



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 367 882**

51 Int. Cl.:
G06K 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07862916 .9**

96 Fecha de presentación : **13.12.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2095292**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.09.2009**

54 Título: **Sistemas y métodos de procesamiento de señales para señales de etiqueta RFID.**

30 Prioridad: **14.12.2006 US 638894**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
10.11.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
10.11.2011

73 Titular/es: **CORNING CABLE SYSTEMS L.L.C.**
800 17th Street N.W.
P.O. Box 489
Hickory, North Carolina 28601, US

72 Inventor/es: **Downie, John D.;**
Sutherland, James S.;
Nederlof, Leo;
Wagner, Richard E. y
Whiting, Matthew S.

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

ES 2 367 882 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

Sistemas y métodos de procesamiento de señales para señales de etiqueta RFID

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere en general a sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID, del inglés "Radio-Frequency IDentification"), y en particular se refiere a sistemas y a métodos para procesar señales de etiqueta RFID que mejoren la legibilidad de tales señales por un lector de etiquetas RFID.

Antecedentes técnicos

- 10 La identificación por radiofrecuencia (RFID) es una técnica de reconocimiento a distancia que utiliza etiquetas RFID que llevan información almacenada en ellas. La información almacenada es recuperable a través de comunicación por radiofrecuencia (RF) entre la etiqueta RFID y un lector de etiquetas RFID. El sistema RFID típico utiliza un lector de etiquetas RFID, que está diseñado a menudo para ser portátil, por motivos de movilidad. Cuando el lector de etiquetas RFID es llevado suficientemente cerca de una etiqueta RFID, puede leer una señal de etiqueta RFID digital comunicada por la etiqueta. Los sistemas RFID son usados convencionalmente para gestión de inventarios y seguimiento de productos en una variedad de industrias diferentes, así como en librerías y hospitales. Los datos codificados en una etiqueta RFID pueden ser generalmente escritos a distancia, y algunos tipos de etiquetas RFID pueden ser reescritas múltiples veces.

- 15 Hay tres tipos principales de etiquetas RFID. El primer tipo es una etiqueta RFID pasiva que tiene un microcircuito (típicamente, un chip de memoria digital) sin fuente de alimentación interna. El microcircuito incluye o está acoplado a una antena. Una etiqueta RFID pasiva es alimentada por una señal de consulta RF entrante procedente del lector de etiquetas RFID. La señal de consulta RF proporciona suficiente energía para que el microcircuito comunique la información almacenada en la etiqueta RFID al lector de etiquetas RFID a través de una señal de etiqueta RF electromagnética procedente de la antena de etiqueta RFID.

- 20 El segundo tipo de etiqueta RFID es semipasivo, e incluye un microchip, antena y una fuente de alimentación pequeña que alimenta el microcircuito, permitiendo que la etiqueta RFID opere y comunique una señal de etiqueta RFID sin necesitar energía de la señal RF entrante, llevando a un mayor alcance de lectura.

El tercer tipo de etiqueta RFID es activo y tiene su propia fuente de alimentación. Las etiquetas RFID activas generan una señal de etiqueta RF saliente y pueden responder a consultas RF procedentes del lector de etiquetas RFID, o generan periódicamente su propia señal de etiqueta RF saliente.

- 25 Al leer etiquetas RFID, el lector de etiquetas RFID consulta a la etiqueta varias veces (por ejemplo, más de 100 veces) por segundo. El lector de etiquetas RFID lee una señal de etiqueta RFID correspondiente para cada consulta. Si la señal de etiqueta RFID obtenida no corresponde a una cadena digital legítima de un protocolo y un método de comprobación de errores estandarizados, entonces la señal RFID obtenida es identificada como un "error de lectura" y es descartada. En la práctica, el ruido electrónico ambiental procedente de una variedad de fuentes (típicamente, máquinas y dispositivos cerca de la etiqueta RFID o ruido electrónico en la circuitería RF del lector) limita el alcance del lector de etiquetas RFID y provoca que muchas de las consultas RFID generen errores de lectura. Pueden producirse también otras alteraciones de señal de etiqueta RFID, tales como atenuación multitrayecto y reducción y dispersión de anchura de banda, que resultan en tiempos de subida y caída menos definidos. Consecuentemente, sólo algunas de las señales de etiqueta RFID son leídas apropiadamente, y la capacidad para leer apropiadamente las señales de etiqueta RFID disminuye con la distancia entre la etiqueta RFID y el lector de etiquetas RFID.

Mejorar la capacidad de lectura RFID de un sistema RFID puede permitir un mayor alcance de lectura, menores tamaños de antena para la etiqueta RFID, mejor capacidad RFID en entornos electrónicamente ruidosos, mayor tasa de éxito en la lectura de la etiqueta RFID, etc. - todo lo cual mejora la eficiencia del sistema RFID al tiempo que reducen el coste del sistema y la frustración del usuario.

- 30 El documento WO 02/097710 A1 expone un método para leer una señal de identificación por radiofrecuencia (RFID) analógica comunicada por una etiqueta RFID y un dispositivo de lectura de identificación por radiofrecuencia (RFID) para leer una señal RFID analógica comunicada por una etiqueta RFID. El documento representa la base para los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 9.

RESUMEN DE LA INVENCION

- 35 Un aspecto de la invención es un método para leer una señal de etiqueta RFID analógica comunicada desde una etiqueta RFID, en que la señal de etiqueta RFID analógica comprende una secuencia original de bits. El método incluye recibir múltiples copias de la señal de etiqueta RFID analógica, en que al menos algunas de las múltiples copias recibidas difieren entre sí debido a, por ejemplo, ruido u otras alteraciones de señal. El método también

incluye convertir las múltiples copias recibidas de las señales de etiqueta RFID analógicas a correspondientes múltiples representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas recibidas, comprendiendo cada una una pluralidad de muestras digitales. El método incluye además procesar las múltiples representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas recibidas sobre una base muestra a muestra para obtener una señal recuperada de
5 etiqueta RFID digital representativa de la secuencia original de bits.

Otro aspecto de la invención es un dispositivo de lectura RFID para leer una señal RFID analógica comunicada por una etiqueta RFID, en que la señal RFID analógica comprende una secuencia de bits. El dispositivo incluye una antena adaptada para recibir señales RFID analógicas comunicadas por la etiqueta RFID y para emitir señales de consulta a la etiqueta RFID que hacen que la etiqueta RFID comunique múltiples copias de la señal RFID analógica.
10 El dispositivo también incluye un demodulador acoplado operativamente a la antena y adaptado para demodular las señales RFID analógicas recibidas. El dispositivo incluye además un convertidor de analógico a digital (A/D) acoplado operativamente al demodulador y adaptado para convertir cada señal RFID analógica demodulada en una correspondiente representación de señal RFID digitalizada que comprende una pluralidad de muestras digitales. El dispositivo también incluye una unidad de procesamiento central (CPU, del inglés "Central Processing Unit")
15 acoplada operativamente al demodulador. La CPU está adaptada para procesar, sobre una base muestra a muestra, múltiples representaciones de señal RFID digitalizadas para recuperar una señal RFID digital representativa de la secuencia de bits.

