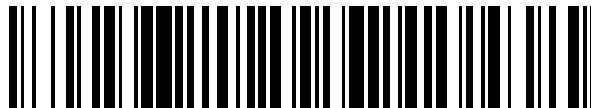


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 652 543**

51 Int. Cl.:

G06K 7/10

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.05.2015** E 15166802 (7)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.09.2017** EP 3091477

54 Título: **Lector de RFID y procedimiento para ajustar una longitud de trama de un sistema de RFID que comprende un lector de RFID**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.02.2018

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (50.0%)
Hansastraße 27c
80686 München, DE y
FRIEDRICH-ALEXANDER-UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG (50.0%)**

72 Inventor/es:

**ELSAID IBRAHIM, HAZEM;
KENAWY, HAMED;
ROBERT, JÖRG;
HEUBERGER, ALBERT y
STRAUSS, WOLFRAM**

74 Agente/Representante:

SALVA FERRER, Joan

ES 2 652 543 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

Lector de RFID y procedimiento para ajustar una longitud de trama de un sistema de RFID que comprende un lector de RFID

5

[0001] Realizaciones se refieren a un lector de RFID. Realizaciones adicionales se refieren a un procedimiento para ajustar una longitud de trama de un sistema de RFID que comprende un lector de RFID y al menos dos etiquetas de RFID. Algunas realizaciones se refieren a una nueva optimización de longitud de trama usando probabilidad de recuperación de una colisión para un ALOHA dividido en intervalos de trama "Frame Slotted ALOHA" (ALOHA es un procedimiento de acceso a canal para transmisión inalámbrica que permite a usuarios no coordinados compartir un recurso de transmisión común).

10

[0002] En los últimos años, el número de aplicaciones que usan sistemas de Identificación por Radiofrecuencia (RFID) ha aumentado, y la velocidad de identificación se convirtió en una de las cuestiones más críticas en estas aplicaciones. Dichas redes de RFID consisten en: 1) Lectores (Interrogadores), que son responsables de barrer la zona de interrogación e identificar las etiquetas. 2) Etiquetas (Transpondedores), que almacenan los datos que serán leídos por los lectores. En sistemas de RFID, las etiquetas normalmente comparten un canal de comunicación común. De este modo, existe cierta probabilidad de colisiones de etiquetas, es decir, múltiples respuestas de etiquetas simultáneamente. Esta probabilidad de colisión aumenta de forma natural en redes densas con muchas etiquetas. Como resultado, el lector es responsable de coordinar la red y tiene que evitar colisiones de etiquetas usando algoritmos anti-colisión específicos. Esta aplicación se centra principalmente en etiquetas de frecuencia ultra alta que siguen estándares EPCglobal Clase-1 Generación-2 [EPC radio-frequency protocols class-1 generation-2 UHF RFID protocol for communications at 860 MHz 960 MHz, versión 1.1.0 2006].

15

20

25

[0003] De acuerdo con los estándares EPCglobal Clase-1 Generación-2, el algoritmo anti-colisión convencional es el algoritmo *Frame Slotted ALOHA* (FSA), que es solamente protocolo de capa de control de acceso al medio (MAC). En este algoritmo, solamente la respuesta de etiqueta única (intervalo con éxito) son capaces de ser decodificadas y a continuación identificadas. Por lo tanto, la definición convencional de la eficiencia de lectura esperada η_{conv} es equivalente a la probabilidad de éxito $P(S)$ [H. Vogt, "Efficient object identification with passive RFID tags", en International Conference on Pervasive Computing, Zúrich, agosto de 2002]:

30

$$\eta_{conv} = P(S) = P(1)$$

donde $P(1) = \frac{n}{L} \left(1 - \frac{1}{L}\right)^{n-1}$, 'n' representa el número de etiquetas en la zona de lectura, y L es la longitud de trama. El objetivo principal es descubrir la longitud de trama óptima L, que maximiza la eficiencia de lectura η_{conv} . Basándose en la ecuación anterior, la eficiencia de lectura η_{conv} se maximiza para ser $\eta_{conv(max)} = 36\%$ cuando $L = n$ tal como se muestra en [H. Vogt, "Efficient object identification with passive RFID tags", en International Conference on Pervasive Computing, Zúrich, agosto de 2002].

35

40

[0004] Sin embargo, en los últimos años algunos grupos de investigación concentrados más en la capa física (PHY): Khasgiwale y col., [R. U. A. R. S. Khasgiwale y D. W. Engels, "Extracting information from tag collisions", IEEE International Conference RFID, 2009] pudieron extraer información de la capa física acerca del número de etiquetas colisionadas en el intervalo colisionado, lo que ayuda mucho en la estimación del número exacto de etiquetas en la zona de lectura. Shen y col. [D. P. R. A. B. L. D. Shen, G. Woo y J. Wang, "Separation of multiple passive RFID signals using software defined radio", IEEE International Conference RFID, 2009] propuso un algoritmo de recuperación de una colisión para las etiquetas colisionadas basándose en las constelaciones de señales, sin embargo, se centró solamente en etiquetas de baja frecuencia (LF). Christoph Angerer [C. Angerer, R. Langwieser y M. Rupp, "RFID reader receivers for physical layer collision recovery", Communications, IEEE Transactions on, vol. 58, págs. 3526_3537, diciembre de 2010] se centró en la recuperación de una colisión de etiquetas UHF. Los autores usaron las características de las señales de RFID para separar señales de colisiones en la capa física. Sin embargo, debido a la limitación de la estimación de canal, los autores propusieron una recuperación de una colisión solamente para dos etiquetas. También han propuesto una nueva medida de eficiencia de lectura que incluye las etiquetas que se recuperan basándose en el funcionamiento de la capa PHY. Esta eficiencia de lectura puede expresarse como:

45

50

55

$$\eta_{PHY} = P(1) + P(2)$$

donde $P(2) = \frac{n}{2} \left(\frac{1}{L}\right)^2 \left(1 - \frac{1}{L}\right)^{n-2}$. Basándose en la ecuación anterior, los autores supusieron que el lector resolverá 1 de los dos intervalos colisionados de etiqueta, y propusieron una longitud de trama fija lo que maximiza la eficiencia en la ecuación anterior que es $L = 0,707 * n$.

5

[0005] El objetivo de la presente invención es proporcionar un concepto que aumente adicionalmente la eficiencia de lectura de un lector de RFID.

[0006] Este objetivo es resuelto por el lector de acuerdo con la reivindicación 1, el procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13 y un programa informático de acuerdo con la reivindicación 14 para realizar un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13. Realizaciones proporcionan un lector de RFID. El lector de RFID comprende un detector de colisiones, un decodificador y un ajustador de longitud de trama. El detector de colisiones está configurado para detectar para cada intervalo de una pluralidad de intervalos de una trama actual, en el que se produjo una colisión de señales transmitidas por al menos dos etiquetas de RFID, una propiedad de señal de una señal de las señales transmitidas por al menos dos etiquetas de RFID. El decodificador está configurado para decodificar, para el intervalo en el que se detecta la colisión, la señal de las señales transmitidas por las al menos dos etiquetas de RFID usando la propiedad de señal detectada, en el que una probabilidad de recuperación de una colisión que describe una probabilidad de que el decodificador puede decodificar con precisión la una señal depende de una relación de señal con respecto a ruido (SNR) de la trama actual. El ajustador de longitud de trama está configurado para ajustar una longitud de trama de una trama posterior en función de la probabilidad de recuperación de una colisión.

[0007] De acuerdo con el concepto de la presente invención, un número total de intervalos requeridos para leer una zona de lectura que tiene un número dado de etiquetas diferentes puede reducirse adicionalmente ajustando la longitud de trama de (cada) trama posterior en función de la probabilidad de recuperación de una colisión que depende de la relación de señal con respecto a ruido (SNR) de la trama actual. Implementaciones ventajosas son abordadas por las reivindicaciones dependientes.

[0008] En realizaciones, el lector de RFID comprende un decodificador configurado para decodificar, para el intervalo en el que se detecta la colisión, la señal de las señales transmitidas por las al menos dos etiquetas de RFID que tiene la mayor intensidad de señal, en el que el ajustador de longitud de trama está configurado para determinar la probabilidad de recuperación de una colisión que describe una probabilidad de que el decodificador pueda decodificar con precisión la señal que tiene la mayor intensidad de señal en función de la relación de señal con respecto a ruido de la trama actual.

35

[0009] En realizaciones, el ajustador de longitud de trama está configurado para determinar la probabilidad de recuperación de una colisión por trama.

[0010] En realizaciones, el ajustador de longitud de trama está configurado para ajustar la longitud de trama de la trama posterior en función, además, de una probabilidad de colisión que describe la probabilidad de la colisión de las señales transmitidas por las al menos dos etiquetas de RFID, es decir que al menos dos etiquetas de RFID transmitan señales en el mismo intervalo.

[0011] Por ejemplo, el ajustador de longitud de trama puede estar configurado para determinar la probabilidad de colisión $P_{col}(i)$ usando la fórmula:

45

$$P_{col}(i) = \binom{n}{i} \left(\frac{1}{L}\right)^i \left(1 - \frac{1}{L}\right)^{n-i}$$

en la que n describe un número de etiquetas en una zona de lectura, en la que i describe un número de etiquetas que transmiten señales en el mismo intervalo, y en la que L describe la longitud de trama.

[0012] En realizaciones, el ajustador de longitud de trama está configurado para determinar una eficiencia de lectura del lector de RFID en función de la probabilidad de colisión y la probabilidad determinada de recuperación de una colisión, y en el que el ajustador de longitud de trama está configurado para ajustar la longitud de trama de la trama posterior usando la eficiencia de lectura del lector de RFID.

55

[0013] En realizaciones, el ajustador de longitud de trama está configurado para ajustar la longitud de trama de la trama posterior de modo que la eficiencia de lectura del lector de RFID se incremente o incluso se maximice.

[0014] Por ejemplo, el ajustador de longitud de trama puede estar configurado para determinar la eficiencia de lectura η_{DCR} basándose en la fórmula:

$$\eta_{DCR} = P(1) + \sum_{i=2}^n \alpha_i P_{col.}(i)$$

en la que $P(1)$ describe la probabilidad de que solamente una etiqueta de RFID transmita una señal por intervalo, $P_{col.}(i)$ describe la probabilidad de que al menos dos etiquetas de RFID transmitan señales por intervalo, α_i describe la probabilidad de que el decodificador pueda decodificar con precisión la señal que tiene la mayor intensidad de señal cuando al menos dos etiquetas de RFID transmiten señales por intervalo.

[0015] Realizaciones adicionales proporcionan un procedimiento para ajustar una longitud de trama de un sistema de RFID que comprende un lector de RFID y al menos dos etiquetas de RFID, el procedimiento comprende:

- detectar, para cada intervalo de una pluralidad de intervalos de una trama actual, en la que se produjo una colisión de señales transmitidas por al menos dos etiquetas de RFID, una propiedad de señal de una señal de las señales transmitidas por al menos dos etiquetas de RFID;
- decodificar, para el intervalo en el que se detecta la colisión, la señal de las señales transmitidas por las al menos dos etiquetas de RFID usando la propiedad de señal detectada, en el que una probabilidad de recuperación de una colisión que describe una probabilidad de que la una señal pueda ser decodificada de forma precisa depende de una relación de señal con respecto a ruido de la trama actual; y
- ajustar una longitud de trama de una trama posterior en función de la probabilidad de recuperación de una colisión.

[0016] Algunas realizaciones proporcionan un lector de RFID. El lector de RFID comprende un detector de colisiones y un decodificador. El detector de colisiones está configurado para detectar, para cada intervalo de una pluralidad de intervalos de una trama actual, en la que se produjo una colisión de señales transmitidas por al menos dos etiquetas de RFID, una propiedad de señal de una señal de las señales transmitidas por al menos dos etiquetas de RFID. El decodificador está configurado para decodificar, para el intervalo en el que se detecta la colisión, la señal de las señales transmitidas por las al menos dos etiquetas de RFID usando la propiedad de señal detectada.

[0017] En realizaciones, el detector de colisiones puede estar configurado para detectar la propiedad de señal de la señal que tiene la mayor intensidad de señal, en el que el decodificador puede estar configurado para decodificar, para el intervalo en el que se detecta la colisión, la señal de las señales transmitidas por las al menos dos etiquetas de RFID que tiene la mayor intensidad de señal.

[0018] En realizaciones, el detector de colisiones puede estar configurado para determinar (o estimar) una velocidad de transmisión (por ejemplo, frecuencia de enlace de retrodispersión "*backscatter link frequency*") de la señal que tiene la mayor intensidad de señal usando FFT (transformada rápida de Fourier) con el fin de obtener la propiedad de señal, en el que el decodificador puede estar configurado para usar la propiedad de señal determinada (por ejemplo, velocidad de transmisión) para decodificar la señal que tiene la mayor intensidad de señal.

[0019] Por ejemplo, el detector de colisiones puede estar configurado para determinar (o estimar) la velocidad de transmisión de la señal que tiene la mayor intensidad de señal aplicando la FFT sobre una parte de preámbulo de la señal.

[0020] En realizaciones, el decodificador puede estar configurado para desplazar una señal recibida por el lector de RFID medio símbolo (en función de la velocidad de transmisión determinada de la señal que tiene la mayor intensidad de señal), en el que la señal recibida comprende las señales transmitidas por las al menos dos etiquetas de RFID en el mismo intervalo.

[0021] En realizaciones, el decodificador puede estar configurado para correlacionar la señal recibida con una función base antipodal con el fin de obtener una señal reconstruida, en el que el decodificador está configurado para decodificar la una señal que tiene la mayor intensidad de señal usando la señal reconstruida.

[0022] En realizaciones, el decodificador está configurado para decodificar la una señal que tiene la mayor intensidad de señal decodificando la señal reconstruida usando funciones base FM0 o de Miller.

[0023] En el presente documento se describen realizaciones de la presente invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos:

La figura 1 muestra un diagrama de bloques esquemático de un lector de RFID de acuerdo con una realización de la presente invención;

10 La figura 2a muestra en un diagrama una señal recibida por el lector de RFID en caso de una respuesta de etiqueta FM0 ejemplar;

La figura 2b muestra en un diagrama la señal recibida desplazada medio símbolo;

15 La figura 2c muestra en un diagrama funciones base antipodales usadas para reconstruir la señal recibida;

La figura 2d muestra en un diagrama una colisión de dos señales transmitidas por dos etiquetas y la señal recibida (superpuesta) resultante;

20 La figura 3a muestra en diagramas cuatro formas de pulso diferentes usadas para representar datos-0 y datos-1 de acuerdo con codificación FM0;

La figura 3b muestra en diagramas cuatro secuencias de símbolos admisibles que garantizan transición de nivel entre símbolos de acuerdo con la codificación FM0;

25 La figura 3c muestra una vista esquemática de un preámbulo extendido de FM0.

La figura 3d muestra cuatro formas de pulso diferentes (funciones base) usadas para representar datos-0 y datos-1 de acuerdo con codificación de Miller;

30 La figura 3e muestra un diagrama de estado de una señalización de Miller;

La figura 3f muestra una vista esquemática de un preámbulo extendido de Miller;

35 La figura 4 muestra en un diagrama una respuesta de frecuencia del tono piloto de codificación FM0 a BLF nominal = 640 kHz y una tolerancia del 5,4%;

La figura 5 muestra en un diagrama una respuesta de frecuencia del tono piloto de codificación de Miller a BLF nominal = 640 kHz, una tolerancia del -4,5%, y $M = 2$;

40 La figura 6 muestra en un diagrama una respuesta de frecuencia del tono piloto de dos etiquetas colisionadas usando FM0 como esquema de codificación a BLF nominal = 640 kHz, una tolerancia del -3,7% y el 11,6%;

45 La figura 7 muestra en un diagrama una respuesta de frecuencia del tono piloto de tres etiquetas colisionadas usando Miller como esquema de codificación a BLF nominal = 640 kHz, $M = 8$, y una tolerancia del -3,75%, el 4,2% y el 10,7 %;

La figura 8 muestra en un diagrama una relación de errores de paquetes en canal con desvanecimiento de Rayleigh por retrodispersión en intervalos con éxito con tres BLF diferentes usando FM0;

50 La figura 9 muestra en un diagrama un porcentaje de fallo en canal con desvanecimiento de Rayleigh por retrodispersión en intervalos con éxito con BLF = 640 kHz y Miller con $M = 2, 4, 8$;

La figura 10 muestra en un diagrama una distribución de colisión;

55 La figura 11 muestra en un diagrama un porcentaje de fallo en canal con desvanecimiento de Rayleigh por retrodispersión en intervalos colisionados con 2, 3, 4 etiquetas usando BLF = 640 kHz y FM0;

La figura 12 muestra en un diagrama un porcentaje de fallo en canal con desvanecimiento de Rayleigh por

retrodispersión en intervalos colisionados con 2, 3, 4 etiquetas usando BLF = 640 kHz y Miller con $M = 8$;

La figura 13 muestra en un diagrama curvas de coeficientes de recuperación de una colisión para dos, tres y cuatro etiquetas colisionadas representadas gráficamente sobre una relación de señal con respecto a ruido de la trama actual;

La figura 14 muestra en un diagrama curvas de la eficiencia de lectura de recuperación de una colisión dinámica para diferentes coeficientes de recuperación de una colisión, representadas gráficamente sobre una longitud de trama normalizada (L/n);

La figura 15 muestra en un diagrama una comparación entre tiempos de lectura totales de realizaciones de la presente invención y soluciones convencionales representadas gráficamente sobre el número de etiquetas; y

La figura 16 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento para ajustar una longitud de trama de un sistema de RFID que comprende un lector de RFID y al menos dos etiquetas de RFID.

