o atenuar una señal electromagnética resultante de la vibración de las estructuras metálicas en frecuencias acústicas que inducen una modulación de amplitud sobre la señal de interrogación que se origina en o más allá de la primera distancia, a través de la disposición física de la pluralidad de bucles de la antena,
 - detectar datos modulados en la señal (414, 515) de interrogación por cualquier transpondedor (413, 514, 608, 609) bidimensional presente dentro de la primera distancia durante los períodos en que la señal (414, 515) de interrogación conduce la antena.
- 35 15. El sistema según la reivindicación 1 o el procedimiento según la reivindicación 14, en el que las frecuencias acústicas caen en el rango de 500 Hz a 5000 Hz y en el que los datos modulados en la señal de interrogación por el transpondedor RFID pasivo se modulan en las frecuencias $134,2 \text{ kHz} \pm 2,097 \text{ kHz}$ y $134,2 \text{ kHz} \pm 4,194 \text{ kHz}$ para un transpondedor FDX-B.

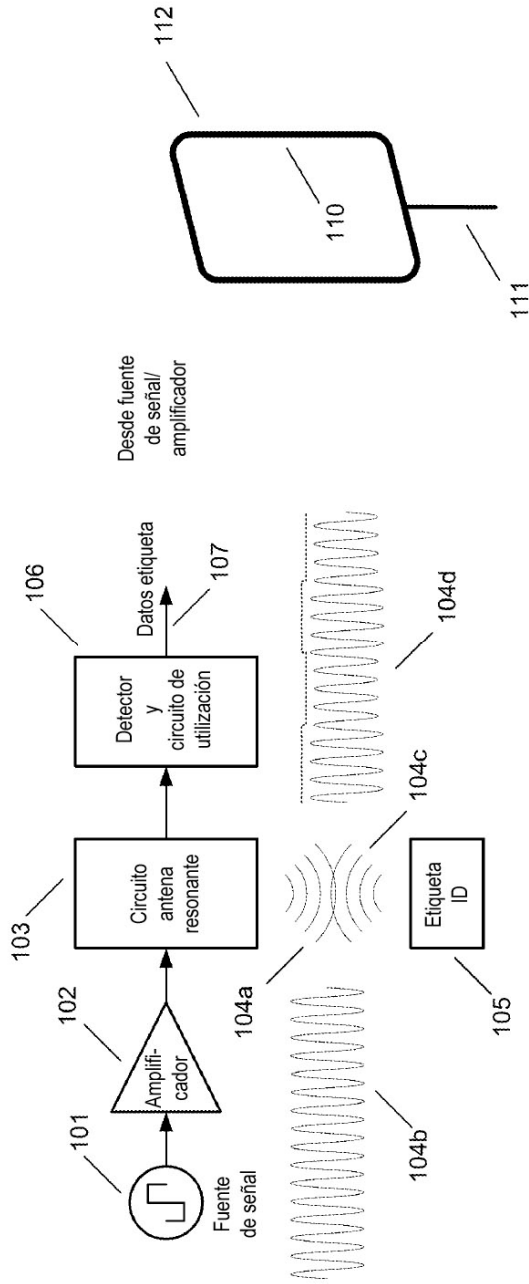


Fig. 1(c)
Técnica anterior

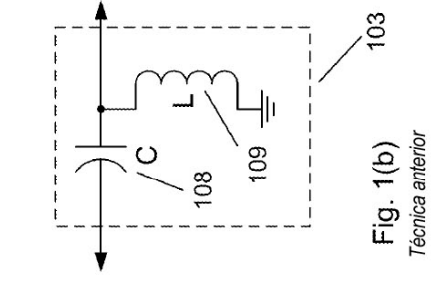
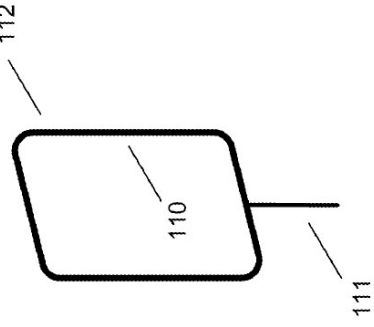


