

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 901 926**

51 Int. Cl.:

**H04W 56/00** (2009.01)

**H04W 76/14** (2008.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.08.2014** **E 19209507 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.10.2021** **EP 3651509**

54 Título: **Método y sistema para sincronización inicial y evitación de colisión en comunicaciones de dispositivo a dispositivo sin cobertura de red**

30 Prioridad:

**08.08.2013 US 201313962708**

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

**24.03.2022**

73 Titular/es:

**BLACKBERRY LIMITED (100.0%)**  
**2200 University Avenue East**  
**Waterloo, Ontario N2K 0A7, CA**

72 Inventor/es:

**NGUYEN, NAM;**  
**BLANKENSHIP, YUFEI WU y**  
**DHAKAL, SAGAR**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 901 926 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

Método y sistema para sincronización inicial y evitación de colisión en comunicaciones de dispositivo a dispositivo sin cobertura de red

Campo de la divulgación

- 5 La presente divulgación se refiere a comunicaciones inalámbricas de dispositivo a dispositivo (D2D), y en particular se refiere a comunicaciones de dispositivo a dispositivo sin un nodo de infraestructura de red de control.

Antecedentes

- 10 En los escenarios actuales de redes inalámbricas, un dispositivo se comunicará típicamente con un nodo de infraestructura de red tal como una estación base o un punto de acceso que da servicio al dispositivo, que luego permitirá la comunicación a otros dispositivos, incluidos aquellos a los que el mismo nodo de infraestructura de red da servicio, o a dispositivos servidos por otros nodos de infraestructura de red. Sin embargo, dicha comunicación puede no ser posible en ciertas áreas donde no existe cobertura de red inalámbrica desde un nodo de infraestructura, por ejemplo áreas remotas sin despliegue de red inalámbrica o áreas que han sufrido una destrucción de la infraestructura de red inalámbrica. Además, incluso cuando existe cobertura de red inalámbrica, las comunicaciones que utilizan un
- 15 nodo de infraestructura de red pueden no ser deseables. Por ejemplo, en los sistemas de comunicación generales, una transmisión directa D2D de datos puede proporcionar una utilización más eficiente de los recursos de radio que las redes actuales.

- 20 Las comunicaciones de dispositivo a dispositivo son comunicaciones entre dos dispositivos inalámbricos o equipos de usuario (UE), donde la comunicación se desarrolla directamente entre UE y no se desarrolla a través de un nodo de infraestructura de red. Los usos de las comunicaciones D2D pueden ser para situaciones de emergencia y no de emergencia. Por ejemplo, los miembros de primera respuesta y de seguridad pública pueden usar las comunicaciones D2D para comunicarse entre dispositivos. Esto puede ser útil en situaciones donde no hay cobertura de red, tales como áreas remotas o dentro de un edificio. Sin embargo, incluso en áreas de cobertura de red, en algunos casos, las comunicaciones D2D son deseables en situaciones de seguridad pública.

- 25 En situaciones que no son de emergencia, amigos que están muy cerca el uno del otro pueden desear comunicarse directamente entre sí. Otros casos incluyen la interacción entre humanos y máquinas, tal como los parquímetros que hablan con dispositivos inalámbricos móviles dentro de su alcance para ayudar al usuario de un dispositivo inalámbrico móvil a encontrar un espacio de estacionamiento gratuito. La comunicación de máquina a máquina también es posible, por ejemplo, un sensor de temperatura/humedad/presión comunica los datos grabados a un dispositivo controlador.
- 30 Otros ejemplos son posibles. Los dispositivos involucrados pueden ser estacionarios o móviles.

Sin embargo, el funcionamiento de un dispositivo para comunicarse con otros dispositivos sin un elemento de infraestructura de red presenta desafíos, ya que no existe un control central para tales comunicaciones.

El estado de la técnica relevante está representado por el documento EP 1465362 A2.

Resumen

- 35 La presente invención proporciona un método como se detalla en la reivindicación 1. También se proporciona un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 11 y un medio de almacenamiento legible por ordenador de acuerdo con la reivindicación 12. Las características ventajosas se proporcionan en las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

La presente descripción se entenderá mejor con referencia a los dibujos, en los que:

- 40 la figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra la provisión de una señal de presencia dentro de un intervalo de tiempo;

la figura 2 es un diagrama de bloques que muestra un intervalo de tiempo en el que se usa una primera trama de radio para transmitir una señal de presencia y una segunda trama de radio para transmitir un acuse de recibo;

- 45 la figura 3 es un diagrama de bloques que muestra que se utiliza una única portadora para transmitir señales de presencia y acuses de recibo durante un período de descubrimiento;

la figura 4 es un diagrama de bloques que muestra dos portadoras, una primera utilizada para transmitir señales de presencia y una segunda utilizada para transmitir acuses de recibo;

la figura 5 es un diagrama de bloques que muestra tramas de radio para la transmisión de señales de sincronización primarias, segundas señales de sincronización y acuses de recibo;

- 50 la figura 6 es un diagrama de bloques que muestra una pluralidad de tramas de radio para diferentes dispositivos;

la figura 7 es un diagrama de bloques que muestra una trama de radio SC-FDMA para transmitir una señal de sincronización primaria, una señal de sincronización secundaria y acuses de recibo;

la figura 8 es un diagrama de proceso que muestra un proceso de dispositivo para implementar una realización de la presente divulgación;

