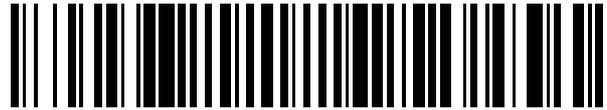


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 428 024**

51 Int. Cl.:

G07B 15/06 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.05.2012 E 12167424 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2013 EP 2541503**

54 Título: **Procedimiento y sistema de medición del margen de un enlace de RF**

30 Prioridad:

28.06.2011 CA 2744625

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

05.11.2013

73 Titular/es:

**KAPSCH TRAFFICCOM AG (100.0%)
Am Europlatz 2
1120 Wien, AT**

72 Inventor/es:

TERRIER, DANIEL

74 Agente/Representante:

ZEA CHECA, Bernabé

ES 2 428 024 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

Procedimiento y sistema de medición del margen de un enlace de RF

5 **Campo de la invención**

[0001] La presente solicitud se refiere a sistemas de cobro electrónico de peaje (*Electronic Toll Collection - ETC*) y, en particular, a un procedimiento y sistema para la medición del margen de RF (Radio Frecuencia) en un sistema *ETC*.

10

Antecedentes de la invención

15

[0002] En los sistemas de cobro electrónico de peaje (*Electronic Toll Collection - ETC*), la Identificación Automática de Vehículos (*Automatic Vehicle Identification - AVI*) se logra mediante el uso de comunicaciones por radiofrecuencia ("RF") entre lectores en carretera y transpondedores (*transponders*) dentro de los vehículos. Cada lector emite una señal de identificación codificada, y cuando un transpondedor entra en el alcance de comunicación y detecta el lector, el transpondedor envía una señal de respuesta. La señal de respuesta contiene información de identificación del transpondedor, que incluye un ID único del transpondedor. En Estados Unidos, los sistemas actuales de comunicación *AVI* RF se autorizan bajo la categoría de Sistemas de Localización y Monitoreo (*Location and Monitoring Systems - LMS*) a través de las disposiciones del Código de Regulaciones Federales (*Code of Federal Regulations - CFR*) Título 47 Parte 90 Sub-parte M.

20

US 2010/0237998 A1 describe el uso de parámetros de comunicación por RF dependientes del transpondedor para transpondedores particulares, almacenados en una base de datos del lector. Los parámetros son ajustados de acuerdo con resultados anteriores de comunicación.

25

[0003] Los sistemas *ETC* actuales pueden ser clasificados como basados en carriles o en carretera abierta.

30

[0004] En un sistema basado en carriles, los vehículos están limitados lateralmente por medios físicos, tales como barreras entre los carriles, a fin de impedir que un vehículo cambie de carril mientras está en la zona de comunicación. El lector controla los canales del lector, cada uno de los cuales corresponde a una cobertura de RF de un carril de vehículos en particular. En ciertos sistemas basados en carriles la zona de captura está típicamente diseñada para que tenga una longitud inferior a la longitud de un coche (por ejemplo, aproximadamente 2,4 metros (8 pies de largo) y 3 metros (10 pies) de ancho. Así, cuando un vehículo con un transpondedor pasa a través de una zona de captura, la localización del vehículo es asociada fácilmente con el carril concreto en ese instante en el tiempo, y la corta longitud de la zona permite una alineación temporal exacta con los sistemas de formación de imágenes de detección de vehículos.

35

40

[0005] Los sistemas de carretera abierta, de lo contrario, permiten que el tráfico fluya libremente sin el obstáculo de las barreras de carril. Aunque muchos sistemas de carretera abierta tienen zonas de captura similares en tamaño a las utilizadas en los sistemas basados en carriles, los vehículos no están limitados a un carril en particular. Por ejemplo, pueden estar a medio camino entre dos carriles, y no es necesario que circulen en paralelo a los carriles. Por ejemplo, un vehículo puede cambiar de carril a su paso por la zona de peaje.

45

[0006] Los sistemas de carretera abierta pueden emplear más canales que carriles para proporcionar zonas de captura RF superpuestas o escalonadas sobre múltiples carriles. El lector analiza las detecciones procedentes de múltiples zonas de captura para determinar a qué zona asignar la ubicación del vehículo. Esto se denomina a veces como un algoritmo de "voto", ya que la zona de captura que recibe la mayoría de las respuestas de un transpondedor indica la ubicación probable del vehículo correspondiente. Un ejemplo de tal sistema *ETC* se describe en la Patente de EE.UU. N° 6.219.613, que es de propiedad en común con la presente.

50

55

[0007] Cuando un sistema *ETC* se instala por primera vez, ya sea basado en carriles o en carretera abierta, las pruebas de margen del enlace de RF se realizan como parte de lo que se conoce como un proceso de "ajuste de carril". El ajuste de carril tiene como objetivo calibrar la potencia de RF transmitida por cada antena controlada por el lector. El margen del enlace de RF refleja la cantidad de atenuación adicional de RF que puede ser tolerada entre el lector y un determinado transpondedor antes de que las comunicaciones se conviertan en poco fiables. En un sistema *ETC*, se desea un margen de RF equilibrado para un rendimiento óptimo. Un margen de RF demasiado alto puede causar lecturas de "carriles cruzados" a través de las cuales un transpondedor es activado en un carril adyacente, lo que puede afectar a la precisión de la localización. Por otra parte, un margen de RF que es demasiado bajo provoca una comunicación poco fiable, y posiblemente una no comunicación, con algunas combinaciones de vehículo/transpondedor. Por lo tanto, se busca un margen de RF equilibrado cuando se instala por primera vez un sistema *ETC*.

60

[0008] El ajuste de carril típicamente incluye la generación de un mapa estático de margen de RF, por lo que el margen de RF se determina en múltiples puntos dentro de la zona de captura. El margen de RF puede ser determinado usando un atenuador variable físico, o un atenuador variable controlado digitalmente, con lo que la atenuación se incrementa hasta el punto en que cesa la comunicación entre una antena lectora y un transpondedor montado en un vehículo estacionario. Si el sistema *ETC* es de enlace de bajada (*downlink*) limitado (cuando hay un margen de enlace de subida de transpondedor a lector versus un margen de enlace de bajada de lector a transpondedor), según se supone en la descripción siguiente, un atenuador común que se aplica tanto a la trayectoria de la transmisión como de la recepción mide el margen del enlace de bajada. El ajuste de carril también puede implicar la determinación de un margen de RF pico dinámico, con lo que el margen de RF máximo es registrado cuando un vehículo circula por una zona de captura múltiples veces. El proceso requiere que un operador esté in situ con un vehículo de prueba y un transpondedor de referencia, y requiere que el carril que se está probando esté cerrado al tráfico.

[0009] Con el tiempo, el margen de RF puede cambiar (por lo general disminuye debido a la degradación de los componentes, al tiempo, u a otros factores), lo que repercute negativamente en el enlace de comunicaciones entre el lector y el transpondedor. Una opción es volver a probar periódicamente el ajuste de carril mediante la repetición de la totalidad o parte de las actividades que se realizan cuando un carril es inicialmente puesto en marcha. Por ejemplo, se puede realizar de nuevo una prueba de margen dinámica; sin embargo, esto requiere que el carril correspondiente sea cerrado al tráfico durante la duración de la prueba, la cual en los procedimientos actuales puede tardar horas en completarse.

[0010] Algunos sistemas *ETC* pueden emplear una indicación de la intensidad de la señal recibida (*Received Signal Strength Indication - RSSI*) en el bloque receptor de un módulo lector de RF con el fin de estimar el margen del enlace de RF. La presente invención describe un procedimiento que no depende de la medición de la intensidad de la señal recibida por el lector.

[0011] Sería ventajoso proporcionar unos procesos y sistemas mejorados para probar el margen de enlace de RF en un sistema *ETC*, especialmente uno que se ajuste a vehículos que circulan a velocidades de autopista.

Breve descripción de los dibujos

[0012] A continuación se hará referencia, a modo de ejemplo, a los dibujos adjuntos que muestran realizaciones de la presente invención, y en los que:

[0013] La figura 1 muestra, en forma de diagrama de bloques, un ejemplo de sistema de cobro electrónico de peaje (*ETC*);

[0014] La figura 2 ilustra esquemáticamente una serie de intercambios exitosos de señales de comunicación entre una antena lectora y un transpondedor montado en un vehículo dentro de una zona de captura;

[0015] La figura 3 muestra un ejemplo de gráfica de mapa estático de RF de la zona de captura, que muestra un margen de RF disponible a unas distancias de la antena lectora seleccionadas;

[0016] La figura 4 muestra, en forma de diagrama de bloques, los componentes de un ejemplo de lector *ETC*;

[0017] La figura 5 muestra unos protocolos de acuerdo de comunicación designados para la realización de unas muestras de prueba de margen;

[0018] La figura 6 muestra, en forma de diagrama de flujo, un procedimiento para realizar una prueba de margen a velocidad de autopista; y

[0019] La figura 7 muestra, en forma de diagrama de flujo, un procedimiento de generar la lista de transpondedores candidatos para una prueba de margen.

[0020] Se utilizan números de referencia similares en diferentes figuras para denotar componentes similares.

Descripción de realizaciones específicas

[0021] En un aspecto, la presente solicitud está dirigida a un procedimiento para probar el margen de RF en un sistema de cobro electrónico de peaje que tiene una zona de captura de acuerdo con la reivindicación 1. En otro aspecto, la presente invención está dirigida a un sistema de cobro electrónico de peaje, que incluye un lector y una antena que definen una zona de captura en una carretera de acuerdo con la reivindicación 15.

[0022] Otros aspectos y características de la presente invención serán evidentes para los expertos normales en la técnica a partir de una revisión de la siguiente descripción detallada cuando se considera en conjunción con los dibujos.

5 [0023] Se hace referencia primero a la figura 1, que muestra, en forma de diagrama de bloques, un ejemplo de sistema de cobro electrónico de peaje (*ETC*) 10. El sistema *ETC* 10 se emplea en conexión con una carretera 12 que tiene uno o más carriles para el tráfico de vehículos. La flecha indica la dirección de circulación en la carretera 12. Para propósitos esquemáticos, se ilustra un vehículo 22 en la carretera 12. En algunos casos, la carretera 12 puede ser una carretera de acceso que conduce hacia o lejos de una autopista de peaje. En otros casos, la carretera 12 puede ser la autopista de peaje.

10 [0024] El vehículo 22 se muestra en la figura 1 con un transpondedor 20 montado en el parabrisas. En otras formas de realización, el transpondedor 20 puede estar montado en otras ubicaciones. Por ejemplo, puede estar montado en o cerca del área de la placa de matrícula de la zona del parachoques delantero del vehículo.

15 [0025] El sistema *ETC* 10 incluye unas antenas 18 conectadas a un lector de identificación automática de vehículos (*AVI*) 17. El lector 17 genera señales para su transmisión por las antenas 18 y procesa señales que son recibidas por las antenas 18. El lector 17 incluye un procesador 35 y uno o más módulos de radio frecuencia (*RF*) 24 (se muestra uno por claridad). En muchas implementaciones, cada antena 18 puede tener un módulo de *RF* 24 dedicado; aunque en algunas formas de realización un módulo de *RF* 24 puede ser compartido por más de una antena 18 a través de multiplexación en el tiempo.

