

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 775 475**

51 Int. Cl.:

H04L 9/32 (2006.01)

G01S 13/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.04.2016 PCT/US2016/026036**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.12.2016 WO16195804**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.04.2016 E 16718776 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2019 EP 3304806**

54 Título: **Sistemas y procedimientos para determinar un límite superior en la distancia entre dispositivos**

30 Prioridad:

29.05.2015 US 201562168579 P
16.12.2015 US 201514971723

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.07.2020

73 Titular/es:

QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
5775 Morehouse Drive
San Diego, CA 92121-1714, US

72 Inventor/es:

HILLAN, JOHN;
O'DONOGHUE, JEREMY ROBIN CHRISTOPHER y
FRANKLAND, STEPHEN

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 775 475 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistemas y procedimientos para determinar un límite superior en la distancia entre dispositivos

5 **CAMPO TÉCNICO**

[0001] La presente divulgación se refiere en general a las comunicaciones. Más específicamente, la presente divulgación se refiere a sistemas y procedimientos para la determinación exacta de un límite superior en la distancia entre dispositivos.

10

ANTECEDENTES

[0002] Los avances en la tecnología han dado como resultado dispositivos informáticos personales más pequeños y más potentes. Por ejemplo, existe actualmente una variedad de dispositivos informáticos personales portátiles, que incluye los dispositivos informáticos inalámbricos, tales como los teléfonos inalámbricos portátiles, los asistentes digitales personales (PDA) y los dispositivos de radiobúsqueda que son cada uno pequeños y ligeros, y que se pueden transportar fácilmente por los usuarios. Más específicamente, los teléfonos inalámbricos portátiles, por ejemplo, incluyen además teléfonos móviles que comunican paquetes de voz y datos sobre redes inalámbricas. Muchos de dichos teléfonos móviles se están fabricando con aumentos relativamente grandes de las capacidades informáticas, y, como tal, se están convirtiendo en equivalentes a pequeños ordenadores personales y PDA de mano. Además, dichos dispositivos se están fabricando para posibilitar las comunicaciones usando una variedad de tecnologías de comunicación por cable e inalámbrica. Por ejemplo, los dispositivos pueden realizar comunicaciones móviles, comunicaciones de red inalámbrica de área local (WLAN), comunicación de campo cercano (NFC), comunicación de fibra óptica, etc.

15

20

25

[0003] En algunos contextos, la comunicación entre un dispositivo verificador y un dispositivo de destino se puede basar en la distancia entre los dispositivos, como por ejemplo se describe en Lee *et al.*, IEEE Communications Letters, vol. 16, n.º 9(1):1478-1481 (2012) y el documento DE 10 2012 022 735 A1. Por ejemplo, se puede potenciar la seguridad si se conoce un límite superior exacto en la distancia entre dispositivos. Se pueden obtener beneficios para determinar un límite superior de distancia entre dispositivos.

30

SUMARIO

[0004] La presente invención se refiere a un procedimiento como se reivindica en la reivindicación 1 y un aparato correspondiente como se reivindica en la reivindicación 12, un procedimiento interrelacionado como se reivindica en la reivindicación 13 y un aparato correspondiente como se reivindica en la reivindicación 14 y un programa informático correspondiente como se reivindica en la reivindicación 15. Los modos de realización preferentes se definen en las reivindicaciones dependientes. Se describe un procedimiento para determinar un límite superior de distancia por un dispositivo verificador. El procedimiento incluye medir un primer tiempo de ida y vuelta para recibir una primera respuesta desde un dispositivo de destino correspondiente a un primer mensaje enviado al dispositivo de destino. El procedimiento también incluye medir un segundo tiempo de ida y vuelta para recibir una segunda respuesta desde el dispositivo de destino correspondiente a un segundo mensaje enviado al dispositivo de destino, retrasándose la segunda respuesta en un multiplicador de tiempo de procesamiento. El procedimiento incluye además determinar una medición de tiempo de tránsito en base al primer tiempo de ida y vuelta, el segundo tiempo de ida y vuelta y el multiplicador de tiempo de procesamiento. El procedimiento incluye adicionalmente determinar el límite superior de distancia en base a la medición de tiempo de tránsito.

35

40

45

[0005] El multiplicador de tiempo de procesamiento puede indicar una cantidad de tiempo que el dispositivo de destino retrasa responder a un mensaje enviado por el dispositivo verificador. Tras recibir el segundo mensaje, el dispositivo de destino puede ajustar a escala un tiempo de procesamiento en el multiplicador de tiempo de procesamiento antes de responder al segundo mensaje. El multiplicador de tiempo de procesamiento se puede conocer por el dispositivo verificador y el dispositivo de destino.

50

[0006] El multiplicador de tiempo de procesamiento puede ser un valor fijado. El multiplicador de tiempo de procesamiento se puede determinar en base al contenido del segundo mensaje enviado al dispositivo de destino.

55

[0007] La medición de tiempo de tránsito se puede determinar de acuerdo con $T_t = (n \cdot T_{ida\ y\ vuelta,1} - T_{ida\ y\ vuelta,2}) / 2(n - 1)$, donde T_t es el tiempo de tránsito, n es el multiplicador de tiempo de procesamiento, $T_{ida\ y\ vuelta,1}$ es el primer tiempo de ida y vuelta y $T_{ida\ y\ vuelta,2}$ es el segundo tiempo de ida y vuelta.

60

[0008] La determinación del límite superior de distancia puede incluir multiplicar la medición de tiempo de tránsito por la velocidad de la luz. El límite superior de distancia puede ser un límite superior para una distancia entre el dispositivo verificador y el dispositivo de destino.

65

[0009] El límite superior de distancia se puede determinar en base al menos a una medición de tiempo de tránsito adicional en la que el dispositivo de destino retrasa responder de acuerdo con el multiplicador de tiempo de

procesamiento. El multiplicador de tiempo de procesamiento puede incluir una secuencia de valores, aplicándose uno de los valores para una medición de tiempo de ida y vuelta dada.

5 [0010] El procedimiento también puede incluir medir al menos un tiempo de ida y vuelta adicional. Se puede determinar al menos una medición de tiempo de tránsito adicional usando el al menos un tiempo de ida y vuelta adicional. Se puede determinar una medición de tiempo de tránsito promedio. El límite superior de distancia se puede determinar en base a la medición de tiempo de tránsito promedio.

10 [0011] El dispositivo verificador puede ser un dispositivo lector y el dispositivo de destino puede ser un dispositivo de escucha. El primer mensaje y el segundo mensaje pueden incluir mensajes de desafío enviados al dispositivo de escucha.

15 [0012] El dispositivo verificador puede ser un dispositivo de escucha y el dispositivo de destino puede ser un dispositivo lector. El primer mensaje y el segundo mensaje pueden incluir respuestas a desafíos recibidos desde el dispositivo lector.

20 [0013] También se describe un dispositivo verificador configurado para determinar un límite superior de distancia. El dispositivo verificador incluye un procesador, una memoria en comunicación con el procesador e instrucciones almacenadas en la memoria. Las instrucciones son ejecutables por el procesador para medir un primer tiempo de ida y vuelta para recibir una primera respuesta desde un dispositivo de destino correspondiente a un primer mensaje enviado al dispositivo de destino. Las instrucciones también son ejecutables para medir un segundo tiempo de ida y vuelta para recibir una segunda respuesta desde el dispositivo de destino correspondiente a un segundo mensaje enviado al dispositivo de destino, retrasándose la segunda respuesta en un multiplicador de tiempo de procesamiento. Las instrucciones son además ejecutables para determinar una medición de tiempo de tránsito en base al primer tiempo de ida y vuelta, el segundo tiempo de ida y vuelta y el multiplicador de tiempo de procesamiento. Las instrucciones son ejecutables adicionalmente para determinar el límite superior de distancia en base a la medición de tiempo de tránsito.

30 [0014] También se describe un aparato configurado para determinar una límite superior de distancia. El aparato incluye medios para medir un primer tiempo de ida y vuelta para recibir una primera respuesta desde un dispositivo de destino correspondiente a un primer mensaje enviado al dispositivo de destino. El aparato también incluye medios para medir un segundo tiempo de ida y vuelta para recibir una segunda respuesta desde el dispositivo de destino correspondiente a un segundo mensaje enviado al dispositivo de destino, retrasándose la segunda respuesta en un multiplicador de tiempo de procesamiento. El aparato incluye además medios para determinar una medición de tiempo de tránsito en base al primer tiempo de ida y vuelta, el segundo tiempo de ida y vuelta y el multiplicador de tiempo de procesamiento. El aparato incluye adicionalmente medios para determinar el límite superior de distancia en base a la medición de tiempo de tránsito.

40 [0015] También se describe un producto de programa informático para determinar un límite superior de distancia. El producto de programa informático incluye un medio legible por ordenador no transitorio que tiene instrucciones en el mismo. Las instrucciones incluyen un código para hacer que un dispositivo verificador mida un primer tiempo de ida y vuelta para recibir una primera respuesta desde un dispositivo de destino correspondiente a un primer mensaje enviado al dispositivo de destino. Las instrucciones también incluyen un código para hacer que el dispositivo verificador mida un segundo tiempo de ida y vuelta para recibir una segunda respuesta desde el dispositivo de destino correspondiente a un segundo mensaje enviado al dispositivo de destino, retrasándose la segunda respuesta en un multiplicador de tiempo de procesamiento. Las instrucciones incluyen además un código para hacer que el dispositivo verificador determine una medición de tiempo de tránsito en base al primer tiempo de ida y vuelta, el segundo tiempo de ida y vuelta y el multiplicador de tiempo de procesamiento. Las instrucciones incluyen adicionalmente un código para hacer que el dispositivo verificador determine el límite superior de distancia en base a la medición de tiempo de tránsito.

55 [0016] También se describe un procedimiento para determinar cuándo retrasar el envío de una respuesta para una operación de determinación del límite superior de distancia. El procedimiento incluye enviar, por un dispositivo de destino, una primera respuesta a un dispositivo verificador correspondiente a un primer mensaje recibido desde el dispositivo verificador. El procedimiento también incluye enviar, por el dispositivo de destino, una segunda respuesta que se retrasa en un multiplicador de tiempo de procesamiento al dispositivo verificador, correspondiendo la segunda respuesta a un segundo mensaje recibido desde el dispositivo verificador. El dispositivo verificador determina el límite superior de distancia en base a un primer tiempo de ida y vuelta, un segundo tiempo de ida y vuelta y el multiplicador de tiempo de procesamiento.

60 [0017] También se describe un dispositivo de destino configurado para determinar cuándo retrasar el envío de una respuesta para una operación de determinación de límite superior de distancia. El dispositivo de destino incluye un procesador, una memoria en comunicación con el procesador e instrucciones almacenadas en la memoria. Las instrucciones son ejecutables por el procesador para enviar una primera respuesta a un dispositivo verificador correspondiente a un primer mensaje recibido desde el dispositivo verificador. Las instrucciones también son ejecutables para enviar una segunda respuesta que se retrasa en un multiplicador de tiempo de procesamiento al

dispositivo verificador, correspondiendo la segunda respuesta a un segundo mensaje recibido desde el dispositivo verificador. El dispositivo verificador determina el límite superior de distancia en base a un primer tiempo de ida y vuelta, un segundo tiempo de ida y vuelta y el multiplicador de tiempo de procesamiento.

5 **[0018]** También se describe un aparato configurado para determinar cuándo retrasar el envío de una respuesta para una operación de determinación de límite superior de distancia. El aparato incluye medios para enviar una primera respuesta a un dispositivo verificador correspondiente a un primer mensaje recibido desde el dispositivo verificador. El aparato también incluye medios para enviar una segunda respuesta que se retrasa en un multiplicador de tiempo de procesamiento al dispositivo verificador, correspondiendo la segunda respuesta a un segundo mensaje recibido desde el dispositivo verificador. El dispositivo verificador determina el límite superior de distancia en base a un primer tiempo de ida y vuelta, un segundo tiempo de ida y vuelta y el multiplicador de tiempo de procesamiento.

15 **[0019]** También se describe un producto de programa informático para determinar cuándo retrasar el envío de una respuesta para una operación de determinación del límite superior de distancia. El producto de programa informático incluye un medio legible por ordenador no transitorio que tiene instrucciones en el mismo. Las instrucciones incluyen un código para hacer que un dispositivo de destino envíe una primera respuesta a un dispositivo verificador correspondiente a un primer mensaje recibido desde el dispositivo verificador. Las instrucciones también incluyen un código para hacer que el dispositivo de destino envíe una segunda respuesta que se retrasa en un multiplicador de tiempo de procesamiento al dispositivo verificador, correspondiendo la segunda respuesta a un segundo mensaje recibido desde el dispositivo verificador. El dispositivo verificador determina el límite superior de distancia en base a un primer tiempo de ida y vuelta, un segundo tiempo de ida y vuelta y el multiplicador de tiempo de procesamiento.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

25 **[0020]**

La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración de un sistema de comunicación para determinar un límite superior de distancia entre dispositivos;

30 la figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento para determinar un límite superior de distancia;

la figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra otro procedimiento para determinar un límite superior de distancia;

35 la figura 4 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de un ataque de retransmisión;

la figura 5 es un diagrama de secuencia que ilustra un enfoque para calcular un tiempo de tránsito por un dispositivo verificador;

40 la figura 6 es un diagrama de secuencia que ilustra un enfoque para calcular un tiempo de tránsito de acuerdo con los sistemas y procedimientos descritos;

la figura 7 es un diagrama de secuencia que ilustra otro enfoque para calcular un tiempo de tránsito de acuerdo con los sistemas y procedimientos descritos;

45 la figura 8 es un diagrama de secuencia que ilustra inmunidad frente a la suplantación de distancia de acuerdo con los sistemas y procedimientos descritos; y

la figura 9 ilustra determinados componentes que se pueden incluir dentro de un dispositivo electrónico.

50

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0021] En determinadas situaciones, es ventajoso para un dispositivo que pueda determinar un límite superior para la distancia a otro dispositivo. Por ejemplo, puede ser beneficioso en un contexto de seguridad confirmar que una credencial de acceso a un edificio está físicamente cerca de un lector de puerta. Las mediciones de la intensidad de la señal tienden a tener una amplia variación que dificulta la consecución de la determinación exacta de la distancia, y manipulando el transmisor es posible que un dispositivo malicioso simule estar más cerca de la separación real.

[0022] De acuerdo con los sistemas y procedimientos descritos en el presente documento, un dispositivo verificador puede usar un retraso de ida y vuelta para una señal para medir el tiempo de tránsito de la señal. A partir de la medición de tiempo de tránsito, el dispositivo verificador puede determinar un límite superior en la distancia al dispositivo de destino. Debido a que nada puede viajar más rápido que la velocidad de la luz, se puede usar una señal (por ejemplo, señal de radio) de manera fiable para disponer un límite superior en la distancia al dispositivo de destino. El dispositivo de destino podría estar más cerca, pero no puede estar más lejos.

65

[0023] Cabe destacar que algunos dispositivos de comunicación se pueden comunicar de forma inalámbrica y/o se pueden comunicar usando una conexión o enlace por cable. Por ejemplo, algunos dispositivos de comunicación se pueden comunicar con otros dispositivos usando un protocolo Ethernet. Los sistemas y procedimientos divulgados en el presente documento se pueden aplicar a dispositivos de comunicación que se comunican de forma inalámbrica y/o que se comunican usando una conexión o enlace por cable. En una configuración, los sistemas y procedimientos divulgados en el presente documento se pueden aplicar a un dispositivo de comunicación que se comunica con otro dispositivo usando comunicación de campo cercano (NFC).

[0024] La descripción detallada expuesta a continuación en relación con los dibujos adjuntos está concebida como una descripción de implementaciones ejemplares de la divulgación y no está concebida para representar las únicas implementaciones en las que la divulgación se puede llevar a la práctica. El término "ejemplar" usado a lo largo de esta descripción significa "que sirve de ejemplo, caso o ilustración" y no se debería interpretar necesariamente como preferente o ventajosa con respecto a otras implementaciones ejemplares. La descripción detallada incluye detalles específicos con el propósito de proporcionar un entendimiento profundo de las implementaciones ejemplares de la divulgación. En algunos casos, algunos dispositivos se muestran en forma de diagrama de bloques.