[0024] Elementos iguales o equivalentes o elementos con funcionalidad igual o equivalente se indican en la siguiente descripción mediante números de referencia iguales o equivalentes.

[0025] En la siguiente descripción, se muestran una pluralidad de detalles para proporcionar una explicación más exhaustiva de realizaciones de la presente invención. Sin embargo, será evidente para un experto en la materia que realizaciones de la presente invención pueden ponerse en práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, se muestran estructuras y dispositivos bien conocidos en forma de diagrama de bloques en lugar de en detalle con el fin de evitar oscurecer realizaciones de la presente invención. Además, características de las diferentes realizaciones descritas en lo sucesivo pueden combinarse entre sí a menos que se indique específicamente lo contrario.

[0026] La figura 1 muestra un diagrama de bloques esquemático de un lector de RFID 100 y una vista esquemática de una trama actual 110 y una trama posterior 112. El lector de RFID 100 comprende un detector de colisiones 102, un decodificador 104 y un ajustador de longitud de trama 106. El detector de colisiones 102 está configurado para detectar para cada intervalo de una pluralidad de intervalos 108_1 a 108_n de la trama actual 110 una colisión de señales 114_1 y 114_2 transmitidas por al menos dos etiquetas de RFID 116_1 y 116_2 . El decodificador 104 está configurado, para decodificar, para el intervalo en el que se detecta la colisión, una de las señales 114_1 y 114_2 transmitidas por las al menos dos etiquetas de RFID 116_1 y 116_2 , en el que una probabilidad de recuperación de una colisión α_i que describe una probabilidad de que el decodificador 104 pueda decodificar con precisión la una señal depende de una relación de señal con respecto a ruido (SNR) de la trama actual 110. El ajustador de longitud de trama 106 está configurado para ajustar una longitud de trama L de la trama posterior 112 en función de la probabilidad de recuperación de una colisión α_i .

[0027] En el ejemplo mostrado en la figura 1, las dos etiquetas de RFID 116_1 y 116_2 transmiten sus señales en el mismo intervalo, por ejemplo, en el intervalo 108_3 , de la trama actual 110. En ese caso, el detector de colisiones 102 detectará una colisión de las señales 114_1 y 114_2 transmitidas por las dos etiquetas de RFID 116_1 y 116_2 en el intervalo 108_3 . El decodificador 104 (intentará) decodificar para el intervalo 108_3 una de las señales 114_1 y 114_2 transmitidas por las dos etiquetas de RFID 116_1 y 116_2 . La probabilidad de que el decodificador 104 pueda decodificar con precisión la una señal, por ejemplo, la señal 114_1 transmitida por la etiqueta de RFID 116_1 , depende de la relación de señal con respecto a ruido (SNR) del intervalo correspondiente y de cuántas etiquetas transmitieron señales en este intervalo. Si el decodificador 104 puede decodificar con precisión la una señal (por ejemplo, la señal 114_1 de la etiqueta de RFID 116_1), entonces la etiqueta correspondiente (por ejemplo, la etiqueta de RFID 116_1) no tiene que transmitir la señal de nuevo en el intervalo posterior 112. En contraste con ello, si el decodificador 104 no puede decodificar con precisión la una señal (por ejemplo, la señal 114_1 de la etiqueta de RFID 116_1), entonces la etiqueta correspondiente (por ejemplo, la etiqueta de RFID 116_1) tiene que transmitir la señal de nuevo en el intervalo posterior 112. Por lo tanto, el lector de RFID 100 comprende el ajustador de longitud de trama 106 que está configurado para ajustar una longitud de trama L (= número de intervalos) de la trama posterior 112 en función de la probabilidad de recuperación de una colisión α_i (y , de este modo, en función de la relación (promedio) de señal con respecto a ruido de la trama actual).

[0028] Se indica que la probabilidad de recuperación de una colisión α_i puede variar de trama a trama, por ejemplo, en función de la relación de señal con respecto a ruido. Por lo tanto, el ajustador de longitud de trama 106 puede estar configurado para determinar la longitud de trama L por trama, es decir para cada trama posterior. Por

ejemplo, el ajustador de longitud de trama 106 puede estar configurado para ajustar una longitud de trama de una segunda trama (por ejemplo, trama posterior) en función de la probabilidad determinada de recuperación de una colisión en función de una relación de señal con respecto a ruido de una primera trama (por ejemplo, trama actual), y para ajustar una longitud de trama de una tercera trama en función de la probabilidad determinada de recuperación de una colisión en función de una relación de señal con respecto a ruido de la segunda trama, y (opcionalmente) para ajustar una longitud de trama de una cuarta trama en función de la probabilidad determinada de recuperación de una colisión en función de una relación de señal con respecto a ruido de la tercera trama. En otras palabras, el ajustador de longitud de trama 106 puede estar configurado para determinar una longitud de trama de una m-ésima trama en función de la probabilidad determinada de recuperación de una colisión en función de una relación de señal con respecto a ruido de una m-1-ésima trama, en la que m es un número natural igual o mayor que dos.

[0029] En realizaciones, el decodificador 104 puede estar configurado para decodificar, para el intervalo en el que ocurrió la colisión, la señal de las señales 114_1 y 114_2 transmitidas por las al menos dos etiquetas de RFID 116_1 y 116_2 que tienen la mayor intensidad de señal. En ese caso, el ajustador de longitud de trama puede estar configurado para determinar la probabilidad de recuperación de una colisión α_i que describe una probabilidad de que el decodificador pueda decodificar con precisión la señal que tiene la mayor intensidad de señal en función de la relación de señal con respecto a ruido de la trama actual 110.

[0030] De este modo, el ajustador de longitud de trama 106 puede estar configurado para determinar la probabilidad de recuperación de una colisión α_i por trama (y, de este modo, también en función de la probabilidad de recuperación de una colisión α_i determinada por trama, la longitud de trama L por trama).

[0031] Además, el ajustador de longitud de trama puede estar configurado para ajustar la longitud de trama L de la trama posterior 112 en función, además, de una probabilidad de colisión $P_{col.(i)}$ que describe la probabilidad de la colisión de las señales 114_1 y 114_2 transmitidas por las al menos dos etiquetas de RFID 116_1 y 116_2, es decir que describe la posibilidad de que al menos dos etiquetas de RFID 116_1 y 116_2 transmitan señales 114_1 y 114_2 en el mismo intervalo.

[0032] Además, el ajustador de longitud de trama 106 puede estar configurado para determinar una eficiencia de lectura η_{DCR} del lector de RFID 100 en función de la probabilidad de colisión $P_{col.(i)}$ y la probabilidad determinada de recuperación de una colisión α_i . De este modo, el ajustador de longitud de trama 106 puede estar configurado para ajustar la longitud de trama L de la trama posterior 112 usando la eficiencia de lectura η_{DCR} . En detalle, el ajustador de longitud de trama 106 puede estar configurado para ajustar la longitud de trama L de la trama posterior 112 de modo que la eficiencia de lectura η_{DCR} del lector de RFID 100 se maximice o al menos aumente (por ejemplo, el 98%, 95%, 90% o 85% de un valor máximo de la eficiencia de lectura).

[0033] Como ya se ha mencionado, el lector de RFID 100 o, más exactamente, el decodificador 104, puede estar configurado para decodificar, para el intervalo en el que se detecta la colisión, una de las señales 114_1 y 114_2 transmitidas por las al menos dos etiquetas de RFID 116_1 y 116_2. De este modo, el lector de RFID 100 comprende capacidades de resolución de una colisión variables. Estas capacidades dependen de la relación de señal con respecto a ruido (SNR) de las señales recibidas y, por lo tanto, afectan al valor de la longitud de trama óptima. El lector mide la relación de señal con respecto a ruido (SNR) de cada intervalo y a continuación obtiene la SNR promedio de la trama para determinar la probabilidad de recuperación de una colisión correspondiente.

[0034] En lo sucesivo, se describe un algoritmo de recuperación de una colisión ejemplar (que puede implementarse en el receptor de RFID 100 mostrado en la figura 1) para el estándar EPCglobal Clase-1 Generación-2. El algoritmo de recuperación de una colisión puede resolver la respuesta de etiqueta más intensa de dos, tres y cuatro (o más) etiquetas colisionadas sin ninguna necesidad de estimación de canal.

[0035] En otras palabras, posteriormente se propone un receptor de recuperación de una colisión para recuperar la etiqueta más intensa en el intervalo colisionado. El receptor de recuperación de una colisión no necesita ninguna información de estado de canal (CSI) para recuperar la etiqueta más intensa.

[0036] Basándose en el estándar de RFID [EPC radio-frequency protocols class-1 generation-2 UHF RFID protocol for communications at 860 MHz 960 MHz, versión 1.1.0 2006] la etiqueta usa FM0 o Miller para codificar su respuesta. La figura 2a muestra la respuesta de etiqueta FM0. En [M. Simon y D. Divsalar, "Some interesting observations for certain line codes with application to RFID," IEEE Transactions on Communications, vol. 54, págs. 583-586, abril de 2006], los autores propusieron las siguientes etapas para decodificar la señal recibida:

- desplazar la señal recibida medio símbolo tal como se muestra en la figura 2b;
- reconstruir la señal recibida usando funciones base antipodales mostradas en la figura 2c; y
- decodificar la señal reconstruida de nuevo usando las funciones base normales de la FM0/Miller.

5 **[0037]** Este algoritmo de decodificación decodifica solamente una respuesta de etiqueta individual. En contraste con ello, el algoritmo propuesto (que puede implementarse en el lector de RFID 100) comprende varias modificaciones, como quedará claro a partir de la siguiente descripción. Suponiendo una colisión de dos señales, el algoritmo de recuperación de una colisión será:

- 10 - desplazar la señal recibida medio símbolo;
- suponer que la potencia de señal recibida de la señal 1 es mayor que la señal 2. De este modo, el resultado de la colisión será tal como se muestra en la figura 2d;
- correlacionar la señal recibida con las funciones base antipodales mostradas en la figura 1c, y, a continuación, reconstruir la señal.
- 15 - la señal reconstruida seguirá la forma de la señal más intensa, que en el presente ejemplo es la señal 1; y
- decodificar la señal reconstruida de nuevo usando las funciones base normales de la FM0/Miller.

[0038] El procedimiento podría aplicarse sin ningún conocimiento de la información de estado de canal (CSI), y podría aplicarse para más de dos etiquetas colisionadas. Además, este algoritmo de recuperación de una colisión
 20 propuesto puede aplicarse para la respuesta de etiqueta no síncrona. Sin embargo, se debe conocer la velocidad de transmisión de la respuesta de etiqueta más intensa. La estimación de la velocidad de transmisión podría realizarse usando FFT sobre la parte del preámbulo de la respuesta de etiqueta, tal como se describirá en lo sucesivo.

[0039] La estimación de la velocidad de transmisión en receptores del lector de RFID juega un papel
 25 significativo para la estabilidad y la eficiencia de sistemas de RFID. Los lectores de RFID tienen que estimar la velocidad de transmisión de la respuesta de etiqueta, es decir la llamada frecuencia de enlace de retrodispersión (BLF). De acuerdo con el estándar EPCglobal Clase-1 Generación-2 enfocado, la BLF puede tener una variación de hasta +/- 22%. La mayoría de la bibliografía usa algoritmos de dominio temporal para estimar esta BLF. Sin embargo, las técnicas propuestas no son adecuadas para estimar la velocidad de transmisión cuando múltiples
 30 etiquetas responden simultáneamente al lector. En caso de dicha colisión de etiquetas, realizaciones utilizan la representación de dominio de frecuencia de las respuestas para estimar la BLF. El rendimiento se ensaya con diferentes velocidades de transmisión y ambas técnicas de modulación soportadas, es decir FM0 y Miller. Los resultados de simulación muestran el elevado rendimiento de utilizar la FFT para estimar la BLF. Esto es especialmente cierto en caso de colisiones que no se pueden estimar fácilmente por medio de algoritmos de dominio
 35 temporal.

[0040] En los últimos años, a medida que la tecnología de RFID se volvió más popular, los diseñadores de lectores de RFID sean encontrado más desafíos. En aplicaciones típicas, los lectores de RFID tienen que comunicarse con múltiples etiquetas que deben identificarse en un tiempo breve. Las etiquetas de RFID transmiten
 40 sus ID en diferentes intervalos de tiempo, mientras que diversidades de señales transmitidas desde diferentes etiquetas, principalmente en potencia y velocidades de transmisión de datos, pueden afectar a la estabilidad y la eficiencia de receptores del lector de RFID gravemente [P. Wei, B. Li, Y. Yang, H. Min y J. Wang, "Synchronization with timing recovery loop in UHF RFID reader receivers," en 17th IEEE International Conference on Electronics, Circuits, and Systems (ICECS), 2010, págs. 1148-1151, diciembre de 2010]. En sistemas de RFID de UHF, las
 45 variaciones de velocidad de transmisión de datos son mucho más cruciales que en otros sistemas de comunicación. Estas variaciones de velocidad de transmisión de datos surgen a partir de dos razones que no pueden evitarse en sistemas prácticos. En primer lugar, las etiquetas de RFID de bajo coste usan un reloj de sistema lento para el funcionamiento de banda de base digital, dando como resultado un error de medición para los parámetros que son transmitidos por el lector para determinar la velocidad de transmisión de datos de etiqueta. En el protocolo de RFID
 50 EPCglobal Clase-1 Generación-2, esta velocidad de transmisión de respuesta de etiqueta se denomina frecuencia de enlace de retrodispersión (BLF) ["EPC Radio-Frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for Communications at 860MHz - 960MHz, versión 1.2.0," EPCglobal Inc., 2007.]. En segundo lugar, la frecuencia del reloj de etiquetas es afectada habitualmente por variaciones del proceso de fabricación, que también contribuyen a las variaciones de BLF. Basándose en el estándar, una tolerancia de BLF máxima del ±22% se
 55 permite con un intervalo de BLF de 40 kHz a 640 kHz. La limitación de tiempo añade un desafío extra para el diseño del módulo de sincronización. Después de recibir la respuesta de la etiqueta, se requiere que el lector de RFID de

una respuesta en el plazo de $20T_{pri}$ donde $T_{pri} = \frac{1}{BLF}$ ["EPC Radio-Frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for Communications at 860MHz - 960MHz, versión 1.2.0," EPCglobal Inc., 2007]. A

la BLF más alta, el tiempo de funcionamiento que queda para todo el lector es de aproximadamente 31,25 µs, y solamente una parte de éste queda para la sincronización. Esto pone un límite al uso de algunos algoritmos de estimación de la velocidad de transmisión complicados.

5 **[0041]** Se han propuesto varios algoritmos de estimación de la velocidad de transmisión para compensar las variaciones de BLF en sistemas de RFID. Todos estos algoritmos se usan para estimar la BLF durante una respuesta de etiqueta individual. Sin embargo, nadie intentó abordar la estimación de la velocidad de transmisión si más de una etiqueta responde en el mismo intervalo, es decir en caso de una colisión. Se han presentado muchos algoritmos para recuperar al menos una etiqueta de una colisión. Sin embargo, todos estos algoritmos suponen que
10 la BLF de todas las etiquetas está perfectamente sincronizada.