20 [0026] Las antenas 18 son antenas direccionales de transmisión y recepción que, en la realización ilustrada, están orientadas para definir una serie de zonas de captura 26 que se extienden a través de la carretera 12 en una dirección ortogonal. La disposición de las zonas de captura 26 define la zona de comunicación dentro de la cual se llevan a cabo transacciones de peaje utilizando un protocolo de comunicaciones *ETC*. Aunque la figura 1 muestra una antena 18 centrada en cada carril de la carretera 12, en muchas formas de realización, el sistema *ETC* 10 también incluye antenas 18 entre cada uno de los carriles, es decir, antenas puente (*straddle antennas*) posicionadas aproximadamente por encima de las divisiones de carril para proporcionar una cobertura superpuesta con las antenas de mitad de carril.

25 [0027] El sistema *ETC* 10 puede operar, por ejemplo, dentro de las bandas de radio industriales, científicas y médicas (*Industrial, Scientific and Medical - ISM*) de 902 a 928 MHz. Por ejemplo, el sistema *ETC* 10 puede realizar comunicaciones a 915 MHz. En otras formas de realización, se pueden usar otras bandas/frecuencias, incluyendo 2,4 GHz, 5,9 GHz, etc.

30 [0028] El sistema *ETC* 10 puede funcionar usando transpondedores activos, pasivos o semi-pasivos. En general, un transpondedor activo es alimentado por batería y genera y transmite una señal de respuesta cuando detecta una difusión de señal de activación (*trigger signal*) procedente de una de las antenas 18. Un transpondedor pasivo se basa en una difusión de señal de *RF* de onda continua por parte de una de las antenas 18 para activar la circuitería del transpondedor y luego utiliza la modulación de retro-propagación (*backscatter modulation*) de la señal de *RF* de onda continua para transmitir una señal de respuesta a la antena 18. Un transpondedor semi-pasivo es similar a un transpondedor pasivo, pero puede incluir una batería para suministrar energía para funciones del transpondedor no relacionadas con la recepción y transmisión de señales de *RF* (por ejemplo, para alimentar características de interfaz de usuario, tales como luces indicadoras). En cualquiera de los casos, el sistema *ETC* 10, y, en particular, el lector 17 y las antenas 18, sondean continuamente las zonas de captura 26 utilizando una multiplexación por división del tiempo para evitar interferencias en las zonas de captura 26 superpuestas. El sondeo puede ser en forma de un envío de un activador (*trigger*) o señal de sondeo (*polling signal*) y esperar una señal de respuesta procedente de cualquier transpondedor que pasa a estar dentro de la zona de captura 26.

35 [0029] En el sistema *ETC* 10, se detectan por primera vez los vehículos cuando entran en las zonas de captura 26 y el transpondedor montado en el vehículo 20 responde a una difusión de señal activadora o de sondeo por parte de una de las antenas 18. La frecuencia del sondeo es tal que a medida que el vehículo 22 atraviesa las zonas de captura 26, el transpondedor 20 recibe y responde a señales de activación o de sondeo procedentes del lector 17 un número de veces. Cada uno de estos sondeos-respuestas puede ser denominado en este documento como un "protocolo de acuerdo" ("*handshake*") o "protocolo de acuerdo entre lector y transpondedor" ("*reader-transponder handshake*").

40 [0030] Una vez que el lector 17 identifica el transpondedor 20 como un transpondedor recién llegado 20, puede iniciar el proceso de una transacción de peaje *ETC*. Una transacción de peaje *ETC* puede incluir programar el transpondedor 20 por medio del envío de una señal de programación que el transpondedor 20 utiliza para actualizar la información del transpondedor almacenada en la memoria del transpondedor 20. La transacción de peaje *ETC* puede incluir además debitar un saldo de cuenta por un monto de peaje, en algunas implementaciones. En algunos

casos, la transacción de peaje *ETC* también incluye la asignación de carril, que normalmente se produce más tarde en la zona de captura después de que se hayan producido múltiples protocolos de acuerdo. La transacción de peaje *ETC* también puede incluir la transmisión de un informe de la transacción desde el lector 17 a un controlador de carretera 30. En algunos casos, la transacción de peaje *ETC* puede incluir otras operaciones.

5 [0031] El sistema *ETC* 10 incluye además un sistema de vigilancia. El sistema de vigilancia puede incluir un sistema de formación de imágenes de vehículo, indicado en general por el número de referencia 34. El sistema de formación de imágenes de vehículo 34 está configurado para capturar una imagen de un vehículo dentro de la carretera 12 si el vehículo no puede completar una transacción de peaje con éxito. El sistema de formación de imágenes de vehículo 34 incluye cámaras 36 montadas con el fin de capturar la placa de matrícula trasera de un vehículo en la carretera 12. Un detector de vehículos 40 define una línea de detección de vehículos 44 que se extiende perpendicularmente a través de la carretera 12. El detector de vehículos 40 puede incluir un puente (*gantry*) que soporta un sistema de detección y clasificación de vehículos (*vehicle detection and classification - VDAC*) para identificar la presencia física de vehículos que pasan por debajo del puente y clasificarlos operativamente en forma de una característica física, por ejemplo altura. En algunas realizaciones de ejemplo, el detector de vehículos 40 puede incluir detectores de bucle (*loop detectors*) en la carretera para detectar un vehículo que pasa. Se pueden usar otros sistemas para la detección de la presencia de un vehículo en la carretera 12.

10 [0032] El procesador de formación de imágenes 42 y el detector de vehículos 40 están conectados e interactúan con el controlador de carretera 30. El controlador de carretera 30 también se comunica con componentes o sistemas *ETC* remotos (no mostrados) para el procesamiento de transacciones de peaje *ETC*. El controlador de carretera 30 recibe datos, como por ejemplo un informe de transacción, desde el lector 17 en relación con el transpondedor 20 y la presencia del vehículo 22 en la carretera 12, tal como su asignación de carril. El controlador de carretera 30 puede realizar aspectos de la transacción de peaje *ETC*, que, en algunas formas de realización, pueden incluir la comunicación con sistemas o bases de datos remotas. Al completar una transacción de peaje, el controlador de carretera 30 puede dar instrucciones al lector 17 para que se comunique con un transpondedor 20 para indicar si la transacción de peaje se ha realizado correctamente. El transpondedor 20 puede recibir una señal de programación procedente del lector 17 comunicando el éxito o el fracaso de la transacción de peaje y haciendo que actualice sus contenidos de la memoria. Por ejemplo, el transpondedor 20 puede estar configurado para almacenar la hora y el lugar de su último pago de peaje o un saldo de cuenta.

15 [0033] El controlador de carretera 30 recibe además datos procedentes del detector de vehículos 40 con respecto a los vehículos detectados en la línea de detección de vehículos 44. El controlador de carretera 30 controla el funcionamiento del sistema de vigilancia mediante la coordinación de la detección de vehículos con la posición de los vehículos que han completado con éxito una transacción de peaje. Por ejemplo, si se detecta un vehículo en la carretera en la línea de detección de vehículos 44 en un carril particular, el controlador de carretera 30 evalúa si se ha comunicado con un vehículo que ha completado una transacción de peaje con éxito y cuya posición corresponde a la posición del vehículo detectado. Si no, entonces el controlador de carretera 30 hace que el procesador de formación de imágenes 42 capture una imagen de la placa de matrícula del vehículo detectado.

20 [0034] Se apreciará que el controlador de carretera 30 debe tener información razonablemente precisa sobre la posición de cada uno de los vehículos en la carretera 12 para los que está llevando a cabo transacciones de peaje. Sin información de posición precisa y oportuna con respecto a cada uno de los vehículos, el controlador de carretera 30 es incapaz de correlacionar la posición de los vehículos con vehículos detectados por el detector de vehículos 40.

25 [0035] A medida que el vehículo se acerca al final de, o sale de, la zona de captura 26, el lector 17 o controlador de carretera 30 determina la posición del vehículo dentro de la carretera 12. Esto permite que el controlador de carretera 30 coordine la detección del vehículo por parte del detector de vehículos 40 con los vehículos conocidos en la carretera. Se puede observar en esta realización que sólo un vehículo está presente en una zona de captura 26 concreta en un momento dado.

30 [0036] En algunos casos, la posición del vehículo se determina en base a un algoritmo de "votación" que cuenta el número de protocolos de acuerdo (lectura y respuestas) entre el transpondedor 20 y cada antena 18. En base al número relativo de protocolos de acuerdo entre el transpondedor 20 y las diversas antenas 18, el lector 17 o el controlador de carretera 30 es capaz de determinar la posición probable del vehículo en la carretera 12. Esto se denomina a veces como una "asignación de carril".

35 [0037] Se hace referencia ahora a la figura 2, que ilustra esquemáticamente un patrón de protocolos de acuerdo dentro de una zona de captura 26 para un transpondedor que circula a una velocidad de autopista en un sistema de peaje de carretera abierta. Aunque la zona de captura 26 en esta forma de realización se ilustra como una elipse con la dirección de circulación a lo largo del eje mayor, se entenderá que la dirección de circulación puede ser diferente (por ejemplo, a lo largo del eje menor, según se ilustra en la figura 1) y la forma real de la zona de captura 26 puede variar y no basarse de forma simétrica en diversos factores que incluyen patrones de antena de tanto la antena de

carretera como la antena del transpondedor, ubicaciones de montaje del transpondedor, la geometría del vehículo, etc.).

[0038] Según se muestra en la figura 2, la zona de captura 26 ilustra el área general dentro de la cual la antena 18 (y, por lo tanto, el lector 17) es capaz de comunicarse con transpondedores en condiciones normales. Se observará que cuando un transpondedor que circula a velocidad de autopista entra por primera vez en la zona de captura 26, hay una lectura inicial, según se indica mediante la referencia numérica 50. La señal de respuesta enviada por el transpondedor en respuesta a la señal de activación o de sondeo contiene el identificador o ID del transpondedor. A partir de esto, el lector 17 es capaz de determinar que se trata de un transpondedor recién detectado. El lector 17 puede entonces ir a sondear otras zonas de captura 26 en su ciclo normal. Mientras tanto, éste (o el controlador de carretera 30) puede iniciar la realización de la transacción de peaje para el transpondedor recién detectado.

[0039] Cuando el lector 17 re-sondea la actual zona de captura 26, el transpondedor responde de nuevo con una señal de respuesta, y el lector 17 (suponiendo que está listo para hacerlo) puede enviar una señal de programación como parte de la transacción de peaje. Esta señal de programación hace que el transpondedor actualice su contenido de la memoria (por ejemplo, la hora y el número ID de la plaza de peaje). También puede realizar una operación de "verificación" en algunas formas de realización, que es esencialmente una re-lectura de la memoria del transpondedor para determinar si el transpondedor ha actualizado con éxito su memoria de acuerdo con la señal de programación. Esto puede ser denominado como un protocolo de acuerdo lectura-programación-verificación (*read-program-verify*) o *RPV*. El protocolo de acuerdo *RPV* se indica mediante el número de referencia 52. Aunque la figura 2 ilustra esto como algo que se produce en un único protocolo de acuerdo, en algunas formas de realización, la verificación puede producirse en un protocolo de acuerdo posterior (es decir, un ciclo posterior a través de las antenas 18 / zonas de captura 26). En algunas formas de realización, la operación (*RPV*) de programación del transpondedor puede ser desactivada; esto se conoce como un sistema *ETC* de "sólo lectura". En tal sistema *ETC* de sólo lectura el lector no intenta modificar la memoria del transpondedor cuando circula a través de la zona de captura.