[0025] Si bien con propósitos de simplificación de la explicación las metodologías se muestran y se describen como una serie de acciones, se debe entender que las metodologías no están limitadas por el orden de las acciones, ya que algunas acciones, de acuerdo con uno o más aspectos, se pueden producir en diferentes órdenes y/o simultáneamente con otras acciones con respecto a lo que se muestra y describe en el presente documento. Por ejemplo, los expertos en la técnica entenderán y apreciarán que una metodología se podría representar de forma alternativa como una serie de estados o acontecimientos interrelacionados, tal como en un diagrama de estados. Además, tal vez no se requieran todas las acciones ilustradas para implementar una metodología de acuerdo con uno o más aspectos.

[0026] Ahora se describen diversas configuraciones con referencia a las figuras, donde números de referencia parecidos pueden indicar elementos funcionalmente similares. Los sistemas y procedimientos, como se describen e ilustran en general en las figuras en el presente documento, se pueden organizar y diseñar en una amplia variedad de configuraciones diferentes. Por tanto, la siguiente descripción más detallada de varias configuraciones, como se representa en las figuras, no pretende limitar el alcance, como se reivindica, sino que es simplemente representativa de los sistemas y procedimientos.

[0027] La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración de un sistema de comunicación 100 para determinar un límite superior de distancia 126 entre dispositivos. El sistema de comunicación 100 puede incluir un dispositivo verificador 102 y un dispositivo de destino 104. El dispositivo verificador 102 o el dispositivo de destino 104 también se puede denominar dispositivo de comunicación electrónica, dispositivo móvil, estación móvil, estación de abonado, cliente, estación de cliente, equipo de usuario (UE), estación remota, terminal de acceso, terminal móvil, terminal, terminal de usuario, unidad de abonado, etc. Los ejemplos de dispositivos incluyen ordenadores portátiles o de sobremesa, lectores de tarjetas, teléfonos móviles, teléfonos inteligentes, módems inalámbricos, lectores electrónicos, dispositivos de tableta, sistemas de juegos, etc. Algunos de estos dispositivos pueden funcionar de acuerdo con una o más normas de la industria.

[0028] El dispositivo verificador 102 y el dispositivo de destino 104 se pueden comunicar usando una o más tecnologías de comunicación. Estas tecnologías de comunicación pueden incluir tecnologías de comunicación por cable y tecnologías de comunicación inalámbrica.

[0029] El dispositivo verificador 102 y el dispositivo de destino 104 se pueden comunicar usando una o más tecnologías de comunicación que funcionan a la velocidad de la luz. Estas tecnologías pueden incluir, pero no se limitan a, comunicación por radiofrecuencia (RF), luz visible ("LiFi"), microondas e infrarrojos.

[0030] En una configuración, el dispositivo verificador 102 y el dispositivo de destino 104 se pueden comunicar usando comunicación inductivamente acoplada. En una implementación de comunicación inductivamente acoplada, el dispositivo verificador 102 y el dispositivo de destino 104 pueden usar comunicación de campo cercano (NFC). En otra implementación, el dispositivo verificador 102 y el dispositivo de destino 104 pueden usar identificación por radiofrecuencia (RFID).

[0031] En otra configuración, el dispositivo verificador 102 y el dispositivo de destino 104 pueden funcionar de acuerdo con determinadas normas de la industria, tales como las normas de Evolución a Largo Plazo (LTE) del Proyecto de Colaboración de Tercera Generación (3GPP). Otros ejemplos de normas que un dispositivo de comunicación puede cumplir incluyen las normas 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n y/u 802.11ac del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) (por ejemplo, fidelidad inalámbrica o "Wi-Fi"), Bluetooth, normas IEEE 802.16 (por ejemplo, interoperabilidad mundial para acceso por microondas o "WiMAX"), normas de acceso múltiple por división de código (CDMA) 2000 1x (denominado en el presente documento "1x", también se puede denominar IS-2000 o 1xRTT), normas de evolución de datos optimizada (EVDO), la norma provisional 95 (IS-95), alta tasa de datos (HDR), alta tasa de paquetes de datos (HRPD), alta tasa de paquetes de datos evolucionada (eHRPD), normas de radio y otras. WWAN también puede incluir normas de redes inalámbricas de área metropolitana (WMAN) y normas de acceso de paquetes de enlace descendente de alta velocidad (HSDPA). Si bien algunos de los sistemas y

procedimientos divulgados en el presente documento se pueden describir en cuanto a una o más normas, esto no debería limitar el alcance de la divulgación, ya que los sistemas y procedimientos pueden ser aplicables a muchos sistemas y/o normas.

5 **[0032]** El dispositivo verificador 102 y el dispositivo de destino 104 pueden estar separados por una distancia 106. En determinadas situaciones, puede ser ventajoso poder determinar un límite superior de distancia 126 desde un dispositivo verificador 102 a un dispositivo de destino 104. Esto se vuelve especialmente importante cuando se intenta verificar que un dispositivo (es decir, el dispositivo de destino 104) que se presenta a otro dispositivo (es decir, el dispositivo verificador 102) para una transacción está físicamente cerca para frustrar los ataques de retransmisión.

10 **[0033]** Los protocolos de seguridad normales, tales como para el acceso a un edificio o para un pago, solo verifican que un dispositivo que se presenta puede responder correctamente a uno o más desafíos. Sin embargo, es posible eludir esto retransmitiendo el desafío a un dispositivo genuino, y a continuación retransmitiendo la respuesta de vuelta al dispositivo bajo ataque. Cuando se considera que todo lo que se necesitaría es un par de dispositivos (por ejemplo, teléfonos inteligentes) con un programa malicioso para realizar esta retransmisión, el número potencial de ataques es enorme. La figura 4 ilustra un ejemplo de un ataque de retransmisión.

15 **[0034]** Si el dispositivo bajo ataque (por ejemplo, el dispositivo verificador 102) puede determinar que el dispositivo que se presenta (por ejemplo, el dispositivo de destino 104) está físicamente cerca, este tipo de ataque se vuelve mucho más difícil. Se han propuesto una serie de enfoques, pero todos padecen inconvenientes. En un enfoque, se puede determinar la distancia en base a las mediciones de la intensidad de la señal. Sin embargo, las mediciones de la intensidad de la señal tienden a tener una amplia variación que dificulta la consecución de la determinación exacta de la distancia. Además, al manipular un transmisor, es posible pretender estar más cerca de la separación real.

20 **[0035]** Otro enfoque es usar el retraso de ida y vuelta (es decir, el tiempo de tránsito) para una señal. Como se usa en el presente documento, "tiempo de tránsito" se refiere a la cantidad de tiempo que le lleva a una señal viajar entre dos puntos. Por ejemplo, el tiempo de tránsito para una señal enviada por el dispositivo verificador 102 al dispositivo de destino 104 es la cantidad de tiempo para que la señal alcance el dispositivo de destino 104 una vez que el dispositivo verificador 102 transmite la señal. El tiempo de tránsito también se puede denominar tiempo de tránsito, tiempo de vuelo, intervalo de tiempo u otros términos equivalentes.

25 **[0036]** Puesto que nada puede viajar más rápido que la velocidad de la luz, se puede usar una señal (por ejemplo, señal de radio o de luz) de forma fiable para disponer un límite superior en la distancia 106 (es decir, el límite superior de distancia 126) desde el dispositivo verificador 102 al dispositivo de destino 104. El dispositivo de destino 104 podría estar más cerca, pero no puede estar más lejos que el límite superior de distancia 126.

30 **[0037]** El principal inconveniente de este enfoque es que los tiempos de tránsito de comunicación son extremadamente cortos, especialmente cuando se trata de establecer la ubicación en dimensiones humanas. Incluso un recorrido de ida y vuelta de 1 nanosegundo (ns) corresponde a una separación de 15 centímetros (cm). Esto significa que cualquier retraso de procesamiento en el dispositivo remoto puede saturar rápidamente el tiempo de tránsito y dar lugar a una enorme incertidumbre en la medición del límite superior de distancia 126. La figura 5 muestra esta situación.

35 **[0038]** Los sistemas y procedimiento descritos en el presente documento proporcionan la eliminación de los efectos del retraso de procesamiento en el dispositivo remoto cuando se realiza una operación de determinación del límite superior de distancia 126. Esto puede permitir mediciones de distancia más exactas.

40 **[0039]** En una configuración, el dispositivo verificador 102 puede ser un lector/escritor y el dispositivo de destino 104 puede ser un dispositivo de escucha. Por ejemplo, el dispositivo verificador 102 puede ser un lector/escritor de NFC y el dispositivo de destino 104 puede ser una tarjeta de NFC.

45 **[0040]** El dispositivo verificador 102 puede determinar un límite superior de distancia 126 en base en parte a una medición de tiempo de ida y vuelta que se retrasa en un multiplicador de tiempo de procesamiento 122. El multiplicador de tiempo de procesamiento 122 indica una cantidad de tiempo que el dispositivo de destino 104 retrasa responder a un mensaje enviado por el dispositivo verificador 102.

50 **[0041]** El dispositivo verificador 102 puede medir un primer tiempo de ida y vuelta 112. El primer tiempo de ida y vuelta 112 puede incluir el tiempo de tránsito para enviar un primer mensaje 108 al dispositivo de destino 104, un tiempo de procesamiento 120 por el dispositivo de destino 104 y el tiempo de tránsito para recibir una primera respuesta 110 desde el dispositivo de destino 104.

55 **[0042]** El tiempo de procesamiento 120 puede ser la cantidad de tiempo que le lleva al dispositivo de destino 104 procesar un mensaje recibido desde el dispositivo verificador 102. El tiempo de procesamiento 120 también se puede denominar retraso de procesamiento. Por ejemplo, si el primer mensaje 108 es un desafío, entonces el tiempo de procesamiento 120 es la cantidad de tiempo que le lleva al dispositivo de destino 104 procesar el desafío, generar una

respuesta y enviar la respuesta. El primer tiempo de ida y vuelta 112 se puede expresar de acuerdo con la ecuación (1).

$$T_{ida\ y\ vuelta,1} = T_{proc} + 2 \cdot T_f \quad (1)$$

5 **[0043]** En la ecuación (1), $T_{ida\ y\ vuelta,1}$ es el primer tiempo de ida y vuelta 112, T_{proc} es el tiempo de procesamiento 120 para que el dispositivo de destino 104 procese el primer mensaje 108 y T_f es el tiempo de tránsito que se multiplica por 2 debido a que el dispositivo verificador 102 envía el primer mensaje 108 y recibe la primera respuesta 110.

10 **[0044]** En un segundo intercambio de mensaje/respuesta, el dispositivo de destino 104 puede retrasar la respuesta de acuerdo con un multiplicador de tiempo de procesamiento 122. En este intercambio, el dispositivo verificador 102 puede medir un segundo tiempo de ida y vuelta 118 que incluye el tiempo de tránsito para enviar un segundo mensaje 114 al dispositivo de destino 104, un multiplicador de tiempo de procesamiento 122 (n) aplicado por el dispositivo de destino 104 y el tiempo de tránsito para recibir una segunda respuesta 116 desde el dispositivo de destino 104.

15 **[0045]** El multiplicador de tiempo de procesamiento 122 indica una cantidad de tiempo que el dispositivo de destino 104 retrasa responder a un mensaje enviado por el dispositivo verificador 102. Tras recibir el segundo mensaje 114, el dispositivo de destino 104 puede ajustar a escala el tiempo de procesamiento 120 en el multiplicador de tiempo de procesamiento 122 antes de responder al segundo mensaje 114. El segundo tiempo de ida y vuelta 118 se puede expresar de acuerdo con la ecuación (2).

$$T_{ida\ y\ vuelta,n} = n \cdot T_{proc} + 2 \cdot T_f \quad (2)$$

25 **[0046]** En la ecuación (2), $T_{ida\ y\ vuelta,n}$ es el segundo tiempo de ida y vuelta 118, y n es el multiplicador de tiempo de procesamiento 122 para que el dispositivo de destino 104 procese el segundo mensaje 114. Una vez más, el tiempo de tránsito T_f se multiplica por 2 debido a que el dispositivo verificador 102 envía el segundo mensaje 114 y recibe la segunda respuesta 116.

30 **[0047]** El dispositivo verificador 102 puede determinar una medición de tiempo de tránsito 124 en base al primer tiempo de ida y vuelta 112, el segundo tiempo de ida y vuelta 118 y el multiplicador de tiempo de procesamiento 122 (n). Debido a que el multiplicador de tiempo de procesamiento 122 (n) representa el factor de ajuste a escala para que el dispositivo de destino 104 (por ejemplo, una tarjeta) use en su retraso del tiempo de procesamiento 120, la medición de tiempo de tránsito 124 T_f se puede determinar de acuerdo con las siguientes ecuaciones. Multiplicar el primer tiempo de ida y vuelta 112 por el multiplicador de tiempo de procesamiento 122 (n) da como resultado

$$n \cdot T_{ida\ y\ vuelta,1} = n \cdot T_{proc} + 2n \cdot T_f \quad (3)$$

$$\begin{aligned} n \cdot T_{ida\ y\ vuelta,1} - T_{ida\ y\ vuelta,n} &= n \cdot T_{proc} + 2n \cdot T_f - n \cdot T_{proc} - 2 \cdot T_f \\ &= 2n \cdot T_f - 2 \cdot T_f \\ &= 2T_f(n - 1) \end{aligned} \quad (4)$$

$$T_f = \frac{n \cdot T_{ida\ y\ vuelta,1} - T_{ida\ y\ vuelta,n}}{2(n-1)} \quad (5)$$

40 **[0048]** Cabe destacar que de acuerdo con la ecuación (5), el dispositivo verificador 102 (por ejemplo, lector/escritor) puede calcular el tiempo de tránsito independientemente del tiempo de procesamiento real 120 del dispositivo de destino 104. En otras palabras, el dispositivo verificador 102 no necesita conocer el tiempo de procesamiento 120 del dispositivo de destino 104 para determinar la medición de tiempo de tránsito 124. Aunque el dispositivo de destino 104 debe poder ajustar a escala su tiempo de procesamiento 120 con exactitud, este enfoque no se basa en que este tiempo de procesamiento 120 sea corto. La figura 6 ilustra un ejemplo donde el multiplicador de tiempo de procesamiento 122 (n) es 2.

50 **[0049]** El dispositivo verificador 102 puede determinar un límite superior de distancia 126 entre el dispositivo verificador 102 y el dispositivo de destino 104 en base a la medición de tiempo de tránsito 124. Una vez que la medición de tiempo de tránsito 124 T_f se determina con la exactitud deseada, el dispositivo verificador 102 puede determinar el límite superior de distancia 126 multiplicando la medición de tiempo de tránsito 124 por la velocidad de la luz (c). El límite superior de distancia 126 se puede expresar como $T_f \cdot c$.

[0050] Este límite superior de distancia 126 puede ser un límite superior de una medida de la distancia 106 (o separación) entre el dispositivo verificador 102 y el dispositivo de destino 104. Por lo tanto, el dispositivo verificador 102 y el dispositivo de destino 104 pueden estar más cerca que el límite superior de distancia 126, pero el dispositivo verificador 102 y el dispositivo de destino 104 no pueden estar más separados.