Fig. 1(a)
Técnica anterior

Fig. 1(b)
Técnica anterior

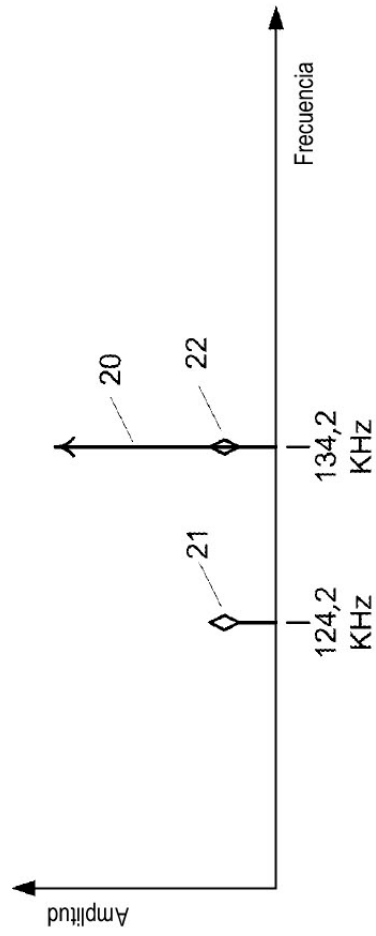


Fig 2(a)
Técnica anterior

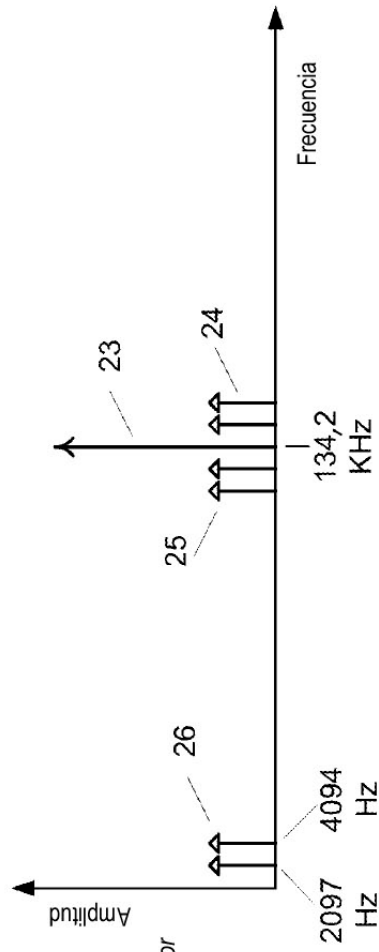