Otro aspecto de la invención es un método de lectura de una señal de etiqueta RFID comunicada por una etiqueta RFID y que tiene una secuencia original de bits. El método incluye recibir múltiples copias de la señal de etiqueta
20 RFID usando un lector de etiquetas RFID, en que al menos algunas de las múltiples copias recibidas difieren entre sí. El método también incluye digitalizar las múltiples copias recibidas para formar representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas, comprendiendo cada una muestras digitalizadas. El método incluye además procesar las representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas para obtener una señal recuperada de etiqueta RFID digitalizada que proporciona la secuencia original de bits.

Características y ventajas adicionales de la invención serán expuestas en la siguiente descripción detallada, y en parte se pondrán de manifiesto fácilmente para aquéllos con experiencia en la técnica a partir de esa descripción o serán reconocidos poniendo en práctica la invención como se describe aquí, incluyendo la siguiente descripción
25 detallada, las reivindicaciones, así como los dibujos adjuntos.

Debe entenderse que tanto la descripción general precedente como la siguiente descripción detallada presentan realizaciones de la invención, y están destinadas a proporcionar una visión general o un marco para entender la naturaleza y carácter de la invención tal como es reivindicada. Los dibujos adjuntos están incluidos para proporcionar una comprensión adicional, y están incorporados en y forman parte de esta memoria descriptiva. Los dibujos ilustran diversas realizaciones de la invención y junto con la descripción sirven para explicar los principios y operaciones de la invención.
30

35 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

- la figura 1 es un diagrama esquemático de una realización a modo de ejemplo de un sistema RFID de acuerdo con la presente invención que tiene un circuito de procesamiento de señales adaptado para llevar a cabo el método de procesamiento de señales de las señales de etiqueta RFID de acuerdo con la presente invención;
- 40 la figura 2 es un diagrama esquemático de una realización a modo de ejemplo de un circuito de procesamiento de señales para el lector de etiquetas RFID de la figura 1;
- la figura 3A es una representación gráfica simulada frente al tiempo de una señal de etiqueta RFID digital (ST_O) a modo de ejemplo tal como es generada por el microcircuito en la etiqueta RFID y que tiene una secuencia de bits a modo de ejemplo de 11001010;
- 45 la figura 3B es una representación gráfica simulada frente al tiempo de diez señales de etiqueta RFID digitalizadas recibidas ST_R basadas en la señal de etiqueta RFID digitalizada ST_O a modo de ejemplo de la figura 3A, tal como son recibidas por el lector de etiquetas RFID;
- la figura 3C representa gráficamente la media muestra a muestra de las diez señales de etiqueta RFID digitales ST_R de la figura 3B;
- 50 la figura 4 es una representación gráfica simulada frente al tiempo de la media muestra a muestra $\langle ST_R \rangle$ de representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas recibidas ST_R para diferentes números de representaciones de señal de etiqueta RFID digitales recibidas, que muestra el porcentaje de bits erróneos para las representaciones de señal de etiqueta RFID digitales recibidas, ilustrando como el promediado de un número creciente de representaciones de señal de etiqueta RFID

digitales recibidas sobre una base muestra a muestra reduce crecientemente el porcentaje de bits erróneos; y

la figura 5 es un diagrama de flujo de un algoritmo a modo de ejemplo que describe un ejemplo del método de lectura de etiquetas RFID de la presente invención en el que el procesamiento de señales muestra a muestra incluye promediar las representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

Se hará referencia ahora en detalle a las presentes realizaciones preferidas de la invención, ejemplos de las cuales está/están ilustrados en los dibujos adjuntos. Siempre que sea posible, se usan los mismos números o letras de referencia a través de todos los dibujos para referirse a las mismas o similares partes. En la descripción posterior, sólo se muestran aquellos elementos necesarios para entender e implementar la invención.

La figura 1 es un diagrama esquemático de una realización a modo de ejemplo de un sistema RFID 10 de acuerdo con la presente invención, adaptado para llevar a cabo el método de procesamiento de señales para señales de etiqueta RFID de acuerdo con la presente invención. El sistema RFID 10 incluye una etiqueta RFID 20 que incluye un microcircuito 22 acoplado eléctricamente a una antena 26. El microcircuito 22 está adaptado para almacenar información digital y generar una señal digital que comprende una secuencia de bits representativa de la información almacenada.

El sistema RFID 10 también incluye un lector de etiquetas RFID 30 que incluye un circuito de procesamiento de señales 32 acoplado eléctricamente a un sistema de antena de transmisión/recepción ("antena") 36. Obsérvese que la antena 36 puede incluir antenas de transmisión y recepción separadas en vez de una única antena de transmisión/recepción. La realización de antena única es descrita posteriormente con fines ilustrativos.

En una realización a modo de ejemplo, el lector de etiquetas RFID 30 está acoplado operativamente (por ejemplo, a través de una línea eléctrica, fibra óptica, conexión inalámbrica, etc.) a una base de datos externa DB que almacena la información de etiquetas RFID leída por el lector de etiquetas RFID.

La figura 2 es un diagrama esquemático de una realización a modo de ejemplo del circuito de procesamiento de señales 32 del lector de etiquetas RFID 30. El circuito 32 incluye un elemento director de señales 50 de tres puertos acoplado eléctricamente a la antena 36. El elemento director de señales 50 de tres puertos tiene un puerto de transmisión/recepción 52TR, un puerto de lado de recepción 52R y un puerto de lado de transmisión 52T. El circuito de procesamiento de señales 32 incluye un amplificador de recepción 58R acoplado eléctricamente al puerto de lado de recepción 52R, un demodulador de recepción 62R acoplado eléctricamente al amplificador de recepción, un convertidor de analógico a digital (A/D) de recepción 66R acoplado eléctricamente al demodulador de recepción, y un procesador de señales digitales de recepción 68R acoplado eléctricamente al convertidor A/D de recepción.

El circuito 32 tiene también un microprocesador 76 acoplado eléctricamente al procesador de señales digitales de recepción 68R. El microprocesador 76 está adaptado (por ejemplo, programado) para controlar el funcionamiento general del circuito de procesamiento de señales 32, incluyendo la transmisión y recepción de señales (como se discute posteriormente), y realizar operaciones lógicas y de computación sobre señales procesadas, incluyendo llevar a cabo los métodos de procesamiento de señales para señales de etiqueta RFID descritos posteriormente.

La antena 36, el elemento director de señales 50 de tres puertos, el amplificador de recepción 58R, el demodulador de recepción 62R, el convertidor A/D de recepción 66R, el procesador de señales digitales de recepción 68R y el microprocesador 76 constituyen una realización a modo de ejemplo de un receptor RF 32R.

El circuito de procesamiento de señales 32 también incluye un amplificador de transmisión 58T acoplado eléctricamente al puerto de lado de transmisión 52T, un modulador de transmisión 62T acoplado eléctricamente al amplificador de transmisión, un convertidor de digital a analógico (D/A) de transmisión 66T acoplado eléctricamente al modulador, y un procesador de señales digitales de transmisión 68T acoplado eléctricamente al convertidor D/A de transmisión y al microprocesador 76.

La antena 36, el elemento director de señales 50 de tres puertos, el amplificador de transmisión 58T, el modulador de transmisión 62T, el convertidor D/A de transmisión 66T, el procesador de señales digitales de transmisión 68T y el microprocesador 76 constituyen una realización a modo de ejemplo de un transmisor RF 32T. De este modo, en una realización a modo de ejemplo, el circuito de procesamiento de señales 32 comprende un transmisor RF 32T y un receptor RF 32R que tienen algunos elementos comunes, a saber la antena 36, el elemento director de señales 50 y el microprocesador 76.