5 la figura 9 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de un límite de intervalo de tiempo;

la figura 10 es un diagrama de bloques que muestra la selección de un intervalo de tiempo no utilizado;

la figura 11 es un diagrama de la convergencia de una pluralidad de redes que tienen diferentes números de dispositivos y diferentes números de dispositivos máximos;

la figura 12 es un diagrama de bloques que muestra la desalineación del límite de intervalo de tiempo;

10 la figura 13 es un diagrama de bloques que muestra un problema de nodo oculto estocástico;

la figura 14 es un diagrama de proceso que muestra un proceso para una realización en la que son posibles fallos de enlace;

la figura 15 es un diagrama de proceso que muestra la funcionalidad de un bloque de establecimiento de límites de ejemplo;

15 la figura 16 es un diagrama de proceso que muestra la funcionalidad de un bloque de transmisión de PS de ejemplo;

la figura 17 es un diagrama de proceso que muestra la funcionalidad de un bloque de transmisión de acuse de recibo de ejemplo;

la figura 18 es un diagrama de la convergencia de una pluralidad de redes que tienen diferentes números de dispositivos y diferentes números de dispositivos máximos; y

20 la figura 19 es un diagrama de bloques de un equipo de usuario de ejemplo que puede usarse con las realizaciones de la presente divulgación.

#### Descripción detallada de los dibujos

25 La presente divulgación proporciona un método en un primer dispositivo para habilitar un enlace inalámbrico de dispositivo a dispositivo, comprendiendo el método: detectar si se recibe una señal de presencia de un segundo dispositivo durante un primer período de tiempo, teniendo la señal de presencia del segundo dispositivo un límite de intervalo de tiempo; y si no se detecta la señal de presencia del segundo dispositivo, iniciar el primer un límite de intervalo de tiempo mediante el primer dispositivo que incluye: transmitir una primera señal de presencia del primer dispositivo en un intervalo de tiempo seleccionado.

El método incluye además la verificación de un acuse de recibo de la primera señal de presencia.

30 La presente divulgación proporciona además un dispositivo para habilitar un enlace de dispositivo a dispositivo, comprendiendo el dispositivo: un procesador, en el que el procesador está configurado para: detectar si se recibe una señal de presencia de un segundo dispositivo durante un primer período de tiempo, teniendo la señal de presencia del segundo dispositivo un límite de intervalo de tiempo; y si no se detecta la señal de presencia del segundo dispositivo, iniciar un límite de intervalo de tiempo mediante el primer dispositivo que incluye: transmitir una primera señal de presencia del primer dispositivo en un intervalo de tiempo seleccionado; y verificar un acuse de recibo de la primera señal de presencia.

35 La presente divulgación proporciona además un método en un primer dispositivo para habilitar un enlace inalámbrico de dispositivo a dispositivo, comprendiendo el método: escuchar una señal de presencia en un canal, comprendiendo la señal de presencia al menos una secuencia; y al detectar la señal de presencia, transmitir un acuse de recibo de la señal de presencia; y alinearse con un límite de intervalo de tiempo asociado con la señal de presencia utilizando al menos una secuencia de la señal de presencia.

40 La presente divulgación proporciona además un dispositivo para habilitar un enlace inalámbrico de dispositivo a dispositivo, comprendiendo el dispositivo: un procesador, en el que el procesador está configurado para: escuchar una señal de presencia en un canal, comprendiendo la señal de presencia al menos una secuencia; y al detectar la señal de presencia, transmitir un acuse de recibo de la señal de presencia; y alinearse con un límite de intervalo de tiempo asociado con la señal de presencia utilizando al menos una secuencia de la señal de presencia.

45 La presente divulgación proporciona además un método en un dispositivo para habilitar un enlace inalámbrico de dispositivo a dispositivo, comprendiendo el método: escuchar una señal de presencia de otro dispositivo en un canal; y transmitir una señal de presencia en el canal para establecer un límite de intervalo de tiempo, en el que la transmisión

de la señal de presencia permite que otro dispositivo detecte dicha señal de presencia y se alinee con el límite de intervalo de tiempo establecido.

La presente divulgación proporciona además un dispositivo para habilitar un enlace inalámbrico de dispositivo a dispositivo, comprendiendo el dispositivo: un procesador, en el que el procesador está configurado para: escuchar una señal de presencia de otro dispositivo en un canal; y transmitir una señal de presencia en el canal para establecer un límite de intervalo de tiempo, en el que la transmisión de la señal de presencia permite que otro dispositivo detecte dicha señal de presencia y se alinee con el límite de intervalo de tiempo establecido.

Las aplicaciones y servicios de dispositivo a dispositivo, también denominados en el presente documento aplicaciones y servicios basados en proximidad, representan una tendencia social y tecnológica emergente. En este sentido, la arquitectura de evolución a largo plazo (LTE) del proyecto de asociación de tercera generación (3GPP) está evolucionando para incluir dichos servicios, lo que permitiría a la industria de 3GPP servir al mercado en desarrollo y, al mismo tiempo, atender las necesidades urgentes de varias comunidades de seguridad pública.