Fig 2(b)
Técnica anterior

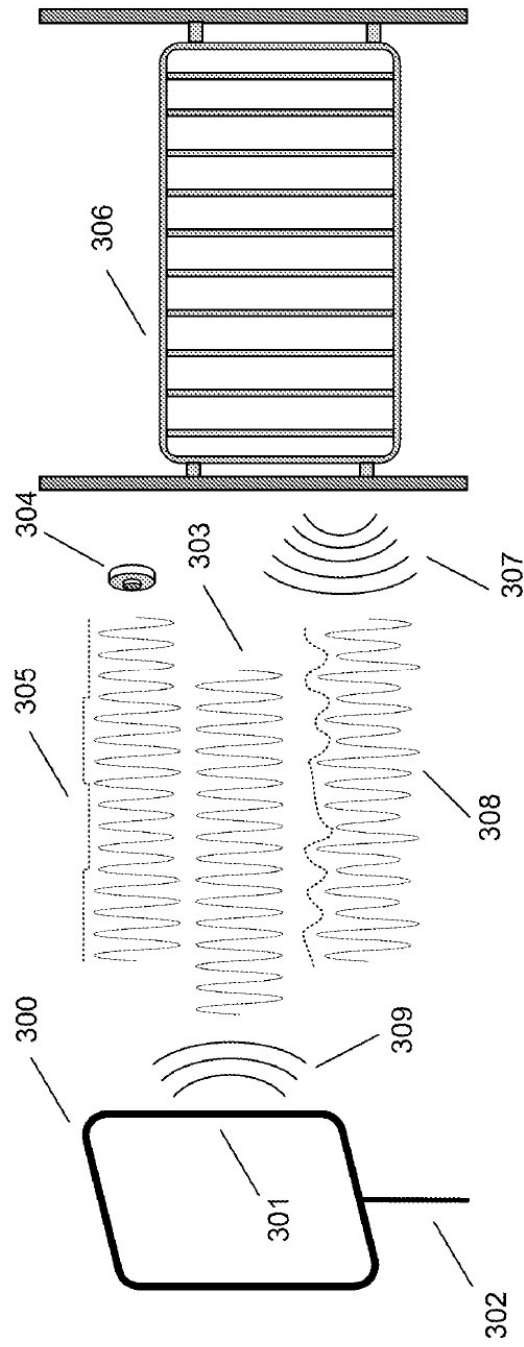


Fig. 3
Técnica anterior

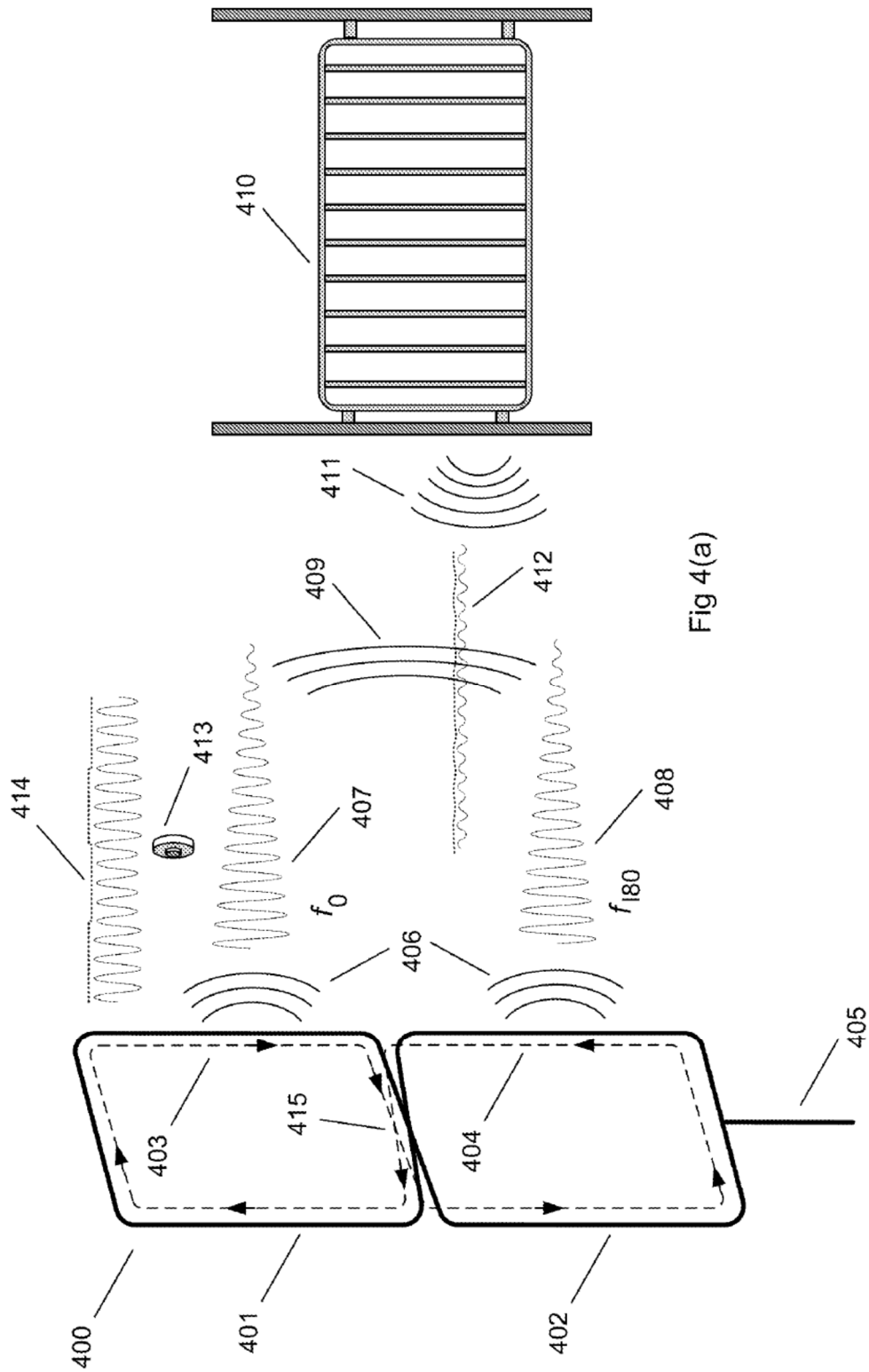


Fig 4(a)