[0040] Después de producirse la operación *RPV*, el transpondedor sigue atravesando la zona de captura 26 a velocidad de autopista. Ciclos subsiguientes del protocolo del lector 17 darán lugar a la difusión de señales de activación o de sondeo en la zona de captura 26, a las que el transpondedor responderá con una señal de respuesta, según se indica mediante los protocolos de acuerdo 54a al 54g. Basándose en el ID del transpondedor de la señal de respuesta, el lector 17 reconocerá que este transpondedor ya ha realizado una transacción *RPV* con éxito de modo que no iniciará una nueva transacción *RPV*. Sin embargo, hará un seguimiento del número de respuestas recibidas de este transpondedor en esta zona de captura 26 con el fin de realizar la asignación de carril. Téngase en cuenta que la asignación de carril se puede realizar por parte del lector 17 o del controlador de carretera 30. Para los fines de la presente discusión, se supone que el lector 17 realiza esta función; sin embargo, se apreciará que esto puede ser realizado por el controlador de carretera 30 o incluso por un componente separado.

[0041] Se hace referencia ahora a la figura 3, que muestra un ejemplo de una gráfica 100 de mediciones del margen de un enlace de RF para una antena en un sistema *ETC*. La gráfica 100 muestra la medición del margen de RF, es decir, la cantidad en la que el enlace de RF puede ser atenuado antes de un fallo de lectura (*failure-to-read*). El eje x indica la distancia longitudinal del transpondedor con respecto a la antena, que va desde el inicio de la zona de captura a aproximadamente 12 pies de distancia de la antena hasta el final de la zona de captura a aproximadamente 2 pies más allá de la antena. La gráfica 100 da una indicación aproximada del patrón de la antena en términos de intensidad de la señal a las distancias dadas con respecto a la antena. En particular, el eje y indica el margen del enlace de bajada en dB.

[0042] Se observará que en este ejemplo, la antena es incapaz de detectar un transpondedor, es decir, no tiene margen, a más de 12 pies de distancia de la antena. La dirección de circulación es a lo largo del eje x. Se observará que hay un descenso en el patrón, según se indica por medio del número de referencia 102, a aproximadamente 6 pies de distancia de la antena. El pico 104 se produce a aproximadamente 4 pies de la antena. La antena pierde margen después del pico y pierde la comunicación con el transpondedor por completo a aproximadamente 2 pies más allá de la antena.

[0043] Cuando se instala por primera vez el sistema *ETC* y se configuran las antenas y lectores, se realiza el ajuste de carril para confirmar que la potencia transmitida en cada antena 18 es optimizada para el entorno particular. Demasiada potencia del transmisor resulta en anomalías, tales como la activación de un transpondedor antes de lo deseado (a veces llamado un "salto de lectura" ("*skip read*")), o la activación de un transpondedor en un carril adyacente. Una potencia transmitida demasiado baja resulta en comunicaciones no fiables en ciertas combinaciones de vehículo y transpondedor. Entonces, puede insertarse una atenuación en el enlace de RF, tal como entre el lector 17 y la antena 18, para obtener un nivel de potencia de salida deseado. La generación de un mapa estático de RF confirma entonces el nivel pico y donde comienza y acaba la zona de captura 26. En algunos casos, se ajusta la atenuación fija a través de un atenuador fijo externo al lector. En algunos casos, la atenuación fija se ajusta a través

de un atenuador controlado digitalmente dentro del módulo de RF 24 o dentro del lector 120. En otros casos, esto puede ser una combinación de ambos.

5 [0044] Una prueba de margen estática llevada a cabo normalmente después de la instalación implica que un operador sitúa un vehículo de prueba con un transpondedor de referencia montado en el vehículo a una distancia conocida de la antena. Dado que el vehículo de prueba está estacionario, debe cerrarse el carril al resto del tráfico por razones de seguridad. Se usa un atenuador variable externo para atenuar tanto la señal de RF de enlace de bajada (*downlink*) como de enlace de subida (*uplink*). El lector interroga al transpondedor, el cual responde si detecta las señales de sondeo o de activación. Al comenzar con una atenuación alta, el operador disminuye progresivamente el nivel de atenuación externa (mientras que el lector repite la operación de sondeo) hasta que el lector detecta la señal de respuesta procedente del transpondedor. En este punto se observa el nivel del atenuador variable y el valor de atenuación indica el margen a esa distancia de la antena, es decir, la cantidad en la cual la señal de RF puede ser atenuada antes de que fallen las comunicaciones. Se pueden realizar varias iteraciones para asegurar resultados precisos. Entonces se hace avanzar el vehículo una corta distancia (por ejemplo, 1 pie), y se repite el proceso anterior en cada distancia deseada con respecto a la antena hasta que se construye una gráfica, tal como la gráfica 100 de la Figura 3. Téngase en cuenta que el margen de RF varía de acuerdo con la posición del vehículo dentro de la zona de captura. A veces, se mapean posiciones laterales adicionales de vehículos, además de la posición de la línea central cuando el vehículo circula directamente por debajo de la antena.

20 [0045] La realización de una prueba de margen posteriormente a la instalación es invasiva, ya que requiere que un carril se cierre al tráfico durante un período prolongado de tiempo para que la prueba manual descrita anteriormente se pueda realizar. A veces esto es necesario ya que los componentes *ETC* pueden degradarse con el tiempo. Un carril o antena se puede sospechar que tiene niveles más bajos que los niveles de margen de diseño si se observan ciertas anomalías en el sistema.

25 [0046] De acuerdo con un aspecto de la presente solicitud, las pruebas de margen se pueden llevar a cabo dinámicamente a velocidades de autopista utilizando datos *ETC* en tiempo real. En resumen, se usan transpondedores montados en vehículos de clientes que circulan a velocidades de hasta velocidades de autopista a través de una zona de captura *ETC* para probar el margen en paralelo con una transacción regular de peaje, de manera corriente, periódica o continuada, en lugar de que un operador cierre un carril para realizar una prueba de margen esporádica estática o dinámica. El sistema *ETC* acumula un conjunto de transpondedores candidatos que utilizan regularmente el lector particular que se está probando (*particular reader-under-test*). Este conjunto de transpondedores candidatos puede ser filtrado para eliminar valores atípicos (*out-liers*). Cuando un transpondedor entra en la zona de captura particular que está siendo probada, el lector lo reconoce como un transpondedor candidato y, adicionalmente a la realización de una transacción normal de peaje *ETC*, se lleva a cabo una prueba de margen. La prueba de margen puede incluir la aplicación de una atenuación predeterminada al enlace de RF y el envío de una señal de sondeo atenuada al transpondedor candidato durante al menos uno de los protocolos de acuerdo. El lector advierte si el transpondedor responde a la señal de sondeo atenuada y almacena el resultado de la prueba. La cantidad de atenuación es variada a través de múltiples pasos por la zona de captura particular que está siendo probada, a fin de completar una prueba de margen para ese transpondedor. El lector puede calcular un promedio móvil de los resultados del margen del enlace de todos los transpondedores candidatos que han completado resultados de prueba para una zona de captura en particular. Si el margen promedio cae por debajo de un umbral predeterminado, el lector puede generar una alarma al controlador de carretera. El lector también puede estar configurado para ajustar el nivel de atenuación de referencia (*baseline attenuation level*) para intentar mantener el margen promedio en el nivel predeterminado. En otras palabras, el lector puede configurarse para tomar una acción correctiva si se determina que el margen promedio está por debajo del umbral predeterminado disminuyendo un atenuador variable en el trayecto de RF. Esto puede hacerse además de alertar al controlador de carretera o de lo contrario generando una señal de alarma o de alerta.

50 [0047] Se hace referencia ahora a la Figura 4, que muestra un diagrama de bloques de un lector *ETC* 17. El lector *ETC* 17 incluye el procesador 35, una memoria 110, y cuatro módulos de RF 24 (mostrados individualmente como 24a, 24b, 24c, y 24d). Cada módulo de RF 24 está conectado a una correspondiente antena 18 (que se muestra individualmente como 18a, 18b, 18c, y 18d) por medio de un enlace de RF 112 (que se muestra individualmente como 112a, 112b, 112c, 112d). El enlace de RF 112 puede incluir un cable de RF, tal como un cable coaxial u otro cable capaz de transferir señales de nivel de RF sin una significativa degradación, interferencia, diafonía, etc.

60 [0048] Se observará que el enlace de RF 112 incluye atenuadores fijos 114 (que se muestran individualmente como 114a, 114b, 114c, y 114d). Los atenuadores fijos 114 se seleccionan y se colocan en el enlace de RF 112 para alcanzar un margen deseado tras la instalación del lector 17 y las antenas 18. Aunque se muestran como un componente separado del lector 17, los atenuadores 114 pueden, en algunos casos, ser internos al lector. En algunos casos, la atenuadores 114 pueden ser atenuadores variables que han sido configurados en la instalación con un valor de atenuación seleccionado. En algunos casos, los atenuadores 114 pueden ser atenuadores variables

que tienen un valor configurado mediante software. En esos casos, la atenuadores 114 pueden ser internos a su respectivo módulo de RF 24.

5 [0049] El lector 17 incluye además atenuadores variables 120 (mostrados individualmente como 120a, 120b, 120c y 120d). Los atenuadores variables 120 reciben una señal de control 122a, 122b, 122c, 122d, respectivamente, procedente del procesador 35. La señal de control 122 ajusta el nivel de atenuación de su respectivo atenuador variable 120. En algunas formas de realización, los atenuadores variables 120 y atenuadores 114 pueden ser implementados usando un atenuador variable para cada enlace de RF 112. En algunos casos, los atenuadores variables 120 pueden estar incluidos dentro del módulo de RF 24. Otros mecanismos para la implementación de un atenuador variable controlable dinámicamente serán entendidos por los expertos en la técnica a la luz de la presente descripción.

15 [0050] Cada uno de los atenuadores variables 120 puede tener una configuración de referencia de la atenuación del enlace de subida y del enlace de bajada, de tal manera que todas las transmisiones de los módulos de RF 24 (por ejemplo, la señal de sondeo) utilizan el nivel de referencia de atenuación del enlace de bajada, y todos los módulos de RF reciben operaciones (por ejemplo, la respuesta del transpondedor) utilizando un nivel de referencia de atenuación del enlace de subida.

20 [0051] El lector 17 está configurado para realizar pruebas de margen dinámicas cambiando dinámicamente la atenuación (ya sea sólo del enlace de subida, sólo del enlace de bajada, o de ambos al mismo tiempo) aplicada a un enlace de RF 112 durante al menos un protocolo de acuerdo del tipo sondeo-respuesta con un transpondedor en la zona de captura. El margen se comprueba de forma dinámica mediante la aplicación de una atenuación variable usando el atenuador variable 120 y a continuación observando si se detecta una señal de respuesta procedente del transpondedor.

25 [0052] La memoria 110 contiene una lista o colección de identificadores de transpondedores candidatos 130. También almacena resultados de prueba 132.

30 [0053] A continuación se hará referencia a la Figura 5, que ilustra esquemáticamente un patrón de protocolos de acuerdo dentro de una zona de captura 26 con una prueba de margen dinámica.

35 [0054] El transpondedor montado en el vehículo, en este ejemplo, se desplaza a través de la zona de captura 26 de izquierda a derecha en la dirección de la flecha 200. Se observará que cuando el transpondedor entra por primera vez en la zona de captura, hay una lectura inicial 202. Durante esta lectura inicial, el transpondedor responde a una señal de sondeo detectada procedente del lector mediante el envío de una señal de respuesta. La señal de respuesta contiene al menos un número ID del transpondedor.

40 [0055] Con el uso del número ID del transpondedor, el lector y/o controlador de carretera inicia una transacción de peaje. Un protocolo de acuerdo 204 subsiguiente (en este ejemplo, el siguiente) en esta zona de captura incluye una operación de lectura-programación-verificación (*read-program-verify* - *RPV*) para actualizar la memoria del transpondedor, como parte de la transacción de peaje. Puede repetirse una operación *RPV* en un periodo subsiguiente si el lector determina que la operación *RPV* no tuvo éxito.