[0051] Cabe destacar que de acuerdo con las ecuaciones (1)-(5), se supone que el tiempo de tránsito de ida y el tiempo de tránsito de vuelta son los mismos. Por lo tanto, $2 \cdot T_i$ es el tiempo de tránsito total. Si el tiempo de procesamiento 120 del dispositivo de destino 104 es grande, entonces puede ser posible que el dispositivo verificador 102 y el dispositivo de destino 104 se hayan movido uno respecto al otro. Este contexto no será un problema práctico para un dispositivo que se sostiene por un usuario suponiendo un tiempo de procesamiento 120 práctico. Sin embargo, incluso en casos extremos donde el tiempo de procesamiento 120 del dispositivo de destino 104 es lento y la distancia 106 entre el dispositivo verificador 102 y el dispositivo de destino 104 está cambiando rápidamente, el dispositivo verificador 102 determinará un promedio de la separación del dispositivo. En este caso, las mediciones de tiempo mostrarán que la distancia 106 está cambiando. Esto se puede usar como otro criterio para negarse a comunicarse con el dispositivo de destino 104.

[0052] También cabe destacar que al repetir las mediciones de tiempo de ida y vuelta múltiples veces, se pueden promediar fluctuaciones menores en el retraso de procesamiento, mejorando la exactitud de la medición de tiempo de tránsito 124 todavía más. Por lo tanto, en una implementación, el dispositivo verificador 102 puede determinar el límite superior de distancia 126 en base al menos a una medición de tiempo de tránsito 124 adicional en la que el dispositivo de destino 104 retrasa su respuesta de acuerdo con el multiplicador de tiempo de procesamiento 122.

[0053] En esta implementación, el dispositivo verificador 102 puede medir al menos un tiempo de ida y vuelta adicional para recibir una respuesta desde el dispositivo de destino 104. La respuesta desde el dispositivo de destino 104 se puede retrasar o no en el multiplicador de tiempo de procesamiento 122. Además, el multiplicador de tiempo de procesamiento 122 usado en la una o más mediciones de tiempo de ida y vuelta puede ser el mismo valor, o puede ser un valor diferente. En otras palabras, el multiplicador de tiempo de procesamiento 122, en esta implementación, puede ser una secuencia de valores que se aplican para una medición de tiempo de ida y vuelta dada. Por ejemplo, en una medición de tiempo de ida y vuelta el multiplicador de tiempo de procesamiento 122 puede ser 2, mientras que en otra medición de tiempo de viaje de ida y vuelta el multiplicador de tiempo de procesamiento 122 puede ser 3.

[0054] A continuación, el dispositivo verificador 102 puede determinar al menos una medición de tiempo de tránsito 124 adicional usando el al menos un tiempo de ida y vuelta adicional. Para cada medición del tiempo de ida y vuelta, el dispositivo verificador 102 puede determinar una medición de tiempo de tránsito 124 de acuerdo con la ecuación (5). El dispositivo verificador 102 puede determinar una medición de tiempo de tránsito 124 promedio usando cada una de las mediciones de tiempo de tránsito 124 múltiples. El dispositivo verificador 102 puede determinar el límite superior de distancia 126 multiplicando la medición de tiempo de tránsito 124 promedio por la velocidad de la luz.

[0055] El multiplicador de tiempo de procesamiento 122 se puede conocer por el dispositivo verificador 102 y el dispositivo de destino 104, pero no conocerse por otros dispositivos. La manera de determinar el multiplicador de tiempo de procesamiento 122 para solicitar una respuesta dada se puede elegir para satisfacer las necesidades de una aplicación particular. En una implementación, para un establecimiento simple y no seguro de la medición de límite superior de distancia 126, se podría usar una secuencia fijada del multiplicador de tiempo de procesamiento 122 (n), tal como 2-2-2-2 o 2-3-4-2-3-4. Se pueden incluir respuestas de retraso de procesamiento único adicionales (es decir, $n=1$) en cualquier ubicación predeterminada, si se desea.

[0056] En otra implementación, se puede introducir más sofisticación al hacer que el multiplicador de tiempo de procesamiento 122 (n) dependa del contenido del mensaje enviado por el dispositivo verificador 102. Por ejemplo, si este es un único bit, entonces un 1 podría incrementar el multiplicador de tiempo de procesamiento 122 (n) acordado y un cero podría disminuir n . También se podrían implementar combinaciones de estos dos mecanismos.

[0057] Aún en otra implementación, dado un número suficiente de mediciones de tiempo de ida y vuelta, el dispositivo verificador 102 puede determinar el tiempo de tránsito incluso si la secuencia del multiplicador de tiempo de procesamiento 122 (n) no es determinista. El dispositivo verificador 102 conoce que para un multiplicador de tiempo de procesamiento 122 (n) dado, la ecuación (2) proporciona que $T_{ida\ y\ vuelta, n} = n \cdot T_{proc} + 2 \cdot T_i$. Por lo tanto, el dispositivo verificador 102 puede comparar la matriz de tiempos frente a los diversos valores posibles del multiplicador de tiempo de procesamiento 122 (n).

[0058] En algunos contextos, el dispositivo que se presenta para el acceso o el pago es en sí mismo un dispositivo inteligente. Por ejemplo, un teléfono inteligente puede ser un dispositivo de escucha que recibe un desafío desde un dispositivo lector. Puede ser beneficioso para el dispositivo de escucha verificar también la distancia al dispositivo lector. En este caso, los papeles se pueden invertir y el dispositivo de escucha puede actuar como el dispositivo verificador 102 y el dispositivo lector puede actuar como el dispositivo de destino 104. Esto se puede conseguir con una simple extensión del enfoque presentado anteriormente, como se muestra en la figura 7. Como ejemplo, la aplicación de acceso o pago de un dispositivo de escucha (por ejemplo, un teléfono inteligente) puede requerir una comprobación de que el lector potencial está físicamente cerca antes de que permita que se acceda al mismo.

- 5 [0059] El mecanismo por el que el dispositivo de escucha determina una límite superior de distancia 126 para el dispositivo lector puede ser el mismo que el usado para la dirección inversa. En otras palabras, el dispositivo de escucha puede determinar el tiempo de tránsito de acuerdo con la ecuación (5). El límite superior de distancia 126 al dispositivo lector se puede determinar multiplicando el tiempo de tránsito por la velocidad de la luz.
- 10 [0060] Es extremadamente difícil que un dispositivo malicioso derrote este enfoque ajustando su tiempo de procesamiento para pretender estar más cerca de lo que está en realidad. Esto se debe a que para hacer que la respuesta llegue al dispositivo verificador 102 (por ejemplo, lector/escritor) en el momento correcto, ajustar a escala el tiempo de procesamiento no es simplemente duplicarlo. Puesto que un dispositivo malicioso no conoce la distancia 106 al dispositivo verificador 102, no conoce T_r , por lo que no puede determinar el tiempo de procesamiento necesario 120 o el multiplicador de tiempo de procesamiento 122 que necesita usar para pretender estar a una distancia más corta. Este contexto se describe en relación con la figura 8.
- 15 [0061] La figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento 200 para determinar un límite superior de distancia 126. El procedimiento 200 se puede realizar por un dispositivo verificador 102 que está en comunicación con un dispositivo de destino 104. En una configuración, el dispositivo verificador 102 puede ser un dispositivo lector (por ejemplo, lector/escritor) y el dispositivo de destino 104 puede ser un dispositivo de escucha (por ejemplo, tarjeta). En otra configuración, el dispositivo verificador 102 puede ser un dispositivo de escucha (por ejemplo, tarjeta) y el dispositivo de destino 104 puede ser un dispositivo lector (por ejemplo, lector/escritor). En una implementación, el dispositivo verificador 102 puede ser un dispositivo de NFC. El dispositivo verificador 102 se puede comunicar con el dispositivo de destino 104 usando operaciones de NFC.
- 20 [0062] El dispositivo verificador 102 puede medir 202 un primer tiempo de ida y vuelta 112 para recibir una primera respuesta 110 desde el dispositivo de destino 104 que corresponde a un primer mensaje 108 enviado al dispositivo de destino 104. El primer tiempo de ida y vuelta 112 incluye el tiempo de tránsito para enviar el primer mensaje 108 al dispositivo de destino 104, un tiempo de procesamiento 120 por el dispositivo de destino 104 y el tiempo de tránsito para recibir la primera respuesta 110 desde el dispositivo de destino 104. El primer tiempo de ida y vuelta 112 se puede expresar de acuerdo con la ecuación (1).
- 25 [0063] En la configuración donde el dispositivo verificador 102 es un dispositivo lector (por ejemplo, lector/escritor), el primer mensaje 108 puede ser un mensaje de desafío que el dispositivo verificador 102 envía al dispositivo de destino 104. En esta configuración, el dispositivo verificador 102 puede medir 202 la cantidad de tiempo que lleva recibir una respuesta al desafío desde el dispositivo de destino 104.
- 30 [0064] En la configuración donde el dispositivo verificador 102 es un dispositivo de escucha (por ejemplo, tarjeta), el primer mensaje 108 puede ser una respuesta a un mensaje de desafío. El dispositivo verificador 102 puede enviar la respuesta al dispositivo de destino 104. En esta configuración, el dispositivo verificador 102 puede medir 202 la cantidad de tiempo que lleva recibir otro mensaje de desafío desde el dispositivo de destino 104.
- 35 [0065] El dispositivo verificador 102 puede medir 204 un segundo tiempo de ida y vuelta 118 para recibir una segunda respuesta 116 desde el dispositivo de destino 104 que corresponde a un segundo mensaje 114 enviado al dispositivo de destino 104, retrasándose la segunda respuesta en un multiplicador de tiempo de procesamiento 122. El multiplicador de tiempo de procesamiento 122 indica una cantidad de tiempo que el dispositivo de destino 104 retrasa responder a un mensaje enviado por el dispositivo verificador 102.
- 40 [0066] Tras recibir el segundo mensaje 114, el dispositivo de destino 104 puede ajustar a escala el tiempo de procesamiento 120 en el multiplicador de tiempo de procesamiento 122 antes de responder al segundo mensaje 114. El segundo tiempo de ida y vuelta 118 se puede expresar de acuerdo con la ecuación (2). El segundo tiempo de ida y vuelta 118 incluye el tiempo de tránsito para enviar el segundo mensaje 114 al dispositivo de destino 104, el tiempo de procesamiento 120 ajustado a escala en el multiplicador de tiempo de procesamiento 122 y el tiempo de tránsito para recibir la segunda respuesta 116 desde el dispositivo de destino 104.
- 45 [0067] En una implementación, el multiplicador de tiempo de procesamiento 122 es un valor fijado. En otra implementación, el multiplicador de tiempo de procesamiento 122 se determina en base al contenido del segundo mensaje 114 enviado al dispositivo de destino 104.
- 50 [0068] En la configuración donde el dispositivo verificador 102 es un dispositivo lector (por ejemplo, lector/escritor), el segundo mensaje 114 puede ser un segundo mensaje de desafío que el dispositivo verificador 102 envía al dispositivo de destino 104. En esta configuración, el dispositivo verificador 102 puede medir 204 la cantidad de tiempo que lleva recibir una respuesta a este segundo desafío desde el dispositivo de destino 104.
- 55 [0069] En la configuración donde el dispositivo verificador 102 es un dispositivo de escucha (por ejemplo, tarjeta), el segundo mensaje 114 puede ser una segunda respuesta al segundo mensaje de desafío. El dispositivo verificador 102 puede enviar la segunda respuesta al dispositivo de destino 104. En esta configuración, el dispositivo verificador 102 puede medir 204 la cantidad de tiempo que le lleva al dispositivo de destino 104 enviar otro mensaje de desafío.
- 60 [0069] En la configuración donde el dispositivo verificador 102 es un dispositivo de escucha (por ejemplo, tarjeta), el segundo mensaje 114 puede ser una segunda respuesta al segundo mensaje de desafío. El dispositivo verificador 102 puede enviar la segunda respuesta al dispositivo de destino 104. En esta configuración, el dispositivo verificador 102 puede medir 204 la cantidad de tiempo que le lleva al dispositivo de destino 104 enviar otro mensaje de desafío.
- 65 [0069] En la configuración donde el dispositivo verificador 102 es un dispositivo de escucha (por ejemplo, tarjeta), el segundo mensaje 114 puede ser una segunda respuesta al segundo mensaje de desafío. El dispositivo verificador 102 puede enviar la segunda respuesta al dispositivo de destino 104. En esta configuración, el dispositivo verificador 102 puede medir 204 la cantidad de tiempo que le lleva al dispositivo de destino 104 enviar otro mensaje de desafío.

[0070] El dispositivo verificador 102 puede determinar 206 una medición de tiempo de tránsito 124 en base al primer tiempo de ida y vuelta 112, el segundo tiempo de ida y vuelta 118 y el multiplicador de tiempo de procesamiento 122. Esto se puede conseguir de acuerdo con la ecuación (5).

5 **[0071]** El dispositivo verificador 102 puede determinar 208 el límite superior de distancia 126 en base a la medición de tiempo de tránsito 124. En una implementación, el dispositivo verificador 102 puede multiplicar la medición de tiempo de tránsito 124 por la velocidad de la luz para determinar el límite superior de distancia 126.

10 **[0072]** Cabe destacar que los sistemas y procedimientos descritos también se pueden implementar a velocidades de comunicación más lentas que la velocidad de la luz. Sin embargo, esto puede introducir una debilidad. Por ejemplo, considérese el uso de ultrasonido. Esto es mucho más lento que la luz, por lo que sería posible que un dispositivo malicioso convierta la información en forma de radio/luz y la transmita por una distancia mucho mayor en la misma cantidad de tiempo. Por tanto, el límite superior de distancia 126 puede ser menos fiable para velocidades menores a la velocidad de la luz.

15 **[0073]** La figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra otro procedimiento 300 para determinar cuándo retrasar el envío de una respuesta para una operación de determinación de límite superior de distancia 126. El procedimiento 300 se puede realizar por un dispositivo de destino 104 que está en comunicación con un dispositivo verificador 102. En una implementación, el dispositivo de destino 104 puede ser un dispositivo de NFC. El dispositivo de destino 104 se puede comunicar con el dispositivo verificador 102 usando operaciones de NFC.

20 **[0074]** En una configuración, el dispositivo de destino 104 puede ser un dispositivo de escucha (por ejemplo, tarjeta) y el dispositivo verificador 102 puede ser un dispositivo lector (por ejemplo, lector/escritor). En otra configuración, el dispositivo de destino 104 puede ser un dispositivo lector (por ejemplo, lector/escritor) y el dispositivo de destino 104 puede ser un dispositivo de escucha (por ejemplo, tarjeta).

25 **[0075]** El dispositivo de destino 104 puede enviar 302 una primera respuesta 110 a un dispositivo verificador 102 correspondiente a un primer mensaje 108 recibido desde el dispositivo verificador 102. El primer mensaje 108 se puede recibir como parte de una primera operación de medición del tiempo de ida y vuelta 112 por el dispositivo verificador 102, como se describe en relación con la figura 1. Después de procesar el primer mensaje recibido 108, el dispositivo de destino 104 puede enviar 302 la primera respuesta 110. El tiempo de procesamiento 120 puede ser la cantidad de tiempo que le lleva al dispositivo de destino 104 procesar el primer mensaje 108 recibido desde el dispositivo verificador 102.

30 **[0076]** El dispositivo de destino 104 puede enviar 304 una segunda respuesta 116 que se retrasa en un multiplicador de tiempo de procesamiento 122 al dispositivo verificador 102. La segunda respuesta 116 puede corresponder a un segundo mensaje 114 recibido desde el dispositivo verificador 102. El segundo mensaje 114 se puede recibir como parte de una segunda operación de medición del tiempo de ida y vuelta 118 por el dispositivo verificador 102, como se describe en relación con la figura 1.

35 **[0077]** El multiplicador de tiempo de procesamiento 122 puede indicar una cantidad de tiempo que el dispositivo de destino 104 retrasa responder a un mensaje enviado por el dispositivo verificador 102. Tras recibir el segundo mensaje 114, el dispositivo de destino 104 puede ajustar a escala el tiempo de procesamiento 120 en el multiplicador de tiempo de procesamiento 122 antes de responder al segundo mensaje 114.

40 **[0078]** El dispositivo verificador 102 puede determinar el límite superior de distancia 126 en base al primer tiempo de ida y vuelta 112, el segundo tiempo de ida y vuelta 118 y el multiplicador de tiempo de procesamiento 122. Esto se puede conseguir como se describe en relación con la figura 1.