En una realización a modo de ejemplo, el procesador de señales digitales de recepción 68R, el procesador de señales digitales de transmisión 68T y el microprocesador 76 constituyen una unidad de procesamiento central (CPU) 78. En una realización a modo de ejemplo, esta CPU está formada a partir de una matriz de puertas programable por el usuario (FPGA, del inglés "Field-Programmable Gate Array") y en otra realización a modo de

ejemplo está formada a partir de un circuito integrado diseñado específicamente para el propósito particular de la presente invención (es decir, un circuito integrado para aplicaciones específicas o ASIC (del inglés "Application-Specific Integrated Circuit"))).

5 El circuito de procesamiento de señales 32 también incluye una unidad de memoria 80 acoplada eléctricamente al microprocesador 76, y una unidad de visualización 84 acoplada eléctricamente al microprocesador. La unidad de memoria 80 está adaptada para almacenar información, tal como ajustes y estado del lector de etiquetas RFID, y datos procesados tales como señales de etiqueta RFID brutas y/o procesadas, como se describe posteriormente. La unidad de memoria 80 también sirve como medio legible por ordenador para almacenar instrucciones ejecutables por ordenador para llevar a cabo los métodos de la presente invención bien a través de la operación del
10 microprocesador 76 o a través de la operación de la CPU 78 como un todo, como se describe posteriormente. En una realización a modo de ejemplo, la unidad de memoria 80 está incluida en la CPU 78.

Método de operación

En una realización a modo de ejemplo de la operación del sistema RFID 10, el lector de etiquetas RFID 30 transmite una señal de consulta SI" a la etiqueta RFID 20, como se ilustra en la figura 1. Esto se lleva a cabo usando el
15 transmisor RF 32T del circuito de procesamiento de señales 32, como se muestra en la figura 2. En particular, el microprocesador 76 dirige al procesador de señales de transmisión 68T a generar una señal digital que tiene una cadena de bits de consulta. Esta señal digital es convertida en una señal analógica a través del convertidor D/A 66T. Esta señal analógica es modulada entonces sobre una portadora RF por el modulador de transmisión 62T para formar la señal de consulta analógica SI'. La señal de consulta analógica SI' es amplificada entonces por el
20 amplificador de transmisión 58T y entra en el elemento director de señales 50 por el puerto de transmisión 52T. La señal de consulta analógica SI' amplificada es dirigida entonces hacia fuera del puerto de transmisión/recepción 52TR hacia la antena 36, que convierte la señal SI' en una señal de consulta electromagnética SI" (figura 1).

La señal de consulta electromagnética SI" es recibida por la antena de etiqueta RFID 26, que convierte esta señal de vuelta a una señal de consulta analógica SI'. El microcircuito de etiqueta RFID 22 recibe la señal de consulta analógica SI', la convierte a una señal de consulta digital SI, y procesa esta señal para evaluar si tiene la cadena de bits de consulta apropiada. Si es necesario, el microcircuito 22 usa la energía en la señal de consulta para alimentarse a sí mismo.

Si la cadena de bits de consulta apropiada es identificada por el microcircuito 22, entonces el microcircuito genera una señal de etiqueta RFID digital "original" ST_O que tiene una secuencia de bits que representa información almacenada en la memoria del microcircuito (no mostrado). El microcircuito 22 incluye un convertidor A/D y otra
30 circuitería electrónica (no mostrada) que convierte la señal de etiqueta RFID digital original ST_O en una señal analógica que se usa para modular la portadora RF entrante para formar la señal de etiqueta RFID analógica ST'_O. La señal de etiqueta RFID analógica ST'_O es comunicada entonces por la antena de etiqueta RFID 26 como una señal de etiqueta RFID electromagnética ST"_O representativa de la secuencia de bits original en la señal de etiqueta RFID digital ST_O.

La señal de etiqueta RFID electromagnética ST"_O es recibida por el lector de etiquetas RFID 30. Específicamente, la señal ST"_O es recibida y procesada por el receptor RF 32R. La antena 36 del lector de etiquetas RFID convierte la señal ST"_O en una señal de etiqueta RFID analógica recibida ST'_R. La señal de etiqueta RFID analógica ST'_R típicamente no es la misma que la señal de etiqueta RFID analógica eléctrica original ST'_O debido a uno cualquiera
40 de un número de factores, tales como el ruido electrónico ambiental, la atenuación debido a un objeto o medio que interviene, efectos de propagación multitrayecto, o que la distancia real está en o por encima de su límite normal.

La señal de etiqueta RFID ST'_R se desplaza desde la antena 36 al elemento director de señales 50, que dirige la señal hacia fuera del puerto de lado de receptor 52R al amplificador de recepción 58R, que amplifica esta señal. La señal amplificada ST'_R sigue luego hacia el demodulador de recepción 62R, que demodula la señal para recuperar la
45 señal analógica de base, que podría ser alterada adicionalmente por ruido térmico y de circuito del circuito de procesamiento de señales 32. La señal analógica de base alterada sigue luego hacia el convertidor A/D de recepción 66R, que convierte esta señal en una representación de señal de etiqueta RFID digitalizada recibida ST_R que comprende una pluralidad de muestras digitales. La señal digitalizada puede estar fuertemente sobremuestreada y la cuantización de las muestras puede tener muchos niveles, haciendo que la representación de
50 señal digitalizada tenga muchos más bits que la señal digital original. Esta representación de señal digitalizada sigue hacia el procesador de señales digitales de recepción 68R para procesamiento de señal. Aquí, el término "procesamiento de señal" incluye opcionalmente acondicionamiento de señal, como se describe posteriormente, adicionalmente al procesamiento de señal digital de las señales digitalizadas.

El método de lectura de etiquetas RFID de la presente invención incluye llevar a cabo múltiples veces el proceso de consulta a la etiqueta RFID anteriormente descrito, haciendo con ello que la etiqueta RFID 20 comunique múltiples copias de la señal de etiqueta RFID original ST"_O. El lector de etiquetas RFID 30 puede enviar una única señal de consulta o múltiples señales de consulta a la etiqueta RFID 20 para hacer que la etiqueta RFID comunique múltiples

copias de la señal de etiqueta RFID original ST_O . El lector de etiquetas RFID 30 lee entonces (es decir, recibe y procesa) cada señal de etiqueta RFID comunicada como se ha descrito anteriormente, en que al menos algunas de las representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas recibidas ST_R difieren entre sí, por ejemplo, debido a ruido u otras alteraciones. De este modo, el procesador de señales digitales de recepción 68R está adaptado para

5 procesar múltiples representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas ST_R .

La figura 3A es una representación gráfica simulada frente al tiempo de un ejemplo de la señal de etiqueta RFID digital original ST_O tal como es generada por el microcircuito 22 de la etiqueta RFID 20. La señal ST_O comprende la secuencia de bits 11001010. La figura 3B es una representación gráfica frente al tiempo de diez representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas ST_R de la figura 3A tal como son leídas por el lector de etiquetas RFID 30.