45 [0056] El lector también utiliza el número ID del transpondedor para determinar si este transpondedor es uno de los transpondedores candidatos para pruebas de margen. El número ID del transpondedor es comparado con la lista almacenada de IDs de transpondedores candidatos 130 (Figura 4). Si se determina que el transpondedor es un transpondedor candidato para pruebas de margen, entonces el lector se prepara para llevar a cabo una prueba de margen durante uno o más protocolos de acuerdo subsiguientes en la zona de captura durante el paso del transpondedor a través de ésta. En algunos casos, el lector puede recuperar datos almacenados obtenidos de resultados asociados con el número ID del transpondedor de su propia memoria o de la memoria del controlador de carretera o de otro lugar. Los datos almacenados de resultados de pruebas pueden indicar resultados anteriores de pruebas de margen y/o pruebas de margen realizadas previamente. En algunos casos, el lector puede llevar a cabo una serie de pruebas de margen en el mismo transpondedor durante múltiples visitas a través de la zona de captura, en la que cada prueba de margen se lleva a cabo a un nivel de atenuación diferente, a fin de identificar la atenuación a la que falla la prueba y, por lo tanto, el margen del enlace de RF disponible.

60 [0057] El lector continúa ejecutando protocolos de acuerdo 206 periódicos con el transpondedor a medida que se mueve a través de la zona de captura. En cierto punto en la zona de captura 26, a una distancia que corresponde aproximadamente a la ubicación esperada del pico RF, el lector lleva a cabo una o más pruebas de margen 208. Durante condiciones de altas velocidades de los vehículos puede haber pocos protocolos de acuerdo de comunicación entre lector y transpondedor dentro de toda la zona de captura (por ejemplo, en una realización a 50 millas por hora puede haber sólo 10 - 15 protocolos de acuerdo de comunicación), sólo un único protocolo de acuerdo único puede ser designado para una prueba de margen durante la cual el atenuador variable 120 (figura 4)

es ajustado a un nivel de atenuación que es más alto que la referencia para un canal de RF dado. Durante condiciones de menores velocidades de los vehículos a las que hay disponible un mayor número de protocolos de acuerdo de comunicación entre lector y transpondedor, el lector puede designar dos o más protocolos de acuerdo para una prueba de margen. Por consiguiente, el lector puede programar un número variable de pruebas de margen en base a las velocidades predominantes del vehículo.

[0058] En base a la descripción anterior, se apreciará que la prueba de margen implica la adición de una atenuación predeterminada al enlace de RF y el envío de una señal de sondeo. El transpondedor envía una señal de respuesta si detecta la señal de sondeo. El resultado de la prueba es si una señal de respuesta es recibida o no por el lector en respuesta a su señal de sondeo atenuada. El resultado de la prueba se almacena en la memoria en asociación con el nivel de atenuación y el número ID del transpondedor.

[0059] La determinación de cuando probar el margen puede implementarse de diversas maneras. En muchos casos, el objetivo puede ser realizar una prueba de margen cuando se estima que el transpondedor va a estar en el punto de margen pico, por ejemplo, cuando el transpondedor está a una distancia de la antena correspondiente al pico 104 de la Figura 3.

[0060] La ubicación asumida del punto de margen pico puede basarse en los datos recopilados a partir de la medición inicial del margen en la instalación y calibración del sistema *ETC*. La prueba inicial del margen da una distancia con respecto a la antena a la que se produce el pico. En una alternativa, sin embargo, la estimación de la ubicación del pico puede basarse en la ubicación de pico promedio (*average peak location*) para una antena de ese tipo concreto para ese tipo de instalación.

[0061] La determinación de cuando probar el margen para un transpondedor particular puede incluir la estimación de cuando ese transpondedor se encuentra en la posición estimada del margen pico. Para estimar donde se encuentra el transpondedor dentro de la zona de captura, el lector puede confiar en un recuento del número de protocolos de acuerdo. El número de protocolos de acuerdo que el transpondedor puede hacer al atravesar la zona de captura de una longitud predeterminada da una indicación de la velocidad de tránsito a través de la zona. Si se estima que la posición del margen pico está a aproximadamente 3 pies con respecto al final de la zona en una zona de 12 pies de longitud (es decir, el 75% de la trayectoria en la zona), entonces se puede suponer que el transpondedor está en la ubicación del margen pico cuando se han ejecutado tres cuartas partes del número esperado de protocolos de acuerdo. Se pueden designar uno o más protocolos de acuerdo en o cerca del punto de tres cuartos para la realización de una prueba de margen.

[0062] La estimación de la ubicación del vehículo se puede basar en la velocidad del vehículo. Recuentos recientes por vehículo del número de protocolos de acuerdo al atravesar una zona de captura, tal como por ejemplo un promedio móvil, dan una indicación de la velocidad promedio del vehículo en ese momento en la carretera. Esto puede entonces ser usado para calcular un tiempo aproximado para que un vehículo que circula a la velocidad promedio alcance el punto de margen pico. Por ejemplo, el lector puede determinar que un vehículo que circula a la velocidad promedio alcanzará el punto de margen pico en aproximadamente 50 ms después de producirse el primer protocolo de acuerdo. Sobre esta base, el lector puede designar uno de los protocolos de acuerdo como un protocolo de acuerdo de prueba del margen en torno a la marca de 50 ms.

[0063] La velocidad del vehículo se puede determinar a través de una serie de otros procedimientos. El lector puede ser provisto directamente con la velocidad del vehículo procedente del controlador de carretera 30. El controlador de carretera 30 puede recibir información externa sobre la velocidad del vehículo. En un caso, el sistema *ETC* 10 puede incluir un componente temporal (*timing component*) que mide y/o estima la velocidad del vehículo. En otra realización, información de terceros, tal como procedente de un operador de autopista o de la autoridad de transporte puede proporcionar información de entrada de la velocidad promedio del vehículo. Alternativamente, como se señaló anteriormente, el lector puede estimar las velocidades de los vehículos en una zona de captura específica mediante el cálculo de un promedio móvil de los recuentos de protocolos de acuerdo de los vehículos que han pasado más recientemente a través de una zona de captura específica. En otra forma de realización, el lector puede calcular el promedio móvil a través de múltiples zonas de captura, aunque el lector puede evaluar si las zonas de captura particulares tienen un promedio que se desvía significativamente, lo que puede indicar un problema en la velocidad del vehículo en ese carril particular.

[0064] A partir de la velocidad del vehículo, el lector puede calcular el tiempo total esperado de tránsito en la zona de captura (puesto que su longitud puede ser predeterminada), y el recuento de protocolos de acuerdo esperados. Por ejemplo, si el tiempo de tránsito por la zona de captura esperado es de 100 ms y la transmisión de sondeo desde un módulo de RF dado se produce cada 10 ms, el lector puede esperar 10 protocolos de acuerdo de comunicación con el transpondedor. Por tanto, el lector puede estimar la ubicación en base al tiempo transcurrido o al recuento de protocolos de acuerdo. En el ejemplo anterior, el lector puede estimar que la ubicación del transpondedor está a

mitad de camino en la zona de captura cuando han transcurrido 50 ms desde la comunicación inicial con el transpondedor, o después de que se hayan producido 5 transmisiones de sondeo.

5 [0065] En otra forma de realización, se puede determinar una ubicación relativa del margen pico mediante la captura de la intensidad de la señal recibida (*Received Signal Strength Indication - RSSI*) en el bloque receptor del módulo de RF 24 en asociación con el recuento de protocolos de acuerdo de un transpondedor candidato específico. Por ejemplo, si el lector acumula 10 recuentos de protocolos de acuerdo para un paso específico de un transpondedor candidato, y el pico de la *RSSI* se encuentra en el octavo protocolo de acuerdo, se puede determinar de forma dinámica que la posición del margen pico se encuentra un 80% dentro de la zona de captura. La ubicación de esta ventana de margen puede ser almacenada en la memoria del lector, y anular la ubicación del margen pico predeterminada inicialmente determinada por medio del proceso de ajuste estático del carril. Téngase en cuenta que en esta forma de realización, la *RSSI* no se utiliza para medir el margen, sino para estimar el momento (*timing*) de la medición.

15 [0066] En otra forma de realización, el número de protocolos de acuerdo para atravesar la zona y, por lo tanto, el número de protocolos de acuerdo para alcanzar el punto de margen pico, se basa en parte en el promedio específico calculado para el transpondedor en particular. Es decir, el lector hace un seguimiento de un número promedio de protocolos de acuerdo y almacena ese número en asociación con el ID del transpondedor. Por lo tanto, cada transpondedor tiene su propio número promedio de protocolos de acuerdo para atravesar la zona y el lector puede programar una prueba de margen en base a una estimación de cuando es probable que este transpondedor esté en el punto de margen pico usando el número promedio de protocolos de acuerdo dependiente del transpondedor. En una forma de realización, se usa el promedio dependiente del transpondedor en conjunción con la velocidad promedio móvil del vehículo para determinar una velocidad del vehículo específica. Por ejemplo, si la velocidad promedio móvil es más lenta de lo normal, puede ser un indicador de tráfico pesado, lo que hará que todos los vehículos circulen a menor velocidad. Sin embargo, si la velocidad promedio móvil está en o cerca de una velocidad normal de autopista, puede indicar que el tráfico es relativamente fluido. En ese caso, se puede hacer un ajuste para un transpondedor específico si el número promedio de protocolos de acuerdo dependiente del transpondedor indica que el conductor asociado normalmente circula más rápido o más lento que la velocidad predominante.

25 [0067] En algunas realizaciones, la prueba de margen se puede realizar sobre más de un protocolo de acuerdo. Es decir, los protocolos de acuerdo que caen dentro de una ventana particular de la zona de captura, por ejemplo un 10% a cada lado del punto de margen pico, pueden ser designados como protocolos de acuerdo de prueba de margen (por ejemplo, referencia 208 de la Figura 5).

30 [0068] Se hace referencia ahora a la figura 6, que muestra un procedimiento 300 de realización de una prueba de margen dinámica. El procedimiento 300 presupone que el lector tiene una lista de identificadores de transpondedores candidatos para pruebas de margen guardada en la memoria. Más adelante se describen posibles formas de realización para la generación de esa lista. El procedimiento 300 comienza con la detección de un nuevo transpondedor en la zona de captura en la operación 302. Como se describió anteriormente el lector sondea cíclicamente las zonas de captura. Cuando una señal de respuesta es recibida por una de las antenas, la señal de respuesta incluye un ID del transpondedor. En base al ID del transpondedor, el lector es capaz de determinar si este transpondedor ha entrado recientemente en la zona de captura.

35 [0069] Según se muestra mediante la operación 304, el lector realiza una transacción normal de *ETC* con respecto al transpondedor recién detectado. La transacción *ETC* puede incluir el débito de una cuenta asociada con el ID del transpondedor u otras transacciones de este tipo. Un lector de carretera, un servidor remoto u otros equipos pueden estar involucrados en el procesamiento de la transacción *ETC*. La transacción *ETC* puede incluir la programación del transpondedor con nuevos datos durante un protocolo de acuerdo subsiguiente. Por ejemplo, el lector puede programar el transpondedor para almacenar un número de transacción, un ID de última estación de peaje, un sello de tiempo (*time stamp*), u otros datos de este tipo. La transacción *ETC* puede incluir también determinar la asignación de carril y proporcionar un informe de transacción a un lector de carretera. Se apreciará que pueden producirse aspectos de la transacción *ETC* después de algunas de las operaciones que se describen a continuación, es decir, más tarde en la zona de captura.