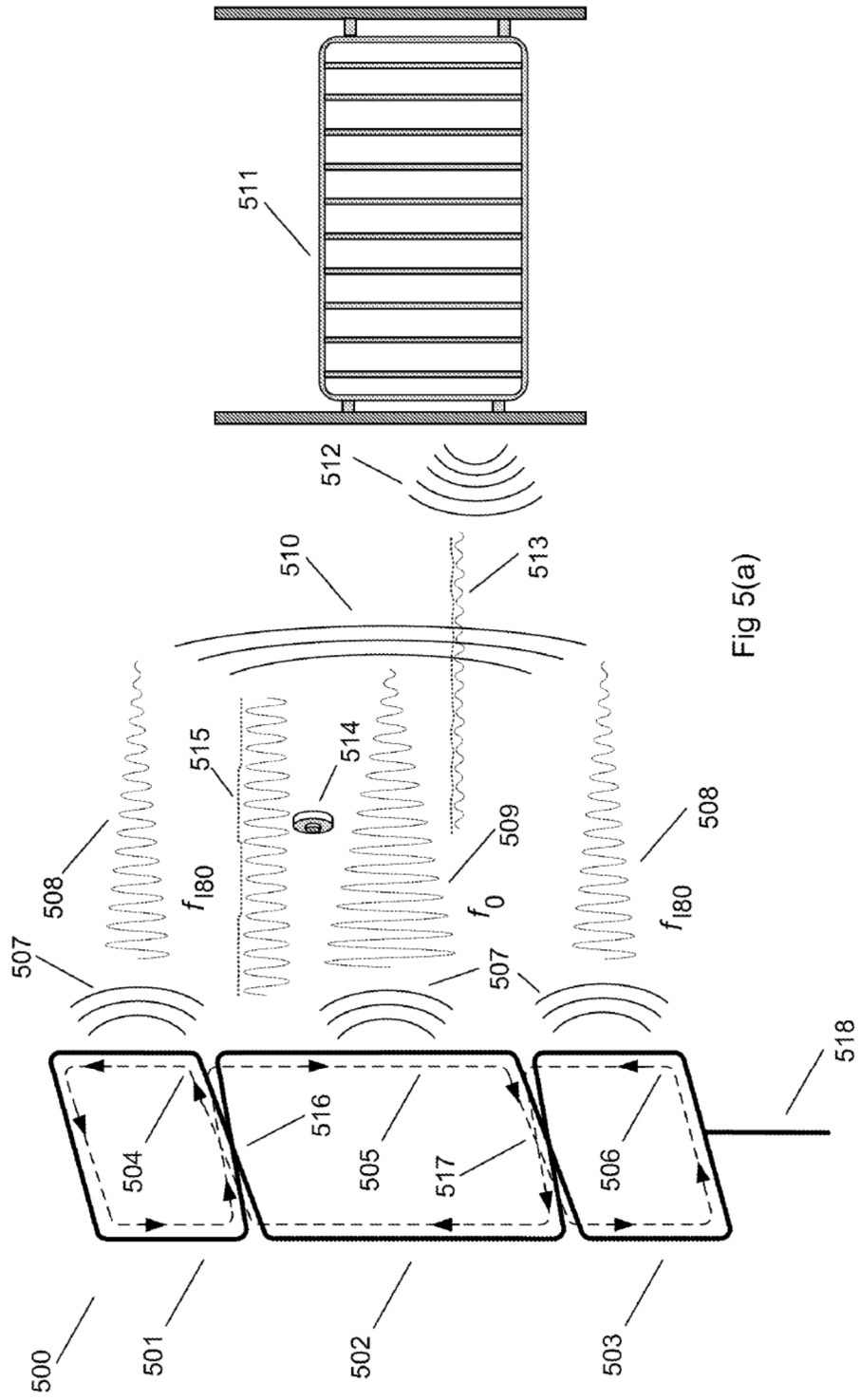


Fig 5(a)

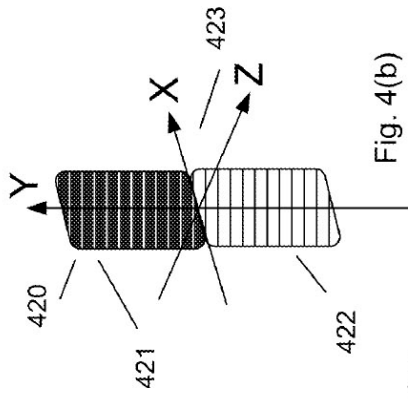


Fig. 4(b)