Sin embargo, la implementación de una red entre dispositivos sin un controlador central tiene varios problemas. Un problema con respecto a las comunicaciones de dispositivo a dispositivo es el descubrimiento de dispositivos fuera de la cobertura de red y la capacidad de los dispositivos para comunicarse entre sí. En particular, actualmente no hay forma de lograr un descubrimiento fiable de dispositivos en una red ad hoc que no tenga un elemento de red de control. Tal descubrimiento permite que los dispositivos en la red sean continuamente conscientes de la presencia de otros dispositivos con los que pueden comunicarse directamente. Además, para la transmisión de una señal, actualmente no existe una forma clara de establecer una sincronización de trama de tiempo común para la transmisión o recepción de símbolos de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) o de acceso múltiple por división de frecuencia de portadora única (SCFDMA) en ausencia de cualquier infraestructura de red.

Un problema adicional para las comunicaciones D2D está relacionado con las transmisiones de longitud fija, donde se usan intervalos de tiempo. Las señales de descubrimiento periódicas transmitidas por dispositivos pueden ocupar menos de un intervalo de tiempo (TS), y actualmente no está claro cómo establecer los límites de intervalo de tiempo y la temporización de la trama de radio para alinear la transmisión de numerosos dispositivos en una red ad hoc.

Según se usa en el presente documento, un intervalo de tiempo es un término generalizado de una ventana de tiempo de duración fija que puede ser utilizado por un dispositivo para comunicarse con otros dispositivos, y difiere de un "intervalo" tal como lo utilizan las especificaciones de LTE.

Un problema adicional es que actualmente los dispositivos no detectan ni resuelven posibles conflictos de transmisión de enlace ascendente para las comunicaciones de dispositivo a dispositivo cuando dos o más dispositivos seleccionan el mismo intervalo de tiempo inicial para la transmisión. Por lo tanto, en el presente documento se proporciona una metodología de resolución de la colisión.

La presente divulgación, por lo tanto, proporciona la inicialización de una red inalámbrica para la comunicación de dispositivo a dispositivo fuera de la cobertura de la red. Específicamente, la presente divulgación aborda cómo varios dispositivos pueden descubrirse entre sí, definir límites de intervalos de tiempo, asignar intervalos de tiempo de transmisión a cada dispositivo, evitar y resolver colisiones y sincronizarse entre sí, entre otras características. Estos pasos de inicialización ocurren antes de que los dispositivos puedan tener comunicación de datos entre sí. Además, las realizaciones descritas en el presente documento se aplican a redes totalmente conectadas o parcialmente conectadas, como cuando no todos los dispositivos pueden recibir transmisiones de todos los demás dispositivos de la red.

Aunque la presente divulgación proporciona ejemplos que utilizan la arquitectura LTE, las realizaciones descritas en el presente documento no se limitan a dicha arquitectura, y se podrían usar igualmente otras arquitecturas de red. Por lo tanto, las técnicas y ejemplos proporcionados en el presente documento podrían ampliarse a otras tecnologías además de la evolución a largo plazo (LTE) de 3GPP.

Cuando un sistema se encuentra en una etapa de descubrimiento, los dispositivos no están conectados a una red y, por lo tanto, es posible que no se haya establecido la sincronización. De acuerdo con una realización de la presente divulgación, para abordar esto, los dispositivos pueden transmitir periódicamente señales de presencia (PS) con una longitud fija que puede transmitirse dentro de intervalos de tiempo. La configuración de tales señales de presencia se proporciona a continuación.

Al recibir una PS identificable, se puede enviar de vuelta una señal de acuse de recibo (ACK) al dispositivo que transmite la PS. El ACK, como se describe a continuación, está diseñado para que múltiples receptores puedan responder a la PS transmitiendo el mismo ACK. Además, conforme a la presente divulgación, se proporciona un algoritmo para alinear dispositivos al mismo límite de intervalo de tiempo. Téngase en cuenta que aunque la descripción aquí se centra en el acuse de recibo (ACK) como ejemplo, la misma transmisión a menudo puede diseñarse para transmitir también el acuse de recibo negativo (NACK). Por ejemplo, la transmisión puede usar dos secuencias posibles (p. ej., la secuencia de todo ceros para el ACK frente a la secuencia de todo unos para el NACK). Si bien el NACK también se puede utilizar para admitir la transmisión de la PS, por simplicidad, la discusión se centra

principalmente en el ACK. Se pretende que el uso del NACK en el establecimiento de la red esté cubierto por los procedimientos y protocolos descritos en el presente documento.

De acuerdo con una realización adicional, para obtener sincronización de frecuencia de tiempo para transmisión/recepción de símbolo de LTE OFDM/SC-FDM, la presente divulgación proporciona el uso de una señal de sincronización primaria (PSS) existente como se usa en la LTE para detectar límites de símbolo dentro de un intervalo de tiempo.

De acuerdo con una realización adicional, la sincronización a nivel de TS puede lograrse mediante un procedimiento que permite que el primer dispositivo de transmisión establezca una referencia de límite de TS para otros dispositivos en la red. Al hacer esto, se establece un sistema dúplex por división de tiempo (TDD).

De acuerdo con una realización adicional, para detectar la transmisión de múltiples señales PS en un mismo intervalo de tiempo, se utiliza un esquema de señal de sincronización secundaria de salto aleatorio (SSS) para asignar un nuevo SSS a una señal de presencia en cada ciclo. Aquí el ciclo se refiere a una trama de tiempo utilizado por dispositivos relevantes como referencias de tiempo para transmitir y recibir señales. Por ejemplo, ciertas señales (p. ej., una señal de transmisión) pueden repetirse regularmente cada ciclo o cada número entero de ciclos. En esta aplicación, el ciclo también se conoce como una trama. Un dispositivo receptor puede correlacionarse con los SSS posibles uno por uno y detectar las múltiples transmisiones de señales PS.