[0042] Liu y Huang y col. [Y. Liu, C. Huang, H. Min, G. Li, and Y. Han, "Digital correlation demodulator design for RFID reader receiver," en IEEE Wireless Communications and Networking Conference, 2007.WCNC 2007., págs. 1664-1668, marzo de 2007] presentaron un algoritmo de estimación de la velocidad de transmisión basado en 12 bancos de correlación de preámbulos, seguidos por una técnica temprano/tarde. El intervalo de BLF es especificado por el correlacionador que devuelve el valor máximo. Su implementación funciona bien en aplicaciones que están usando velocidades de transmisión altas. Para velocidades de transmisión lentas, el mal rendimiento es compensado usando el algoritmo temprano/tarde. Por esta razón, esta técnica no es adecuada para estimar la velocidad de transmisión de una etiqueta en un intervalo colisionado. Angerer y col. [C. Angerer y M. Rupp, 20 "Advanced synchronisation and decoding in RFID reader receivers," en IEEE Radio and Wireless Symposium, 2009. RWS '09., págs. 59-62, enero 2009] y Wang y col. [Y.-Y. Wang y J.-T. Chen, "A baseband signal processing scheme for joint data frame synchronization and symbol decoding for rfid systems," EURASIP J. Adv. Signal Process, vol. 2010, págs. 53: 1-53: 11, febrero de 2010] propusieron nuevos algoritmos con menor complejidad que [Y. Liu, C. Huang, H. Min, G. Li, y Y. Han, "Digital correlation demodulator design for RFID reader receiver," en IEEE Wireless
25 Communications and Networking Conference, 2007.WCNC 2007., págs. 1664-1668, marzo de 2007]. Sin embargo, además no son adecuados para la estimación de la velocidad de transmisión de un intervalo colisionado dado que dependen de la estimación de la velocidad de transmisión en el dominio temporal.

[0043] Realizaciones proporcionan una técnica de estimación de velocidad de transmisión basada en la transformada rápida de Fourier (FFT) para estimar la velocidad de transmisión de una respuesta de etiqueta individual, o de la etiqueta más intensa a partir de múltiples respuestas de etiqueta simultáneas. La técnica es ensayada para una respuesta de etiqueta individual y para hasta cuatro etiquetas colisionadas. Se presenta una comparación entre el rendimiento del algoritmo a baja BLF (es decir 40 kHz), y alta BLF (es decir 640 kHz). Además, se estudia el efecto de la técnica de modulación de la etiqueta sobre la precisión de la estimación de la velocidad de
35 transmisión. Además, se usa el porcentaje de fallo (PoF) como una medida de rendimiento para comparar los resultados.

[0044] Posteriormente, se describe el EPCglobal Clase-1 Generación-2. El estándar EPCglobal Clase-1 Generación-2 es un marco para comunicaciones por RFID, definido por la organización EPC global (Código Electrónico de Producto) ["EPC Radio-Frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for Communications at 860MHz - 960MHz, versión 1.2.0," EPCglobal Inc., 2007.]. De acuerdo con el estándar, el valor de duración del símbolo nominal depende de la técnica de codificación de respuesta de etiqueta. Es un múltiplo de la inversa de la BLF. En caso de codificación de FMO, el periodo de símbolo se relaciona con la BLF mediante: $T = 1/BLF$ tal como se muestra en las figuras 3a-c. Basándose en el estándar EPCglobal, el valor nominal de la BLF se
45 ajusta entre 40 kHz y 640 kHz, con una variación máxima desde el valor nominal de hasta ±22%. El cálculo de la BLF se determina mediante dos parámetros en el llamado comando de Consulta del lector. Estos dos parámetros son calibración de etiqueta respecto a lector (TRcal), que es un campo en el preámbulo del comando de Consulta, y la relación de división (DR), que es un campo en el propio comando de Consulta:

$$50 \quad BLF = \frac{DR}{TRcal}$$

[0045] La ecuación anterior muestra el valor nominal de la BLF a partir de los parámetros del lector. Para evitar problemas con incertidumbres de BLF, el estándar EPCglobal especifica la incertidumbre de frecuencia para diferentes ajustes de BLF tal como se muestra en la tabla 1 a continuación. La etiqueta tiene que medir el valor de
55 TRcal para determinar la BLF. De este modo, la tolerancia proviene de estas mediciones, así que para una TRcal más corta, un error relativo más elevado se produciría en la BLF.

Tabla 1

DR: Relación de división	Trcal (μ s)	BLF (kHz)	Tolerancia de frecuencia
64/3	33,3	640	± 15 %
	66,7	320	± 10 %
	38,3	256	± 10 %
8	50	160	± 7 %
	84,2	95	± 4 %
	200	40	± 4 %

[0046] De acuerdo con el estándar EPCglobal, las formas de pulso $s_n(t)$ siguen una codificación FM0 (espacio bifásico), o de Miller. Dado que la codificación FM0 ofrece la velocidad de transmisión de datos más alta, la mayoría de los lectores usan este esquema de codificación. En codificación FM0, las formas de pulso $s_n(t)$ para los símbolos se seleccionan entre cuatro formas de pulso tal como se muestra en la figura 3a, donde $s_0(t)$ y $s_1(t)$ representan datos-0 y $s_2(t)$ y $s_3(t)$ representan datos-1. Los símbolos están dispuestos para presentar una transición de nivel en cada límite. Por ejemplo, el pulso $s_0(t)$ puede estar seguido solamente por $s_0(t)$ o $s_2(t)$, pero no por el símbolo $s_1(t)$ o $s_3(t)$ para mantener la característica de una transición de nivel entre símbolos tal como se muestra en la figura 3b.

[0047] La versión extendida desde el preámbulo de FM0 tiene 12 ceros a la izquierda tal como se muestra en la figura 3c. Esta parte del preámbulo se usa como un tono piloto para estimar la velocidad de transmisión de la respuesta de etiqueta.

[0048] La figura 3d muestra las funciones base y la figura 3e muestra el diagrama de estado en caso de la codificación de Miller. Miller de banda de base invierte su fase entre dos datos-0 en secuencia. También coloca una inversión de fase en el medio de un símbolo de datos-1. Las etiquetas de estado, $s_1(t)$ - $s_4(t)$, indican cuatro posibles símbolos codificados por Miller, representados por las dos fases de cada una de las funciones base de Miller. La forma de onda transmitida es la forma de onda de banda de base multiplicado por una onda cuadrada en M veces la velocidad de transmisión de símbolos. La señalización sub-portadora de etiqueta a lector comienza con uno de dos preámbulos. Uno tiene un tono piloto extendido de longitud 16M/BLF tal como se muestra en la figura 3d y el otro tiene un tono piloto de longitud 4M/BLF. Aunque usar Miller como esquema de codificación significa reducir las velocidades de transmisión, dado que la velocidad de transmisión de símbolos se iguala a BLF/M, el preámbulo extendido de la codificación de Miller es lo suficientemente largo para estimar la velocidad de transmisión con precisión. La longitud del tono piloto del preámbulo extendido alcanza hasta 128/BLF a $M = 8$, así que es 10 veces más largo que la longitud del piloto de FM0.

[0049] Como quedará claro a partir de la siguiente descripción, realizaciones usan la FFT para estimar la velocidad de transmisión de la respuesta de etiqueta de RFID basándose en el conocimiento del valor nominal de la BLF de la etiqueta. La FFT puede aplicarse en la parte del preámbulo que contiene el tono piloto. Este procedimiento puede usarse cuando una etiqueta individual responde (intervalo con éxito), o cuando múltiples etiquetas responden simultáneamente (intervalo colisionado). En caso de un intervalo colisionado, solamente interesa la velocidad de transmisión de la etiqueta más intensa.

[0050] En primer lugar, se describe la estimación de la velocidad de transmisión en caso de una respuesta de etiqueta individual. La estimación de la velocidad de transmisión de respuesta de etiqueta en RFID es un punto de investigación desafiante. Cuando una etiqueta individual responde al lector, la velocidad de transmisión puede estimarse en el dominio temporal [C. Angerer y M. Rupp, "Advanced synchronisation and decoding in RFID reader receivers," en IEEE Radio and Wireless Symposium, 2009. RWS '09., págs. 59-62, enero de 2009], [Y.-Y. Wang y J.-T. Chen, "A baseband signal processing scheme for joint data frame synchronization and symbol decoding for RFID systems," EURASIP J. Adv. Signal Process, vol. 2010, págs. 53: 1-53: 11, febrero de 2010], [Y. Liu, C. Huang, H. Min, G. Li y Y. Han, "Digital Correlation Demodulator Design for RFID Reader Receiver," en IEEE Wireless Communications and Networking Conference, 2007. WCNC 2007, págs. 1664-1668, 2007], o en el dominio de frecuencia. La ventaja de usar el dominio temporal es la velocidad y su sencillez. Sin embargo, no puede extenderse fácilmente cuando se producen colisiones. La representación de dominio de frecuencia puede utilizarse para estimar la velocidad de transmisión si se produce o no una colisión. El lector conoce el valor nominal de la BLF de respuesta de etiqueta, y también conoce la tolerancia máxima tal como se muestra en la tabla 1. A partir del conocimiento del comienzo y el tipo del preámbulo y la velocidad de muestreo aproximada, el lector puede aplicar con éxito la FFT en los pilotos del preámbulo. A continuación, se puede obtener el pico del espectro en el intervalo de frecuencias esperado. Este pico corresponde directamente a la velocidad de transmisión estimada tal como se muestra en la figura 4. Después de estimar la velocidad de transmisión, el lector puede estimar el número de muestras por símbolo fácilmente.

- [0051]** Cuando la codificación de Miller es usada por la etiqueta, ésta puede optar por tres opciones, es decir $M = 2, 4, 8$. Para valores más elevados de M , el pico principal se agudiza, a medida que la longitud del preámbulo aumenta. La figura 5 muestra el efecto de usar Miller sobre la respuesta de frecuencia de los tonos piloto. En $M = 2$, la longitud de los tonos piloto es $32/BLF$ cuando se usa la versión extendida del preámbulo. Además, la figura 5 muestra que los lóbulos laterales de Miller son más pequeños que los lóbulos laterales de FM0. Además, el pico principal es más estrecho, lo que da un mejor rendimiento de estimación, con la desventaja de una menor velocidad de transmisión.
- 10 **[0052]** En segundo lugar, se describe la estimación de la velocidad de transmisión en caso de respuestas de múltiples etiquetas. Se ejercieron esfuerzos significativos en la zona de recuperación de una colisión en sistemas de RFID. El problema en la recuperación de una colisión es el canal y la estimación de la velocidad de transmisión de las etiquetas colisionadas. Angerer y col. [C. Angerer, R. Langwieser y M. Rupp, "RFID reader receivers for physical layer collision recovery," IEEE Transactions on Communications, vol. 58, págs. 3526-3537, diciembre de 2010]
- 15 propusieron una técnica de estimación de canal adecuada para dos etiquetas colisionadas solamente. Sin embargo, no consideraron las variaciones de velocidad de transmisión entre las etiquetas en su modelo. De todos modos, no se requiere recuperar todas las etiquetas colisionadas en un intervalo colisionado. Basándose en el estándar EPCglobal, el lector solamente puede reconocer una etiqueta por intervalo. De este modo, la recuperación de respuestas de múltiples etiquetas en un intervalo no ofrece ninguna ganancia. Por lo tanto, en su propuesta, los inventores se centran en la estimación de la velocidad de transmisión de la etiqueta más intensa solamente. Si dos o
- 20 más etiquetas colisionan, la velocidad de transmisión de la etiqueta más intensa se estima mediante el mismo algoritmo que usaron antes para la estimación de la etiqueta individual. Esto conduce a la representación de dominio de frecuencia tal como se muestra en la figura 6.
- 25 **[0053]** Cuando más de dos etiquetas colisionan, y todas ellas tienen velocidades de transmisión completamente diferentes, el algoritmo aún funciona bien, tal como se muestra en la figura 7. Sin embargo, la estimación de la etiqueta más intensa puede fallar, si múltiples etiquetas tienen velocidades de transmisión casi idénticas y sus señales se suman en el dominio de frecuencia. Debido a este efecto, la codificación de Miller muestra algunos beneficios. El uso de Miller conduce a lóbulos más puntiagudos, y la probabilidad de un solapamiento en el
- 30 dominio de frecuencia se reduce.
- [0054]** Con el fin de evaluar el rendimiento de la técnica de estimación de velocidad de transmisión propuesta, el porcentaje de fallo (PoF) se simuló usando las simulaciones de Monte Carlo. El canal de Rayleigh de retrodispersión diádica normalizada se usa como modelo de canal [J. Griffin and G. Durgin, "Gains for rf tags using multiple antennas," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 56, págs. 563-570, febrero de 2008]. La velocidad de muestreo usada es igual a 8 MSps. En todas las simulaciones, se supuso que el error sigue una distribución normal con media nula y la varianza es igual a $(\text{tolerancia máxima}/3)^2$, es decir de acuerdo con la tabla 1, si la BLF es igual a 640 kHz, la varianza es igual a 0,025.
- 35 **[0055]** La figura 8 muestra el rendimiento de la técnica de estimación de la velocidad de transmisión para cuatro BLF diferentes; 640 kHz, 256 kHz, 160 kHz y 40 kHz usando FM0. De acuerdo con el estándar EPCglobal, a medida que la velocidad de transmisión aumenta, la tolerancia aumenta a medida que el error relativo durante la medición de TRcal por la etiqueta aumenta. Además, cuando la BLF aumenta el ancho de banda de los lóbulos principales aumenta, y esto afecta a los rendimientos de estimación. En la simulación, se supuso que se puede recuperar el paquete con éxito, si el error en la estimación causa un desplazamiento de menos de la mitad de un símbolo al final del paquete. Por ejemplo, si se decodifica la RN16 (es decir la respuesta de la etiqueta al lector) con codificación FM0, que tiene una longitud de 34 bits, el error relativo aceptable en el número de muestras por símbolo es igual a $0,5/34$. Si se usa Miller, el número de bits por paquete es igual a 38 bits para el preámbulo extendido. De este modo, el error relativo aceptable en el número de muestras por símbolo es igual a $0,5/38M$.
- 40 **[0056]** La figura 9 indica el efecto de usar Miller como esquema de codificación. A medida que M aumenta, la longitud del preámbulo aumenta y la estimación mejora. Usar Miller da un mejor rendimiento en la estimación de frecuencia, por lo tanto, daría un mejor rendimiento para el sistema global. Sin embargo, usar Miller significa una menor velocidad de transmisión de símbolos, que usar FM0, la velocidad de transmisión de símbolos varía entre 40
- 45 kbps y 640 kbps, pero con Miller, la velocidad de transmisión de símbolos varía entre $40/M$ kbps y $640/M$ kbps.
- 50 **[0057]** La principal ventaja de usar la FFT es la capacidad de estimar las velocidades de transmisión las etiquetas colisionadas. En simulaciones, el foco está solamente en estimar la velocidad de transmisión de la etiqueta más intensa a partir de etiquetas colisionadas, como basándose en el estándar, el lector solamente puede reconocer

una etiqueta por intervalo. Por lo tanto, no hay necesidad de intentar recuperar todas las etiquetas mientras que el lector podría reconocer solamente una etiqueta. Además, el foco solamente los intervalos colisionados que tienen 2, 3 o 4 etiquetas como basándose en las estadísticas, los intervalos colisionados que tienen 2, 3 o 4 etiquetas son el 96% de los intervalos colisionados globales, tal como se muestra en la figura 10.

5

[0058] La figura 11 muestra el rendimiento de la estimación de la velocidad de transmisión cuando se produce una colisión usando FM0. Está claro que el rendimiento del algoritmo de estimación cuando dos etiquetas colisionan es mucho mejor que el rendimiento cuando tres y cuatro etiquetas colisionan. En cuanto a dos etiquetas colisionadas, el algoritmo funciona perfectamente como en caso de una respuesta de etiqueta individual. Sin embargo, para tres y cuatro etiquetas colisionadas, el rendimiento se satura rápidamente para relación de señal con respecto a ruido (SNR) creciente. En este caso, el rendimiento viene dado por la interferencia de las propias etiquetas. Cuando tres o cuatro etiquetas colisionan, existe una probabilidad de que dos etiquetas colisionadas tengan un nivel de señal recibida más débil, pero una BLF idéntica. Entonces, la suma de ellas puede ser mayor que el nivel recibido de la etiqueta más intensa. De este modo, la BLF de la etiqueta más intensa no se ha estimado apropiadamente.

10

15

[0059] La figura 12 muestra cómo el PoF (PoF = porcentaje de fallo) mejora cuando se usa Miller con $M = 8$. El rendimiento de estimación de la velocidad de transmisión cuando dos etiquetas colisionan mejora drásticamente, dado que el lóbulo principal en el dominio de frecuencia es más empinado. A $SNR = 10$ dB, el PoF = 3% cuando se usa FM0, pero es del 0,7% a la misma SNR cuando se usa Miller. Sin embargo, el rendimiento de estimación de las velocidades de transmisión, cuando tres y cuatro etiquetas colisionan, no mejora significativamente. De nuevo, el rendimiento dado es la relación de señal respecto a interferencia (SIR) no la SNR y cambiar el esquema de modulación mejora la SNR, no la SIR.