45 **[0079]** La figura 4 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de un ataque de retransmisión. Un primer dispositivo malicioso 428a puede estar en estrecha proximidad del dispositivo verificador 402. Un segundo dispositivo malicioso 428b puede estar en estrecha proximidad de un dispositivo de destino 404.

50 **[0080]** El dispositivo verificador 402 puede ser un dispositivo lector/escritor. Por ejemplo, el terminal de punto de venta (POS) del dispositivo verificador 102. El dispositivo de destino 404 puede ser un dispositivo de escucha. Por ejemplo, el dispositivo de destino 404 puede ser una tarjeta de pago sin contacto usada para pagar en un lector/escritor (es decir, un terminal POS). El primer dispositivo malicioso 428a y el segundo dispositivo malicioso 428b pueden ser teléfonos inteligentes.

55 **[0081]** El dispositivo verificador 402 y el dispositivo de destino 404 pueden estar separados por una distancia suficiente que no se pueden comunicar directamente entre sí. Por ejemplo, si el dispositivo verificador 402 y el dispositivo de destino 404 se comunican usando NFC o RFID, entonces la comunicación se puede limitar a unos pocos centímetros.

60

65

[0082] En este ejemplo, el dispositivo de destino 404 se puede usar para el acceso a un edificio o para un pago. Los protocolos de seguridad usados por el dispositivo de destino 404 solo pueden verificar que un dispositivo que se presenta pueda responder correctamente a una serie de desafíos. El primer dispositivo malicioso 428a y el segundo dispositivo malicioso 428b pueden eludir estos protocolos de seguridad.

[0083] El primer dispositivo malicioso 428a puede retransmitir el desafío desde el dispositivo verificador 402 al segundo dispositivo malicioso 428b. A continuación, el segundo dispositivo malicioso 428b puede retransmitir el desafío al dispositivo de destino 404. El dispositivo de destino 404 puede responder a este desafío enviando una respuesta de vuelta al dispositivo verificador 402 bajo ataque (por medio del primer dispositivo malicioso 428a y el segundo dispositivo malicioso 428b).

[0084] Este ataque usa funciones criptográficas genuinas de una tarjeta de pago y autorizaciones genuinas. Esto vuelve al dispositivo verificador 402 y se realiza una transacción fraudulenta. En lo que respecta al dispositivo verificador 402, envió el desafío y recibió una respuesta correcta, que satisfizo los protocolos de seguridad.

[0085] Si el dispositivo bajo ataque (por ejemplo, el dispositivo verificador 402) puede determinar que el dispositivo que se presenta (por ejemplo, el dispositivo de destino 404) está físicamente cerca, este tipo de ataque se vuelve mucho más difícil. Por lo tanto, el dispositivo verificador 402 puede determinar un límite superior de distancia 126 como se describe en relación con la figura 1. Si el límite superior de distancia 126 indica que el dispositivo de destino 404 está más lejos que una distancia permitida, el dispositivo verificador 402 se puede negar a autorizar una transacción.

[0086] La figura 5 es un diagrama de secuencia que ilustra un enfoque para calcular un tiempo de tránsito 530 por un dispositivo verificador 502. En este ejemplo, un dispositivo verificador 502 (por ejemplo, lector/escritor) se comunica con un dispositivo de destino 504 (por ejemplo, tarjeta). El dispositivo verificador 502 se puede implementar de acuerdo con el dispositivo verificador 102 de la figura 1. El dispositivo de destino 504 se puede implementar de acuerdo con el dispositivo de destino 104 de la figura 1.

[0087] El dispositivo verificador 502 puede enviar 501 un desafío al dispositivo de destino 504. La cantidad de tiempo para que las señales viajen entre el dispositivo verificador 502 y el dispositivo de destino 504 es el tiempo de tránsito 530 (T_f). Por lo tanto, la cantidad de tiempo para que el desafío llegue al dispositivo de destino 504 es el tiempo de tránsito 530a (T_f).

[0088] El dispositivo de destino 504 puede procesar 503 el desafío. La cantidad de tiempo para procesar el desafío y generar una respuesta es el tiempo de procesamiento 520 (T_{proc}). El dispositivo de destino 504 puede enviar 505 la respuesta de vuelta al dispositivo verificador 502. La cantidad de tiempo para que la respuesta llegue al dispositivo verificador 502 es el tiempo de tránsito 530b (T_f). Suponiendo que la distancia entre el dispositivo verificador 502 y el dispositivo de destino 504 no ha cambiado, el tiempo de tránsito 530a (T_f) para el desafío y el tiempo de tránsito 530b (T_f) para la respuesta son los mismos.

[0089] El tiempo de ida y vuelta 512 ($T_{ida\ y\ vuelta,1}$) para el intercambio de desafío/respuesta se puede expresar de acuerdo con la ecuación (1) anterior. En este ejemplo, el dispositivo verificador 502 puede medir el tiempo de ida y vuelta 512 ($T_{ida\ y\ vuelta,1}$) para el intercambio de desafío/respuesta desde el tiempo en que se envía el desafío hasta el tiempo en que se recibe la respuesta. En otras palabras, $T_{ida\ y\ vuelta,1} = T_{proc} + 2 \cdot T_f$. Sin embargo, debido a que el dispositivo verificador 502 en general no conoce el tiempo de procesamiento 520 (T_{proc}), el dispositivo verificador 502 no puede determinar con exactitud el tiempo de tránsito 530 (T_f) y, por tanto, la distancia al dispositivo de destino 504.

[0090] La figura 6 es un diagrama de secuencia que ilustra un enfoque para calcular un tiempo de tránsito 630 de acuerdo con los sistemas y procedimientos descritos. En este ejemplo, un dispositivo verificador 602 se comunica con un dispositivo de destino 604. El dispositivo verificador 602 se puede implementar de acuerdo con el dispositivo verificador 102 de la figura 1. El dispositivo de destino 604 se puede implementar de acuerdo con el dispositivo de destino 104 de la figura 1. El dispositivo verificador 602 puede ser un dispositivo lector (por ejemplo, lector/escritor), el dispositivo de destino 604 puede ser un dispositivo de escucha (por ejemplo, tarjeta).

[0091] El dispositivo verificador 602 puede medir un primer tiempo de ida y vuelta 612 ($T_{ida\ y\ vuelta,1}$) para un intercambio de un primer desafío (por ejemplo, un primer mensaje 108) y una primera respuesta 110. El dispositivo verificador 602 puede enviar 601 el primer desafío al dispositivo de destino 604. La cantidad de tiempo para que el primer mensaje 108 llegue al dispositivo de destino 604 es el tiempo de tránsito 630a (T_f).

[0092] El dispositivo de destino 604 puede comenzar a procesar 603 el desafío. La cantidad de tiempo para procesar el desafío y generar una respuesta es el tiempo de procesamiento 620 (T_{proc}). El dispositivo de destino 604 puede enviar 605 la primera respuesta de vuelta al dispositivo verificador 602. La cantidad de tiempo para que la primera respuesta 110 llegue al dispositivo verificador 602 es el tiempo de tránsito 630b (T_f).

[0093] El dispositivo verificador 602 puede medir un segundo tiempo de ida y vuelta 618 ($T_{ida\ y\ vuelta,2}$) para un intercambio de un segundo desafío (por ejemplo, un segundo mensaje 114) y una segunda respuesta 116. El

dispositivo verificador 602 puede enviar 607 el segundo desafío al dispositivo de destino 604. La cantidad de tiempo para que el segundo desafío llegue al dispositivo de destino 604 es el tiempo de tránsito 630c (T_f).

5 [0094] El dispositivo de destino 604 puede retrasar 609 el procesamiento del segundo mensaje 114 en base a un multiplicador de tiempo de procesamiento 122 (n). En este ejemplo, el multiplicador de tiempo de procesamiento 122 (n) es igual a 2. Por lo tanto, el dispositivo de destino 604 ajusta a escala el tiempo de procesamiento 620 en un múltiplo de 2 antes de responder al segundo mensaje 114. En otras palabras, el dispositivo de destino 604 retrasa su respuesta dos veces su retraso de procesamiento interno.

10 [0095] Después del retraso de procesamiento, el dispositivo de destino 604 puede enviar 611 una segunda respuesta 116 al dispositivo verificador 602. La cantidad de tiempo para que la segunda respuesta 116 llegue al dispositivo verificador 602 es el tiempo de tránsito 630d (T_f).

15 [0096] Una vez más, suponiendo que la distancia entre el dispositivo verificador 602 y el dispositivo de destino 604 no haya cambiado, los tiempos de tránsito 630a-d (T_f) son los mismos.

20 [0097] El dispositivo verificador 602 tiene ahora dos tiempos de ida y vuelta diferentes. El dispositivo verificador 602 puede determinar la medición de tiempo de tránsito 124 de acuerdo con la ecuación (5). En este caso, el multiplicador de tiempo de procesamiento 122 (n) es 2. Cabe destacar que la medición de tiempo de tránsito 124 no requiere que el dispositivo verificador 602 conozca el tiempo de procesamiento real 620 del dispositivo de destino 604.

[0098] En este ejemplo, $T_{ida\ y\ vuelta,1} = T_{proc} + 2 \cdot T_f$ y $T_{ida\ y\ vuelta,2} = 2 \cdot T_{proc} + 2 \cdot T_f$. Por lo que $2 \cdot T_{ida\ y\ vuelta,1} = 2 \cdot T_{proc} + 4 \cdot T_f$. Por lo tanto, $2 \cdot T_{ida\ y\ vuelta,1} - T_{ida\ y\ vuelta,2} = 2T_f$. Esto da $T_f = (2 \cdot T_{ida\ y\ vuelta,1} - T_{ida\ y\ vuelta,2}) / 2$.

25 [0099] La figura 7 es un diagrama de secuencia que ilustra otro enfoque para calcular un tiempo de tránsito 730 de acuerdo con los sistemas y procedimientos descritos. En este ejemplo, un dispositivo verificador 702 se comunica con un dispositivo de destino 704. El dispositivo verificador 702 se puede implementar de acuerdo con el dispositivo verificador 102 de la figura 1. El dispositivo de destino 704 se puede implementar de acuerdo con el dispositivo de destino 104 de la figura 1.

30 [0100] En este enfoque, el dispositivo verificador 702 es un dispositivo de escucha. Por ejemplo, el dispositivo verificador 702 puede ser un teléfono inteligente u otro dispositivo de escucha inteligente. El dispositivo de destino 704 es un dispositivo lector (por ejemplo, lector/escritor).

35 [0101] El dispositivo de destino 704 puede enviar 701 un primer desafío. La cantidad de tiempo para que el primer desafío llegue al dispositivo verificador 702 es el tiempo de tránsito 730a (T_f).

40 [0102] El dispositivo verificador 702 puede enviar 703 una primera respuesta al primer desafío. El dispositivo verificador 702 puede medir un primer tiempo de ida y vuelta 712 ($T_{ida\ y\ vuelta,1}$) para un intercambio de una primera respuesta y un segundo desafío. La cantidad de tiempo para que la primera respuesta llegue al dispositivo de destino 704 es el tiempo de tránsito 730b (T_f).

45 [0103] El dispositivo de destino 704 puede comenzar a procesar 705 la respuesta. La cantidad de tiempo para procesar la respuesta y generar un segundo desafío por el lector/escritor es el tiempo de procesamiento 720 ($T_{proc,nw}$). El dispositivo de destino 704 puede enviar 707 el segundo desafío de vuelta al dispositivo verificador 702. La cantidad de tiempo para que el segundo desafío llegue al dispositivo verificador 702 es el tiempo de tránsito 730c (T_f).

50 [0104] El dispositivo verificador 702 puede enviar 709 una segunda respuesta al segundo desafío. El dispositivo verificador 702 puede medir un segundo tiempo de ida y vuelta 718 ($T_{ida\ y\ vuelta,2}$) para un intercambio de la segunda respuesta y un tercer desafío. La cantidad de tiempo para que la segunda respuesta llegue al dispositivo de destino 704 es el tiempo de tránsito 730d (T_f).

55 [0105] El dispositivo de destino 704 puede retrasar 711 el procesamiento de la segunda respuesta en base a un multiplicador de tiempo de procesamiento 122 (n). En este ejemplo, el multiplicador de tiempo de procesamiento 122 (n) es igual a 2. Por lo tanto, el dispositivo de destino 704 ajusta a escala el tiempo de procesamiento 720 en un múltiplo de 2 antes de enviar a 713 un tercer desafío. En este enfoque, el lector/escritor puede tener una restricción de que envía el desafío con un múltiplo fijado de su retraso de procesamiento. La cantidad de tiempo para que el tercer desafío llegue al dispositivo verificador 702 es el tiempo de tránsito 730e (T_f).

60 [0106] Una vez más, suponiendo que la distancia entre el dispositivo verificador 702 y el dispositivo de destino 704 no haya cambiado, los tiempos de tránsito 730a-e (T_f) son los mismos. El dispositivo verificador 702 tiene ahora dos tiempos de ida y vuelta diferentes. El dispositivo verificador 702 puede determinar la medición de tiempo de tránsito 124 de acuerdo con la ecuación (5).

65 [0107] Es importante que si se usa un enfoque simétrico de este tipo, se realicen las mediciones de tiempo desde el inicio del intercambio. Como se indica anteriormente, un dispositivo malicioso 328 puede pretender estar más cerca

de lo que está si conoce el tiempo de tránsito 730 de las señales que se intercambian. Como muestra la figura 7, el dispositivo de escucha (es decir, el dispositivo verificador 702) tiene que enviar su segunda respuesta 116 antes de que pueda calcular el tiempo de tránsito 730, por lo que el lector/escritor todavía puede detectar un dispositivo que afirma estar más cerca de lo que está en realidad.

5 [0108] La figura 8 es un diagrama de secuencia que ilustra inmunidad frente a la suplantación de distancia de acuerdo con los sistemas y procedimientos descritos. En este ejemplo, un dispositivo verificador 802 (por ejemplo, lector/escritor) se comunica con un dispositivo malicioso 828. El dispositivo verificador 802 se puede implementar de acuerdo con el dispositivo verificador 102 de la figura 1. El dispositivo malicioso 828 puede estar separado del dispositivo verificador 802 por una distancia real 806a, pero puede intentar indicar que está a una supuesta distancia 806b que está más cerca que la distancia real 806a. Por lo tanto, el dispositivo malicioso 828 afirma estar más cerca de lo que está en realidad.

15 [0109] En este ejemplo, el multiplicador de tiempo de procesamiento 122 (n) es 2. Por lo tanto, el tiempo de procesamiento esperado 820 de retraso para la supuesta distancia 806b es el doble del tiempo de procesamiento 820.

20 [0110] El dispositivo verificador 802 puede enviar 801 un primer mensaje 108 (por ejemplo, un desafío) al dispositivo malicioso 828. La cantidad de tiempo para que el primer mensaje 108 llegue al dispositivo malicioso 828 es el tiempo de tránsito 830a (T_i).

25 [0111] El dispositivo malicioso 828 puede comenzar a procesar 803 el primer desafío. Para intentar suplantar la supuesta distancia 806b, el dispositivo malicioso 828 puede usar un tiempo de procesamiento falso 832 ($T_{falso,1}$). El tiempo de procesamiento falso 832 puede ser cualquier valor. El dispositivo malicioso 828 puede enviar a 805 una primera respuesta de vuelta al dispositivo verificador 802. La cantidad de tiempo para que la primera respuesta llegue al dispositivo verificador 802 es el tiempo de tránsito 830b (T_i).

[0112] El dispositivo verificador 802 puede enviar 807 el segundo desafío al dispositivo malicioso 828. La cantidad de tiempo para que el segundo desafío llegue al dispositivo malicioso 828 es el tiempo de tránsito 830c (T_i).