10 Obsérvese que las diez representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas ST_R ($ST_R(1)$, $ST_R(2)$, ... $ST_R(n)$, en que $n = 10$) difieren entre sí según una alteración de ruido en este ejemplo, y que ninguna señal individual podría usarse para recuperar la secuencia de bits original de la señal de etiqueta RFID original ST_O mostrada en la figura 3A. Podrían ocurrir igualmente otras alteraciones, y se usa a modo de ilustración el ejemplo particular de la figura 3A.

15 Con el fin de recuperar la secuencia de bits original en la señal de etiqueta RFID digital original ST_O , en una realización a modo de ejemplo el procesador de señales digitales de recepción 68R procesa las diferentes representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas $ST_R(1)$, $ST_R(2)$, ... $ST_R(n)$ sobre una base muestra para obtener una representación recuperada de señal de etiqueta RFID digitalizada que coincide estrechamente con la señal de etiqueta RFID digital original ST_O y la secuencia de bits en ella.

20 La secuencia de bits recuperada es proporcionada entonces al microprocesador 76 para procesamiento adicional, por ejemplo para almacenamiento en la unidad de memoria 80 a través de una señal de memoria SM, para visualización en la pantalla 84 a través de una señal de visualización SD, o transmisión a una base de datos externa DB a través de una señal de base de datos externa SDB (figura 1).

El procesador de señales digitales 68R está adaptado para procesar las diferentes representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas $ST_R(1)$, $ST_R(2)$... $ST_R(n)$ sobre una base muestra a muestra. Una realización a modo de ejemplo de este procesamiento muestra a muestra implica promediado muestra a muestra. La figura 3C ilustra el resultado simulado de un proceso de promediado muestra a muestra tal como es llevado a cabo por el procesador de señales digitales de recepción 68R para las diez versiones diferentes de las representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas recibidas ST_R de la figura 3B. La representación media de señal de etiqueta RFID digitalizada recibida $\langle ST_R \rangle$ proporciona una representación ligeramente ruidosa pero por lo demás precisa de su

30 contraparte original ST_O y la secuencia de bits en ella tal como es generada por la etiqueta RFID 20. Este ejemplo ilustra la capacidad del promediado de señales muestra a muestra para reducir alteraciones por ruido.

En esta realización a modo de ejemplo, las diferentes versiones de las representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas recibidas ST_R son almacenadas en la unidad de memoria 80 y luego son procesadas muestra a muestra por el microprocesador 76 o el procesador de señales digitales de recepción 68R. En otra realización a modo de ejemplo, el procesamiento muestra a muestra se produce en tiempo real en el procesador de señales digitales de recepción 68R al ser recibida cada representación de señal de etiqueta RFID digitalizada. En una realización a modo de ejemplo, el procesamiento muestra a muestra se para cuando se consigue un grado adecuado de convergencia en la forma final de la representación de señal de etiqueta RFID digitalizada, o cuando la

35 señal digital recuperada tiene el valor apropiado de verificación por redundancia cíclica.

En una realización a modo de ejemplo, en la que el procesamiento de señales incluye promediado muestra a muestra, el proceso de promediado arranca promediando dos representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas recibidas ST_R y promediando un número creciente de tales representaciones de señal hasta que la representación media de señal de etiqueta RFID calculada $\langle ST_R \rangle$ no cambie significativamente en función del número de representaciones de señal promediadas. La medida del grado de convergencia puede realizarse en número de modos diferentes, tal como sobre una base muestra a muestra, calculando una correlación entre diferentes representaciones de señal promediadas, etc. Más en general, una realización a modo de ejemplo de la invención implica procesamiento muestra a muestra de un número creciente de representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas ST_R hasta que la señal recuperada de etiqueta RFID digitalizada permanezca

45 sustancialmente constante.

La figura 4 es una representación gráfica simulada frente al tiempo de la representación media de señal de etiqueta RFID recibida $\langle ST_R \rangle$ calculada usando números diferentes de representaciones de señal recibidas ST_R . La representación gráfica muestra el porcentaje de bits erróneos en el eje derecho. Como indica la representación gráfica, una única representación de señal de etiqueta RFID recibida ST_R tiene un 31% de bits erróneos. Promediar dos representaciones de señal de etiqueta RFID recibidas ST_R reduce los bits erróneos al 17%, y promediar cinco representaciones de señal de etiqueta RFID recibidas ST_R reduce los bits erróneos al 6%. Tras promediar diez representaciones de señal recibidas ST_R , los bits erróneos se reducen al 0,2%, y promediar veinte o más representaciones de señal de etiqueta RFID recibidas ST_R reduce los bits erróneos al 0%. Obsérvese también que la

55

representación media de señal de etiqueta RFID recibida $\langle ST_R \rangle$ permanece sustancialmente invariable al pasar de promediar diez representaciones de señal recibidas ST_R a promediar veinte tales representaciones de señal. La simulación indica que para este ejemplo, el promediado muestra a muestra de diez o un número similar de representaciones de señal de etiqueta RFID recibidas ST_R proporciona una resolución adecuada para recuperar la secuencia de bits original en la representación de señal de etiqueta RFID digital original ST_O y de este modo leer exitosamente la etiqueta RFID. Esto también da soporte al método de la invención a modo de ejemplo anteriormente descrito que incluye el promediado de múltiples representaciones de señal recibidas usando un número creciente de representaciones de señal recibidas hasta que la representación media de señal de etiqueta RFID recibida permanezca sustancialmente constante, o hasta que la señal digital recuperada tenga el valor apropiado de verificación por redundancia cíclica.

Dado que las señales de etiqueta RFID originales ST_O pueden ser generadas y comunicadas rápidamente por la etiqueta RFID 22 (por ejemplo, en unos pocos milisegundos para diez transmisiones), y como el método de procesamiento de señales digitales en el lector de etiquetas RFID 30 puede ser llevado a cabo de forma igualmente rápida por el circuito de procesamiento de señales 32, no hay un retardo sustancial en leer la etiqueta RFID usando los sistemas y métodos de la presente invención.

Otras técnicas aplicables de procesamiento de señales

Adicionalmente a la técnica de procesamiento de señales muestra a muestra a modo de ejemplo anteriormente descrita de las representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas ST_R , hay un número de otras técnicas y variaciones de procesamiento de señales aplicables a la presente invención. Estas son discutidas ahora. Para los propósitos de la presente invención, "acondicionamiento de señales" describe en general técnicas de procesamiento de señales distintas al procesamiento de señales muestra a muestra.

Con el fin de procesar eficientemente múltiples representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas ST_R , es útil asegurar que están sincronizadas. De este modo, en una realización a modo de ejemplo de la presente invención, el circuito de procesamiento de señales 32 está adaptado para sincronizar las múltiples representaciones de señal de etiqueta RFID recibidas ST_R usando, por ejemplo, técnicas de recuperación de reloj. En una realización a modo de ejemplo de esta aproximación, un patrón de bits de sincronización es proporcionado a la secuencia de bits de etiqueta RFID en la señal de etiqueta RFID original ST_O para facilitar esta sincronización.

En otra realización a modo de ejemplo de la presente invención, el circuito de procesamiento de señales 32 está adaptado para desplazar representaciones de señal recibidas ST_R individuales hacia delante y hacia atrás en el tiempo para maximizar la correlación con otras representaciones de señal recibidas desde la misma etiqueta RFID. Esto sirve para asegurar que las diferentes muestras están "alineadas", haciendo con ello más eficiente el proceso de promediado muestra a muestra.