20

25

[0060] Realizaciones usan la FFT (FFT = transformada rápida de Fourier) para estimar la velocidad de transmisión de la respuesta de etiqueta de un sistema de RFID basándose en el estándar EPCglobal. El algoritmo depende principalmente de obtener el pico máximo de la señal recibida en el dominio de frecuencia, y la frecuencia correspondiente es la velocidad de transmisión estimada. La FFT se aplica solamente en la parte que tiene los tonos piloto en el preámbulo de la respuesta de etiqueta. Usar el dominio de frecuencia de la señal es muy útil, especialmente cuando múltiples etiquetas responden al mismo tiempo. El rendimiento de la técnica se ensaya con múltiples velocidades de transmisión y múltiples técnicas de modulación basándose en el estándar EPCglobal. Las simulaciones muestran que velocidades de transmisión más bajas tienen menor PoF que las velocidades de transmisión más altas a idéntica SNR. El esquema de codificación de Miller ofrece un mejor rendimiento en la estimación de la velocidad de transmisión que FM0 debido a su preámbulo más largo. Sin embargo, la codificación de Miller tiene una velocidad de transmisión significativamente más baja que FM0. Finalmente, se usó la FFT para estimar la velocidad de transmisión de la etiqueta más intensa cuando múltiples etiquetas responden simultáneamente. Cuando dos etiquetas colisionan y se estima la velocidad de transmisión de la más intensa, el PoF disminuye al aumentar la SNR, y llega al 1,5% a $SNR = 20$ dB. Sin embargo, cuando tres o cuatro etiquetas colisionan, el PoF se satura al 9% y el 14,5% para las tres y cuatro etiquetas respectivamente. En este caso, el rendimiento está limitado por la interferencia entre las etiquetas. Cuando Miller es usado por la etiqueta, el rendimiento de estimar dos etiquetas mejoró significativamente y el PoF llega al 0,2% a $SNR = 20$ dB. Sin embargo, el rendimiento de tres y cuatro etiquetas sigue siendo casi el mismo dado que no hay mejora en la SNR.

30

35

40

[0061] Posteriormente, con referencia a realizaciones del lector de RFID 100 mostrado en la figura 1 y a un procedimiento para hacer funcionar el mismo, se describe la eficiencia de lectura de recuperación de una colisión dinámica η_{DCR} . En realizaciones, la eficiencia de lectura de recuperación de una colisión dinámica η_{DCR} usa coeficientes de probabilidad multinivel α_i . Estos coeficientes α_i pueden ser alimentados desde la capa PHY (física) a la capa MAC para ajustar la eficiencia de trabajo y, por lo tanto, la longitud de trama. Usando estos coeficientes α_i , la longitud de trama puede optimizarse, lo que a su vez afectará directamente el tiempo de lectura total.

50

[0062] En otras palabras, posteriormente se describe una nueva eficiencia de lectura de FSA (*frame slotted ALOHA*) denominada en el presente documento eficiencia de lectura de recuperación de una colisión dinámica (DCR). Esta eficiencia contiene coeficientes de probabilidad multinivel α_i . Estos coeficientes α_i indican la capacidad del lector para recuperar i etiquetas colisionadas, donde esta capacidad es dinámica basándose en la potencia de la recuperación de una colisión del lector y la SNR promedio para las etiquetas colisionadas. La eficiencia de lectura de recuperación de una colisión dinámica (DCR) propuesta puede expresarse como:

55

$$\eta_{DCR} = P(1) + \sum_{i=2}^n \alpha_i P_{col}(i)$$

donde, $P_{col}(i)$ es la probabilidad de que i etiquetas colisionen en un intervalo, n representa el número total de etiquetas en la zona de lectura, y α_i son los coeficientes de probabilidad multinivel, que en la bibliografía siempre se supuso que eran del 100%.

[0063] En la práctica la mayoría de los intervalos colisionados son un intervalo de dos etiquetas, tres etiquetas o cuatro etiquetas colisionadas. La figura 10 muestra la probabilidad de distribución de colisión promedio

en una trama que tiene la longitud $\frac{n}{2} \leq L \leq 2n$ uniformemente. En otras palabras, la figura 10 muestra la

probabilidad de distribución de colisión en FSA bajo la condición $\frac{n}{2} \leq L \leq 2n$. De acuerdo con la figura 10, la probabilidad de que el intervalo colisionado en una trama tenga dos etiquetas ($P_{col}(2)$), tres etiquetas ($P_{col}(3)$) o cuatro etiquetas ($P_{col}(4)$) es (aproximadamente) igual al 96%, y las colisiones de etiqueta restantes $\sum_{i=5}^n P_{col}(i) = 4\%$. Además, la capacidad del lector de RFID 100 para recuperar la respuesta de etiqueta más intensa a partir de más de cuatro etiquetas colisionadas puede ser muy limitada.

[0064] Por lo tanto, la eficiencia de lectura de recuperación de una colisión dinámica η_{DCR} propuesta en el entorno de RFID puede expresarse como sigue:

$$\eta_{DCR} = P(1) + \alpha_2 P_{col}(2) + \alpha_3 P_{col}(3) + \alpha_4 P_{col}(4)$$

[0065] Los valores de α_2 , α_3 y α_4 dependen fuertemente del tipo del receptor de RFID 100 y el valor de la relación de señal con respecto a ruido por trama promedio. La SNR se calcula para cada intervalo bien sea el intervalo un intervalo colisionado o un intervalo con éxito, entonces se obtiene el valor promedio para la SNR para la trama global. La figura 13 muestra cómo los valores de α_2 , α_3 y α_4 varían con la SNR promedio de la trama actual usando el algoritmo de recuperación de una colisión propuesto, que se ha descrito anteriormente. De acuerdo con mediciones prácticas de respuesta de etiquetas con éxito en un entorno de RFID real, la SNR varía de 4 a 12 dB. Estas variaciones afectan a los valores de α_2 , α_3 y α_4 .

[0066] La figura 14 muestra la eficiencia de lectura de recuperación de una colisión dinámica η_{DCR} propuesta para diferentes valores de coeficientes de recuperación de una colisión. En detalle, una primera curva representa la eficiencia de lectura convencional sin recuperación de una colisión, es decir $\alpha_2 = 0$, $\alpha_3 = 0$, $\alpha_4 = 0$. Una segunda curva 132 representa la eficiencia de lectura de recuperación de una colisión dinámica η_{DCR} para $\alpha_2 = 0,2$, $\alpha_3 = 0,2$, $\alpha_4 = 0,2$. Una tercera curva 134 representa la eficiencia de lectura de recuperación de una colisión dinámica η_{DCR} para $\alpha_2 = 0,4$, $\alpha_3 = 0,4$, $\alpha_4 = 0,4$. Una cuarta curva 136 representa la eficiencia de lectura de recuperación de una colisión dinámica η_{DCR} para $\alpha_2 = 0,6$, $\alpha_3 = 0,6$, $\alpha_4 = 0,6$. Una quinta curva 138 representa la eficiencia de lectura de recuperación de una colisión dinámica η_{DCR} para $\alpha_2 = 0,8$, $\alpha_3 = 0,8$, $\alpha_4 = 0,8$. Una sexta curva 140 representa el 100% de recuperación de una colisión, es decir $\alpha_2 = 1$, $\alpha_3 = 1$, $\alpha_4 = 1$ que se supuso en [C. Angerer, R. Langwieser t M. Rupp, "RFID reader receivers for physical layer collision recovery," Communications, IEEE Transactions on, vol. 58, págs. 3526-3537, diciembre de 2010]. Sin embargo, en la práctica los valores de α_2 , α_3 y α_4 cambian dinámicamente para cada trama, y, por consiguiente, afectan a la eficiencia de lectura y, por lo tanto, el valor de la longitud de trama óptima (de cada trama).

[0067] En lo sucesivo, se clarifican la ganancia proporcionada por realizaciones de la presente invención en comparación con las soluciones convencionales. En otras palabras, se evalúa el rendimiento proporcionado por realizaciones de la presente invención. La figura 15 muestra en un diagrama una comparación entre tiempos de lectura totales (número de intervalos) representados gráficamente sobre el número de etiquetas (en la zona de lectura) de realizaciones de la presente invención y soluciones convencionales. En detalle, en la figura 15 una primera curva 150 representa el tiempo de lectura total cuando se usa una DFSA convencional (ninguna recuperación de una colisión y $L = n$), una segunda curva 152 representa el tiempo de lectura total cuando se usa la recuperación de una colisión propuesta y $L = n$, una tercera curva 154 representa el tiempo de lectura total cuando se usa la recuperación de una colisión propuesta y la longitud de trama dinámica propuesta, y una cuarta curva 156

representa un límite interior teórico del tiempo de lectura total.

[0068] Tal como queda claro a partir de la figura 15, realizaciones proporcionan dos mejoras independientes:

- 5 - Mejora de la capa PHY: en esta parte, solamente se usa el algoritmo de recuperación de una colisión propuesto con la longitud de trama convencional $L = n$. Esta mejora se presenta en la curva 152 en la figura 15. Esto da casi un 30% de reducción en el tiempo medio de lectura en comparación con los sistemas convencionales que no usan la recuperación de una colisión.
- Mejora de la capa MAC: en esta parte, la longitud de trama se adapta dinámicamente a los valores del coeficiente de recuperación de una colisión α_i , que cambian basándose en la SNR de la trama actual. Esta mejora se presenta en la curva 154 en la figura 15. Esto dar como resultado en aproximadamente el 10% de reducción en el tiempo de lectura en comparación con la mejora de la capa PHY sin la adaptación de la longitud de trama.

[0069] Realizaciones proporcionan las siguientes ventajas:

- 15 - usando el lector de RFID propuesto 100 y el procedimiento para hacerle funcionar, el tiempo de lectura (identificación) medio disminuirá hasta el 40% en comparación con los sistemas convencionales; y
- el receptor de RFID propuesto no necesita ninguna información de estado de canal (CSI) para recuperar la etiqueta más intensa a partir del intervalo colisionado.

[0070] Realizaciones son útiles para aplicación de RFID:

- que siguen los estándares EPCglobal Clase-1 Generación-2;
- que comprenden un denso número de etiquetas; y
- 25 - en las que el tiempo es una cuestión muy crítica en el proceso de identificación.

[0071] La figura 16 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento 200 para ajustar una longitud de trama de un sistema de RFID que comprende un lector de RFID y al menos dos etiquetas de RFID. El procedimiento 200 comprende una etapa 202 de detectar una colisión de señales transmitidas por al menos dos etiquetas de RFID para cada intervalo de una pluralidad de intervalos de una trama actual. Además, el procedimiento 200 comprende una etapa 204 de decodificar, para el intervalo en el que se detecta la colisión, una de las señales transmitidas por las al menos dos etiquetas de RFID, en el que una probabilidad de recuperación de una colisión (α) que describe una probabilidad de que la una señal pueda ser decodificada de forma precisa depende de una relación de señal con respecto a ruido de la trama actual. Además, el procedimiento 200 comprende una etapa 206 de ajustar una longitud de trama (L) de una trama posterior en función de la probabilidad de recuperación de una colisión (α).

[0072] Uno de los principales desafíos en sistemas de RFID 200 es la recuperación de una colisión, es decir la conversión de intervalos colisionados en intervalos con éxito. El procedimiento de recuperación de una colisión presentado en la bibliografía necesita un perfecto conocimiento del canal, lo que es difícil con los sistemas de RFID.

- 40 En contraste con ello, realizaciones usan una recuperación de una colisión basada en la intensidad de la señal sin estimación del canal. El concepto (aparato y procedimiento) propuesto recupera una etiqueta individual de hasta cuatro (o más) etiquetas colisionadas por intervalo. Además, las probabilidades de recuperación de una colisión desde la capa física se usan para ajustar la longitud de trama L con *frame slotted ALOHA* dinámica. Esto puede conseguirse optimizando una medida de eficiencia de lectura. El tiempo de lectura media puede disminuirse hasta
- 45 un 40% en comparación con soluciones convencionales.

[0073] Aunque se han descrito algunos aspectos en el contexto de un aparato, está claro que estos aspectos también representan una descripción del procedimiento correspondiente, donde un bloque o dispositivo corresponde a una etapa del procedimiento o una característica de una etapa del procedimiento. Análogamente, aspectos descritos en el contexto de una etapa del procedimiento también representan una descripción de un bloque o punto o característica correspondiente de un aparato correspondiente. Algunas o todas de las etapas del procedimiento pueden ser ejecutadas por (o usando) un aparato de hardware, como, por ejemplo, un microprocesador, un ordenador programable o un circuito electrónico. En algunas realizaciones, una o más de las etapas del procedimiento más importantes pueden ser ejecutadas por dicho aparato.

[0074] Dependiendo de ciertos requisitos de implementación, realizaciones de la invención pueden implementarse en hardware o en software. La implementación puede realizarse usando un medio de almacenamiento digital, por ejemplo, un disco flexible, un DVD, un Blu-Ray, un CD, una ROM, una PROM, una EPROM, una EEPROM o una memoria FLASH, que tiene señales de control legibles electrónicamente almacenadas

en él, que cooperan (o son capaces de cooperar) con un sistema informático programable de modo que el procedimiento respectivo se realice. Por lo tanto, el medio de almacenamiento digital puede ser legible por ordenador.

5 **[0075]** Algunas realizaciones de acuerdo con la invención comprenden un portador de datos que tiene señales de control legibles electrónicamente, que son capaces de cooperar con un sistema informático programable, de modo que se realice uno de los procedimientos descritos en el presente documento.

10 **[0076]** Generalmente, realizaciones de la presente invención pueden implementarse como un producto de programa informático con un código de programa, siendo el código de programa operativo para realizar uno de los procedimientos cuando el producto de programa informático se ejecuta en un ordenador. El código de programa puede almacenarse, por ejemplo, en un portador legible por una máquina.

15 **[0077]** Otras realizaciones comprenden el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento, almacenado en un portador legible por una máquina.

20 **[0078]** En otras palabras, una realización del procedimiento de la invención es, por lo tanto, un programa informático que tiene un código de programa para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador.

25 **[0079]** Una realización adicional de los procedimientos de la invención es, por lo tanto, un portador de datos (o un medio de almacenamiento digital, o un medio legible por ordenador) que comprende, grabado en él, el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento. El portador de datos, el medio de almacenamiento digital o el medio grabado son normalmente tangibles y/o no de transición.

30 **[0080]** Una realización adicional del procedimiento de la invención es, por lo tanto, un flujo de datos o una secuencia de señales que representan el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento. El flujo de datos o la secuencia de señales puede estar configurada, por ejemplo, para ser transferida mediante una conexión de comunicación de datos, por ejemplo, a través de Internet.

35 **[0081]** Una realización adicional comprende un medio de procesamiento, por ejemplo, un ordenador, o un dispositivo lógico programable, configurado para o adaptado para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento.

40 **[0082]** Una realización adicional comprende un ordenador que tiene instalado en él el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento.

45 **[0083]** Una realización adicional de acuerdo con la invención comprende un aparato o un sistema configurado para transferir (por ejemplo, electrónicamente u ópticamente) un programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento a un receptor. El receptor puede ser, por ejemplo, un ordenador, un dispositivo móvil, un dispositivo de memoria o similar. El aparato o sistema puede comprender, por ejemplo, comprende un servidor de archivos para transferir el programa informático al receptor.

50 **[0084]** En algunas realizaciones, un dispositivo lógico programable (por ejemplo, una matriz de puertas programables in situ) puede usarse para realizar algunas de o todas las funcionalidades de los procedimientos descritos en el presente documento. En algunas realizaciones, una matriz de puertas programables in situ puede cooperar con un microprocesador con el fin de realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento. Generalmente, los procedimientos se realizan preferentemente mediante cualquier aparato de hardware.

[0085] El aparato descrito en el presente documento puede implementarse usando un aparato de hardware, o usando un ordenador, o usando una combinación de un aparato de hardware y un ordenador.

[0086] Los procedimientos descritos en el presente documento pueden realizarse usando un aparato de hardware, o usando un ordenador, o usando una combinación de un aparato de hardware y un ordenador.

[0087] Las realizaciones descritas anteriormente son meramente ilustrativas de los principios de la presente invención. Se entiende que las modificaciones y variaciones de las disposiciones y los detalles descritos en el presente documento serán evidentes para los expertos en la materia. La intención es, por lo tanto, estar limitado

solamente por el alcance de las reivindicaciones de patente a continuación y no por los detalles específicos presentados a modo de descripción y explicación de las realizaciones en el presente documento.