30 [0113] El dispositivo malicioso 828 puede retrasar el procesamiento 809 del segundo desafío aplicando un retraso de procesamiento falso 834 ($T_{falso,2}$) para intentar suplantar la supuesta distancia 806b antes de enviar a 811 una segunda respuesta. La cantidad de tiempo para que la segunda respuesta 116 llegue al dispositivo verificador 802 es el tiempo de tránsito 830d (T_i).

35 [0114] Incluso si el dispositivo malicioso 828 conocía o adivinó el multiplicador de tiempo de procesamiento 122 (n), para computar el retraso de procesamiento 834 ($T_{falso,2}$), el dispositivo malicioso 828 necesitaría conocer el tiempo de tránsito 830 al dispositivo verificador 802 para la supuesta distancia 806b. Como se menciona, en este ejemplo, el multiplicador de tiempo de procesamiento 122 (n) es igual a 2. Sin embargo, el dispositivo malicioso 828 no puede suplantar la supuesta distancia 806b duplicando su tiempo de procesamiento falso 832 porque la cantidad que tiene que ajustar a escala no es un factor de dos. Esto se debe a que los recorridos de ida y vuelta ahora son más largos a la distancia real 806a. El dispositivo malicioso 828 tendría que conocer qué tan lejos está del dispositivo verificador 802 para poder ajustar a escala su tiempo de procesamiento falso 832, y no puede hacerlo usando los sistemas y procedimientos descritos.

45 [0115] Por lo tanto, el dispositivo verificador 802 puede detectar un ataque de un dispositivo malicioso 828. Si el dispositivo malicioso 828 duplica su tiempo de procesamiento falso 832, el dispositivo verificador 802 verá que la relación de la supuesta distancia 806b y el tiempo de tránsito 830 no es correcta.

50 [0116] La figura 9 ilustra determinados componentes que se pueden incluir dentro de un dispositivo electrónico 936. El dispositivo electrónico 936 puede ser un terminal de acceso, una estación móvil, un equipo de usuario (UE), etc. Por ejemplo, el dispositivo electrónico 936 puede ser el dispositivo verificador 102 o el dispositivo de destino 104 de la figura 1.

55 [0117] El dispositivo electrónico 936 incluye un procesador 903. El procesador 903 puede ser un microprocesador de monochip o multichip de propósito general (por ejemplo, una máquina RISC (ordenador con conjunto de instrucciones reducidas) avanzada (ARM)), un microprocesador de propósito especial (por ejemplo, un procesador de señales digitales (DSP)), un microcontrolador, una matriz de puertas programables, etc. El procesador 903 se puede denominar unidad central de procesamiento (CPU). Aunque solo se muestra un único procesador 903 en el dispositivo electrónico 936 de la figura 9, en una configuración alternativa, se podría usar una combinación de procesadores (por ejemplo, un ARM y un DSP).

65 [0118] El dispositivo electrónico 936 también incluye una memoria 905 en comunicación electrónica con el procesador (es decir, el procesador puede leer información desde y/o escribir información en la memoria). La memoria 905 puede ser cualquier componente electrónico que pueda almacenar información electrónica. La memoria 905 se puede configurar como memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de solo lectura (ROM), medios de almacenamiento en disco magnético, medios de almacenamiento ópticos, dispositivos de memoria flash en RAM,

memoria integrada incluida con el procesador, memoria EPROM, memoria EEPROM, registros, etc., incluyendo las combinaciones de los mismos.

5 **[0119]** Los datos 907a y las instrucciones 909a se pueden almacenar en la memoria 905. Las instrucciones pueden incluir uno o más programas, rutinas, subrutinas, funciones, procedimientos, código, etc. Las instrucciones pueden incluir una única sentencia legible por ordenador o muchas sentencias legibles por ordenador. Las instrucciones 909a pueden ser ejecutables por el procesador 903 para implementar los procedimientos divulgados en el presente documento. La ejecución de las instrucciones 909a puede implicar el uso de los datos 907a que están almacenados en la memoria 905. Cuando el procesador 903 ejecuta las instrucciones 909, se pueden cargar diversas partes de las instrucciones 909b en el procesador 903, y se pueden cargar diversas porciones de datos 907b en el procesador 903.

15 **[0120]** El dispositivo electrónico 936 también puede incluir un transmisor 911 y un receptor 913 para permitir la transmisión y recepción de señales hacia y desde el dispositivo electrónico 936 por medio de una antena 917. El transmisor 911 y el receptor 913 se pueden denominar conjuntamente transceptor 915. El dispositivo electrónico 936 también puede incluir (no mostrado) múltiples transmisores, múltiples antenas, múltiples receptores y/o múltiples transceptores.

20 **[0121]** El dispositivo electrónico 936 puede incluir un procesador de señales digitales (DSP) 921. El dispositivo electrónico 936 también puede incluir una interfaz de comunicaciones 923. La interfaz de comunicaciones 923 puede permitir que un usuario interactúe con el dispositivo electrónico 936.

25 **[0122]** Los diversos componentes del dispositivo electrónico 936 se pueden acoplar conjuntamente por uno o más buses, que pueden incluir un bus de alimentación, un bus de señales de control, un bus de señales de estado, un bus de datos, etc. Para mayor claridad, los diversos buses se ilustran en la figura 9 como un sistema de buses 919.

30 **[0123]** En la descripción anterior, los números de referencia a veces se han usado en relación con diversos términos. Cuando se usa un término en relación con un número de referencia, lo que se puede pretender con ello es referirse a un elemento específico que se muestra en una o más de las figuras. Cuando se usa un término sin número de referencia, lo que se puede pretender con ello es referirse en general al término sin limitación a ninguna figura particular.

35 **[0124]** El término "determinar" engloba una amplia variedad de acciones y, por lo tanto, "determinar" puede incluir calcular, computar, procesar, derivar, investigar, consultar (por ejemplo, consultar en una tabla, en una base de datos o en otra estructura de datos), confirmar y similares. También, "determinar" puede incluir recibir (por ejemplo, recibir información), acceder, (por ejemplo, acceder a datos en una memoria) y similares. También, "determinar" puede incluir resolver, seleccionar, elegir, establecer y similares.

40 **[0125]** La expresión "en base a" no significa "en base solo a", a menos que se especifique expresamente de otro modo. En otras palabras, la expresión "en base a" describe tanto "en base solo a" como "en base al menos a".

45 **[0126]** El término "procesador" se debe interpretar en sentido amplio para englobar un procesador de propósito general, una unidad de procesamiento central (CPU), un microprocesador, un procesador de señales digitales (DSP), un controlador, un microcontrolador, una máquina de estado, etc. En algunas circunstancias, un "procesador" se puede referir a un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), un dispositivo lógico programable (PLD), una matriz de puertas programables *in situ* (FPGA), etc. El término "procesador" se puede referir a una combinación de dispositivos de procesamiento, por ejemplo, una combinación de un procesador de señales digitales (DSP) y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores junto con un núcleo de procesador de señales digitales (DSP), o cualquier otra configuración de este tipo.

50 **[0127]** El término "memoria" se debe interpretar en sentido amplio para englobar cualquier componente electrónico que pueda almacenar información electrónica. El término memoria se puede referir a diversos tipos de medios legibles por procesador tales como memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de solo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio no volátil (NVRAM), memoria de solo lectura programable (PROM), memoria de solo lectura programable borrrable (EPROM), PROM borrrable eléctricamente (EEPROM), memoria flash, almacenamiento magnético u óptico de datos, registros, etc. Se dice que la memoria está en comunicación electrónica con un procesador si el procesador puede leer información de y/o escribir información en la memoria. La memoria que es parte integral de un procesador está en comunicación electrónica con el procesador.

60 **[0128]** Los términos "instrucciones" y "código" se deben interpretar en sentido amplio para incluir cualquier tipo de sentencia(s) legible(s) por ordenador. Por ejemplo, los términos "instrucciones" y "código" se pueden referir a uno o más programas, rutinas, subrutinas, funciones, procedimientos, etc. Los términos "instrucciones" y "código" pueden comprender una única sentencia legible por ordenador o muchas sentencias legibles por ordenador.

65 **[0129]** Las funciones descritas en el presente documento se pueden implementar en software o firmware que se ejecuta por hardware. Las funciones se pueden almacenar como una o más instrucciones en un medio legible por ordenador. Los términos "medio legible por ordenador" o "producto de programa informático" se refieren a cualquier

medio de almacenamiento tangible al que se pueda acceder por un ordenador o un procesador. A modo de ejemplo, y no de limitación, un medio legible por ordenador puede incluir RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM u otros dispositivos de almacenamiento de disco óptico, almacenamiento de disco magnético u otro almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que se pueda usar para transportar o almacenar código de programa deseado en forma de instrucciones o estructuras de datos y al que se pueda acceder por un ordenador. Los discos, como se usan en el presente documento, incluyen el disco compacto (CD), el disco láser, el disco óptico, el disco versátil digital (DVD), el disco flexible y el disco Blu-ray®, donde algunos discos reproducen normalmente los datos de forma magnética, mientras que otros discos reproducen los datos de forma óptica con láseres. Cabe destacar que un medio legible por ordenador puede ser tangible y no transitorio. El término "producto de programa informático" se refiere a un dispositivo o procesador informático en combinación con código o instrucciones (por ejemplo, un "programa") que se pueden ejecutar, procesar o computar por el dispositivo o procesador informático. Como se usa en el presente documento, el término "código" se puede referir a software, instrucciones, código o datos que son ejecutables por un dispositivo o procesador informático.

[0130] El software o las instrucciones también se pueden transmitir sobre un medio de transmisión. Por ejemplo, si el software se transmite desde un sitio web, un servidor u otra fuente remota que usa un cable coaxial, un cable de fibra óptica, un par trenzado, una línea de abonado digital (DSL) o tecnologías inalámbricas tales como infrarrojos, radio y microondas, entonces el cable coaxial, el cable de fibra óptica, el par trenzado, la DSL o las tecnologías inalámbricas tales como infrarrojos, radio y microondas están incluidos en la definición de medio de transmisión.

[0131] Los procedimientos divulgados en el presente documento comprenden una o más etapas o acciones para lograr el procedimiento descrito. Las etapas y/o acciones de procedimiento se pueden intercambiar entre sí sin apartarse del alcance de las reivindicaciones. En otras palabras, a menos que se requiera un orden específico de etapas o acciones para un funcionamiento apropiado del procedimiento que se describe, el orden y/o el uso de las etapas y/o acciones específicas se puede modificar sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

[0132] Además, se debe apreciar que los módulos y/u otros medios apropiados para realizar los procedimientos y técnicas descritos en el presente documento, tales como los ilustrados en la figura 2 y la figura 3, se pueden descargar y/u obtener de otro modo por un dispositivo. Por ejemplo, un dispositivo se puede acoplar a un servidor para facilitar la transferencia de medios para realizar los procedimientos descritos en el presente documento. De forma alternativa, diversos procedimientos descritos en el presente documento se pueden proporcionar por un medio de almacenamiento (por ejemplo, memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de solo lectura (ROM), un medio de almacenamiento físico tal como un disco compacto (CD) o un disco flexible, etc.), de modo que un dispositivo pueda obtener los diversos procedimientos tras acoplarse o proporcionar al dispositivo los medios de almacenamiento. Además, se puede utilizar cualquier otra técnica adecuada para proporcionar a un dispositivo los procedimientos y técnicas descritos en el presente documento.

[0133] Se ha de entender que las reivindicaciones no están limitadas a la configuración ni a los componentes precisos ilustrados anteriormente. Se pueden realizar diversas modificaciones, cambios y variantes en la disposición, el funcionamiento y los detalles de los sistemas, procedimientos y aparatos descritos en el presente documento sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

[0134] A continuación se describen otros ejemplos para facilitar el entendimiento de la invención.

[0135] En un primer ejemplo adicional, se describe un procedimiento para determinar un límite superior de distancia por un dispositivo verificador, comprendiendo el procedimiento medir un primer tiempo de ida y vuelta para recibir una primera respuesta desde un dispositivo de destino correspondiente a un primer mensaje enviado al dispositivo de destino, medir un segundo tiempo de ida y vuelta para recibir una segunda respuesta desde el dispositivo de destino correspondiente a un segundo mensaje enviado al dispositivo de destino, retrasándose la segunda respuesta en un multiplicador de tiempo de procesamiento, determinar una medición de tiempo de tránsito en base al primer tiempo de ida y vuelta, el segundo tiempo de ida y vuelta y el multiplicador de tiempo de procesamiento, y determinar el límite superior de distancia en base a la medición de tiempo de tránsito. Además, el multiplicador de tiempo de procesamiento puede indicar una cantidad de tiempo que el dispositivo de destino retrasa responder a un mensaje enviado por el dispositivo verificador. También, tras recibir el segundo mensaje, el dispositivo de destino puede ajustar a escala un tiempo de procesamiento en el multiplicador de tiempo de procesamiento antes de responder al segundo mensaje. Además, el multiplicador de tiempo de procesamiento se puede conocer por el dispositivo verificador y el dispositivo de destino. También, el multiplicador de tiempo de procesamiento puede ser un valor fijado. Además, el multiplicador de tiempo de procesamiento se puede determinar en base al contenido del segundo mensaje enviado al dispositivo de destino. También, la medición de tiempo de tránsito se puede determinar de acuerdo con $T_f = (n \cdot T_{ida\ y\ vuelta,1} - T_{ida\ y\ vuelta,2}) / 2(n-1)$, donde T_f es el tiempo de tránsito, n es el multiplicador de tiempo de procesamiento, $T_{ida\ y\ vuelta,1}$ es el primer tiempo de ida y vuelta y $T_{ida\ y\ vuelta,2}$ es el segundo tiempo de ida y vuelta. También, determinar el límite superior de distancia puede comprender multiplicar la medición de tiempo de tránsito por la velocidad de la luz. Además, el límite superior de distancia puede comprender un límite superior para una distancia entre el dispositivo verificador y el dispositivo de destino. También, el límite superior de distancia se puede determinar en base al menos a una medición de tiempo de tránsito adicional en la que el dispositivo de destino retrasa responder de acuerdo con el multiplicador de tiempo de procesamiento. También, el multiplicador de tiempo de procesamiento puede comprender una secuencia

de valores, aplicándose uno de los valores para una medición de tiempo de ida y vuelta dada. Además, el procedimiento puede comprender medir al menos un tiempo de ida y vuelta adicional, determinar al menos una medición de tiempo de tránsito adicional usando el al menos un tiempo de ida y vuelta adicional, determinar una medición de tiempo de tránsito promedio y determinar el límite superior de distancia en base a la medición de tiempo de tránsito promedio. También, el dispositivo verificador puede ser un dispositivo lector, el dispositivo de destino es un dispositivo de escucha, y el primer mensaje y el segundo mensaje comprenden mensajes de desafío enviados al dispositivo de escucha. Además, el dispositivo verificador puede ser un dispositivo de escucha, el dispositivo de destino puede ser un dispositivo lector, y el primer mensaje y el segundo mensaje pueden comprender respuestas a los desafíos recibidos desde el dispositivo lector.