En otra realización a modo de ejemplo de la presente invención, el circuito de procesamiento de señales 32 está adaptado para llevar a cabo un número de técnicas de muestreo digital. Una técnica así lleva el nombre de "sobremuestreo", que implica tomar muchas muestras digitales por bit de la señal de etiqueta RFID analógica ST'_R – es decir, más muestras de las que son necesarias según el teorema de muestreo para recuperar la señal muestreada. En combinación con el proceso de cuantización (que incluye usar dos o más niveles digitales por muestra), se obtiene una representación de señal de etiqueta RFID digitalizada ST_R de alta resolución de la señal de etiqueta RFID analógica recibida ST'_R . Usando esta técnica, el número de bits usados para formar la representación de señal de etiqueta RFID digitalizada ST_R es mayor que (y preferiblemente significativamente mayor que) el número de bits en la propia señal de etiqueta RFID. Un muestreo y cuantización de este tipo es implementado fácilmente por el circuito de procesamiento de señales 32, que usando tecnología actual de circuitos integrados puede operar con periodos muchos órdenes de magnitud más cortos que los periodos de bit de la señal de etiqueta RFID.

Otros ejemplos de procesamiento de señales muestra a muestra incluyen: técnicas de correlación (por ejemplo, promediar el producto de dos muestras consecutivas), filtrado digital (o equivalentemente, promediado ponderado de las muestras), promediado del cuadrado de las muestras, detección por umbral de cada muestra seguida por promediado de los estados binarios resultantes, y técnicas de teoría de estimación. En una realización a modo de ejemplo, la mejor aproximación de procesamiento muestra a muestra (o combinación de aproximaciones) a usar es determinada empíricamente para un conjunto dado de condiciones de lectura de etiquetas RFID. Por ejemplo, se puede empezar con un simple promediado muestra a muestra y añadir otras variaciones (por ejemplo, promediado ponderado), etc., y/o tipos apropiados, por acondicionamiento de señales, de procesamiento de señales (como se discute posteriormente) hasta que se obtiene una señal recuperada de etiqueta RFID digital satisfactoria.

Acondicionamiento de señales

En otra realización a modo de ejemplo de la presente invención, el circuito de procesamiento de señales 32 está adaptado para llevar a cabo procesamiento de señales digitales en la forma de "acondicionamiento de señales". En una realización a modo de ejemplo, el acondicionamiento de señales es aplicado a una o más de las representaciones de señal de etiqueta RFID digitales con el fin de mejorar la calidad de la o las representaciones de

señal recibidas antes de un procesamiento adicional de señales. En otra realización a modo de ejemplo, el acondicionamiento de señales se aplica a la señal recuperada de etiqueta RFID digital.

5 Las técnicas de acondicionamiento de señales se usan generalmente para mitigar errores. Un acondicionamiento de señales a modo de ejemplo adecuado para la presente invención incluye, por ejemplo, suavizado, filtrado (por ejemplo, filtrado ajustado para restaurar la anchura de banda y corregir tiempos de subida/caída, o filtrado en el dominio de Fourier para eliminar componentes de frecuencia fuera de la banda conocida de señales), recuperación de reloj, deconvolución de impulso-respuesta, y el uso de técnicas de codificación tal como codificación de redundancia cíclica (CRC, del inglés "Cyclic Redundancy Coding"), corrección de errores hacia delante (FEC, del inglés "Forward Error Correction") y similares. Otras técnicas de acondicionamiento de señales incluyen formar combinaciones lineales (por ejemplo, por promediado ponderado) de las múltiples representaciones de señal de etiqueta RFID recibidas, combinaciones no lineales de las múltiples representaciones de señal de etiqueta RFID recibidas, y filtrado digital en que componentes de frecuencia no deseados son eliminados de o atenuados en las múltiples representaciones de señal de etiqueta RFID recibidas.

10 En una realización a modo de ejemplo, se aplican una o más técnicas adecuadas de acondicionamiento de señales a cada representación de señal de etiqueta RFID digitalizada ST_R antes de realizar el procesamiento muestra a muestra de las representaciones de señal.

20 En otra realización a modo de ejemplo, se aplican una o más técnicas adecuadas de acondicionamiento de señales a la señal recuperada de etiqueta RFID digitalizada. Las técnicas de codificación anteriormente mencionadas se aplican de la mejor manera a la señal recuperada de etiqueta RFID digitalizada. Las técnicas de codificación implican típicamente añadir un número pequeño de bits a la señal de etiqueta RFID digital original ST_O comunicada. Estos bits extra permiten que la señal recuperada de etiqueta RFID digitalizada sea comprobada o mejorada para asegurar que es la misma que o representa adecuadamente de otro modo la señal de etiqueta RFID digital original.

Algoritmo a modo de ejemplo

25 La figura 5 es una diagrama de flujo 200 de un algoritmo a modo de ejemplo que incluye acciones 202 hasta 224 para llevar a cabo un ejemplo del método de lectura de etiquetas RFID de la presente invención, en que el procesamiento de señales muestra a muestra incluye promediado simple con fines ilustrativos.

El algoritmo empieza en 202 e inmediatamente pasa a 204, que asigna el contador entero n a cero. En 206, el lector de etiquetas RFID 30 transmite una (primera) señal de consulta $SI(n) = SI(0)$, que hace que la etiqueta RFID 20 comunique una (primera) señal de etiqueta RFID digitalizada $ST_O(n) = ST_O(0)$.

30 En 208, la correspondiente señal de etiqueta RFID electromagnética $ST''_O(0)$ es recibida por el lector de etiquetas RFID 30. En 210, el lector de etiquetas RFID forma la correspondiente representación de señal de etiqueta RFID digitalizada recibida $ST_R(0)$, que como se ha discutido anteriormente es diferente de la señal de etiqueta RFID digital original ST_O generada por la etiqueta RFID 20 debido a los efectos de ruido anteriormente mencionados.

35 El requerimiento 212 pregunta si el contador $n = 0$. Dado que para la primera iteración, la respuesta a este requerimiento es "SÍ", la primera señal de etiqueta RFID digitalizada recibida $ST_R(0)$ puede ser almacenada en la unidad de memoria 80. El proceso continúa entonces en 214, que incrementa el contador entero n en 1. El proceso retorna entonces a 206, y se repiten las acciones 206 hasta 210 para $n = 1$. Esto resulta en dos representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas recibidas $ST_R(0)$ y $ST_R(1)$, que pueden ser almacenadas en la unidad de memoria 80 a través de la operación del microprocesador 76.

40 Dado que el resultado del requerimiento 212 es ahora $n \neq 0$, el proceso se mueve a 216, donde las dos señales de etiqueta RFID digitalizadas recibidas son procesadas. En una realización a modo de ejemplo, se realiza un promedio muestra a muestra de las representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas $ST_R(0)$ y $ST_R(1)$. En realizaciones a modo de ejemplo, este promedio es realizado o bien por el microcircuito 76 que opera sobre las señales de etiqueta RFID digitalizadas almacenadas en la unidad de memoria 80, o en tiempo real por el procesador de señales 68R. Esto proporciona una primera representación media muestra a muestra de señal de etiqueta RFID digitalizada $\langle ST_R(n) \rangle = \langle ST_R(1) \rangle$.