REIVINDICACIONES

1. Un lector de RFID (100), que comprende:

5 un detector de colisiones (102) configurado para detectar, para cada intervalo de una pluralidad de intervalos de una trama actual (110), en el que se produjo una colisión de señales (114_1:114_2) transmitidas por al menos dos etiquetas de RFID (116_1:116_2), una propiedad de señal de una señal de las señales transmitidas por las al menos dos etiquetas de RFID (116_1:116_2);

10 **caracterizado porque** el lector de RFID (100) comprende:

un decodificador (104) configurado para decodificar, para el intervalo en el que se detecta la colisión, la señal de las señales (114_1:114_2) transmitidas por las al menos dos etiquetas de RFID (116_1:116_2) usando la propiedad de señal detectada, en el que una probabilidad de recuperación de una colisión (α_i) que describe una probabilidad de
15 que el decodificador (104) pueda decodificar de forma precisa la una señal depende de una relación de señal con respecto a ruido de la trama actual (110); y

un ajustador de longitud de trama (106) configurado para ajustar una longitud de trama (L) de una trama posterior (112) en función de la probabilidad de recuperación de una colisión (α_i).

20 2. El lector de RFID (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el detector de colisiones (102) está configurado para detectar la propiedad de señal de la señal de las señales transmitidas por las al menos dos etiquetas de RFID (116_1:116_2) que tiene la mayor intensidad de señal;

en el que el decodificador (104) está configurado para decodificar, para el intervalo en el que se produjo la colisión,
25 la señal de las señales (114_1:114_2) transmitidas por las al menos dos etiquetas de RFID (116_1:116_2) que tiene la mayor intensidad de señal;

en el que el ajustador de longitud de trama (106) está configurado para determinar la probabilidad de recuperación de una colisión (α_i) que describe una probabilidad de que el decodificador (104) pueda decodificar de forma precisa
30 la señal que tiene la mayor intensidad de señal en función de la relación de señal con respecto a ruido de la trama actual (112).

3. El lector de RFID (100) de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la probabilidad determinada de recuperación de una colisión (α_i) es mayor que cero.

35 4. El lector de RFID (100) de acuerdo con las reivindicaciones 2 o 3, en el que el ajustador de longitud de trama (106) está configurado para determinar la probabilidad de recuperación de una colisión (α_i) por trama.

5. El lector de RFID (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 4, en el que el ajustador de longitud de trama (106) está configurado para ajustar la longitud de trama (L) de la trama posterior (112) en función, además, de una probabilidad de colisión ($P_{col.(i)}$) que describe la probabilidad de la colisión de las señales (114_1:114_2) transmitidas por las al menos dos etiquetas de RFID (116_1:116_2).

6. El lector de RFID (100) de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el ajustador de longitud de trama
45 (106) está configurado para determinar la probabilidad de colisión ($P_{col.(i)}$) usando la fórmula:

$$P_{col.(i)} = \binom{n}{i} \left(\frac{1}{L}\right)^i \left(1 - \frac{1}{L}\right)^{n-i}$$

en la que n describe un número de etiquetas en una zona de lectura, en la que i describe un número de etiquetas
50 que transmiten señales en el mismo intervalo, y en la que L describe la longitud de trama.

7. El lector de RFID (100) de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, en el que el ajustador de longitud de trama (106) está configurado para determinar una eficiencia de lectura (η_{DCR}) del lector de RFID (100) en función de la probabilidad de colisión ($P_{col.(i)}$) y la probabilidad determinada de recuperación de una colisión (α_i), y en el que el
55 ajustador de longitud de trama (106) está configurado para ajustar la longitud de trama (L) de la trama posterior (112) usando la eficiencia de lectura (η_{DCR}) del lector de RFID (100).

8. El lector de RFID (100) de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el ajustador de longitud de trama

(106) está configurado para ajustar la longitud de trama (L) de la trama posterior (112), de modo que la eficiencia de lectura (η_{DCR}) del lector de RFID (100) aumente.

9. El lector de RFID (100) de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el ajustador de longitud de trama (106) está configurado para ajustar la longitud de trama (L) de la trama posterior (112) de modo que la eficiencia de lectura (η_{DCR}) del lector de RFID (100) se maximice.

10. El lector de RFID (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 o 9, en el que el ajustador de longitud de trama (106) está configurado para determinar la eficiencia de lectura (η_{DCR}) basándose en la fórmula:

$$\eta_{DCR} = P(1) + \sum_{i=2}^n \alpha_i P_{col.}(i)$$

en la que $P(1)$ describe la probabilidad de que solamente una etiqueta de RFID transmita una señal por intervalo, $P_{col.}(i)$ describe la probabilidad de que al menos dos etiquetas de RFID transmitan señales por intervalo, (α_i) describe la probabilidad de que el decodificador pueda decodificar con precisión la señal que tiene la mayor intensidad de señal cuando al menos dos etiquetas de RFID transmiten señales por intervalo.

11. El lector de RFID (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que el ajustador de longitud de trama (106) está configurado para determinar la probabilidad de recuperación de una colisión (α_i) en función de una relación promedio de señal con respecto a ruido de la trama actual (110).

12. El lector de RFID (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la propiedad de señal es una frecuencia de enlace de retrodispersión.

13. Procedimiento (200) para ajustar una longitud de trama (L) de un sistema de RFID que comprende un lector de RFID (100) y al menos dos etiquetas de RFID (116_1:116_n), comprendiendo el procedimiento (200): detectar (202), para cada intervalo de una pluralidad de intervalos de una trama actual (110), en la que se produjo una colisión de señales (114_1:114_2) transmitidas por al menos dos etiquetas de RFID (116_1:116_2), una propiedad de señal de una señal de las señales transmitidas por las al menos dos etiquetas de RFID (116_1:116_2); decodificar (204), para el intervalo en el que se detecta la colisión, la señal de las señales (114_1:114_2) transmitidas por las al menos dos etiquetas de RFID (116_1:116_2) usando la propiedad de señal detectada, en el que la probabilidad de recuperación de una colisión (α_i) que describe una probabilidad de que una señal pueda ser decodificada de forma precisa depende de una relación de señal con respecto a ruido de la trama actual (110); y ajustar una longitud de trama (L) de una trama posterior (112) en función de la probabilidad de recuperación de una colisión (α_i).

14. Programa informático para realizar un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13.

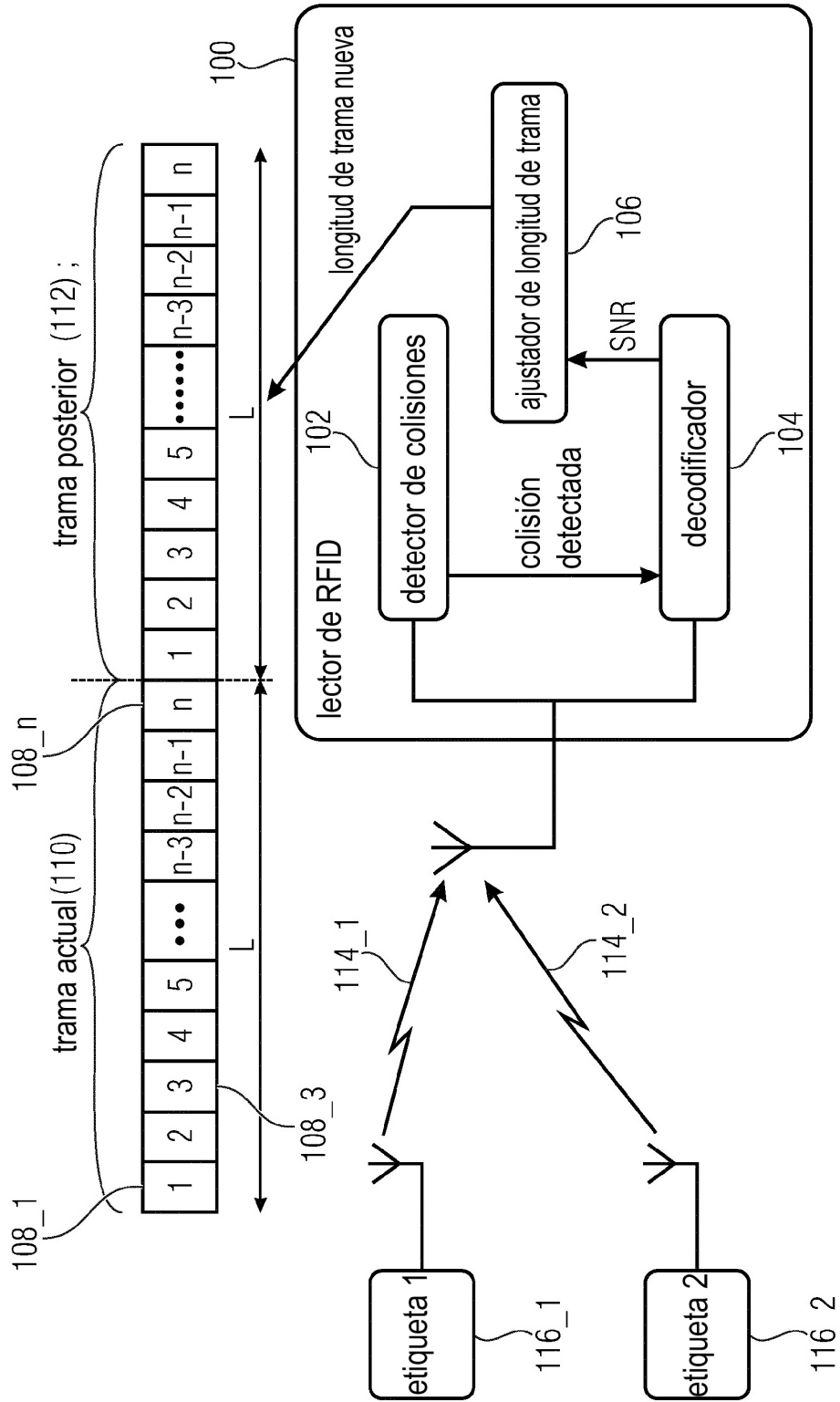


FIG 1

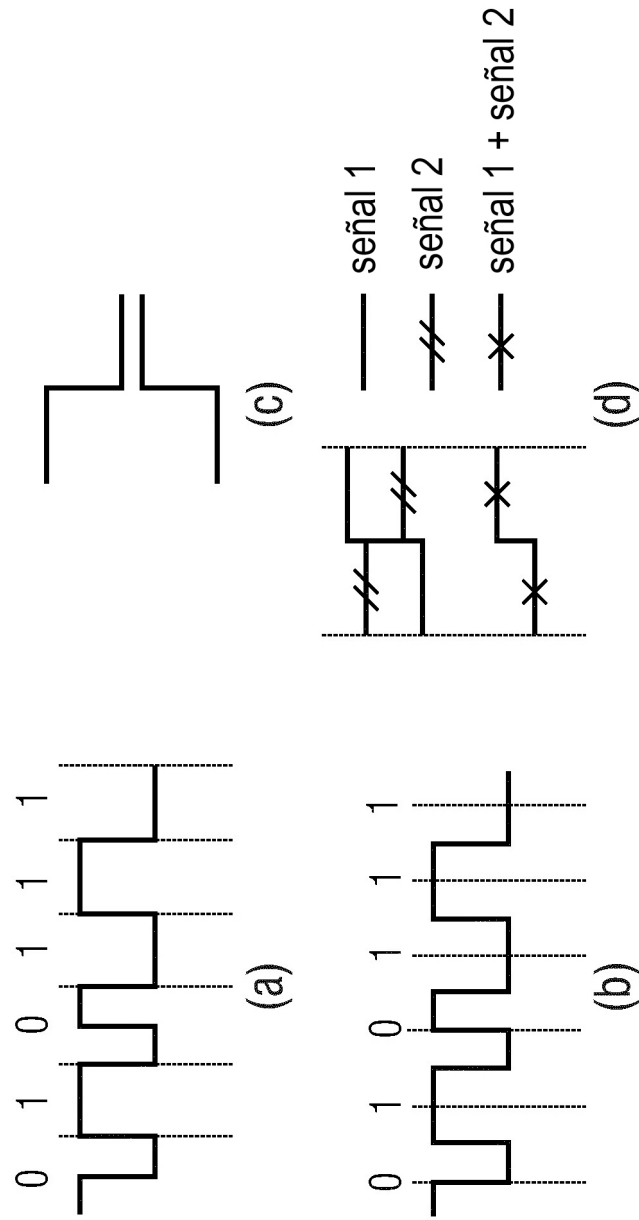
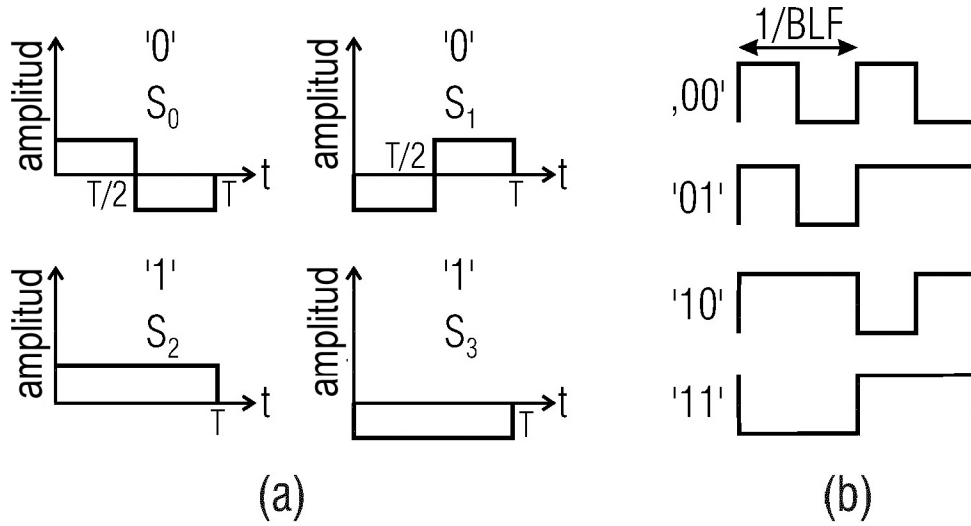


FIG 2



Preámbulo extendido de FMO

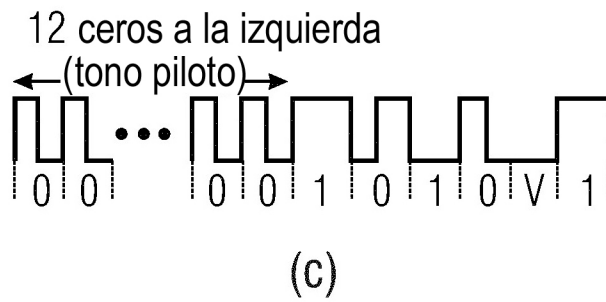
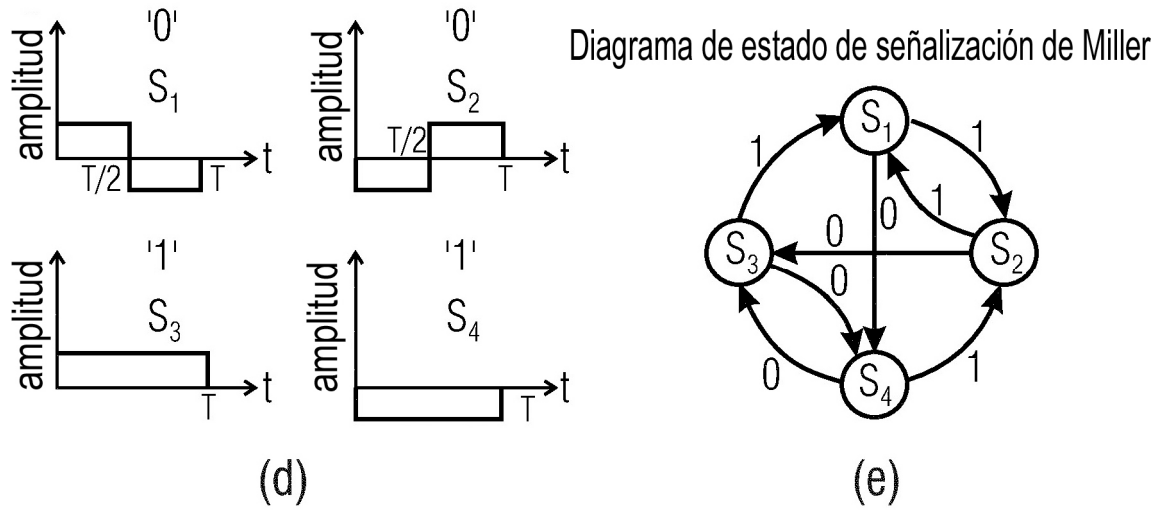