[0136] En otro ejemplo adicional, se describe un dispositivo verificador configurado para determinar un límite superior de distancia, comprendiendo el dispositivo verificador un procesador, una memoria en comunicación con el procesador e instrucciones almacenadas en la memoria, las instrucciones ejecutables por el procesador para medir un primer tiempo de ida y vuelta para recibir una primera respuesta desde un dispositivo de destino correspondiente a un primer mensaje enviado al dispositivo de destino, medir un segundo tiempo de ida y vuelta para recibir una segunda respuesta desde el dispositivo de destino correspondiente a un segundo mensaje enviado al dispositivo de destino, retrasándose la segunda respuesta en un multiplicador de tiempo de procesamiento, determinar una medición de tiempo de tránsito en base al primer tiempo de ida y vuelta, el segundo tiempo de ida y vuelta y el multiplicador de tiempo de procesamiento, y determinar el límite superior de distancia en base a la medición de tiempo de tránsito. Además, el multiplicador de tiempo de procesamiento puede indicar una cantidad de tiempo que el dispositivo de destino retrasa responder a un mensaje enviado por el dispositivo verificador. También, el multiplicador de tiempo de procesamiento se puede conocer por el dispositivo verificador y el dispositivo de destino. Además, el multiplicador de tiempo de procesamiento puede ser un valor fijado. También, el multiplicador de tiempo de procesamiento se puede determinar en base al contenido del segundo mensaje enviado al dispositivo de destino. Además, la medición de tiempo de tránsito se puede determinar de acuerdo con $T_f = (n \cdot T_{ida\ y\ vuelta,1} - T_{ida\ y\ vuelta,2}) / 2(n-1)$, donde T_f es el tiempo de tránsito, n es el multiplicador de tiempo de procesamiento, $T_{ida\ y\ vuelta,1}$ es el primer tiempo de ida y vuelta y $T_{ida\ y\ vuelta,2}$ es el segundo tiempo de ida y vuelta. También, el límite superior de distancia se puede determinar en base al menos a una medición de tiempo de tránsito adicional en la que el dispositivo de destino retrasa responder de acuerdo con el multiplicador de tiempo de procesamiento.

[0137] En otro ejemplo adicional, se describe un aparato configurado para determinar un límite superior de distancia, comprendiendo el aparato medios para medir un primer tiempo de ida y vuelta para recibir una primera respuesta desde un dispositivo de destino correspondiente a un primer mensaje enviado al dispositivo de destino, medios para medir un segundo tiempo de ida y vuelta para recibir una segunda respuesta desde el dispositivo de destino correspondiente a un segundo mensaje enviado al dispositivo de destino, retrasándose la segunda respuesta en un multiplicador de tiempo de procesamiento, medios para determinar una medición de tiempo de tránsito en base al primer tiempo de ida y vuelta, el segundo tiempo de ida y vuelta y el multiplicador de tiempo de procesamiento, y medios para determinar el límite superior de distancia en base a la medición de tiempo de tránsito. Además, el multiplicador de tiempo de procesamiento puede indicar una cantidad de tiempo que el dispositivo de destino retrasa responder a un mensaje enviado por el aparato. También, el multiplicador de tiempo de procesamiento se puede conocer por el aparato y el dispositivo de destino. Además, el multiplicador de tiempo de procesamiento puede ser un valor fijado. También, el multiplicador de tiempo de procesamiento se puede determinar en base al contenido del segundo mensaje enviado al dispositivo de destino. Además, la medición de tiempo de tránsito se puede determinar de acuerdo con $T_f = (n \cdot T_{ida\ y\ vuelta,1} - T_{ida\ y\ vuelta,2}) / 2(n-1)$, donde T_f es el tiempo de tránsito, n es el multiplicador de tiempo de procesamiento, $T_{ida\ y\ vuelta,1}$ es el primer tiempo de ida y vuelta y $T_{ida\ y\ vuelta,2}$ es el segundo tiempo de ida y vuelta. Además, el límite superior de distancia se puede determinar en base al menos a una medición de tiempo de tránsito adicional en la que el dispositivo de destino retrasa responder de acuerdo con el multiplicador de tiempo de procesamiento.

[0138] En otro ejemplo adicional, se describe un producto de programa informático para determinar un límite superior de distancia, comprendiendo el producto de programa informático un medio legible por ordenador no transitorio que tiene instrucciones en el mismo, comprendiendo las instrucciones código para hacer que un dispositivo verificador mida un primer tiempo de ida y vuelta para recibir una primera respuesta desde un dispositivo de destino correspondiente a un primer mensaje enviado al dispositivo de destino, código para hacer que el dispositivo verificador mida un segundo tiempo de ida y vuelta para recibir una segunda respuesta desde el dispositivo de destino correspondiente a un segundo mensaje enviado al dispositivo de destino, retrasándose la segunda respuesta en un multiplicador de tiempo de procesamiento, código para hacer que el dispositivo verificador determine una medición de tiempo de tránsito en base al primer tiempo de ida y vuelta, el segundo tiempo de ida y vuelta y el multiplicador de tiempo de procesamiento, y código para hacer que el dispositivo verificador determine el límite superior de distancia en base a la medición de tiempo de tránsito. Además, el multiplicador de tiempo de procesamiento puede indicar una cantidad de tiempo que el dispositivo de destino retrasa responder a un mensaje enviado por el dispositivo verificador. También, el multiplicador de tiempo de procesamiento se puede conocer por el dispositivo verificador y el dispositivo de destino. Además, el multiplicador de tiempo de procesamiento puede ser un valor fijado. También, el multiplicador de tiempo de procesamiento se puede determinar en base al contenido del segundo mensaje enviado al dispositivo de destino. También, la medición de tiempo de tránsito se puede determinar de acuerdo con $T_f = (n \cdot T_{ida\ y\ vuelta,1} - T_{ida\ y\ vuelta,2}) / 2(n-1)$

$vuelta,2)/2(n-1)$, donde T_f es el tiempo de tránsito, n es el multiplicador de tiempo de procesamiento, T_{ida} y $vuelta,1$ es el primer tiempo de ida y vuelta y T_{ida} y $vuelta,2$ es el segundo tiempo de ida y vuelta.

5 **[0139]** En otro ejemplo adicional, se describe un procedimiento para determinar cuándo retrasar el envío de una
 10 respuesta para una operación de determinación de límite superior de distancia, comprendiendo el procedimiento
 enviar, por un dispositivo de destino, una primera respuesta a un dispositivo verificador correspondiente a un primer
 mensaje recibido desde el dispositivo verificador, y enviar, por el dispositivo de destino, una segunda respuesta que
 se retrasa en un multiplicador de tiempo de procesamiento al dispositivo verificador, correspondiendo la segunda
 15 respuesta a un segundo mensaje recibido desde el dispositivo verificador, en el que el dispositivo verificador determina
 el límite superior de distancia en base a un primer tiempo de ida y vuelta, un segundo tiempo de ida y vuelta y el
 multiplicador de tiempo de procesamiento. Además, el multiplicador de tiempo de procesamiento puede indicar una
 cantidad de tiempo que el dispositivo de destino retrasa responder a un mensaje enviado por el dispositivo verificador.
 También, tras recibir el segundo mensaje, el dispositivo de destino puede ajustar a escala un tiempo de procesamiento
 en el multiplicador de tiempo de procesamiento antes de responder al segundo mensaje. Además, el multiplicador de
 tiempo de procesamiento se puede conocer por el dispositivo verificador y el dispositivo de destino. También, el
 multiplicador de tiempo de procesamiento puede ser un valor fijado. Además, el multiplicador de tiempo de
 procesamiento se puede determinar en base al contenido del segundo mensaje recibido por el dispositivo de destino.

20 **[0140]** En otro dispositivo adicional, se describe un dispositivo de destino configurado para determinar cuándo
 retrasar el envío de una respuesta para una operación de determinación de límite superior de distancia,
 comprendiendo el dispositivo de destino un procesador, una memoria en comunicación con el procesador e
 instrucciones almacenadas en la memoria, las instrucciones ejecutables por el procesador para enviar una primera
 25 respuesta a un dispositivo verificador correspondiente a un primer mensaje recibido desde el dispositivo verificador, y
 enviar una segunda respuesta que se retrasa en un multiplicador de tiempo de procesamiento al dispositivo verificador,
 correspondiendo la segunda respuesta a un segundo mensaje recibido desde el dispositivo verificador, en el que el
 dispositivo verificador determina el límite superior de distancia en base a un primer tiempo de ida y vuelta, un segundo
 tiempo de ida y vuelta y el multiplicador de tiempo de procesamiento. Además, el multiplicador de tiempo de
 procesamiento puede indicar una cantidad de tiempo que el dispositivo de destino retrasa responder a un mensaje
 30 enviado por el dispositivo verificador. También, tras recibir el segundo mensaje, el dispositivo de destino puede ajustar
 a escala un tiempo de procesamiento en el multiplicador de tiempo de procesamiento antes de responder al segundo
 mensaje.

35 **[0141]** En otro ejemplo adicional, se describe un aparato configurado para determinar cuándo retrasar el envío de
 una respuesta para una operación de determinación de límite superior de distancia, comprendiendo el aparato medios
 para enviar una primera respuesta a un dispositivo verificador correspondiente a un primer mensaje recibido desde el
 dispositivo verificador, y medios para enviar una segunda respuesta que se retrasa en un multiplicador de tiempo de
 procesamiento al dispositivo verificador, correspondiendo la segunda respuesta a un segundo mensaje recibido desde
 40 el dispositivo verificador, en el que el dispositivo verificador determina el límite superior de distancia en base a un
 primer tiempo de ida y vuelta, un segundo tiempo de ida y vuelta y el multiplicador de tiempo de procesamiento.
 Además, el multiplicador de tiempo de procesamiento puede indicar una cantidad de tiempo que el aparato retrasa
 responder a un mensaje enviado por el dispositivo verificador. También, tras recibir el segundo mensaje, el aparato
 puede ajustar a escala un tiempo de procesamiento en el multiplicador de tiempo de procesamiento antes de responder
 al segundo mensaje.

45 En otro ejemplo adicional, se describe un producto de programa informático para determinar cuándo retrasar el envío
 de una respuesta para una operación de determinación de límite superior de distancia, comprendiendo el producto de
 programa informático un medio legible por ordenador no transitorio que tiene instrucciones en el mismo,
 comprendiendo las instrucciones código para hacer que un dispositivo de destino envíe una primera respuesta a un
 dispositivo verificador correspondiente a un primer mensaje recibido desde el dispositivo verificador, y un código para
 50 hacer que el dispositivo de destino envíe una segunda respuesta que se retrasa en un multiplicador de tiempo de
 procesamiento al dispositivo verificador, correspondiendo la segunda respuesta a un segundo mensaje recibido desde
 el dispositivo verificador, en el que el dispositivo verificador determina el límite superior de distancia en base a un
 primer tiempo de ida y vuelta, un segundo tiempo de ida y vuelta y el multiplicador de tiempo de procesamiento.
 Además, el multiplicador de tiempo de procesamiento puede indicar una cantidad de tiempo que el dispositivo de
 destino retrasa responder a un mensaje enviado por el dispositivo verificador. También, tras recibir el segundo
 55 mensaje, el dispositivo de destino puede ajustar a escala un tiempo de procesamiento en el multiplicador de tiempo
 de procesamiento antes de responder al segundo mensaje.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para determinar un límite superior de distancia (126) por un dispositivo verificador (102, 402), que comprende:
- 5 medir (202) un primer tiempo de ida y vuelta (112) para recibir una primera respuesta (110) desde un dispositivo de destino (104, 404) correspondiente a un primer mensaje (108) enviado al dispositivo de destino (104, 404);
- 10 medir (204) un segundo tiempo de ida y vuelta (118) para recibir una segunda respuesta (116) desde el dispositivo de destino (104, 404) correspondiente a un segundo mensaje (114) enviado al dispositivo de destino (104, 404), retrasándose la segunda respuesta (116) en un multiplicador de tiempo de procesamiento (122);
- 15 determinar (206) una medición de tiempo de tránsito (124) en base al primer tiempo de ida y vuelta (112), el segundo tiempo de ida y vuelta (118) y el multiplicador de tiempo de procesamiento (122), en el que la medición de tiempo de tránsito (124) se determina independientemente de un tiempo de procesamiento del dispositivo de destino (104, 404); y
- 20 determinar (208) el límite superior de distancia (126) en base a la medición de tiempo de tránsito (124).
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el multiplicador de tiempo de procesamiento (122) indica una cantidad de tiempo que el dispositivo de destino (104, 404) retrasa responder a un mensaje enviado por el dispositivo verificador (102, 402).
- 25 3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que tras recibir el segundo mensaje (114), el dispositivo de destino (104, 404) ajusta a escala un tiempo de procesamiento en el multiplicador de tiempo de procesamiento (122) antes de responder al segundo mensaje (114).
- 30 4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el multiplicador de tiempo de procesamiento (122) se conoce por el dispositivo verificador (102, 402) y el dispositivo de destino (104, 404); o
- en el que el multiplicador de tiempo de procesamiento (122) es un valor fijado.
- 35 5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el multiplicador de tiempo de procesamiento (122) se determina en base al contenido del segundo mensaje (114) enviado al dispositivo de destino (104, 404).
- 40 6. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la medición de tiempo de tránsito (124) se determina de acuerdo con $T_f = (n \cdot T_{ida\ y\ vuelta,1} - T_{ida\ y\ vuelta,2}) / 2(n - 1)$, donde T_f (530a, 530b) es el tiempo de tránsito, n es el multiplicador de tiempo de procesamiento (122), $T_{ida\ y\ vuelta,1}$ (512, 612) es el primer tiempo de ida y vuelta (112) y $T_{ida\ y\ vuelta,2}$ (618) es el segundo tiempo de ida y vuelta (118).
- 45 7. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que determinar el límite superior de distancia (126) comprende multiplicar la medición de tiempo de tránsito (124) por la velocidad de la luz.
- 50 8. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el límite superior de distancia (126) comprende un límite superior para una distancia entre el dispositivo verificador (102, 402) y el dispositivo de destino (104, 404).
- 55 9. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el límite superior de distancia (126) se determina en base al menos a una medición de tiempo de tránsito (124) adicional en la que el dispositivo de destino (104, 404) retrasa responder de acuerdo con el multiplicador de tiempo de procesamiento (122).
- 60 10. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:
- medir al menos un tiempo de ida y vuelta adicional;
- determinar al menos una medición de tiempo de tránsito (124) adicional usando el al menos un tiempo de ida y vuelta adicional;
- determinar una medición de tiempo de tránsito promedio (124); y
- determinar el límite superior de distancia (126) en base a la medición de tiempo de tránsito (124) promedio.
- 65 11. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el dispositivo verificador (102, 402) es un dispositivo lector, el dispositivo de destino (104, 404) es un dispositivo de escucha, y el primer mensaje (108) y el segundo mensaje (114) comprenden mensajes de desafío enviados al dispositivo de escucha; o

en el que el dispositivo verificador (102, 402) es un dispositivo de escucha, el dispositivo de destino (104, 404) es un dispositivo lector, y el primer mensaje (108) y el segundo mensaje (114) comprenden respuestas a los desafíos recibidos desde el dispositivo lector.

- 5
- 12.** Un aparato configurado para determinar un límite superior de distancia (126), que comprende:
- 10 medios para medir un primer tiempo de ida y vuelta (112) para recibir una primera respuesta (110) desde un dispositivo de destino (104, 404) correspondiente a un primer mensaje (108) enviado al dispositivo de destino (104, 404);
- 15 medios para medir un segundo tiempo de ida y vuelta (118) para recibir una segunda respuesta (116) desde el dispositivo de destino (104, 404) correspondiente a un segundo mensaje (114) enviado al dispositivo de destino (104, 404), retrasándose la segunda respuesta (116) en un multiplicador de tiempo de procesamiento (122);
- 20 medios para determinar una medición de tiempo de tránsito (124) en base al primer tiempo de ida y vuelta (112), el segundo tiempo de ida y vuelta (118) y el multiplicador de tiempo de procesamiento (122), en el que se determina la medición de tiempo de tránsito (124) independientemente de un tiempo de procesamiento del dispositivo de destino (104.404); y
- medios para determinar el límite superior de distancia (126) en base a la medición de tiempo de tránsito (124).

- 25 **13.** Un procedimiento para determinar cuándo retrasar el envío de una respuesta para una operación de determinación del límite superior de distancia (126), que comprende:

enviar, por un dispositivo de destino (104, 404), una primera respuesta (110) a un dispositivo verificador (102, 402) correspondiente a un primer mensaje (108) recibido desde el dispositivo verificador (102, 402); y

30 enviar, por el dispositivo de destino (104, 404), una segunda respuesta (116) que se retrasa en un multiplicador de tiempo de procesamiento (122) al dispositivo verificador (102, 402), correspondiendo la segunda respuesta (116) a un segundo mensaje (114) recibido desde el dispositivo verificador (102, 402), en el que el dispositivo verificador (102, 402) determina el límite superior de distancia (126) en base a un primer tiempo de ida y vuelta (112), un segundo tiempo de ida y vuelta (118) y el multiplicador de tiempo de procesamiento (122), en el que el dispositivo verificador (102, 402) determina el límite superior de distancia (126) independientemente del tiempo de procesamiento del dispositivo de destino (104, 404).