De acuerdo con otra realización, se proporciona un protocolo para que los UE transmitan periódicamente señales de presencia y reciban acuses de recibo de los vecinos. Por ejemplo, un dispositivo de transmisión continuará utilizando un intervalo de tiempo que está utilizando actualmente si recibe al menos un ACK, y saltará a un nuevo intervalo de tiempo disponible si no recibe un ACK durante un cierto período. Una vez que el sistema converge a un estado estable, todos los UE pueden transmitir periódicamente su PS sin colisiones. Por lo tanto, el algoritmo anterior puede estar totalmente distribuido.

Según se usa en el presente documento, un dispositivo móvil, un dispositivo, un equipo de usuario u otro término similar es intercambiable y se refiere a un dispositivo que es capaz de establecer comunicaciones de dispositivo a dispositivo.

Se hace referencia ahora a la figura 1. Para permitir que los dispositivos en la red sean continuamente conscientes de la presencia de otros dispositivos con los que pueden comunicarse, de acuerdo con una realización de la presente divulgación, cada dispositivo transmite una señal de presencia sustancialmente periódica. Aunque la señal de presencia puede colisionar con las señales de presencia de otros dispositivos cuando un dispositivo comienza a transmitir por primera vez, después de un procedimiento de resolución de contención como se describe a continuación, la PS transmitida por cada dispositivo es única en un intervalo de tiempo. De esta manera, cada dispositivo es identificable individualmente por sus dispositivos homólogos mientras el dispositivo esté activo y cada dispositivo pueda obtener un recurso de frecuencia de tiempo dedicado sin resolución de colisión continua.

Una señal de descubrimiento, de acuerdo con la presente divulgación, implica una de dos señales. Una primera señal que forma una señal de descubrimiento es la señal de presencia, que es enviada por un dispositivo. Un dispositivo transmite su PS para notificar su presencia y, además, reservar un intervalo de tiempo. Una segunda señal de descubrimiento es una señal de acuse de recibo (ACK) recibida por el dispositivo. Todos o un subconjunto de los dispositivos que decodifican la PS transmiten un ACK para indicar la aprobación del intervalo de tiempo.

Por lo tanto, como se ilustra en la figura 1, un intervalo de tiempo 110 particular puede tener o bien una unidad por intervalo de tiempo, como se muestra con la referencia 120, o bien dos unidades por intervalo de tiempo, como se muestra con la referencia 130. En cualquiera de las realizaciones de la figura 1, cada unidad contiene una señal 140 de sincronización, una señal 142 de descubrimiento, que puede comprender bien una señal de presencia o bien un acuse de recibo, y una carga útil 144 de datos.

Una pluralidad de intervalos de tiempo se combinan para formar un período 150 de descubrimiento y el tiempo del período de descubrimiento para la periodicidad de las señales de descubrimiento se define como el número de intervalos de tiempo por período de descubrimiento ( $N_{Max}$ ) multiplicado por el tiempo ( $T_s$ ) por intervalo de tiempo. El período de descubrimiento puede tener la misma longitud que una trama. La trama se utiliza como referencia de tiempo tanto para el descubrimiento inicial como para la comunicación de datos posterior.

Por lo tanto, de acuerdo con la presente divulgación, las señales de descubrimiento se repiten en cada período de descubrimiento. Cada período de descubrimiento se compone de  $N_{Max}$  intervalos de tiempo, donde un dispositivo puede transmitir o recibir una trama de radio en cualquier intervalo de tiempo dado. El  $N_{Max}$  puede representar el número máximo de UE que se pueden descubrir de acuerdo con la arquitectura diseñada.

Antes de que los dispositivos se descubran unos a otros, la unidad 144 de tiempo de carga útil de datos permanece vacía.

De acuerdo con la presente divulgación, se describen dos diseños de sistema. Sin embargo, dichos sistemas son meramente ejemplos y también se podrían usar otros sistemas. En un primer sistema, se proporciona un sistema

dúplex de división de tiempo de una portadora, donde se usan dos unidades por intervalo de tiempo. En un segundo sistema, se usa un sistema dúplex de división de tiempo de dos portadoras donde solamente hay una unidad por intervalo de tiempo.

Sistema TDD de frecuencia de una portadora

- 5 Según una realización, un UE opera en un modo D2D usando solamente una frecuencia portadora (p. ej., un canal de enlace ascendente o un canal de enlace descendente, como por ejemplo se define en la LTE) tanto para la transmisión como para la recepción. Según se usa en el presente documento, el enlace ascendente se define de manera similar a un sistema de celdas donde el enlace ascendente se refiere a transmisiones desde un dispositivo. Del mismo modo, el enlace descendente implica señales recibidas en el dispositivo.
- 10 Se hace referencia ahora a la figura 2, que muestra una realización de un canal de acuerdo con una realización de la presente divulgación en la que cada intervalo de tiempo se divide en una parte de transmisión y en una parte de recepción desde el punto de vista de un dispositivo dado. Típicamente, otras partes del intervalo de tiempo podrían usarse para otros fines, tales como datos o señales de sincronización, y por lo tanto, la realización de la figura 2 es simplemente una simplificación.
- 15 Como se ve en la figura 2, se proporcionan tres intervalos de tiempo donde el  $N_{MAX}$  anterior se define como tres. Por lo tanto, el sistema de la figura 2 ha convergido a una solución con tres dispositivos en los que los intervalos de tiempo se repiten.