FIG 3



Preámbulo extendido de Miller

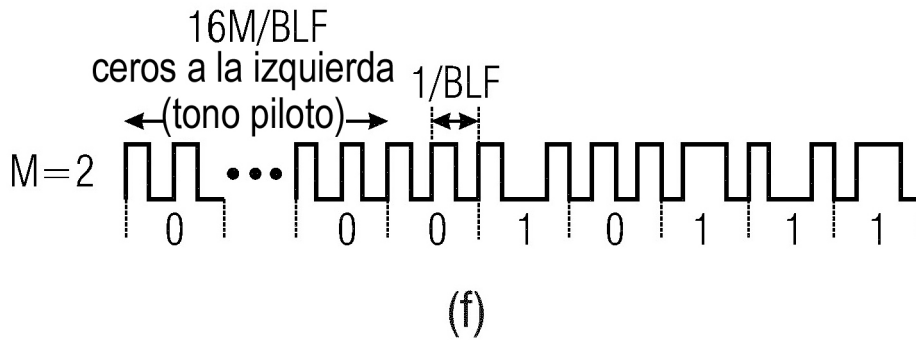


FIG 3

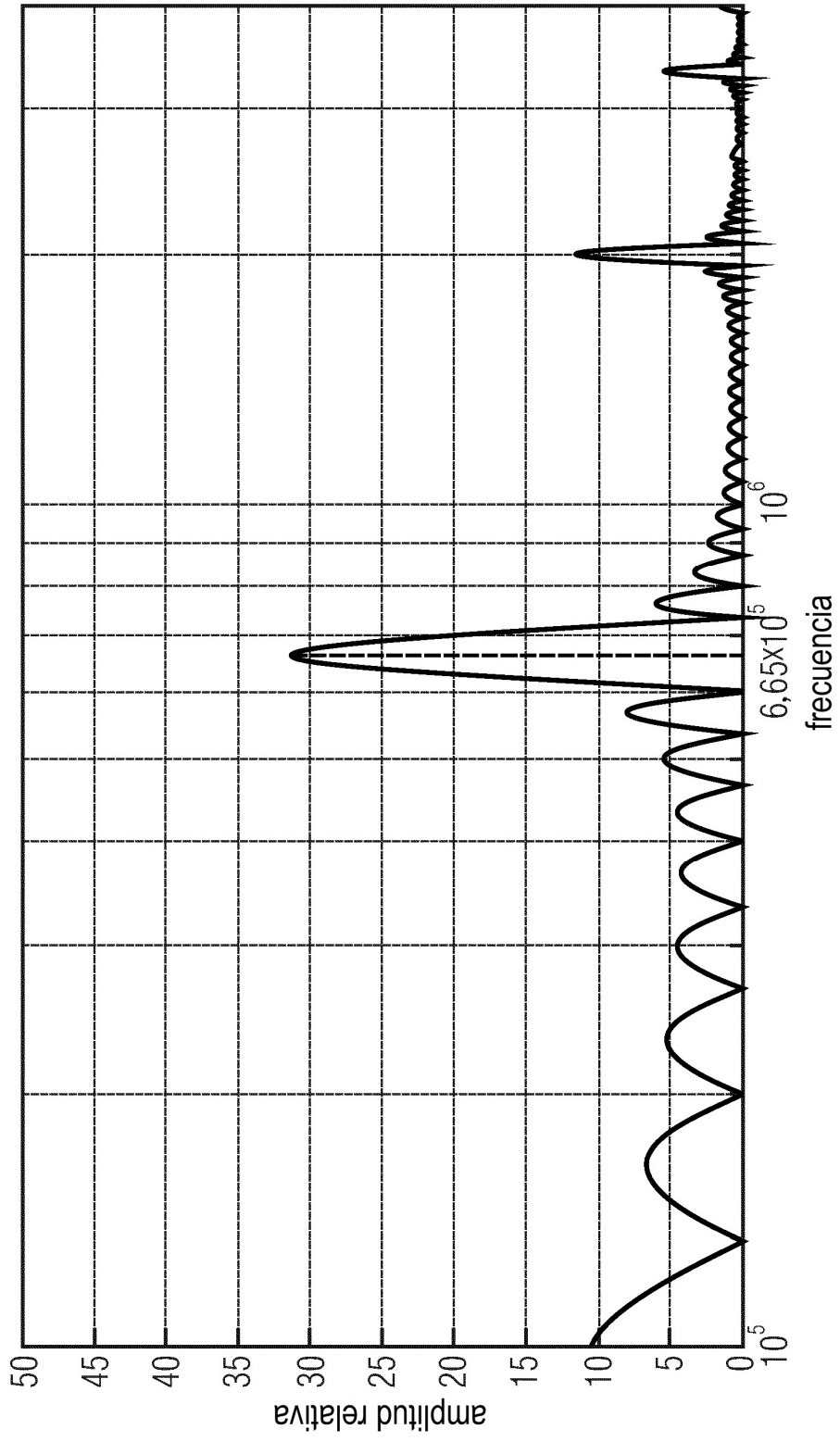


FIG 4

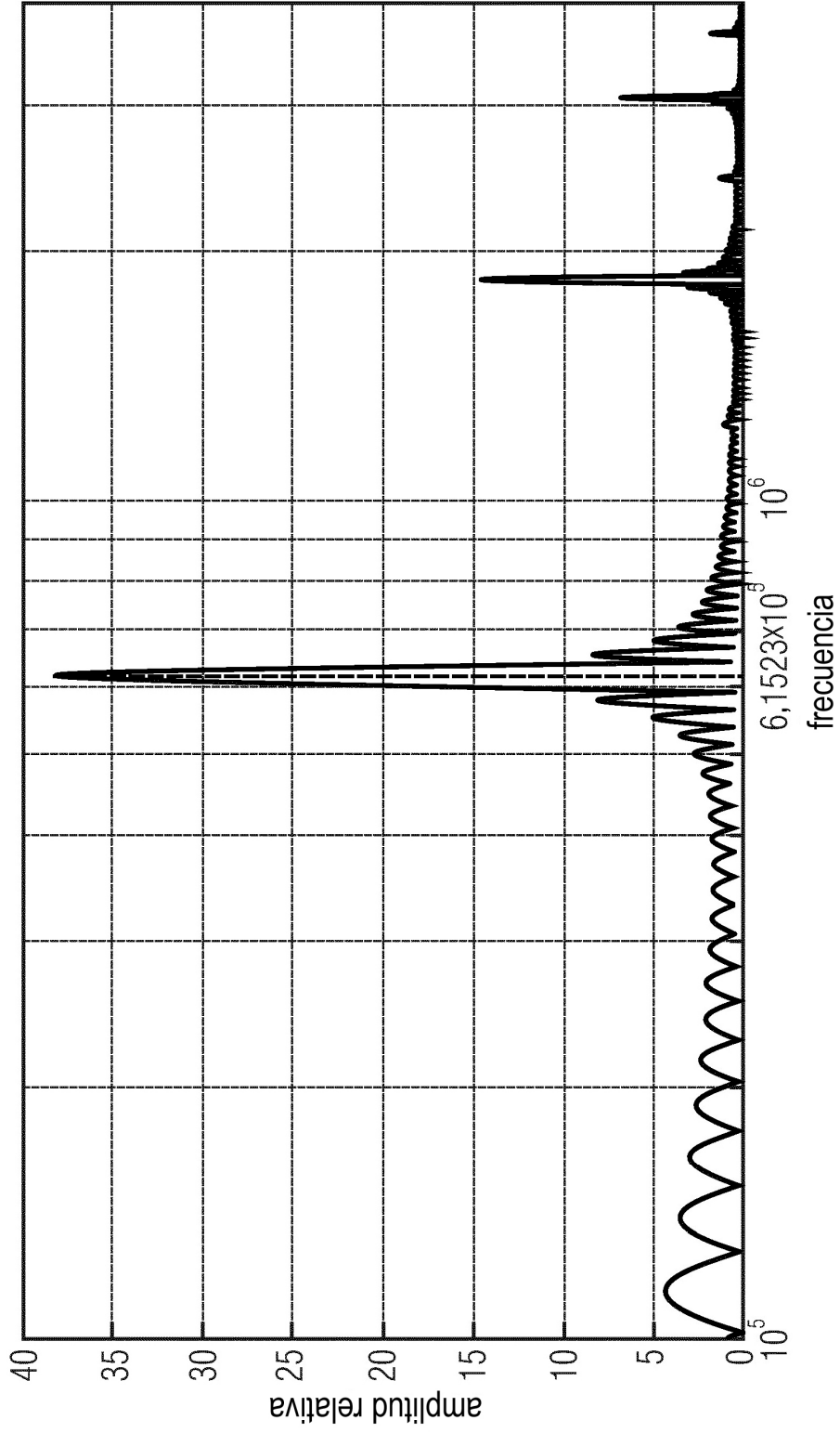


FIG 5

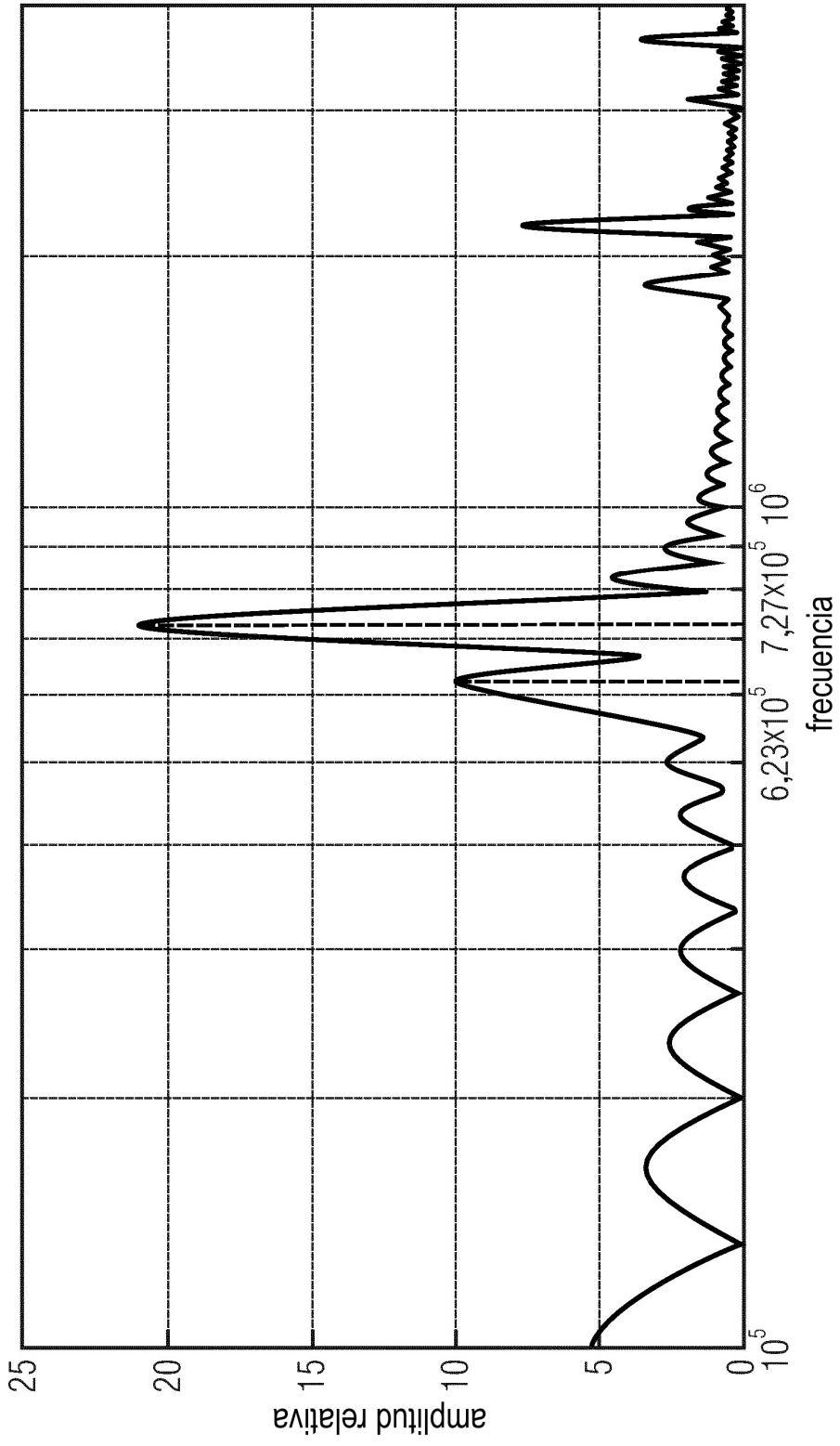


FIG 6