45 Como $n = 1$, 218 envía el proceso de vuelta a 214, que incrementa el contador entero n en uno. El proceso vuelve entonces a 206, en que las acciones 206 hasta 216 son repetidas para formar una segunda representación media de señal de etiqueta RFID digitalizada $\langle ST_R(n) \rangle = \langle ST_R(2) \rangle$, que es la media muestra a muestra de las tres representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas recibidas $ST_R(0)$, $ST_R(1)$ y $ST_R(2)$.

50 Como ahora en 218 $n > 1$, el algoritmo pasa entonces a 220, que pregunta si las diferencias entre la última representación media de señal de etiqueta RFID digitalizada $\langle ST_R(n) \rangle = \langle ST_R(2) \rangle$ y la anterior representación media de señal de etiqueta RFID digitalizada $\langle ST_R(n-1) \rangle = \langle ST_R(1) \rangle$ es menor que un cierto valor umbral ϵ . En otras palabras, 220 pregunta si la señal media de etiqueta RFID digitalizada permanece sustancialmente constante en función del número creciente de representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas recibidas ST_R usadas para

formar la media. Aquí, la comparación puede realizarse según cualquiera de un número de modos, tal como sobre una base muestra a muestra, realizando un cálculo de correlación, u obteniendo una transformada de Fourier de las dos medias y comparando sus contrapartes en el dominio de frecuencia.

- Si la respuesta a 220 es "NO", entonces el proceso se mueve a 214 donde el contador entero n es incrementado en 1. El proceso vuelve entonces a 206, y se repiten 206 hasta 220, en que en 220 son comparadas las representaciones medias de etiqueta de señal RFID digitalizadas $\langle ST_R(3) \rangle$ y $\langle ST_R(2) \rangle$. Si es necesario, se repiten 206 hasta 220 hasta que una comparación entre $\langle ST_R(n) \rangle$ y $\langle ST_R(n-1) \rangle$ satisfaga la condición en 220. Si la comparación en 220 no converge, entonces el parámetro ϵ es reasignado para evitar un bucle infinito. Una vez satisfecha la condición en 220, en 224 es usada entonces la representación media de señal de etiqueta RFID digitalizada $\langle ST_R(n) \rangle$ para obtener la secuencia original de bits en la señal digital original ST_O generada por la etiqueta RFID 20, y obtener de este modo la información de la etiqueta RFID.

- En una realización a modo de ejemplo, el circuito de procesamiento de señales 32 está adaptado (por ejemplo programado) para llevar a cabo el algoritmo del diagrama de flujo 200. En una realización particular a modo de ejemplo, el algoritmo del diagrama de flujo 200 está incorporado en (por ejemplo programado en el software o firmware de) el microprocesador 76 y/o en la unidad de memoria 80 de forma que el microprocesador (o CPU 78) pueda controlar la operación del circuito de procesamiento de señales 32 para llevar a cabo el método de lectura de etiquetas RFID de la presente invención.

- En una realización a modo de ejemplo el proceso de promediado muestra a muestra y la comparación de $\langle ST_R(n) \rangle$ y $\langle ST_R(n-1) \rangle$ en 220 del diagrama de flujo 200 son llevados a cabo por el procesador de señales digitales de recepción 68R y la representación de señal digitalizada resultante es proporcionada al microprocesador 76 para procesamiento y/o distribución adicional.

REIVINDICACIONES

1. Un método de lectura de una señal de identificación por radiofrecuencia (RFID) analógica comunicada por una etiqueta RFID, en que la señal RFID analógica comprende una secuencia de bits, que comprende:
- 5 hacer que la etiqueta RFID comunique múltiples copias de la señal RFID analógica;
- recibir las múltiples copias de la señal RFID analógica, en que al menos algunas de las múltiples copias recibidas difieren entre sí;
- convertir las múltiples señales RFID analógicas recibidas en correspondientes múltiples representaciones de señal RFID digitalizadas, cada una de las cuales comprende una pluralidad de muestras digitales;
- 10 procesar las múltiples representaciones de señal RFID digitalizadas sobre una base muestra a muestra para obtener una señal recuperada de etiqueta RFID digital representativa de dicha secuencia de bits.
- caracterizado porque
- dicho procesamiento incluye promediar las múltiples representaciones de señal RFID digitalizadas,
- dicho promediado se realiza para obtener una representación media de señal de etiqueta RFID digital
- 15 recibida, incluyendo además
- realizar dicho promediado usando un número creciente de representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas recibidas hasta que la representación recuperada de señal de etiqueta RFID digitalizada recibida permanezca sustancialmente constante.
2. El método según la reivindicación 1, en que hacer que la etiqueta RFID comunique múltiples copias de la señal RFID analógica incluye consultar a la etiqueta RFID con un lector de etiquetas RFID.
- 20 3. El método según la reivindicación 1, en que dicho procesamiento incluye realizar acondicionamiento de señal en al menos una de las múltiples representaciones de señal RFID digitalizadas.
4. El método según la reivindicación 1, en que dicho procesamiento incluye realizar acondicionamiento de señal en la señal recuperada de etiqueta RFID digitalizada.
- 25 5. El método según la reivindicación 1, en que dicho procesamiento incluye realizar acondicionamiento de señal que incluye codificación de redundancia cíclica.
6. El método según la reivindicación 1, en que dicha conversión incluye realizar al menos una acción de entre sobremuestreo y cuantización multinivel.
7. El método según la reivindicación 1, que incluye recuperar la secuencia de bits a partir de la señal de etiqueta
- 30 RFID digitalizada representativa de dicha secuencia de bits.
8. El método según la reivindicación 1, en que dicho procesamiento incluye al menos una acción de entre detección por umbral, elevación al cuadrado de señales, correlación entre dos muestras, filtrado digital, y sincronización, aplicadas a las múltiples representaciones de señal RFID digitalizadas.
9. Un dispositivo de lectura de identificación por radiofrecuencia (RFID) (30) para leer una señal RFID analógica
- 35 comunicada por una etiqueta RFID (20), en que la señal RFID analógica comprende una secuencia de bits, que comprende:
- una antena (36) adaptada para recibir señales RFID analógicas comunicadas por la etiqueta RFID (20) y para emitir señales de consulta a la etiqueta RFID con el fin de hacer que la etiqueta RFID comunique múltiples copias de la señal RFID analógica;
- 40 un demodulador (62R) acoplado operativamente a la antena (36) y adaptado para demodular las señales RFID analógicas recibidas;
- un convertidor de analógico a digital (A/D) (66R) acoplado operativamente al demodulador (62R) y adaptado para convertir cada señal RFID analógica demodulada en una correspondiente representación de señal RFID digitalizada que comprende una pluralidad de muestras digitales; y

una unidad de procesamiento central (78) acoplada operativamente al demodulador y adaptada para procesar, sobre una base muestra a muestra, múltiples representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas para obtener una señal RFID digitalizada representativa de dicha secuencia de bits,

5 caracterizado porque la unidad de procesamiento central (78) está adaptada para realizar las siguientes operaciones:

 promediar las múltiples representaciones de señal RFID digitalizadas, en que dicho promediado se realiza para obtener una representación media de señal de etiqueta RFID digital recibida, incluyendo además

10 realizar dicho promediado usando un número creciente de representaciones de señal de etiqueta RFID digitalizadas recibidas hasta que la representación recuperada de señal de etiqueta RFID digitalizada recibida permanezca sustancialmente constante.