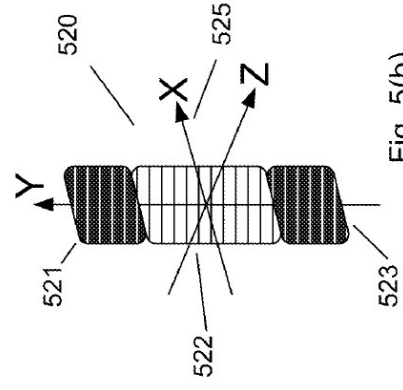


Fig. 5(b)

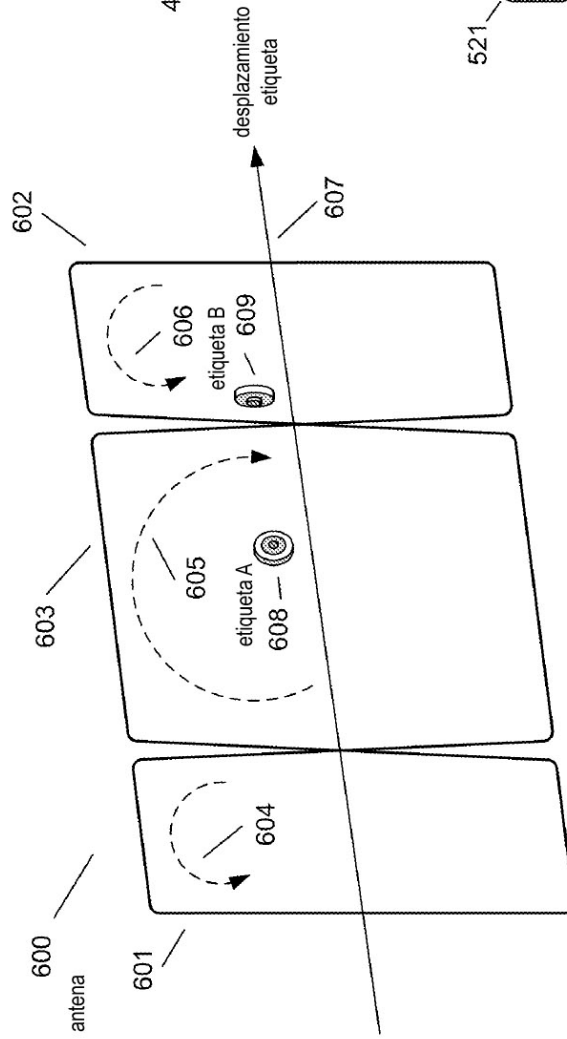


Fig. 6(a)