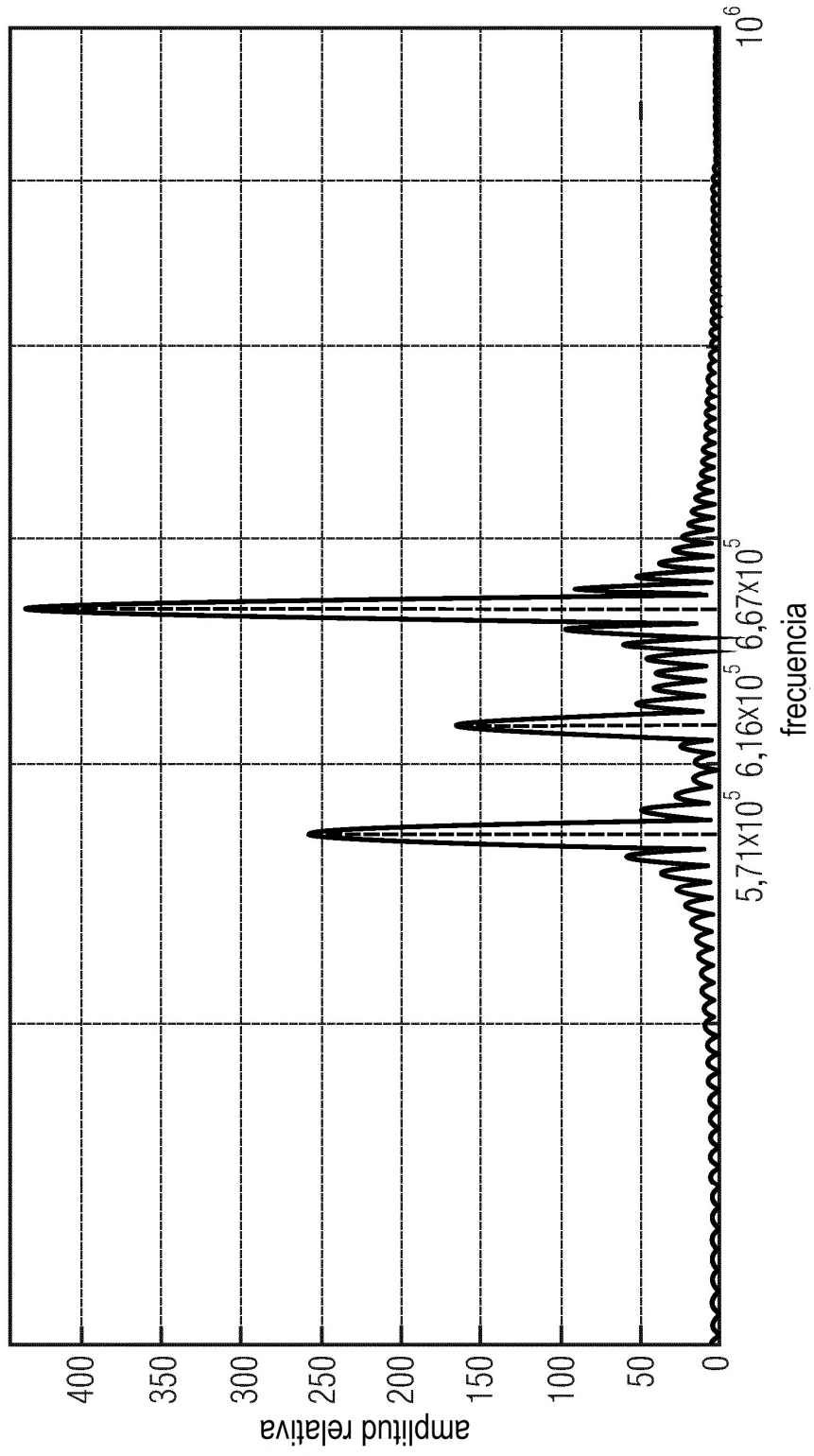


FIG 7

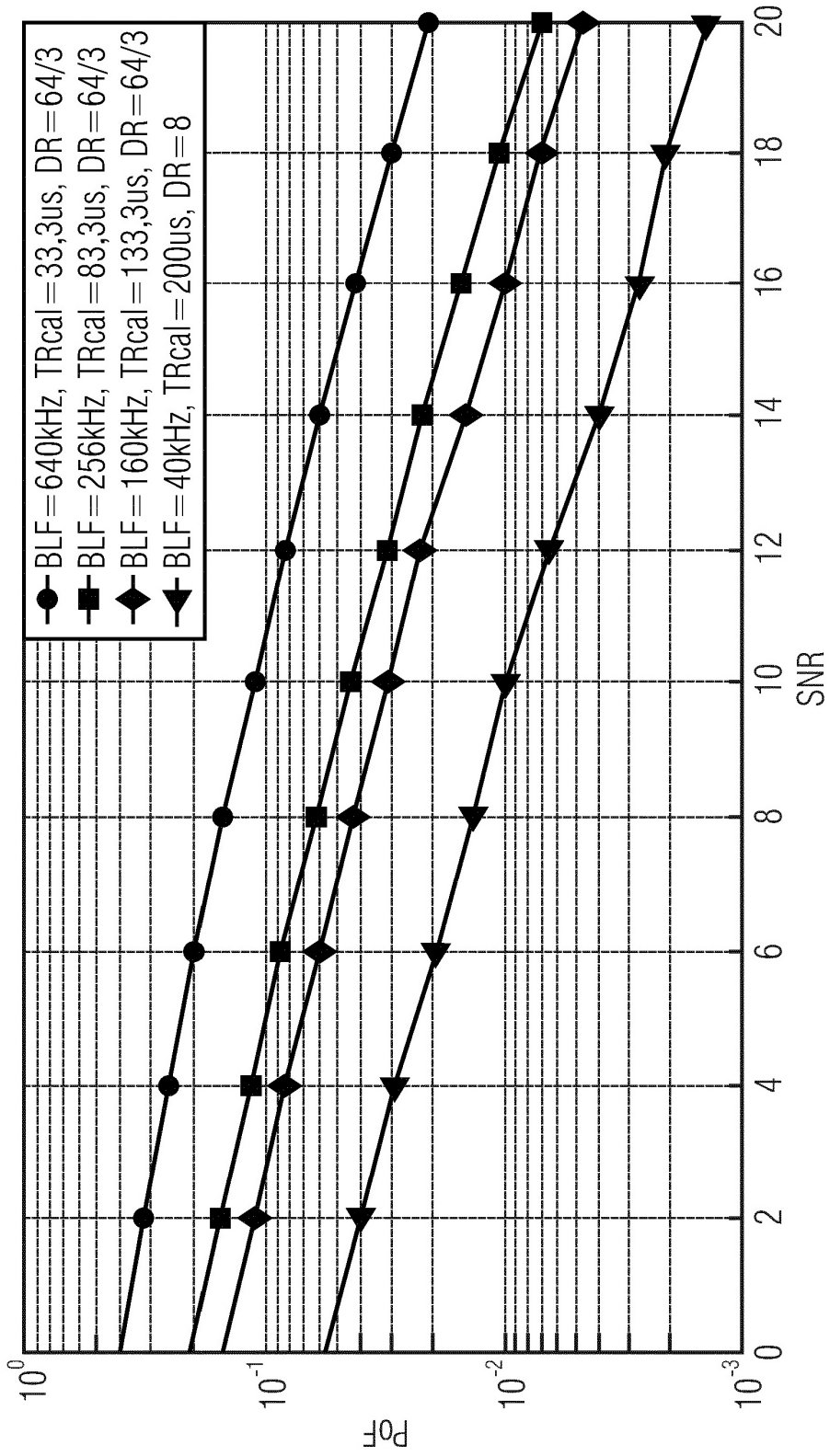


FIG 8

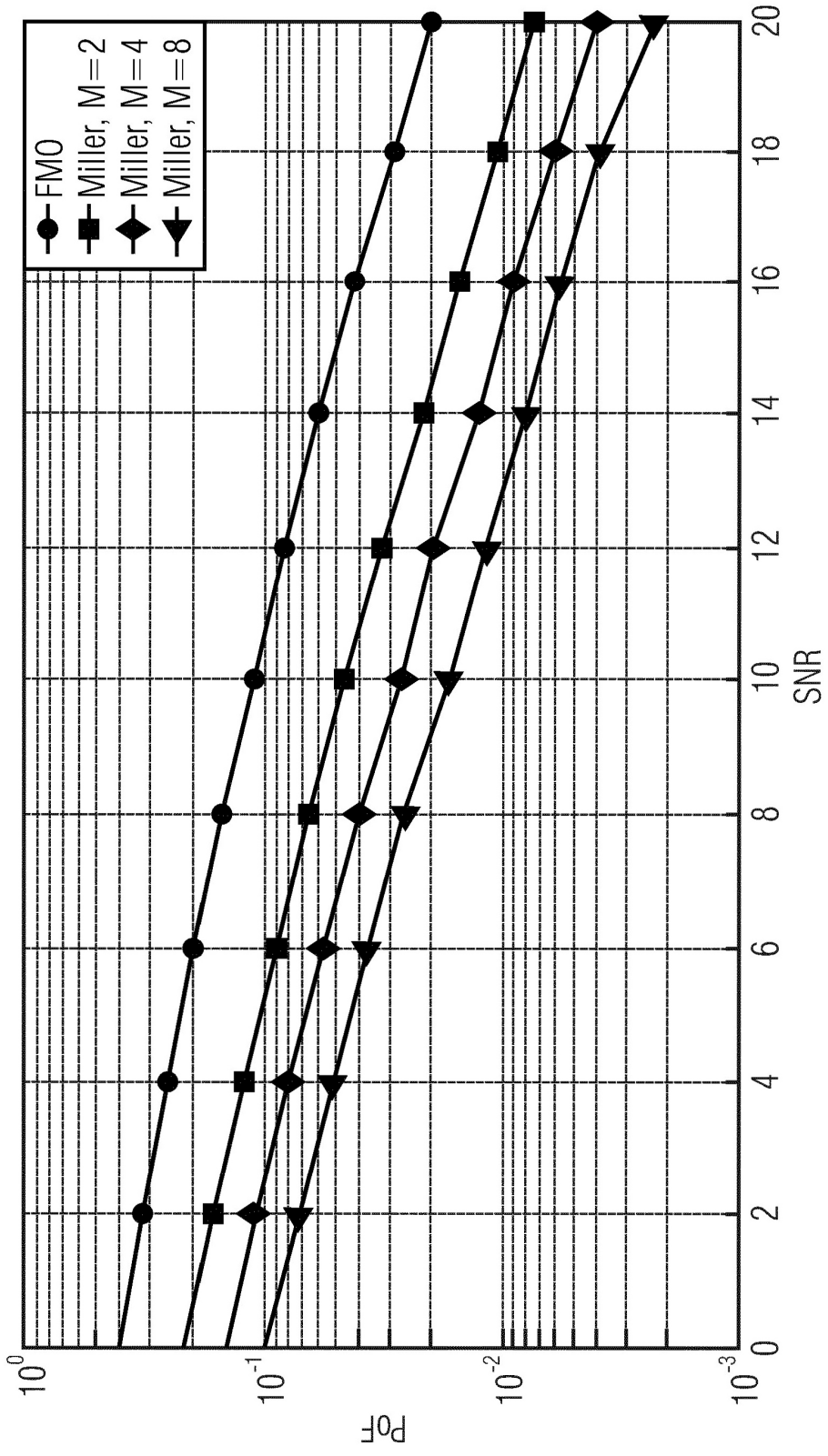


FIG 9

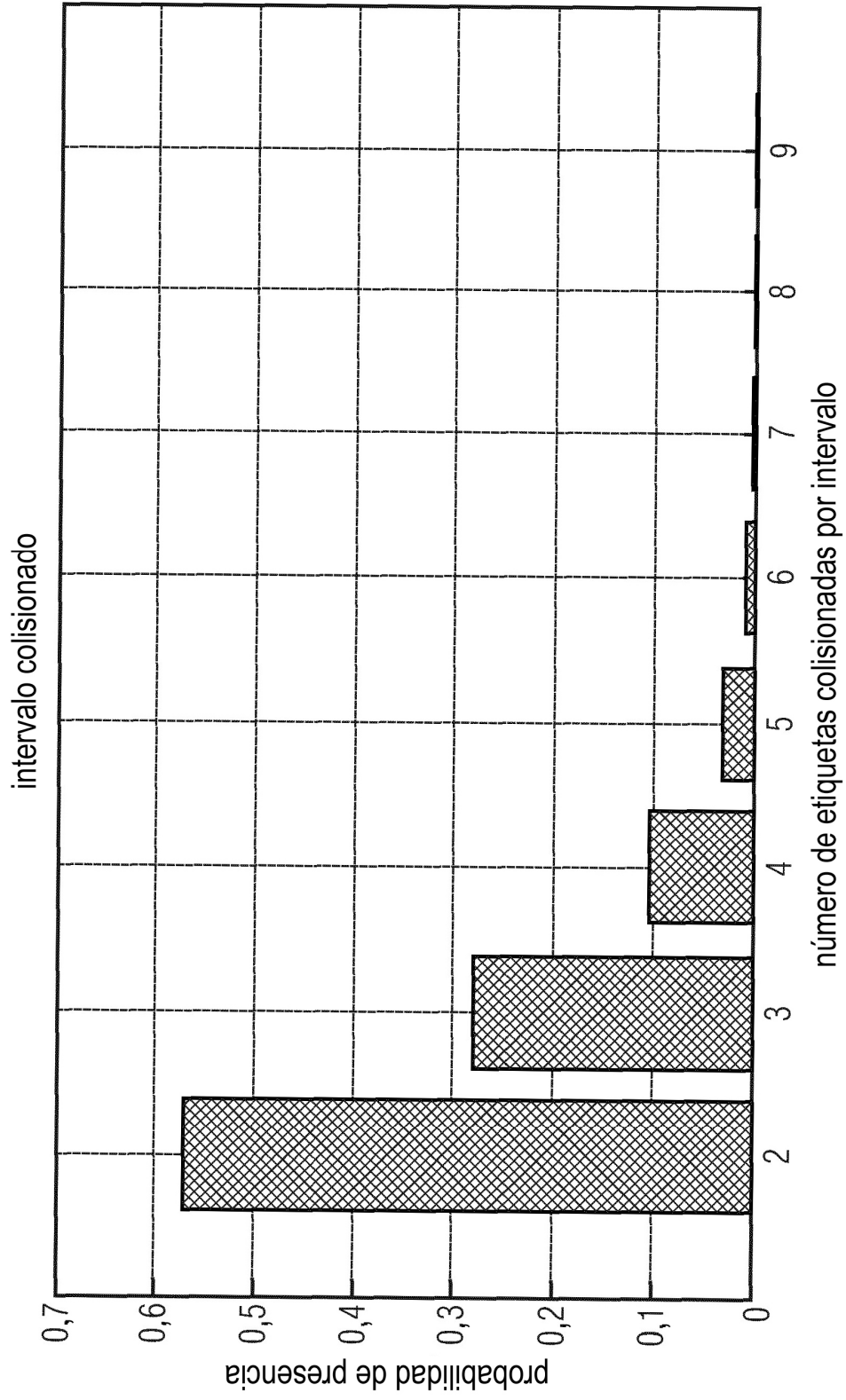


FIG10

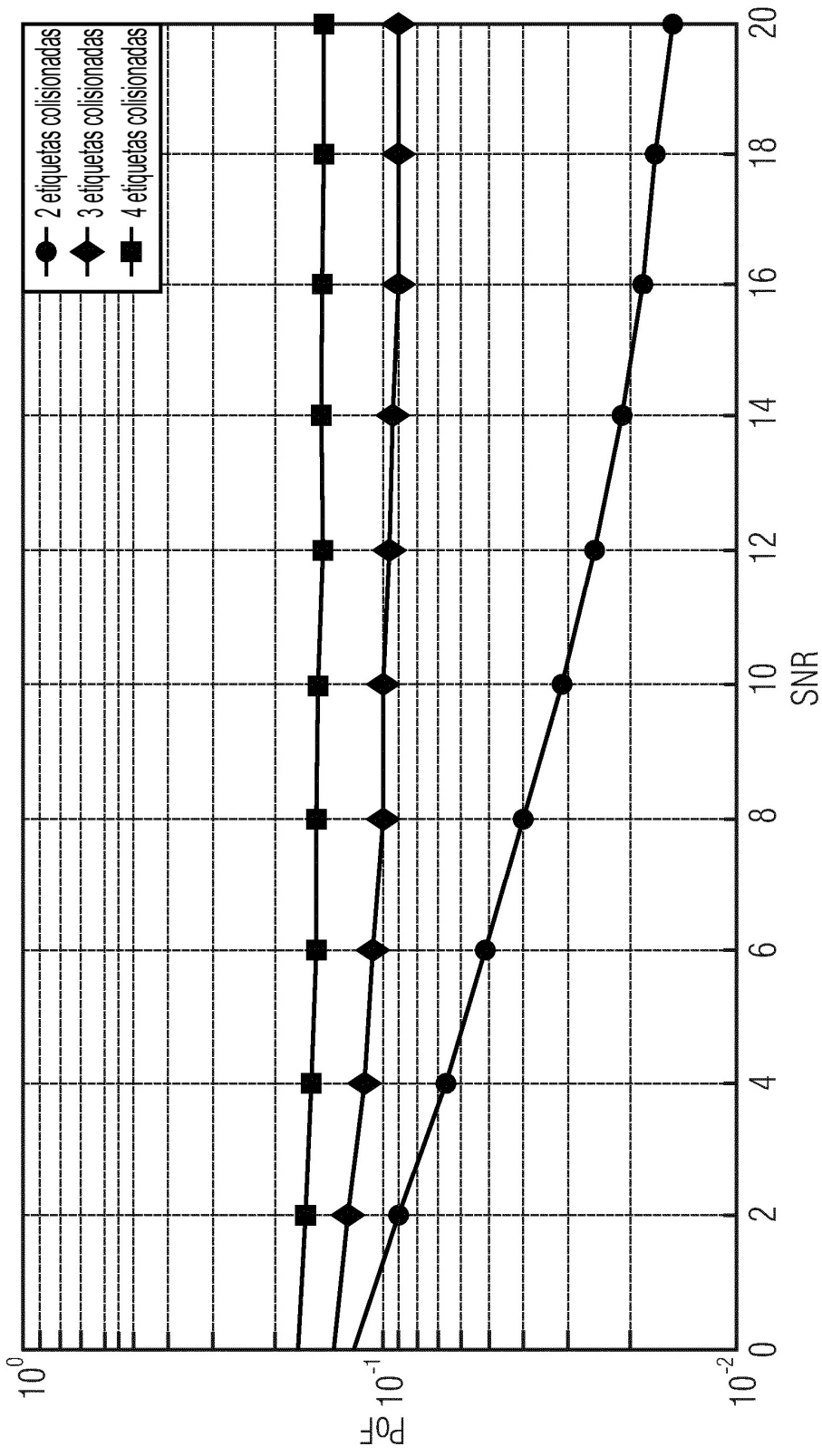


FIG 11