De acuerdo con la figura 2, cada intervalo de tiempo tiene dos instancias de transmisión donde la primera instancia de transmisión es para la señal PS y la segunda instancia de transmisión es para la señal ACK. De acuerdo con una  
20 realización, cada intervalo de tiempo puede tener una longitud de 2 ms. Según las especificaciones de LTE, se proporciona un sistema tal que un UE puede transmitir su PS y debería recibir un ACK un cierto número de milisegundos más tarde. Por ejemplo, de acuerdo con la realización de la figura 2, el ACK se recibe 3 ms después de la transmisión de la señal.

En particular, en un primer intervalo 210 de tiempo, una señal PS es enviada por un dispositivo móvil A que se muestra con la referencia 212. 3 ms después, como se muestra con la referencia 214, el dispositivo B y/o el C envían un acuse de recibo si recibieron la señal PS correctamente.

En los intervalos de tiempo 220, un dispositivo B transmite su señal PS en la primera instancia de transmisión, como se muestra con la referencia 222, y 3 ms después, como se muestra en la instancia 224 de transmisión, los dispositivos C y/o A envían un ACK si la señal PS se recibe correctamente.

De manera similar, en los intervalos de tiempo 230, en una instancia 232 de transmisión, el dispositivo C transmite su señal PS y en la instancia 234 de transmisión, los dispositivos A y/o B envían su ACK.

El período de descubrimiento en este caso es de 6 ms, donde se proporcionan tres intervalos de tiempo con cada intervalo de tiempo que tiene 2 ms.

Variaciones de lo anterior son posibles. Además, el tiempo podría cambiar y los ejemplos anteriores se proporcionan simplemente con fines ilustrativos.

Varias variaciones de la realización de la figura 2 pueden incluir la variabilidad de la periodicidad de las señales de descubrimiento que incluyen la PS y el ACK para un dispositivo dado. En una realización, la periodicidad de la señal de descubrimiento puede ser corta ( $N_{MAX}$ ) cuando un dispositivo está intentando una conexión inicial. Sin embargo, una vez establecida, la periodicidad de la señal de descubrimiento puede cambiarse a un período largo (por ejemplo,  $4 \times N_{MAX}$ ) para reducir el número de transmisiones o recepciones de la señal de descubrimiento. Sin embargo, la  
40 reducción en el número de transmisiones o recepciones significa que los dispositivos que intentan conectarse a la red necesitarán monitorear el canal durante un período más largo para garantizar que la instancia de transmisión que el dispositivo selecciona no esté ocupada por otro dispositivo.

En una variación adicional, no todos los dispositivos homólogos necesitan responder a la transmisión PS de un dispositivo. Por ejemplo, en algunas realizaciones, solamente los dispositivos homólogos relacionados con el dispositivo de transmisión de alguna manera pueden necesitar enviar un ACK en respuesta a la PS del dispositivo de transmisión. Esto puede ser particularmente útil, por ejemplo, cuando las conexiones de dispositivo a dispositivo se establecen de manera estable. Por ejemplo, la respuesta puede basarse en un identificador de dispositivo una vez que a los dispositivos se les ha asignado un identificador en una red ad hoc donde los dispositivos con ciertos  
50 identificadores necesitan responder en ciertas subtramas. En otra realización, se puede utilizar una relación basada en la temporización de tal manera que los dispositivos con cierta oportunidad de transmisión de PS que se aproxima puedan necesitar enviar ACK. Otros ejemplos son posibles.

De manera similar, haciendo referencia a la figura 3, se muestra un sistema en el que  $N_{MAX} = 6$  y el acuse de recibo se produce 5 ms después de la transmisión de la PS. En particular, como se ve en la figura 3, en la instancia 310 de transmisión, un primer dispositivo transmite una PS y se acusa recibo de esta en la trama 312 de radio. De manera  
55

similar, en la instancia 314 de transmisión, un segundo dispositivo transmite una PS y se acusa recibo de esta en la instancia 316 de transmisión. Otras instancias de transmisión se utilizan de manera similar para la transmisión y el acuse de recibo.

Después de un período de descubrimiento de 12 ms en el ejemplo de la figura 3, el proceso se repite.

- 5 Las realizaciones anteriores de las figuras 2 y 3 suponen que cada intervalo de tiempo está lleno. En otras realizaciones, algunos intervalos de tiempo pueden estar desocupados, por ejemplo, para permitir que se agreguen nuevos dispositivos.

Sistema TDD de dos frecuencias portadoras

- 10 En una realización alternativa a la descrita con referencia a las figuras 2 y 3 anteriores, un UE puede tener tanto canales de enlace ascendente como de enlace descendente, donde cada uno de los canales es capaz de transmisión y recepción. En este caso, para las comunicaciones D2D, se puede asignar una portadora a las señales PS y se puede asignar el otro canal/portadora a las señales ACK. Ahora se hace referencia a la figura 4.

- 15 En el ejemplo de la figura 4, un intervalo de tiempo se define como 1 ms y se muestran 12 intervalos de tiempo para cada uno de los canales PS y ACK. En un intervalo de tiempo 410, un primer dispositivo transmite su PS y se acusa recibo de esto 3 ms más tarde como se muestra con la referencia 412.