- 40 **14.** Un aparato configurado para determinar cuándo retrasar el envío de una respuesta para una operación de determinación de límite superior de distancia (126), que comprende:

un dispositivo de destino (104, 404) que comprende

45 medios para enviar una primera respuesta (110) a un dispositivo verificador (102, 402) correspondiente a un primer mensaje (108) recibido desde el dispositivo verificador (102, 402); y

50 medios para enviar una segunda respuesta (116) que se retrasa en un multiplicador de tiempo de procesamiento (122) al dispositivo verificador (102, 402), correspondiendo la segunda respuesta (116) a un segundo mensaje (114) recibido desde el dispositivo verificador (102, 402), y comprendiendo además el aparato el dispositivo verificador (102, 402) operativo para determinar el límite superior de distancia (126) en base a un primer tiempo de ida y vuelta (112), un segundo tiempo de ida y vuelta (118) y el multiplicador de tiempo de procesamiento (122), en el que el dispositivo verificador (102, 402) determina el límite superior de distancia (126) independientemente del tiempo de procesamiento del dispositivo de destino (104, 404).

- 55 **15.** Un producto de programa informático para determinar cuándo retrasar el envío de una respuesta para una operación de determinación de límite superior de distancia (126), comprendiendo el producto de programa informático un medio legible por ordenador que tiene instrucciones en el mismo, haciendo las instrucciones que un ordenador realice un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 o 13, cuando se ejecutan por el ordenador.