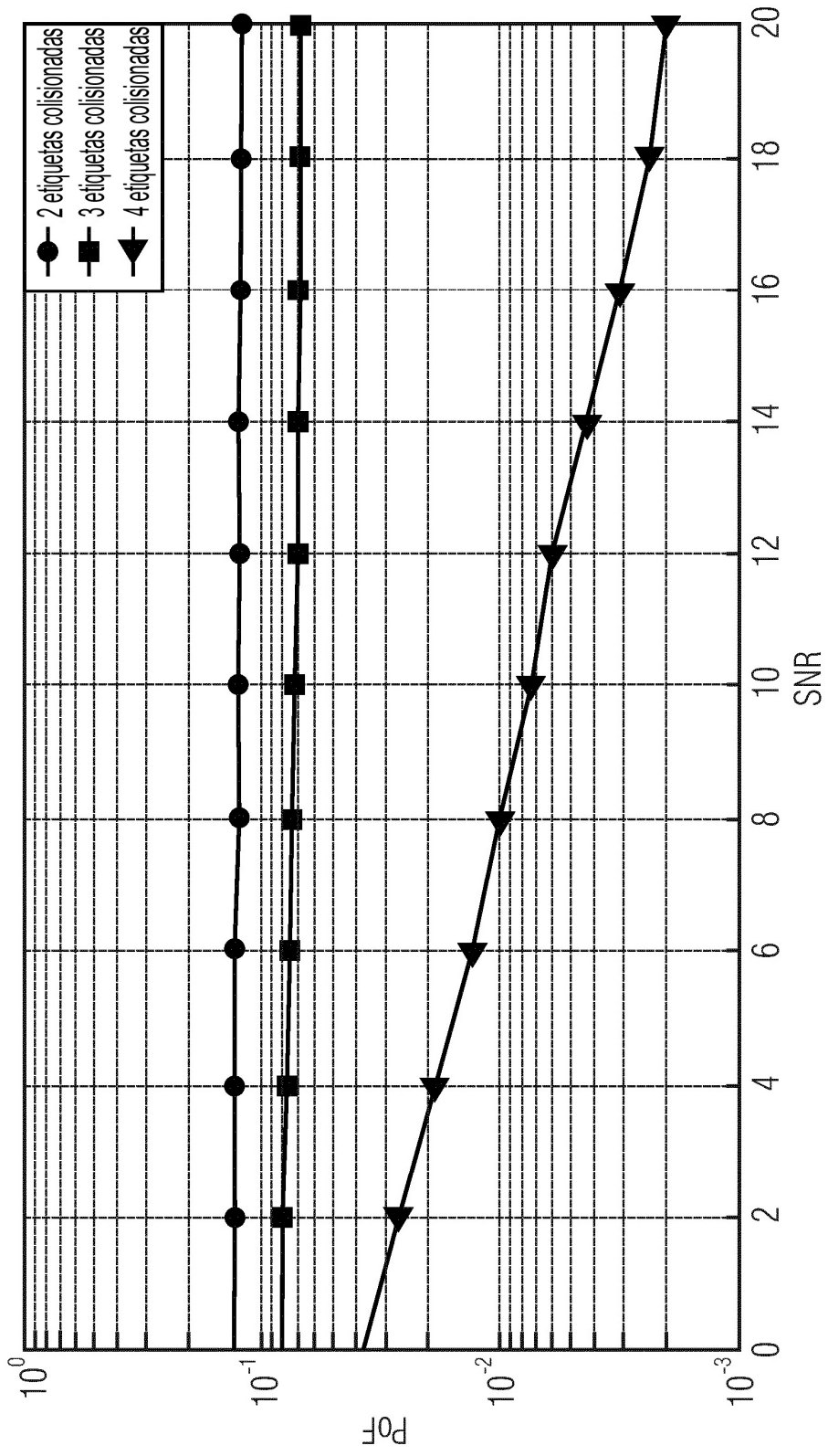


FIG 12

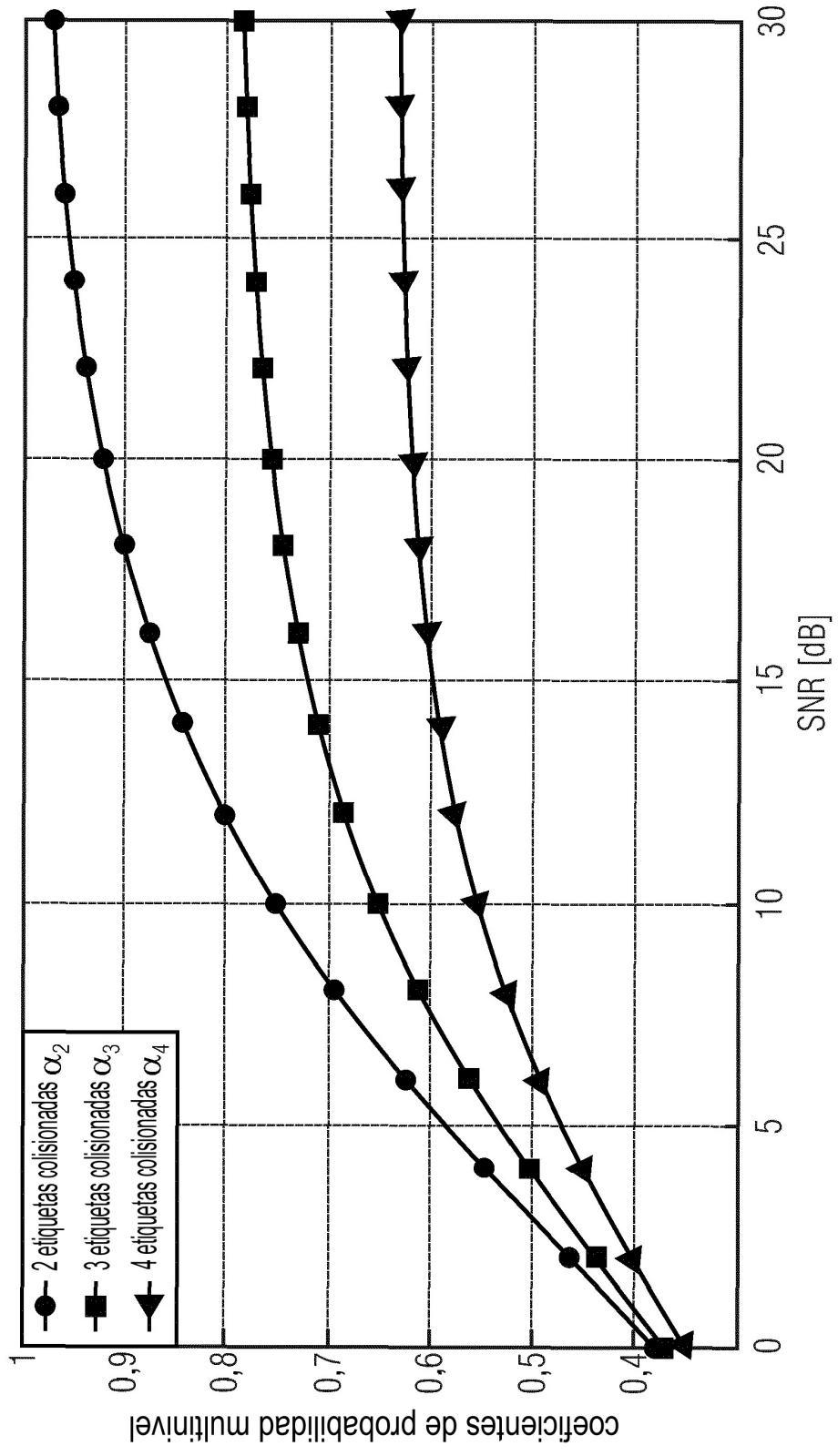


FIG 13

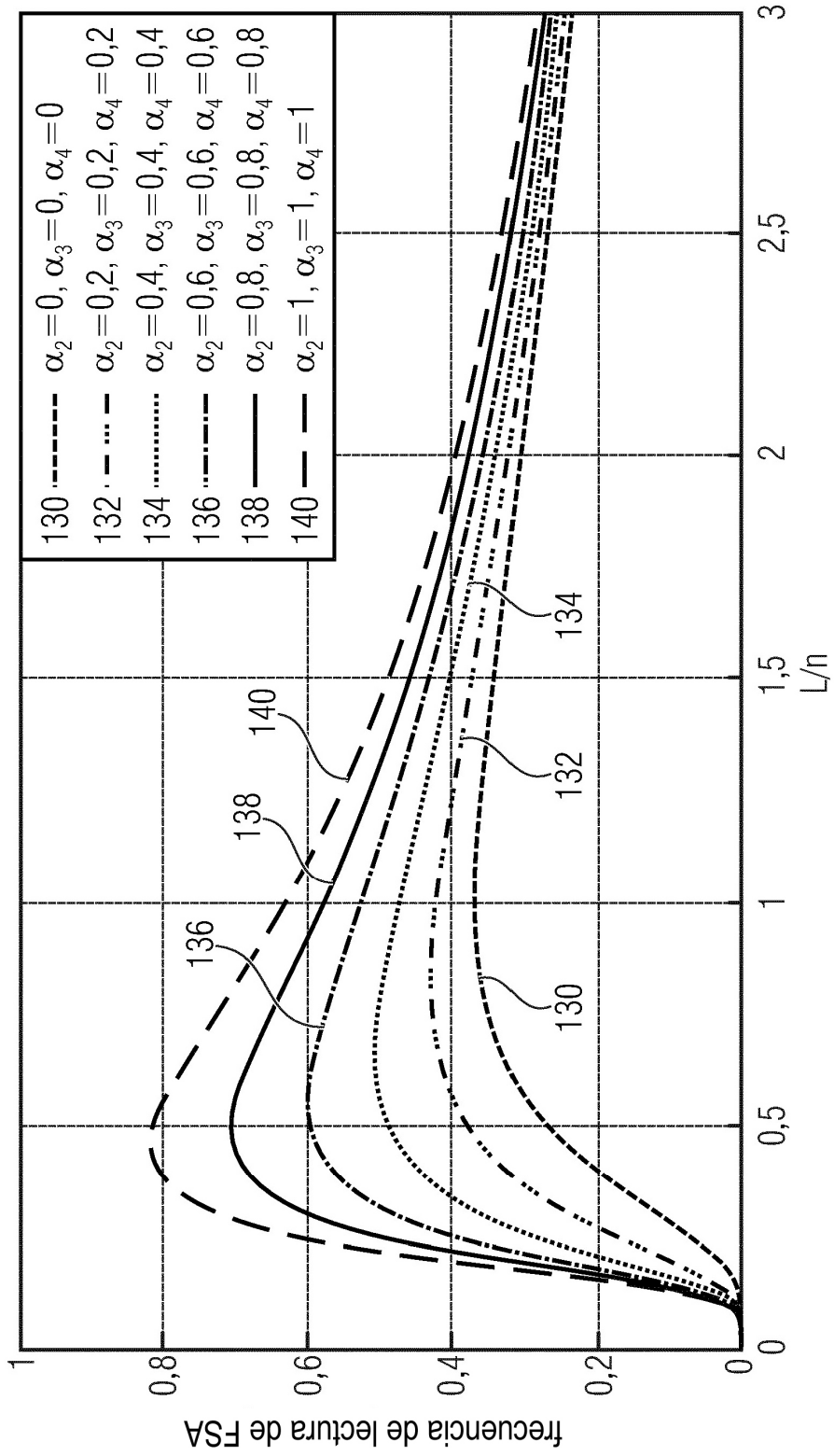


FIG 14

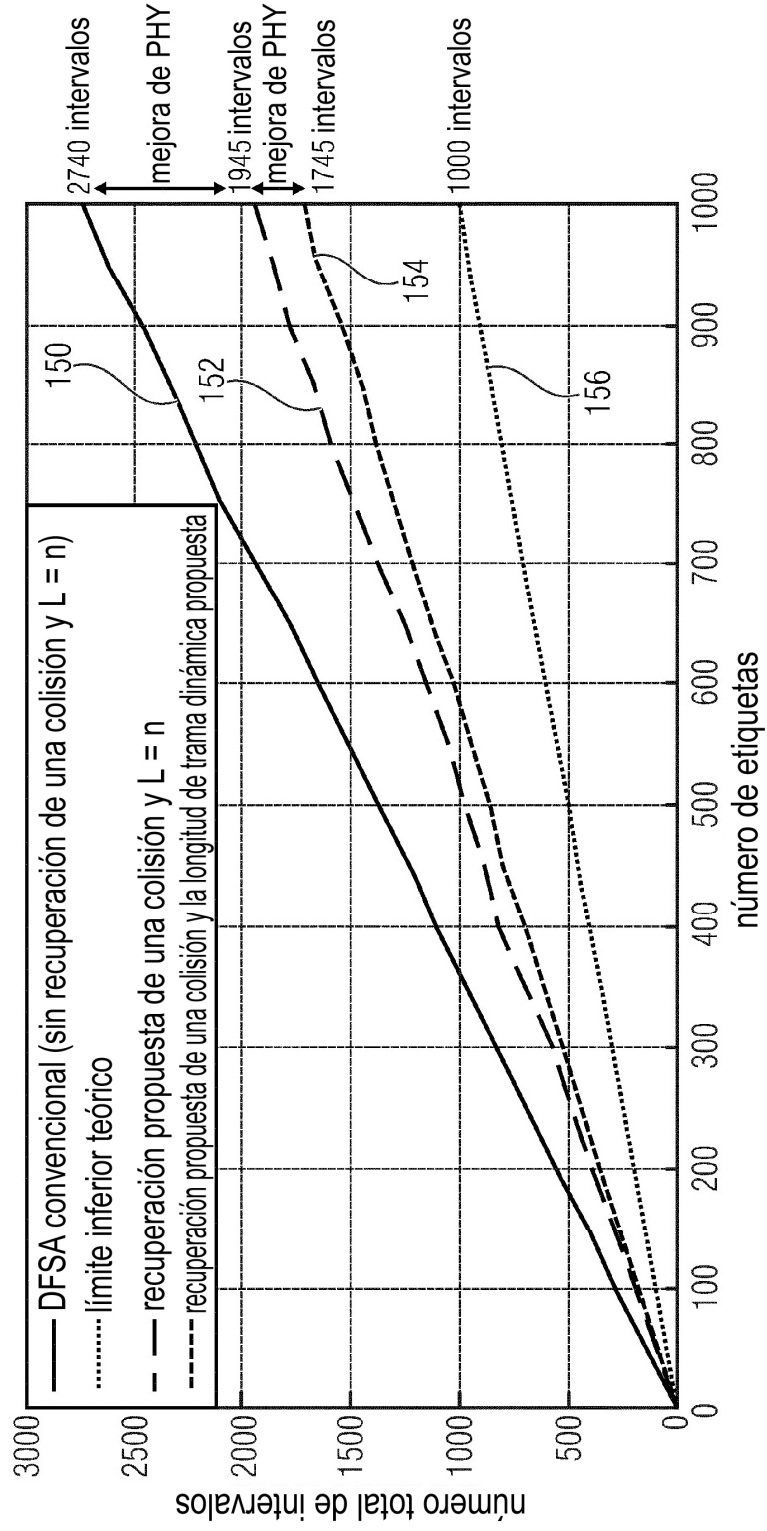


FIG 15

200

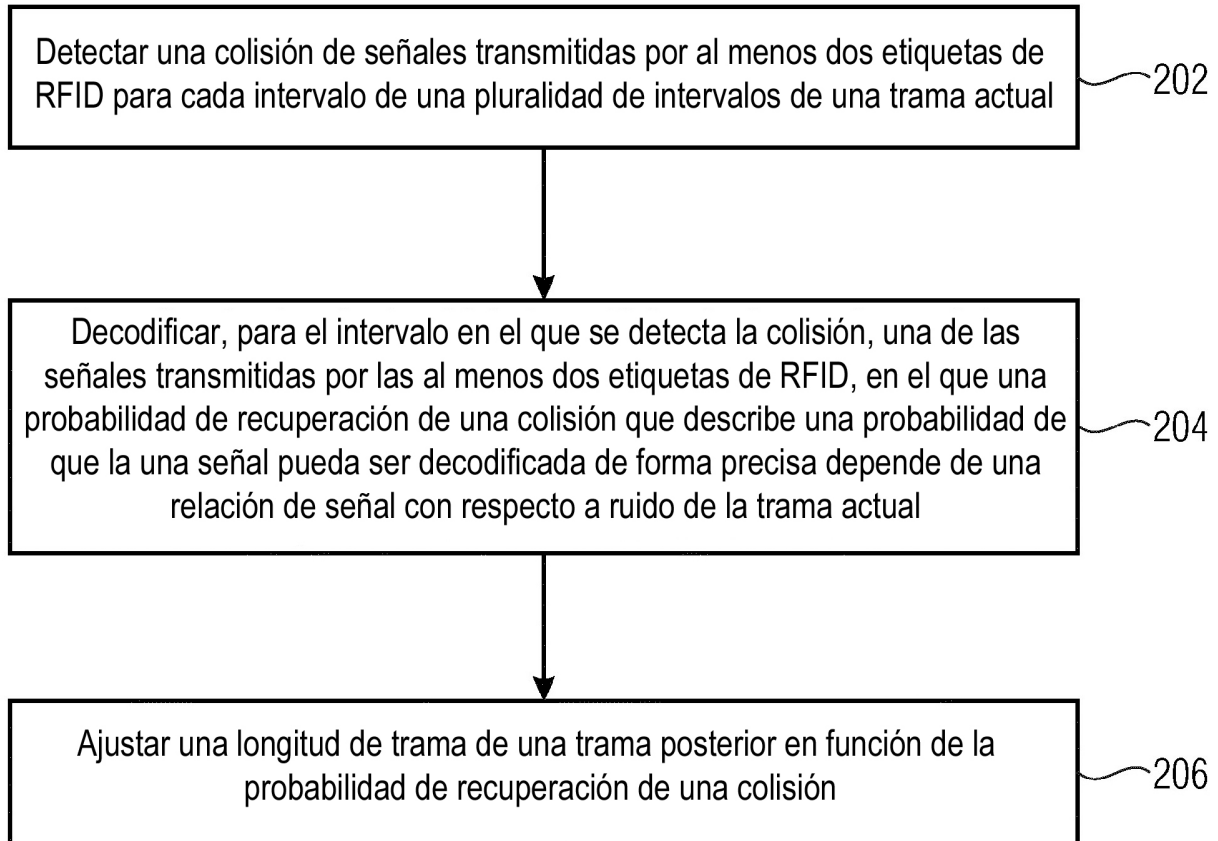


FIG 16