De manera similar, en el segundo intervalo de tiempo, un segundo dispositivo transmite su señal PS, como se muestra por el número de referencia 420 del que luego se acusa recibo en el intervalo de tiempo 422.

Los intervalos de tiempo pueden estar ocupados o desocupados y el acuse de recibo puede ocurrir 3 ms más tarde en los intervalos de tiempo correspondientes en el canal de acuse de recibo.

- 20 La relación de temporización entre la PS y el ACK puede variar dependiendo de la implementación. Por lo tanto, una PS no necesariamente es atendida en el ACK en el momento más próximo. Una señal ACK acusa recibo de una PS generalmente alejada varios intervalos de tiempo para permitir el tiempo de propagación y los tiempos de procesamiento de transmisión/recepción. La relación de sincronización exacta entre una PS y un ACK puede adoptar varios valores, tales como una separación de 4 ms utilizada en los sistemas dúplex por división de frecuencia (FDD) de LTE en una realización. Otros valores también son posibles.

- 25 En cualquier intervalo de tiempo dado, un UE puede estar bien en modo de transmisión o bien en modo de recepción. En un modo de transmisión, un UE transmite una señal PS o una señal ACK. De manera similar, en un modo de recepción, un UE detecta las señales PS, las señales ACK y las colisiones de señales PS o un intervalo de tiempo vacío. Pueden producirse colisiones cuando dos o más UE transmiten una PS en un intervalo de tiempo. Además, debido a que un UE no puede transmitir y recibir al mismo tiempo (aquí no se supone un UE dúplex completo), un UE en un modo de transmisión no puede detectar una colisión con otros UE. Sin embargo, aquellos UE que están en el modo de recepción podrían detectar tal colisión. En una realización, los UE en el modo de recepción no enviarán ninguna notificación, pero el UE transmisor puede usar una medida de confianza como se describe a continuación para detectar la colisión. En otras realizaciones, los UE en el modo de recepción pueden notificar debidamente a los UE transmisores.

- 30 Al dividir el recurso de radio en intervalos de tiempo PS e intervalos de tiempo ACK como se describe con referencia a la figura 4, se acomoda un mecanismo de retroalimentación de acuerdo con la presente divulgación. En particular, si el UE en el modo de recepción detecta una colisión, entonces no envía una señal ACK en una realización. Sin embargo, si no hay colisión, el receptor UE puede transmitir una señal de acuse de recibo en un intervalo de tiempo ACK después de una duración de tiempo  $T_{ACK}$ . El transmisor UE debe esperar para recibir la señal ACK antes de asegurar su intervalo de tiempo. Si el transmisor UE no recibe un ACK, en condiciones ideales puede suponer que se ha producido una colisión y, por lo tanto, encontrar un nuevo intervalo de tiempo para retransmitir la PS. En condiciones no ideales, si no se recibe un ACK, la confianza del UE transmisor en el intervalo de tiempo puede disminuir hasta que cae por debajo de un umbral, en cuyo punto el UE transmisor buscará un nuevo intervalo de tiempo para retransmitir la PS.

Estructura de trama y diseño de señal

- 35 De acuerdo con una realización de la presente divulgación, la señal de sincronización primaria (PSS) se puede usar para el doble propósito de un preámbulo para una sincronización de tiempo/frecuencia y también como una señal primaria de presencia. La señal de sincronización secundaria (SSS) puede usarse como señal secundaria de presencia y como un identificador de dispositivo temporal.

- 40 Según los estándares actuales de la LTE, existen tres posibilidades para la PSS. Para la comunicación de dispositivo a dispositivo, el valor de la PSS se puede utilizar para identificar un clúster de dispositivo a dispositivo. En particular, un clúster es un grupo de dispositivos que pueden establecer enlaces directos entre ellos. En un ejemplo, cada dispositivo en el grupo es un vecino a un salto de todos los otros dispositivos en el grupo de acuerdo con la presente divulgación.

Como hay 168 valores posibles de un SSS en LTE, el SSS puede utilizarse como un tipo de identificador de dispositivo temporal para permitir técnicas mejoradas de detección de colisión como se describe a continuación.

En cada ciclo de descubrimiento, un dispositivo puede transmitir una palabra de código SSS elegida al azar. Durante la fase de descubrimiento, si se produce una colisión entre las señales de presencia de dos dispositivos, entonces otros dispositivos son capaces de determinar que se ha producido una colisión. Además, los otros dispositivos pueden saber cuántas señales SSS han colisionado.

Mientras que lo anterior describe 3 y 168 secuencias para PSS y SSS, respectivamente, pueden ser posibles otros números de secuencias, dependiendo de la implementación. En lugar de tener 168 secuencias para la identificación, se pueden necesitar únicamente 40, ya que no se puede esperar que un número dado de dispositivos activos simultáneamente para un grupo supere los 40, por ejemplo. El uso del espacio de secuencia más pequeño reduce la carga de procesamiento en los dispositivos receptores.

Desde el punto de vista de un único dispositivo, la estructura de la trama se muestra con respecto a la figura 5 a continuación, donde se usa un primer dispositivo como ejemplo. En el ejemplo de la figura 5, un primer dispositivo transmite en una primera subtrama. Aquí la subtrama como se define en la LTE se usa como un ejemplo, que es análogo a un intervalo de tiempo en general. La subtrama se muestra ampliada con el número de referencia 510.