45 [0070] El lector también determina, en la operación 306, si el transpondedor recién detectado es uno de los transpondedores candidatos para pruebas de margen. Esta operación puede incluir la comparación del ID del transpondedor recibido con los IDs de los transpondedores candidatos que hay en la lista almacenada de transpondedores candidatos. Si no, entonces el resto del proceso de *ETC* continúa como de costumbre; por ejemplo, en algunas realizaciones, el lector puede contar más protocolos de acuerdo para determinar la asignación de carril en un modelo de 'votación' para la asignación de carril.

JCF[0071] Si el transpondedor es un transpondedor candidato, a continuación, el procedimiento 300 continúa a la operación 308, en la que el lector puede recuperar información sobre pruebas de margen del transpondedor asociada con el ID del transpondedor concreto y el canal de RF. Esta información incluye la historia reciente de pruebas de margen anteriores, incluyendo el nivel de atenuación utilizado durante la prueba, y el resultado (comunicación exitosa o no exitosa). El lector utiliza el resultado de las pruebas de margen anteriores asociado con el ID del transpondedor particular y el canal de RF con el fin de determinar el nivel de atenuación para la siguiente muestra de margen. Si la última prueba de margen fue a un nivel de atenuación de X dB, y la comunicación se realizó previamente con éxito a ese nivel, el lector selecciona la siguiente muestra de margen a un nivel de atenuación ligeramente superior (por ejemplo, X+1 dB). Téngase en cuenta que el atenuador variable 120 tiene diferentes rangos y tamaños de paso. Una forma de realización del atenuador variable 120 puede tener un rango de 0 a 15 dB con un tamaño de paso de 1 dB. Rangos mayores (por ejemplo, de 0 a 31 dB) y tamaños de paso más pequeños (por ejemplo de 0,5 dB) aumentan el número de muestras necesarias para obtener un resultado, pero ofrecen la ventaja de una mayor resolución y un mayor rango de medición del margen. En muchos casos, la prueba de margen implica la adición progresiva de la atenuación a la trayectoria de la señal para reducir el nivel de RF y, a continuación, la evaluación de si se recibe una señal de respuesta procedente del transpondedor. En consecuencia, la información recuperada sobre pruebas de margen del transpondedor indica el último nivel de atenuación probado y el resultado, si lo hay. La información puede ser almacenada en la memoria del lector, controlador de carretera, u otro lugar. Preferiblemente, la información sobre margen es no volátil, de modo que la información recogida durante un período de tiempo (por ejemplo, días) no se pierde debido a interrupciones de energía.

[0072] En la operación 310, el lector lleva a cabo una prueba de margen en un punto de prueba de margen programado (*scheduled margin testing point*). De acuerdo con la descripción anterior, el punto de prueba de margen programado puede ser uno o más protocolos de acuerdo seleccionados en base a donde se espera que esté la posición del margen pico en la zona de captura. En consecuencia, se apreciará que puede producirse un número de protocolos de acuerdo ordinarios entre la detección inicial del transpondedor y la prueba de margen. Como se señaló anteriormente, la estimación de cuando el vehículo llega a la posición del margen pico puede basarse en recuentos promedio de los protocolos de acuerdo, estimaciones de la velocidad del vehículo, u otros factores. En un ejemplo, el lector estima la velocidad promedio del vehículo o se proporciona una medición o estimación de la velocidad del vehículo procedente del controlador de carretera. A partir de la velocidad del vehículo, el lector puede determinar el recuento esperado del número de protocolos de acuerdo en la zona, o correspondientemente, el tiempo total para que el transpondedor circule a través de la zona de captura.

[0073] La prueba de margen que se produce en la operación 310 incluye la adición de una atenuación especificada al trayecto de RF entre el módulo de RF y la antena. La atenuación puede ser añadida configurando un atenuador variable ajustable dinámicamente. El atenuador variable puede ser un componente de hardware interno al lector, tal como los atenuadores variables 120 (figura 4), o puede ser externo al lector pero operando bajo el control del lector. En cualquiera de los casos, el atenuador variable tiene un nivel de atenuación ajustado dinámicamente por el lector y, específicamente, el procesador 35 (figura 4).

[0074] La cantidad de atenuación a aplicar en cualquier prueba de margen en particular puede ser especificada en una programación. La programación puede prescribir los niveles de atenuación para las diversas pruebas de margen, en las que se aplican progresivamente mayores cantidades de atenuación hasta que el transpondedor deja de responder. Por ejemplo, una programación de muestreo puede especificar una atenuación inicial de prueba de 0 dB en el primer protocolo de acuerdo de comunicación de margen, un aumento de la atenuación subsiguiente de 1 dB para cada protocolo adicional de acuerdo de comunicación de margen, y una condición de terminación de un protocolo de acuerdo de comunicación de margen fallido. Cuando se alcanza la condición de terminación, el lector está en disposición de generar un punto de datos de margen de RF para un transpondedor particular en una zona de captura particular. La programación puede disponerse en base al rango de atenuación y al tamaño del paso de los atenuadores variables 120. La información almacenada sobre pruebas de margen del transpondedor que se ha recuperado en la operación 308 proporciona el nivel de atenuación usado más recientemente y si la prueba se ha realizado con éxito o no, es decir, si el transpondedor ha respondido. El hecho de no recibir una respuesta puede ser probado varias veces en algunas formas de realización. Cuando el transpondedor no responde, el lector puede concluir que el margen del enlace de RF es el último nivel probado con éxito entre los resultados de la prueba 132. Con el tiempo, se pueden esperar muchos resultados para una zona de captura particular. El procesador del lector puede calcular un promedio móvil de los resultados recientes con el fin de proporcionar un nivel global de margen del enlace para una zona de captura individual. En algunos casos, se pueden reportar resultados promedio separados de acuerdo con unos atributos conocidos del transpondedor. Por ejemplo, los atributos del transpondedor pueden incluir el tipo de modelo específico del transpondedor, el lugar de montaje del transpondedor en el vehículo (por ejemplo, parabrisas, parachoques delantero), la clase de vehículo (por ejemplo, camión, autobús, automóvil (*sedan*)), etc.

[0075] El resultado de la prueba de margen se almacena entonces en la memoria 110 (figura 4) en asociación con el ID del transpondedor, el identificador de la zona de captura, y el nivel de atenuación de prueba en la operación 312.

El resultado puede ser almacenado como parte de la información de pruebas de margen del transpondedor, es decir, los resultados de la prueba 132 (figura 4). En muchas realizaciones, el resultado es simplemente si se ha recibido o no una señal de respuesta en respuesta a la señal atenuada de sondeo del lector.

5 [0076] El lector puede estar configurado para utilizar los resultados promedio del margen del enlace de RF con el fin de activar una alarma y/o acciones correctivas cuando el valor promedio del margen de RF cae por debajo de un umbral de margen mínimo pre-configurado. Según se muestra en la operación 314, tales acciones pueden incluir el envío de un mensaje de alarma al controlador de carretera o a otro dispositivo remoto, y/o ajustar (es decir, reducir) el nivel de atenuación de referencia para mantener un umbral pre-configurado.

10 [0077] Se entenderá que la atenuación de prueba sólo se puede aplicar para el uno o más protocolos de acuerdo que se han designado o programado para usar en pruebas de margen. Otros protocolos de acuerdo no implican una atenuación añadida, aunque se entenderá que el lector puede haber sido calibrado para tener una cierta cantidad fija de atenuación en la instalación y las pruebas, tal como los atenuadores fijos 114 (figura 4).

15 [0078] A continuación se hará referencia a la figura 7, que muestra un ejemplo de procedimiento 400 para la generación de la lista de transpondedores candidatos para pruebas de margen. El procedimiento 400 puede ser implementado por un lector o un controlador de carretera. El procedimiento 400 es un proceso para construir y perfeccionar una lista de transpondedores candidatos para pruebas de margen. En general, la lista puede ser
 20 llenada mediante la adición de transpondedores que el lector detecta que pasan a través de la zona de peaje. Con el tiempo, a medida que cada transpondedor individual vuelve, el lector puede evaluar si el transpondedor es un candidato adecuado para la prueba de margen. Los que son candidatos adecuados se pueden dejar en la lista y marcar como transpondedores candidatos, y los que se consideran inadecuados pueden ser eliminados de la lista, o marcados como inapropiados. Hay varios factores que pueden influir en si un transpondedor es un candidato
 25 adecuado para pruebas de margen. Por ejemplo, puede ser preferible tener transpondedores candidatos que vuelven a la zona de peaje repetidamente, tal como un viajero diario. También puede ser preferible tener transpondedores candidatos que tienen un recuento de protocolos de acuerdo que está cerca del recuento esperado de protocolos de acuerdo para la velocidad predominante del vehículo. La velocidad del vehículo puede ser proporcionada por el controlador de carretera. Como alternativa, puede determinarse una velocidad promedio del
 30 vehículo por parte del lector mediante el cálculo de un promedio móvil de los últimos recuentos totales anteriores de protocolos de acuerdo a través de la zona de captura, dado que se conoce la longitud aproximada de la zona de captura. Si el número de protocolos de acuerdo varía ampliamente en comparación con el actual recuento promedio esperado de protocolos de acuerdo, puede indicar que un transpondedor está mal montado, o un transpondedor que es sostenido en la mano del conductor cuando pasa a través de la zona de cobro de peaje. Una amplia variación en
 35 el recuento de protocolos de acuerdo no es deseable, ya que tiene un impacto negativo en la capacidad del lector para estimar cuando el vehículo y el transpondedor llegarán a la ubicación aproximada del margen pico. En consecuencia, se pueden usar estos criterios y otros criterios similares para filtrar la lista de transpondedores para llegar a un conjunto de transpondedores candidatos para pruebas de margen.

40 [0079] El procedimiento 400 comienza con la detección de un nuevo transpondedor en la zona, según se muestra por la operación 402. Para propósitos de este ejemplo, se supondrá que el lector implementa el procedimiento, aunque se entenderá que el procedimiento 400 puede ser implementado por el controlador de carretera en algunas formas de realización.

45 [0080] En la operación 404, el lector evalúa si el transpondedor recién detectado está en la lista. Si no, entonces se añade a la lista en la operación 406. En cualquiera de los casos, en la operación 408, el lector almacena los datos en asociación con el transpondedor. Los datos asociados pueden incluir el número de protocolos de acuerdo realizados por el transpondedor en la zona de captura. Estos datos pueden ser almacenados en asociación con la fecha y hora de la visita del transpondedor, y el número ID del transpondedor.

50 [0081] En la operación 410, el lector evalúa si tiene un conjunto de datos suficiente para determinar si el transpondedor es un candidato adecuado para pruebas de margen. El tamaño del conjunto de datos puede estar predeterminado en el lector; por ejemplo, el lector puede requerir 10 o más visitas individuales del transpondedor a la zona de peaje. En algunas formas de realización, la operación 410 puede requerir un cierto número de visitas
 55 realizadas en un intervalo de tiempo predeterminado, tal como de 10 a 15 días hábiles. Si hay un conjunto de datos insuficiente para evaluar la idoneidad del transpondedor, entonces el procedimiento 400 vuelve a la operación 402.