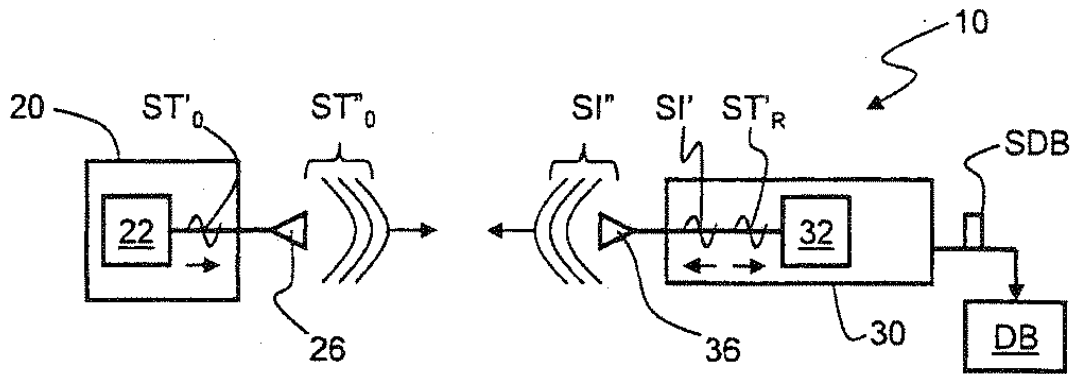


FIG. 1

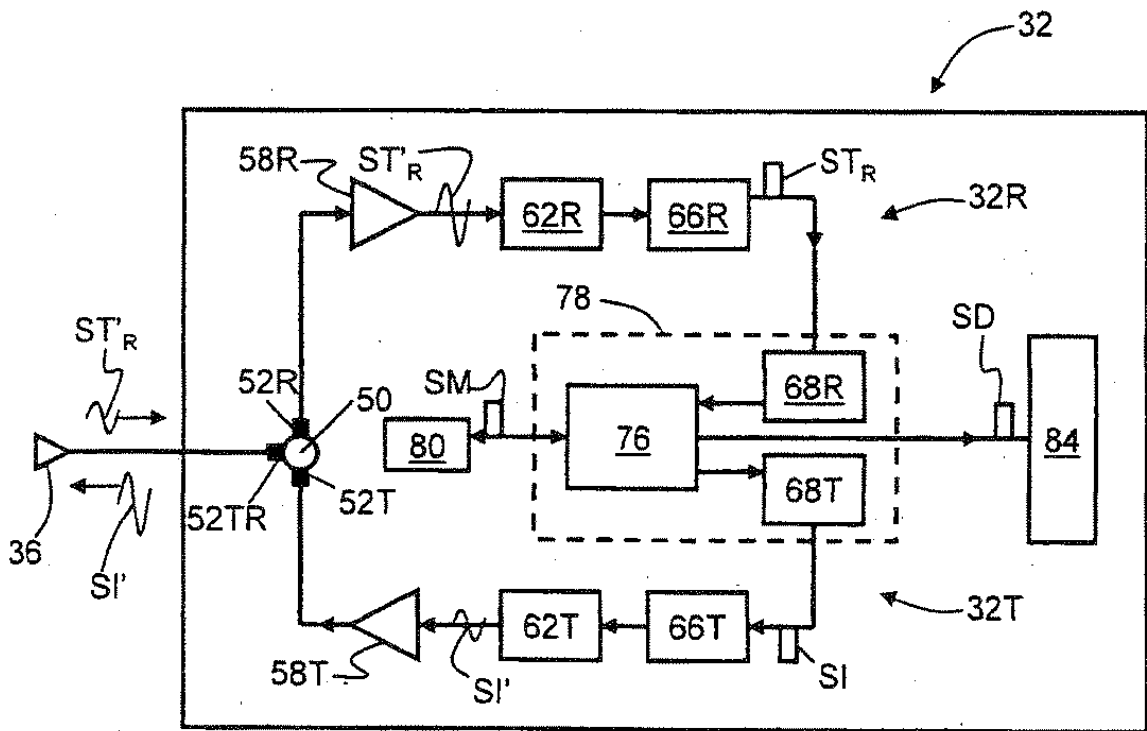
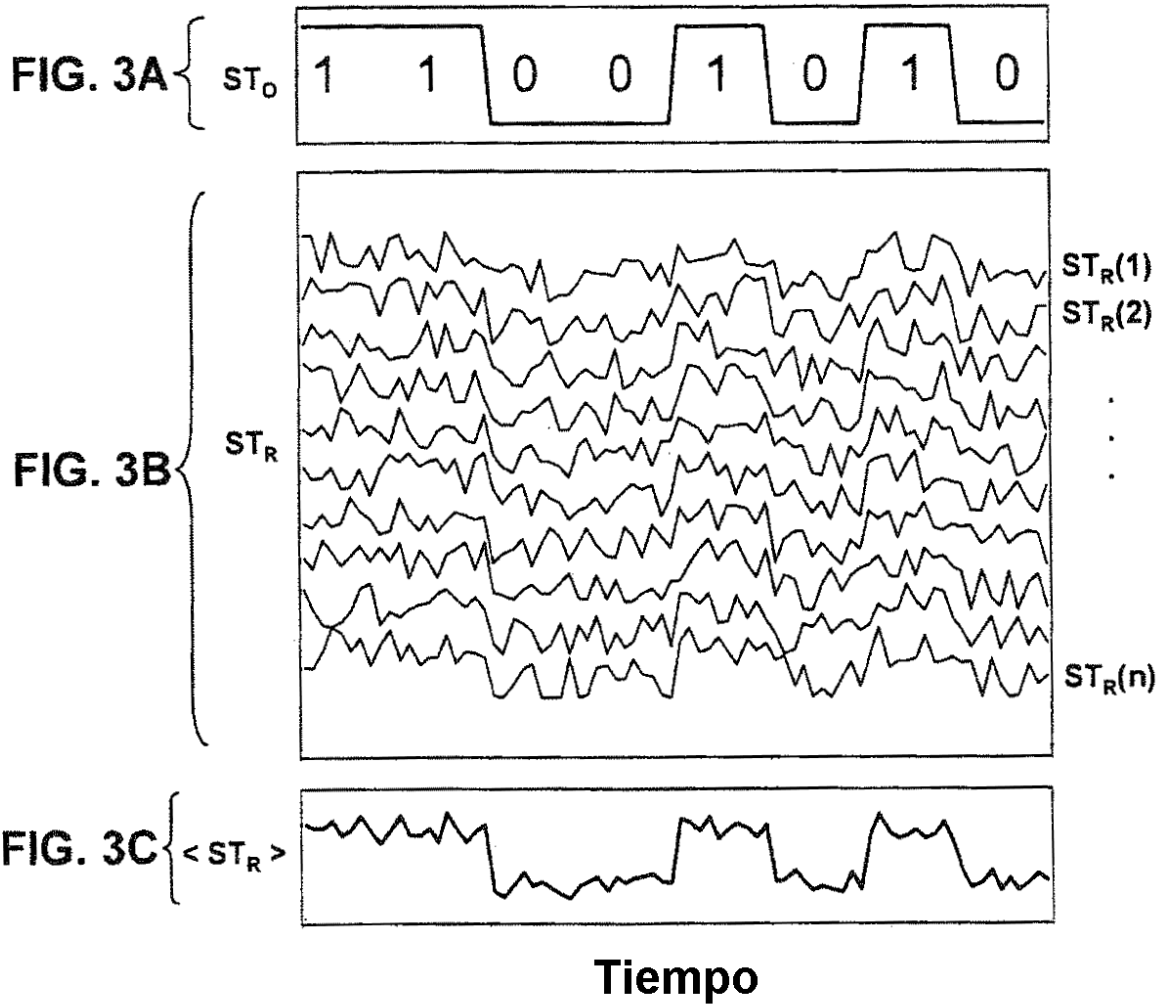