En la primera subtrama, los primeros 3 símbolos se usan para una región 512 de control. Además, dado que el dispositivo está transmitiendo en esa subtrama, la PSS 514, así como un SSS 516 elegido al azar se pueden transmitir en la subtrama.

En la siguiente subtrama, si se requiere un ACK, entonces el ACK puede enviarse como se muestra con el número de referencia 520. Téngase en cuenta que, mientras que en las figuras el ACK se muestra como transmitido en la subtrama justo después de la subtrama con transmisión de PS, se entiende que son posibles otros retrasos para la transmisión del ACK, por ejemplo, el ACK se envía 4 subtramas después de la subtrama con transmisión de PS.

Por lo tanto, de acuerdo con la figura 5, la señal de presencia de un dispositivo dado siempre se transmite en una subtrama numerada par, mientras que la respuesta ACK se transmite en una subtrama impar. Sin embargo, otras relaciones de tiempo son posibles como se definió anteriormente.

Desde el punto de vista de un clúster completo, la estructura de trama se muestra con respecto a la figura 6, donde se ilustra la señal de presencia y el ACK correspondiente de tres dispositivos. En particular, como se ve en la figura 6, la subtrama 610 se usa para que un primer dispositivo transmita, la subtrama 612 se usa para que un segundo dispositivo transmita y la subtrama 614 se usa para que el tercer dispositivo transmita.

La señal de presencia primaria de las figuras 5 y 6 puede reutilizar la construcción de una secuencia LTE existente  $d(n)$  definida para la señal de sincronización primaria. Para evitar confusiones con la PSS enviada por las estaciones base, se eligen diferentes valores para el índice  $u$  de secuencia raíz de Zadoff-Chu cuando se usa para la comunicación de dispositivo a dispositivo. Un ejemplo es elegir valores de índices alternativos como un conjunto de diferentes valores de  $u$  para la comunicación de dispositivo a dispositivo. Por ejemplo, en una realización se pueden usar valores de índices de 40, 41, 23.

La reutilización de las estructuras de PSS existentes para el propósito de la comunicación D2D tiene además el beneficio de minimizar la implementación del dispositivo, ya que los dispositivos están adaptados para decodificar tales señales PSS existentes y, por lo tanto, la circuitería receptora en el dispositivo puede permanecer igual.

Para señales secundarias de presencia, estas señales pueden reutilizar la construcción de una secuencia de LTE existente  $d(n)$  definida para la señal de sincronización secundaria. Para evitar confusiones con el SSS de las estaciones base, el valor de los índices ( $m_0$ ,  $m_1$ ) se puede elegir de manera diferente para la comunicación de dispositivo a dispositivo.

El ACK/NACK puede transmitirse reutilizando la construcción del canal indicador físico (PHICH) de solicitud de repetición de acuse de recibo híbrido (HARQ) de LTE existente. Después de la codificación de repetición, un bloque de símbolos de modulación de desplazamiento de fase binaria (BPSK)  $z(0)$ , ...,  $z(M_s - 1)$  puede multiplicarse por símbolos con una secuencia ortogonal y codificarse, dando como resultado una secuencia de símbolos de modulación  $d(0)$ , ...,  $d(M_{\text{symp}} - 1)$  según

$$d(i) = w(i \bmod N_{\text{SF}}^{\text{PHICH}}) \cdot (1 - 2c(i)) \cdot z(\lfloor i / N_{\text{SF}}^{\text{PHICH}} \rfloor) \quad (1)$$

Los parámetros  $M_s$ ,  $M_{\text{symp}}$ , se reutilizan a partir de la definición de LTE. La secuencia  $c(i)$  de codificación específica de celda se fija con el fin de responder a la PS. La secuencia ortogonal  $w(i)$  también es fija, por ejemplo,  $[+1 +1 +1 +1]$ . Además, debido a una característica de diseño del PHICH, se pueden multiplexar varios ACK/NACK juntos. Esto puede ser útil siempre que se envíen múltiples ACK/NACK (o múltiples ACK). Por ejemplo, esto puede ocurrir si: se responde a la PS de dos dispositivos (separados en tiempo o frecuencia) en un mismo TS para ahorrar recursos para



enviar el ACK; o cuando existe la necesidad de enviar el ACK/NACK tanto de la PS como de paquetes de datos, cuando la PS y los paquetes de datos coexisten después de que se realiza el establecimiento inicial de la red. En este caso, se pueden combinar dos o más conjuntos de ACK/NACK (o de ACK solo) para la transmisión, con cada conjunto utilizando una secuencia ortogonal diferente  $w(i)$ , por ejemplo,  $[+1 +1 +1 +1]$  y  $[+1 -1 +1 -1]$ . Se puede especificar una regla para predefinir la asignación entre una transmisión (de PS o de paquete de datos) y una transmisión de PHICH.

En una realización adicional, los dispositivos pueden usar SC-FDM en lugar de OFDM para modular la señal. En este caso, la estructura de trama se muestra desde el punto de vista de un primer dispositivo en la figura 7. Como se ve en la figura 7, el PSS 712 y el SSS 714 se transmiten durante una subtrama 710, y el acuse de recibo 720 puede proporcionarse en una región 730 de control.

Por lo tanto, el mismo diseño PSS, SSS indicado anteriormente para OFDM también se puede usar en la transmisión SC-FDM sin cambios. Para ACK/NACK, se puede utilizar en su lugar el tipo de transmisión del canal de control de enlace ascendente físico (PUCCH).