[0082] Si hay un conjunto de datos suficiente, a continuación, en la operación 412, el lector evalúa la idoneidad del transpondedor mediante la determinación de si los datos asociados caen dentro de los rangos normales predeterminados. Esta determinación puede incluir la determinación de la variabilidad de las lecturas restantes del número de protocolos de acuerdo. En algunas formas de realización, esta determinación puede implicar la exclusión de 1-2 lecturas de valores atípicos cuando se evalúa la variabilidad de los recuentos de protocolos de acuerdo. En algunos casos, se pueden usar otros factores además de la variabilidad del recuento de protocolos de acuerdo para

- evaluar la idoneidad del transpondedor. Por ejemplo, el lector puede calcular un recuento promedio de protocolos de acuerdo en la zona de captura o puede tener un recuento promedio o normal predeterminado de protocolos de acuerdo, y un transpondedor cuyo recuento particular de protocolos de acuerdo se desvía de la norma por encima de una cantidad umbral puede ser considerado inadecuado. Una gran desviación puede indicar que un transpondedor circula significativamente más rápido o más lento que el promedio de la carretera, o que está montado o configurado de tal manera que amplifica o atenúa las señales de RF fuera de los rangos normales. En algunos casos, esto puede indicar un transpondedor con partes degradadas o defectuosas, tal como batería baja, componentes dañados, etc.
- 5
- 10 [0083] Si se determina, en la operación 412, que el transpondedor es inadecuado para pruebas de margen, a continuación, en la operación 414, puede eliminarse el ID del transpondedor de la lista o, de lo contrario, marcarse como inapropiado con el fin de no usarlo durante pruebas de margen.
- 15 [0084] Si se determina que el transpondedor es adecuado, a continuación, en la operación 416, puede identificarse o marcarse el ID del transpondedor como un transpondedor candidato para pruebas de margen. Esto puede incluir la configuración de una marca u otro indicador en la lista de transpondedores. En algunos casos, se puede incluir el mantenimiento de una lista separada de transpondedores candidatos para pruebas de margen y la adición del transpondedor a esa lista separada.
- 20

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para probar el margen de RF en un sistema de cobro electrónico de peaje que tiene una zona de captura, comprendiendo el procedimiento:
 - 5 construir un conjunto de identificadores almacenados de transpondedores candidatos que visitan la zona de captura múltiples veces;
 - detectar un transpondedor dentro de la zona de captura mediante la recepción de una señal de respuesta procedente del transpondedor que incluye un identificador del transpondedor;
 - 10 determinar que el transpondedor es un transpondedor candidato comparando el identificador del transpondedor con el conjunto de identificadores almacenados de transpondedores candidatos para pruebas de margen;
 - si el transpondedor es un transpondedor candidato, realizar una prueba de margen mientras el transpondedor está dentro de la zona de captura que incluye enviar una señal de sondeo atenuada en una cantidad especificada al transpondedor, observar si el transpondedor responde a la misma, y almacenar el resultado de la prueba en asociación con dicho identificador del transpondedor;
 - 15 en el que la cantidad de atenuación es variada durante por lo menos dos visitas del mismo transpondedor a través de la zona de captura, con el fin de identificar la atenuación a la que falla una prueba de margen, y, por lo tanto, el margen de RF.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el sistema de cobro electrónico de peaje incluye un lector y una antena, y en el que realizar la prueba de margen incluye añadir atenuación a un enlace de RF entre el lector y la antena.
3. El procedimiento de la reivindicación 2, que comprende además recuperar información sobre pruebas de margen anteriores asociadas con el identificador de transpondedor, y en el que añadir la atenuación incluye determinar el nivel de atenuación en base a la información sobre pruebas de margen anteriores.
4. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que la información sobre pruebas de margen anteriores incluye un último nivel de atenuación durante una prueba de margen exitosa más reciente, y en el que determinar el nivel de atenuación incluye incrementar el último nivel de atenuación en un tamaño de paso.
5. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en el que añadir atenuación incluye atenuar dinámicamente una señal de sondeo de acuerdo con una programación de pruebas de margen predefinida.
6. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que realizar la prueba de margen incluye programar la prueba de margen para un protocolo de acuerdo entre lector y transpondedor seleccionado dentro de la zona de captura.
7. El procedimiento de la reivindicación 6, que incluye además seleccionar el protocolo de acuerdo entre lector y transpondedor seleccionado en base a una velocidad estimada del vehículo y una ubicación del margen pico predeterminada.
8. El procedimiento de la reivindicación 7, que comprende además determinar la ubicación del margen pico predeterminada en base a una visita previa del transpondedor a la zona de captura, y en el que determinar la ubicación del margen pico predeterminada incluye medir la intensidad de la señal recibida para cada señal de respuesta para una serie de señales de respuesta en la zona de captura procedentes del transpondedor previo, e identificar la ubicación del margen pico en base al protocolo de acuerdo correspondiente a la medición de la intensidad de la señal recibida más fuerte.
9. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que detectar el transpondedor incluye transmitir una señal de sondeo en respuesta a la cual se recibe la señal de respuesta.
10. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que almacenar el resultado de la prueba incluye almacenar datos que indican si se ha recibido la respuesta.
11. El procedimiento de la reivindicación 10, en el que la respuesta no se recibe y en el que, como resultado, almacenar el resultado de la prueba incluye almacenar un valor de margen pico en base a un nivel de atenuación utilizado en una prueba de margen exitosa más reciente.
12. El procedimiento de la reivindicación 11, que comprende además calcular un margen promedio de RF para la zona de captura en base a un promedio de valores de margen pico almacenados recogidos durante un período de tiempo.

13. El procedimiento reivindicado en la reivindicación 1, en el que construir el conjunto incluye detectar transpondedores durante un período de tiempo y eliminar mediante filtrado transpondedores que se han detectado por debajo de un número umbral de veces durante el período de tiempo.
- 5 14. El procedimiento reivindicado en la reivindicación 1, en el que construir el conjunto incluye detectar transpondedores durante un período de tiempo y determinar un número promedio de protocolos de acuerdo por visita, y eliminar mediante filtrado un transpondedor con un recuento de protocolos de acuerdo que está por encima de una cantidad umbral diferente del número promedio.
- 10 15. Un sistema de cobro electrónico de peajes, que incluye un lector y una antena que definen una zona de captura en una carretera, en el que el lector está configurado para:
construir un conjunto de identificadores almacenados de transpondedores candidatos que visitan la zona de captura múltiples veces;
detectar un transpondedor dentro de la zona de captura mediante la recepción de una señal de respuesta
15 procedente del transpondedor que incluye un identificador del transpondedor;
determinar que el transpondedor es un transpondedor candidato comparando el identificador del transpondedor con un conjunto de identificadores almacenados de transpondedores candidatos para pruebas de margen;
si el transpondedor es un transpondedor candidato, realizar una prueba de margen mientras el transpondedor está dentro de la zona de captura que incluye enviar una señal de sondeo atenuada en una cantidad especificada al
20 transpondedor, observar si el transpondedor responde a la misma, y almacenar el resultado de la prueba en asociación con dicho identificador del transpondedor;
en el que el lector está configurado para variar la cantidad de atenuación durante por lo menos dos visitas del mismo transpondedor a través de la zona de captura.
- 25 16. El sistema de la reivindicación 15, en el que el sistema incluye además un atenuador variable en un enlace de RF entre el lector y la antena, y en el que el lector está configurado para realizar la prueba de margen añadiendo atenuación mediante el atenuador variable.
- 30 17. El sistema de la reivindicación 16, en el que el lector incluye una memoria que almacena información sobre pruebas de margen previas asociada con el identificador del transpondedor, y en el que el lector está configurado para determinar un nivel de atenuación en base a la información sobre pruebas de margen previas.
- 35 18. El sistema de la reivindicación 17, en el que la información sobre pruebas de margen previas incluye un último nivel de atenuación durante una prueba de margen exitosa más reciente, y en el que el lector está configurado para determinar el nivel de atenuación incrementando el último nivel de atenuación en un tamaño de paso del atenuador variable.
- 40 19. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 15 a 18, en el que el lector está configurado para llevar a cabo la prueba de margen programando la prueba de margen para un protocolo de acuerdo entre lector y transpondedor seleccionado dentro de la zona de captura y el lector está configurado para seleccionar el protocolo de acuerdo entre lector y transpondedor seleccionado en base a una velocidad estimada del vehículo y una ubicación del margen pico predeterminada.