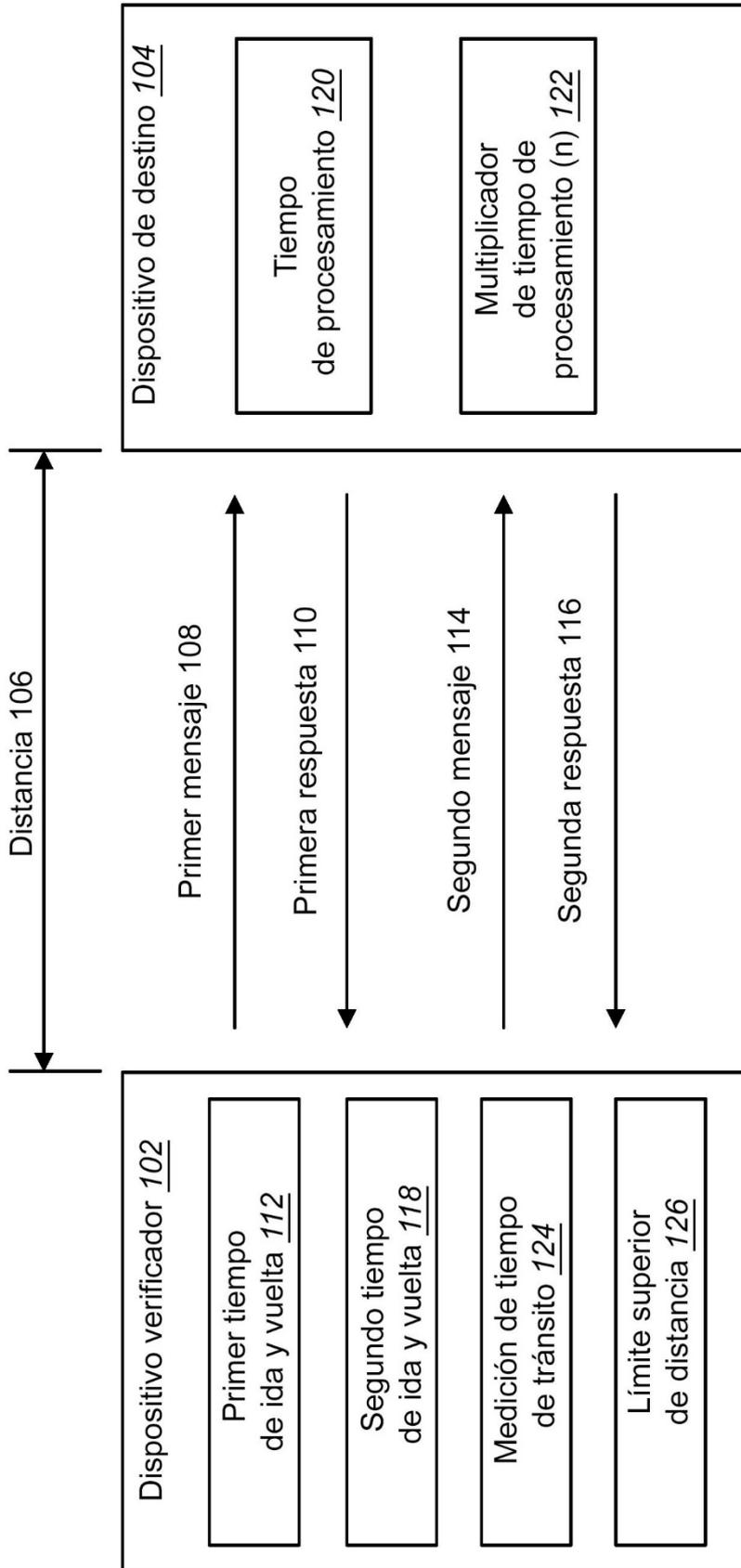


FIG. 1

200 →

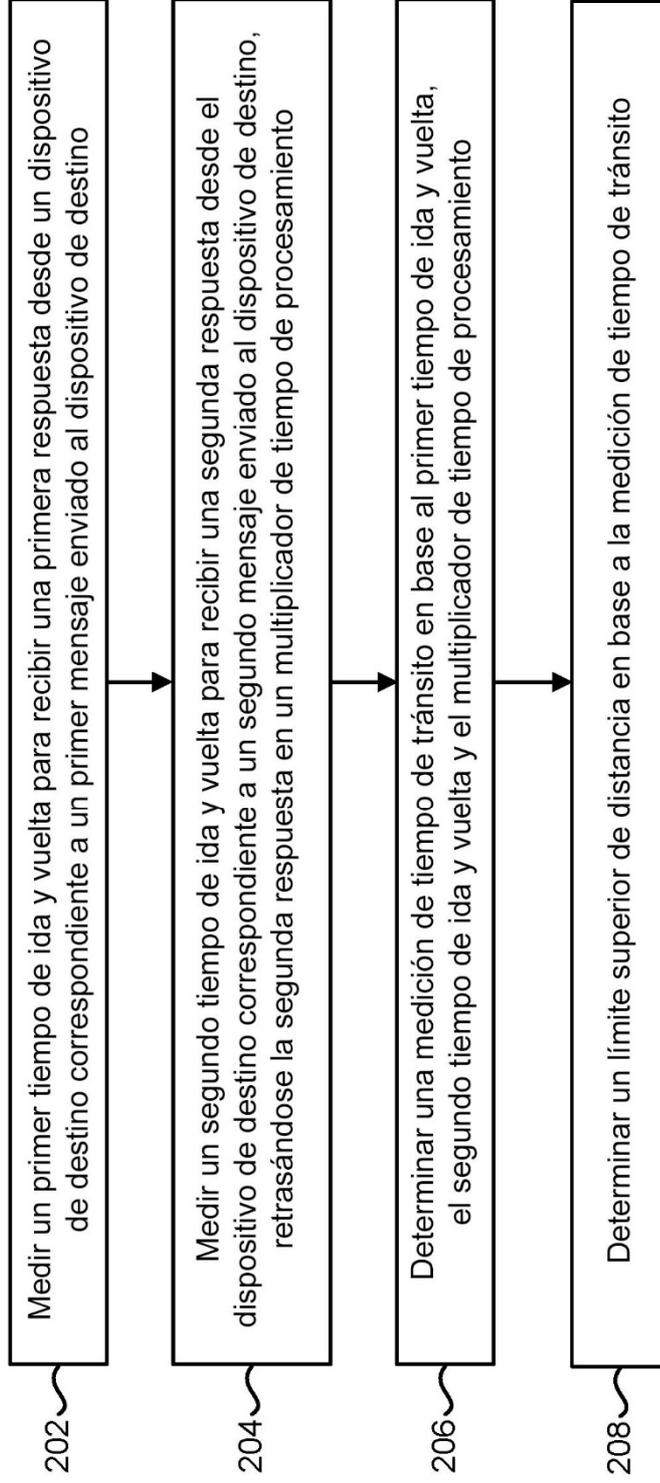


FIG. 2

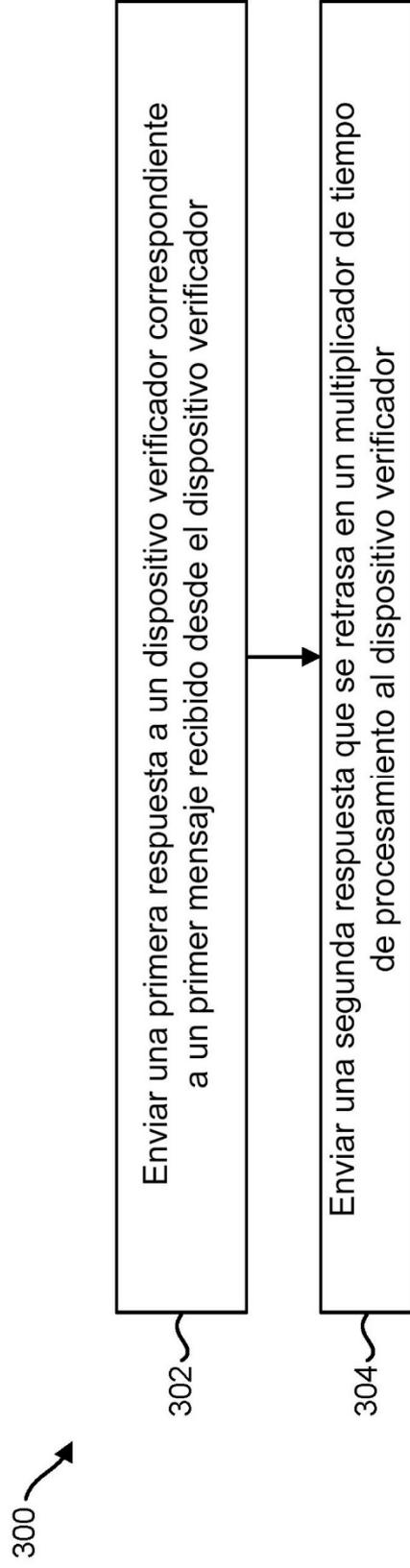


FIG. 3

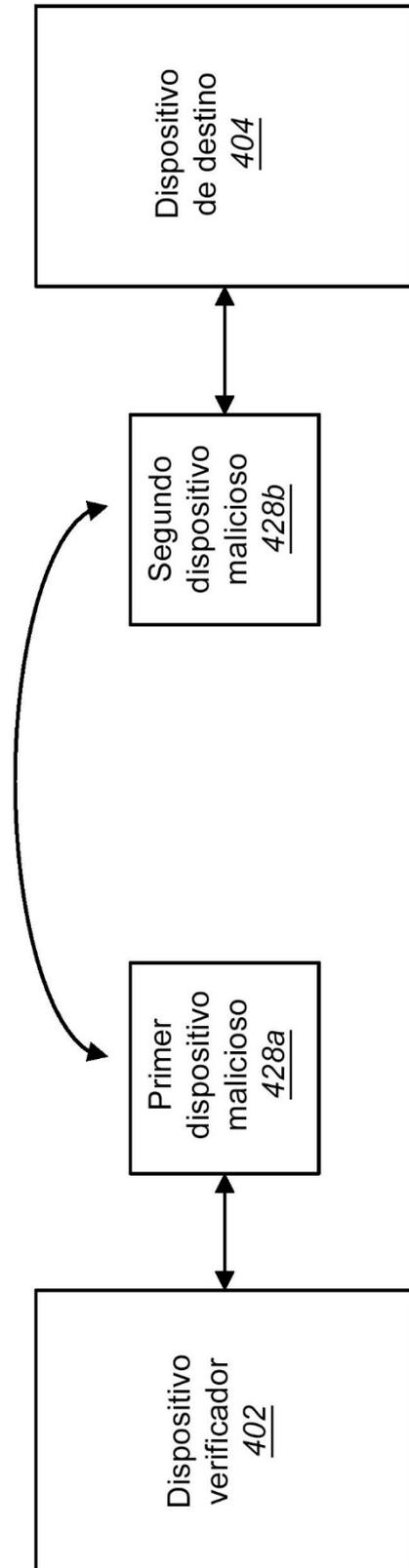


FIG. 4

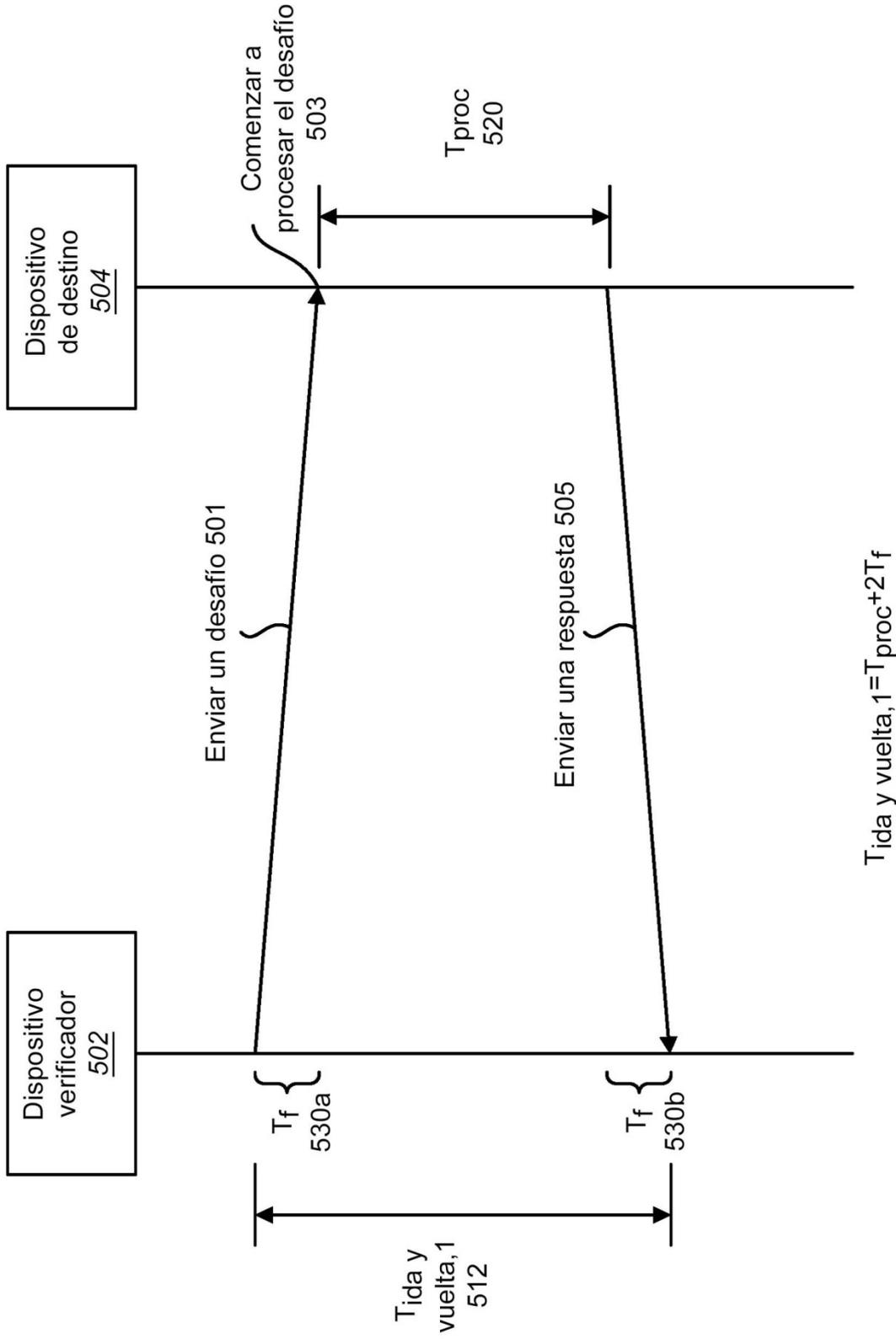


FIG. 5

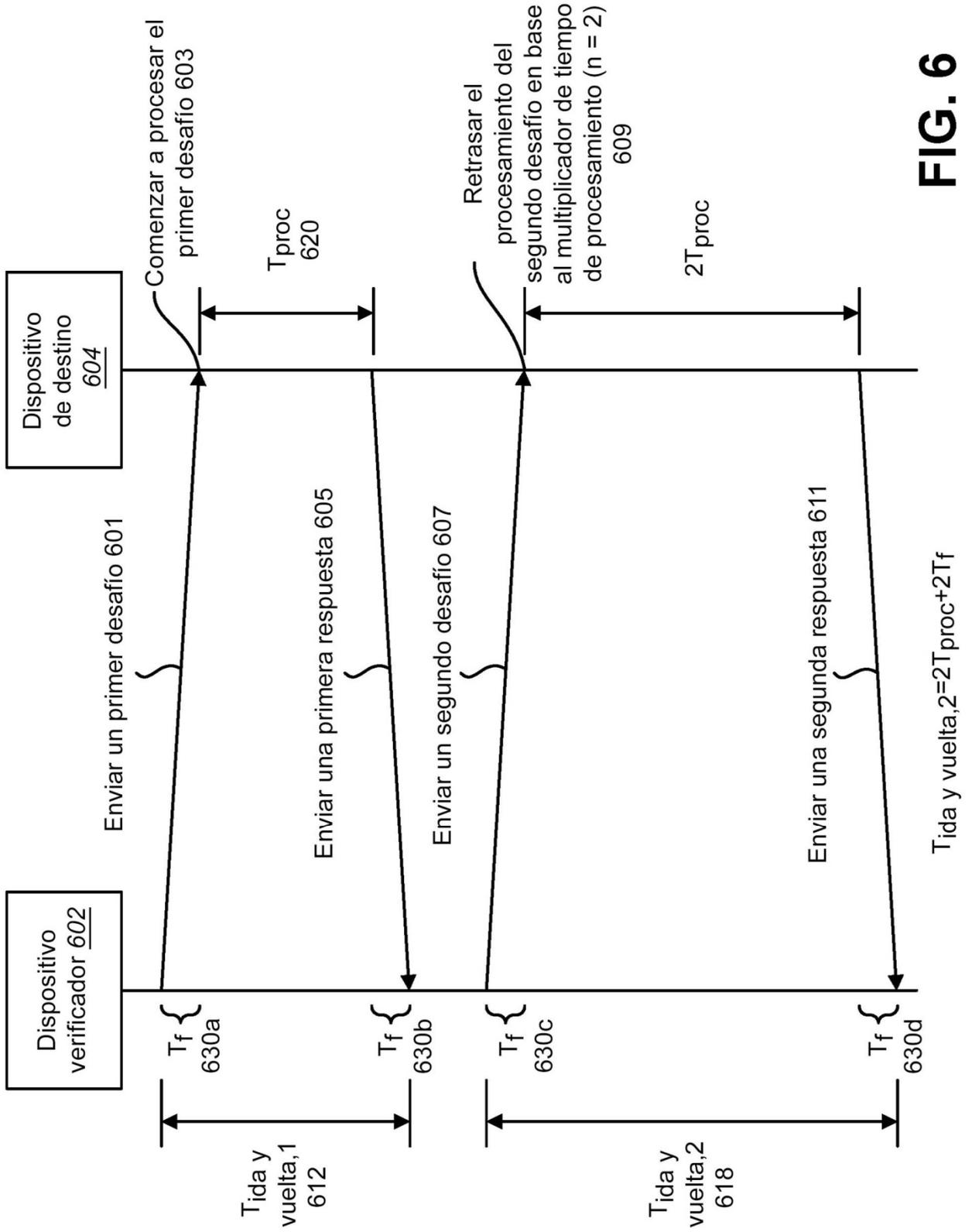
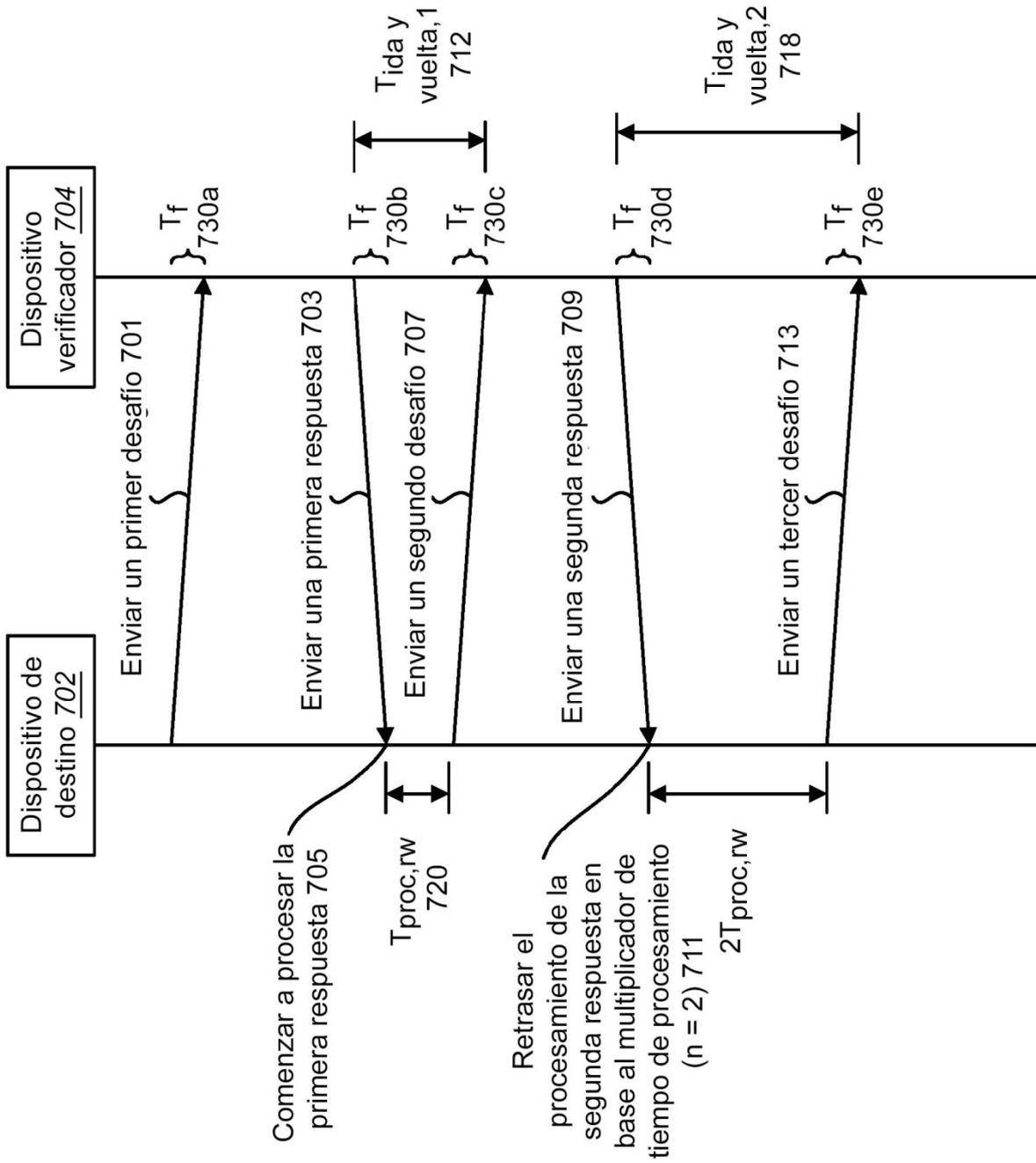


FIG. 6



$$T_f = (n T_{ida y vuelta,1} - T_{ida y vuelta,2}) / 2(n-1)$$

FIG. 7

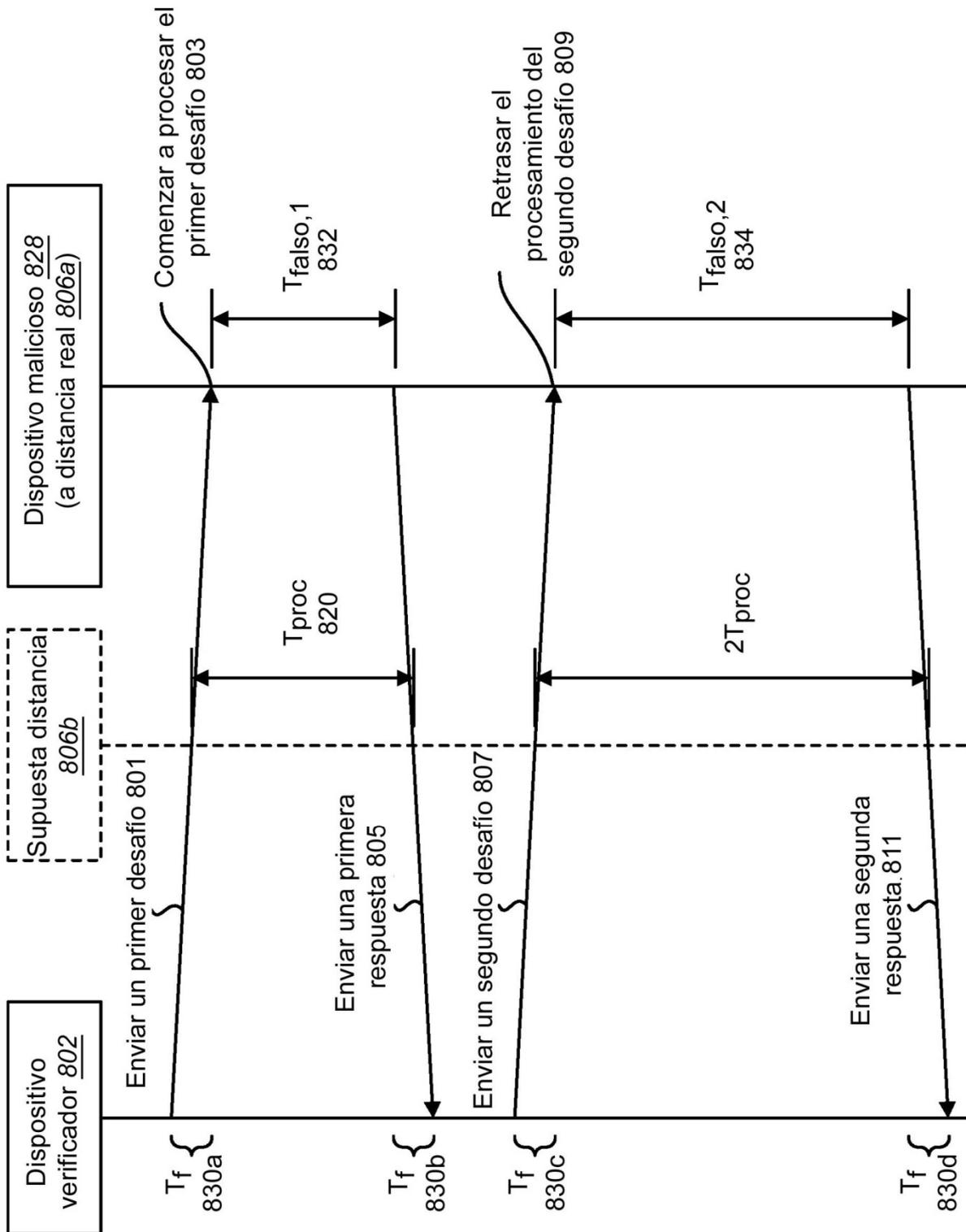


FIG. 8

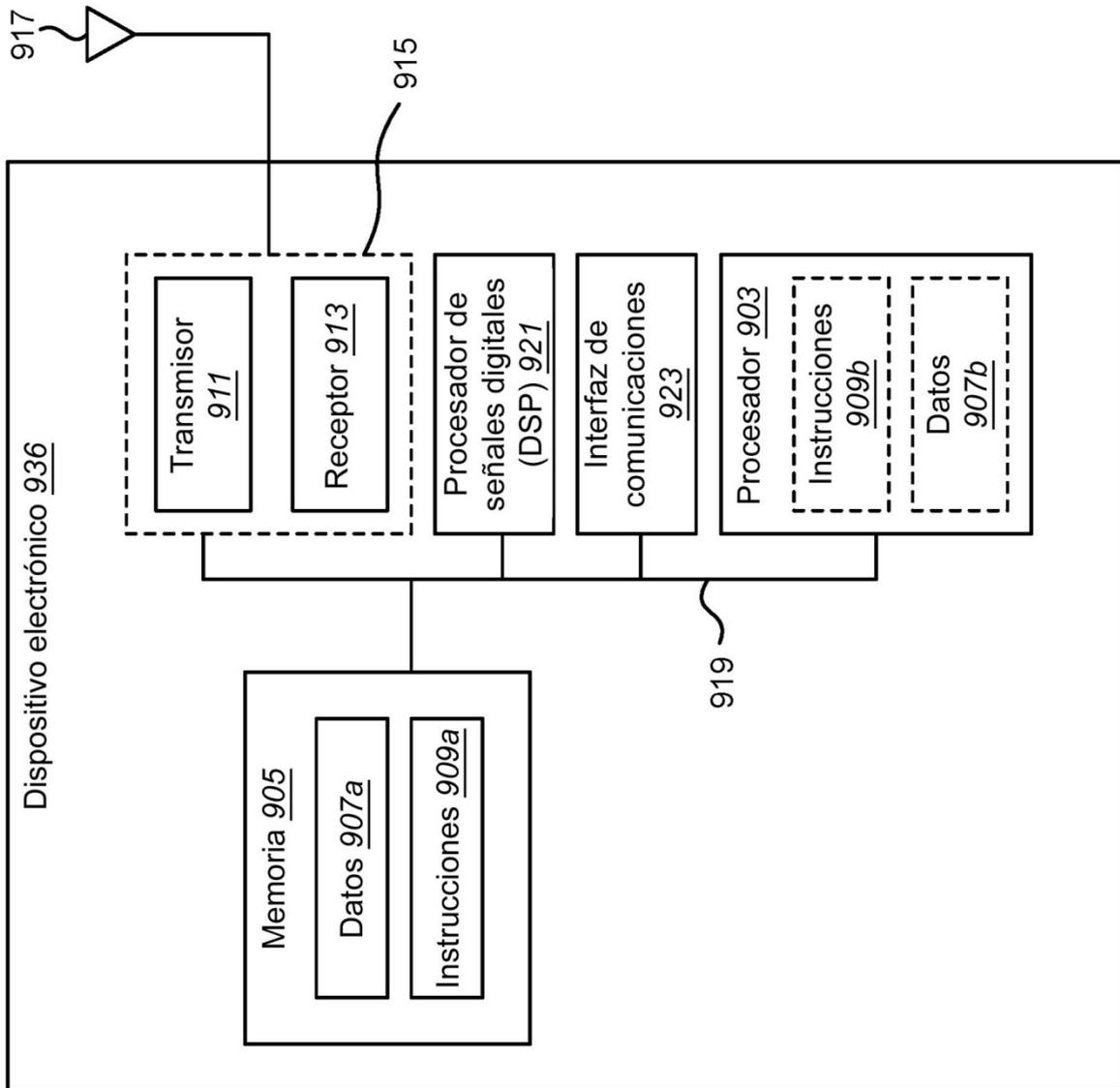


FIG. 9