FIG. 2



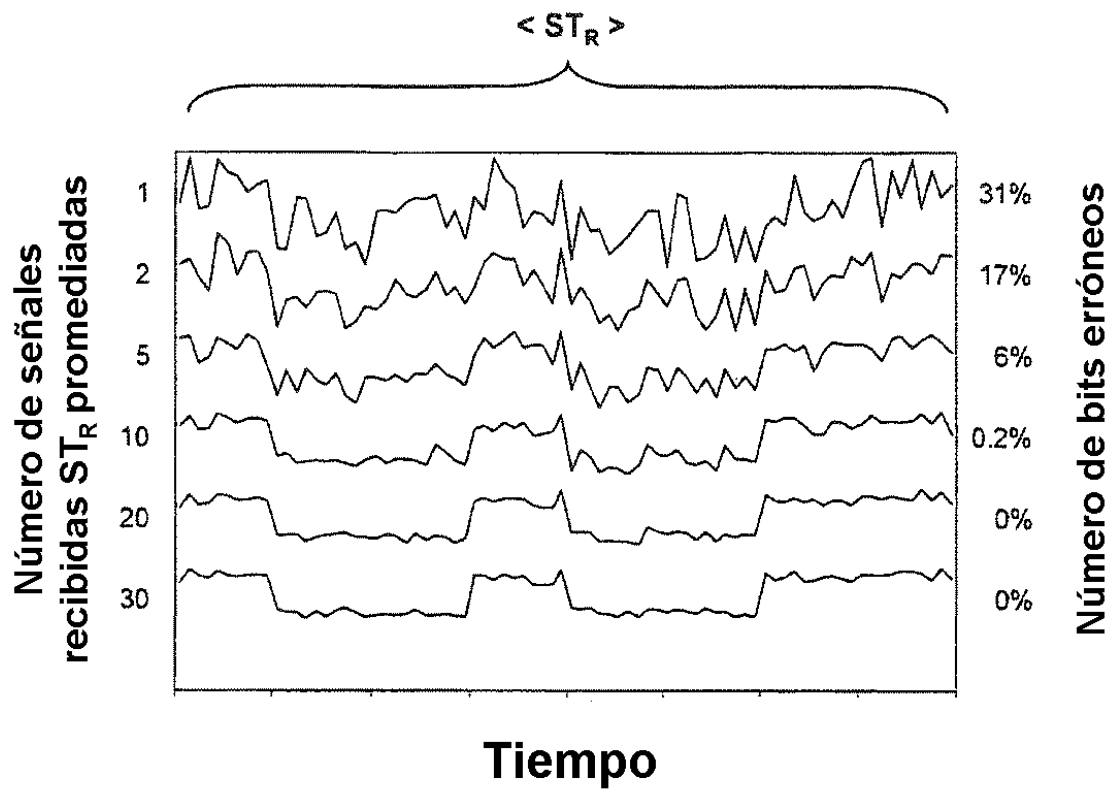


FIG. 4

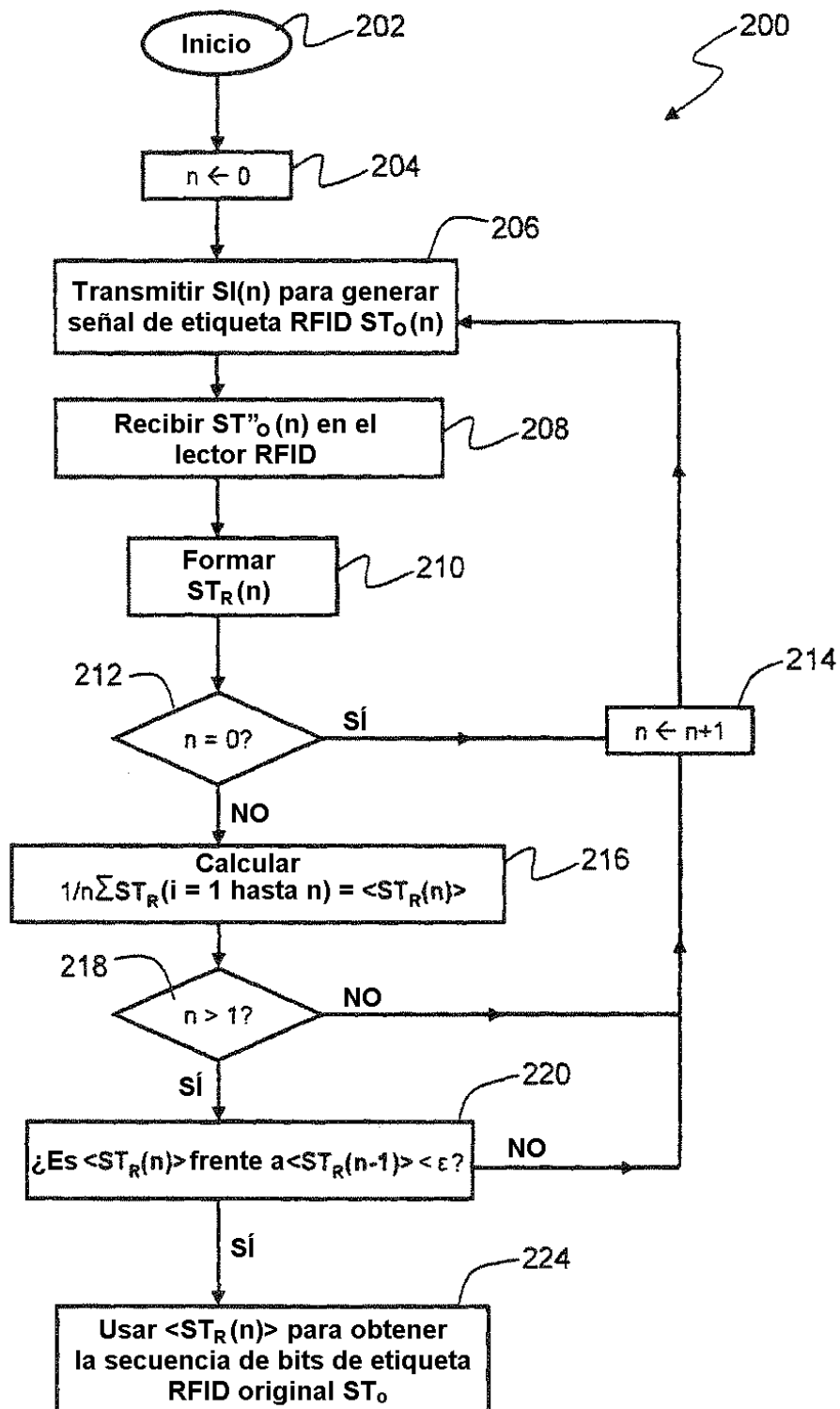


FIG. 5