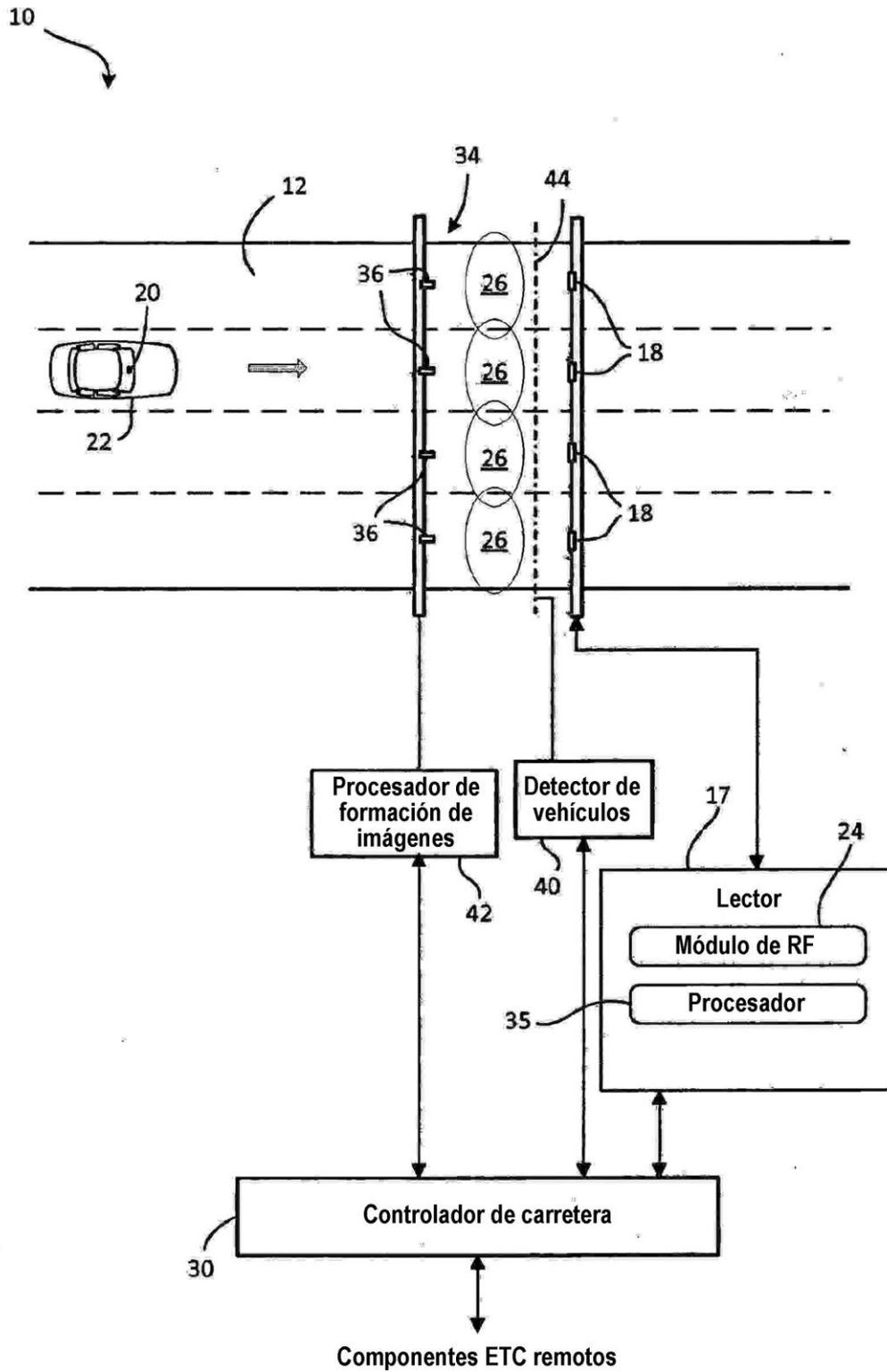


FIG. 1

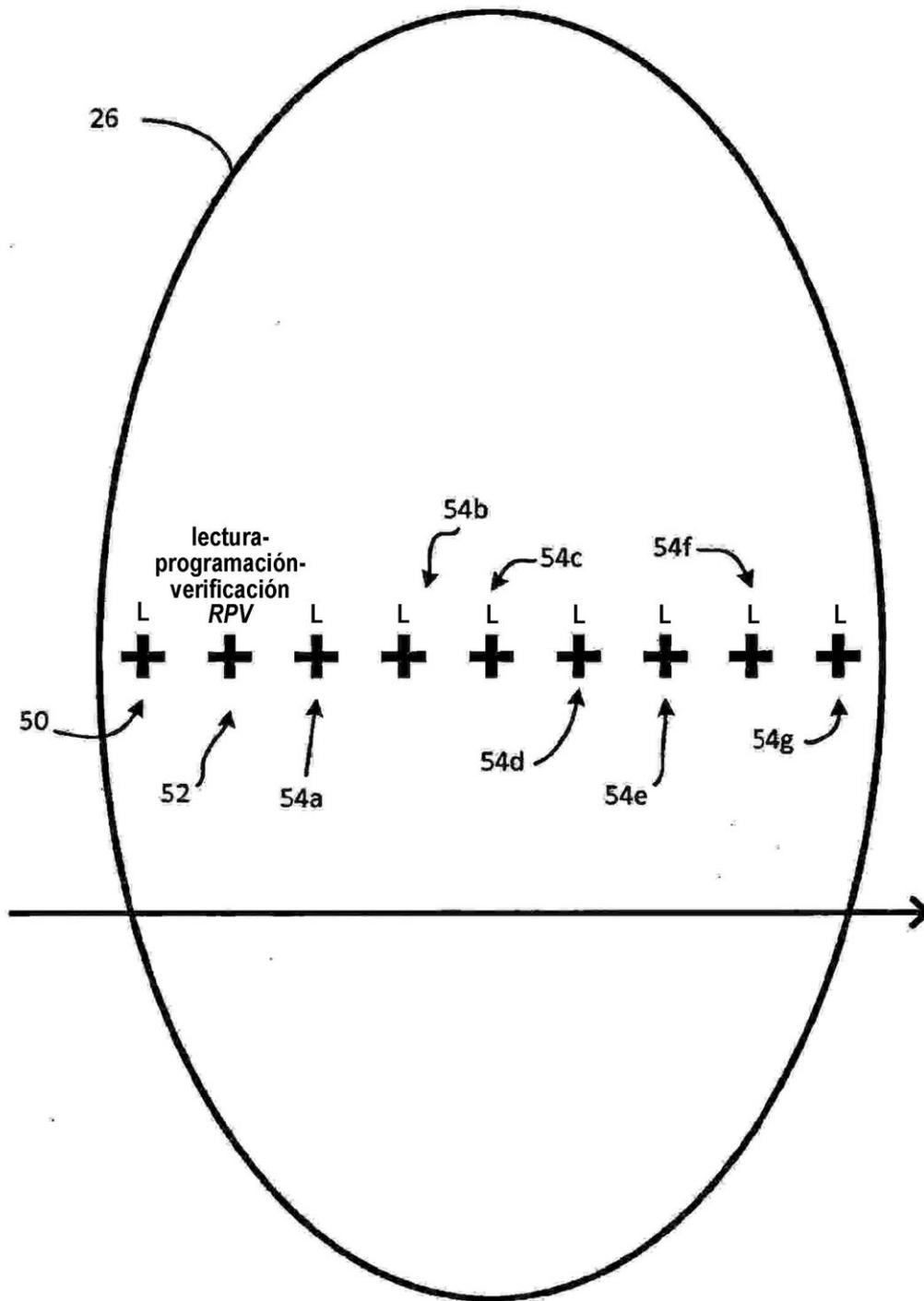


FIG. 2

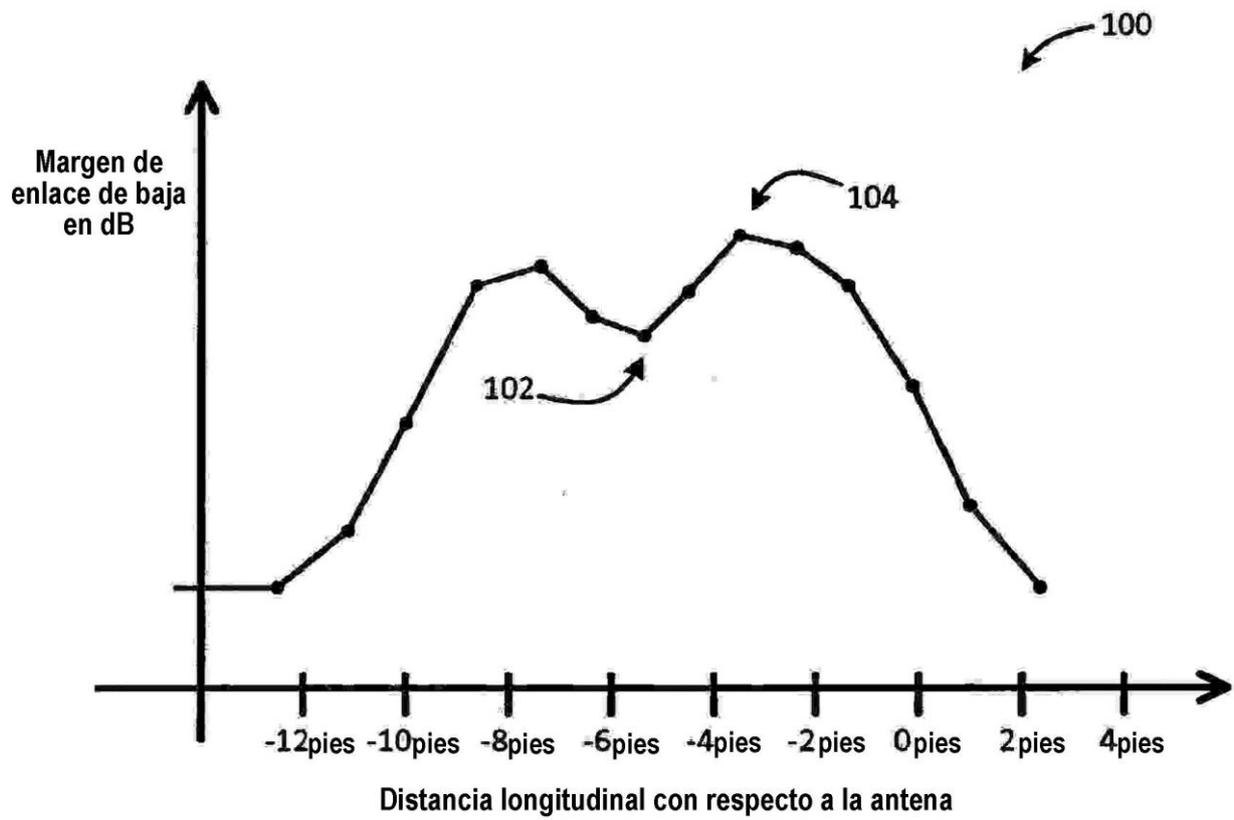


FIG. 3

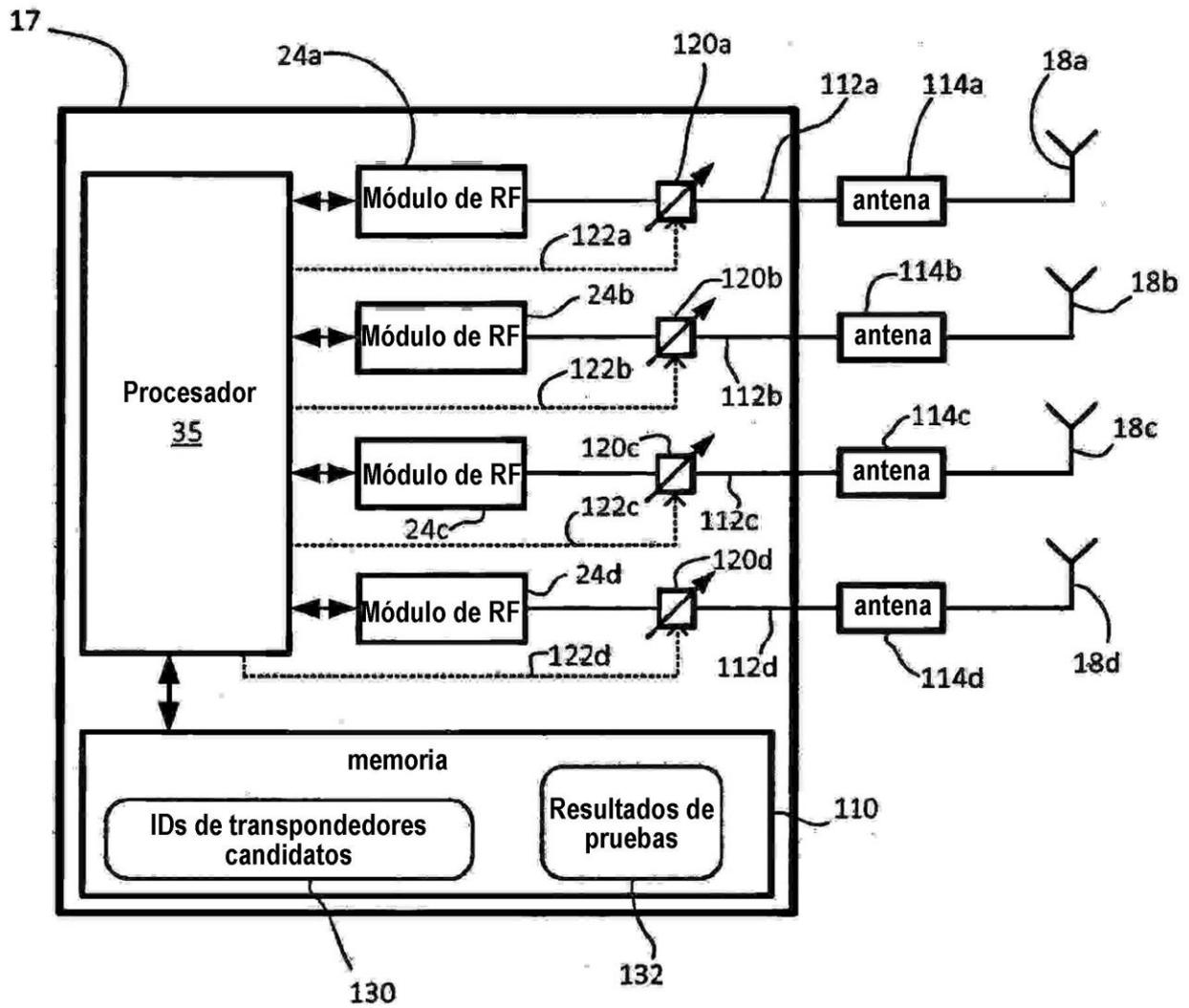


FIG. 4

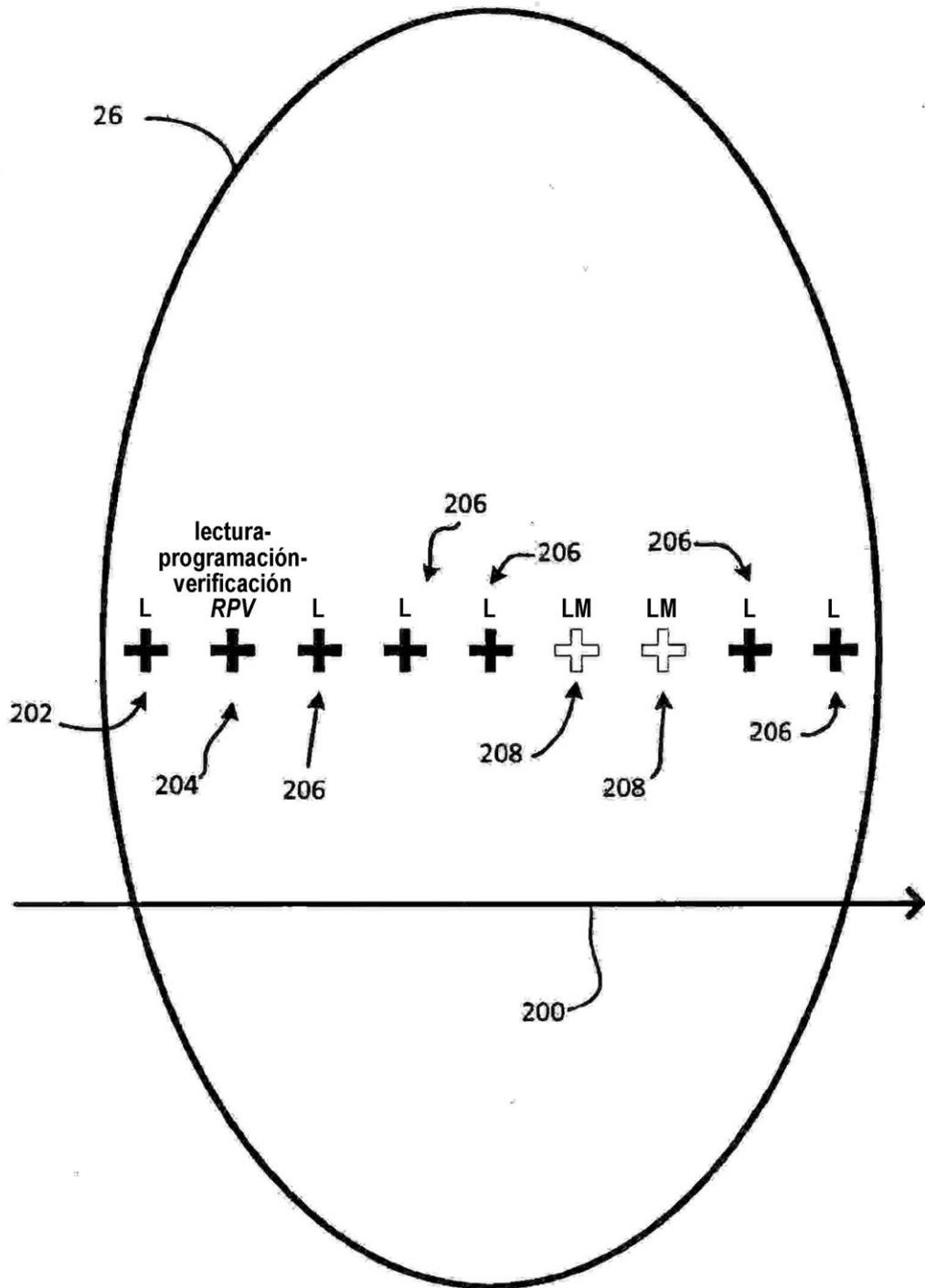


FIG. 5

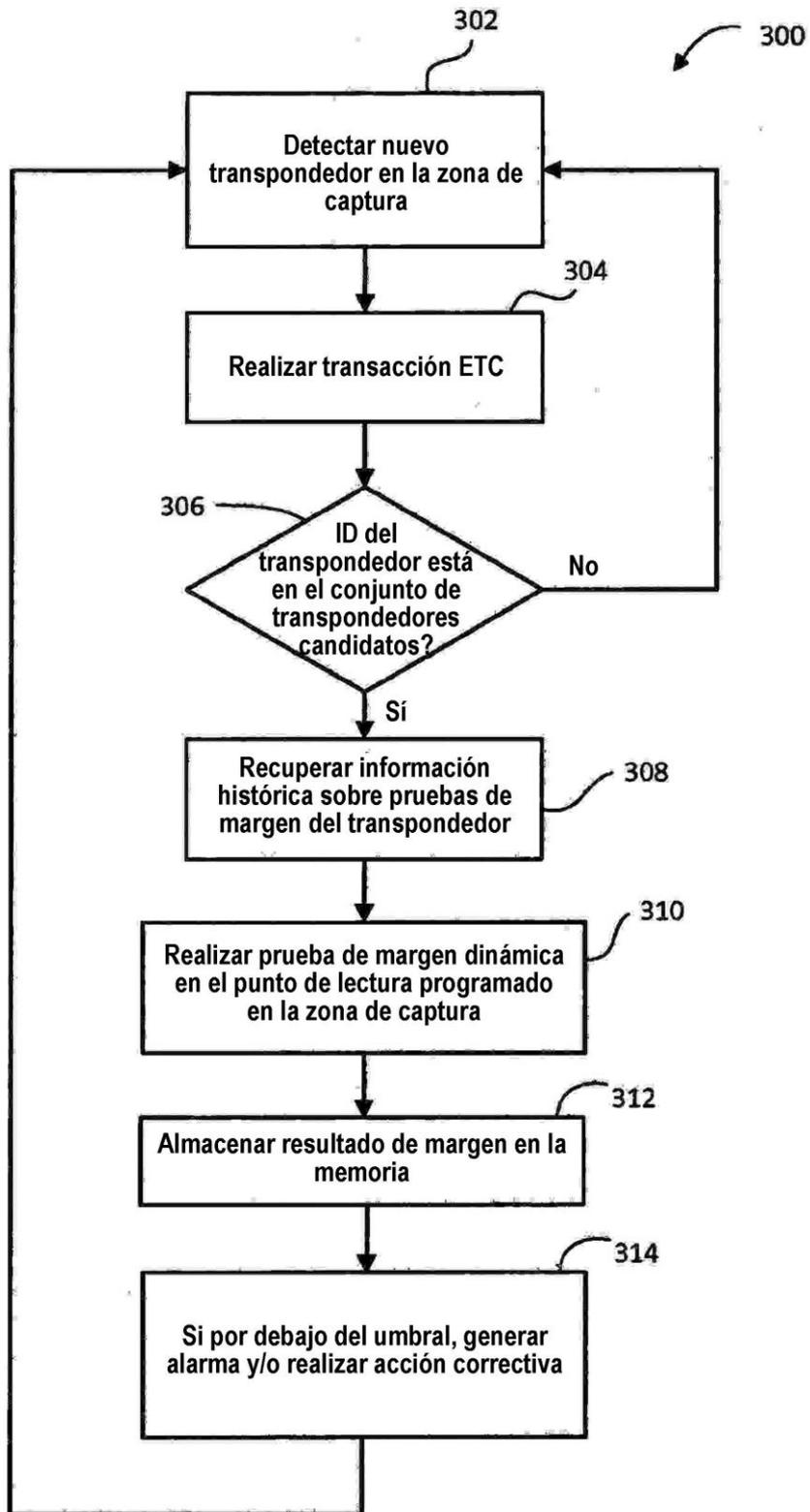


FIG. 6

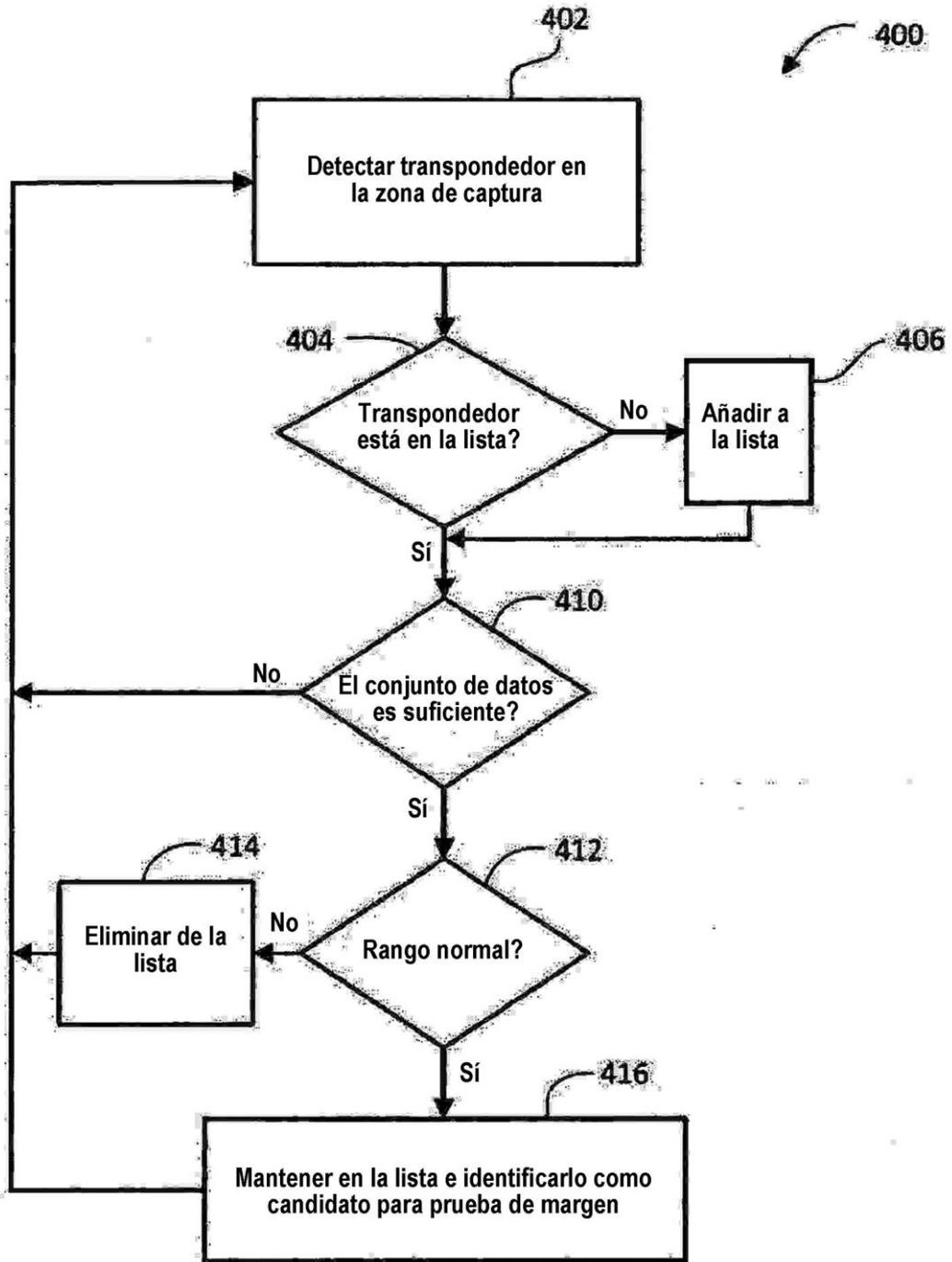


FIG. 7

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 *Esta lista de referencias citadas por el solicitante es únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de la patente europea. A pesar del cuidado tenido en la recopilación de las referencias, no se pueden excluir errores u omisiones y la EPO niega toda responsabilidad en este sentido.*

Documentos de patente citados en la descripción

10 • US 20100237998 A1 [0002]

• US 6219613 B [0006]