#### Proceso del dispositivo

Lo anterior puede implementarse de acuerdo con la realización de la figura 8. En particular, el proceso de la figura 8 comienza en el bloque 810 y continúa al bloque 812 en el que se realiza una verificación para ver si se ha establecido ya un TS para el dispositivo. Si no, el proceso pasa al bloque 814 en el que se elige un tiempo  $\tau$  de contención aleatorio y el proceso pasa al bloque 816 en el que el dispositivo escucha durante un período de tiempo designado como  $D + \tau$  donde  $D$  es la longitud del período de descubrimiento (período de trama). Aquí "escuchar" se refiere a la función en la que un dispositivo realiza la detección de una señal potencial, para ver si se ha transmitido dicha señal. Del mismo modo, esto puede denominarse "verificaciones" de un dispositivo para detectar la señal potencial.

En particular, en la etapa inicial cuando aún no se ha establecido el TS, todos los dispositivos se inician para formar un clúster. El objetivo principal en esta etapa es establecer un límite de TS para que los dispositivos puedan encontrar un TS para transmitir la PS. De acuerdo con la realización de la figura 8, una primera PS sin colisión establece el límite del TS, que luego se convierte en un límite de referencia para todos los dispositivos para alinear sus TS.

Esto se muestra con referencia a la figura 9. En particular, como se ve en la figura 9, un dispositivo se inicia en un momento elegido del dispositivo, etiquetado como  $T_0$ , y escucha un tiempo de descubrimiento  $D$ , que se corresponde con el período de descubrimiento (período de trama), más el tiempo  $\tau$  de contención seleccionado aleatoriamente. En este caso,  $\tau$  se elige para que se distribuya uniformemente entre 0 y  $D$ .

Como se ve en la figura 9, en el tiempo  $T_0 + D + \tau$ , etiquetado como  $T_0'$ , el dispositivo no ha detectado una señal de otro dispositivo y, por lo tanto, el dispositivo transmite una PS para iniciar el límite TS, como se muestra con la referencia 910.

El dispositivo luego permanece a la escucha de un acuse de recibo. Si se recibe un acuse de recibo de la transmisión 910 de la PS, el dispositivo establece el límite del intervalo de TS y continúa a lo largo de la línea de tiempo 920 para transmitir periódicamente su señal en un momento  $T_0' + XD$ , donde  $X$  es un número entero positivo, como se muestra con los números de referencia 922 y 924.

Por el contrario, si no se recibe acuse de recibo de la PS transmitida en la referencia 910, entonces el dispositivo sigue la línea de tiempo 930.

En la realización de la figura 9, la línea de tiempo 930 muestra la realización en la que el dispositivo comienza un nuevo período de prueba de longitud  $D + \tau$  donde el tiempo  $\tau$  de contención es un valor aleatorio recientemente seleccionado entre 0 y  $D$ . En este caso, el dispositivo detecta una señal 932 de PS transmitida por otro dispositivo y alinea sus TS con el límite de intervalo TS establecido por otro dispositivo. El dispositivo abandona su escucha durante el resto del período de prueba y cambia al modo de selección de uno de los TS disponibles para transmitir su PS. Después de la duración del  $T_{Ack}$ , el dispositivo envía el acuse de recibo de la señal PS 932.

Con referencia nuevamente a la figura 8, lo anterior se muestra con respecto a los bloques 814 y 816, en los que el dispositivo escucha durante un tiempo  $D + \tau$ .

El dispositivo luego verifica en el bloque 818 si se ha recibido o no una señal de presencia durante el período de tiempo de escucha. La verificación en el bloque 818 puede necesitar realizarse continuamente durante todo el tiempo de escucha.

Desde el bloque 818, si se recibe una PS, entonces el proceso pasa al bloque 820 y se establece un límite de TS.

Por el contrario, desde el bloque 818 si no se recibe la PS, el proceso pasa al bloque 822 en el que el propio dispositivo transmite su PS para intentar establecer los límites de TS. Luego, el proceso pasa al bloque 830 en el que se realiza una verificación para determinar si el tiempo de acuse de recibo ha pasado ya. Si no, el proceso pasa al bloque 832 en el que el dispositivo permanece inactivo hasta que, en el bloque 830, se descubre que ha llegado el tiempo de acuse de recibo. En este punto, el proceso pasa al bloque 834 en el que se realiza una verificación para determinar si

se ha recibido un acuse de recibo. Si se ha recibido un acuse de recibo, el proceso pasa al bloque 836 en el que se establece un límite de TS.

La transmisión de la PS en el bloque 822 o con respecto al mensaje 910 de la figura 9, incluye un número de trama del sistema (SFN) además de, o simultáneamente, una PSS y/o una SSS. El SFN puede transmitirse para rastrear el número de períodos de descubrimiento (trama) que han transcurrido, donde el SFN puede establecerse en 0 para una primera transmisión.

Después de establecer el límite de TS, el dispositivo que estableció el límite de TS puede transmitir periódicamente la PS y el SFN en un primer TS de cada período de descubrimiento. El SFN se incrementa en 1 en cada trama.

Sin embargo, si el dispositivo no recibe el ACK en respuesta, supone que ha habido una colisión parcial o total de la transmisión de la PS con otros dispositivos, o que no había otro dispositivo en los alrededores. Por lo tanto, no se establece el límite de TS y el dispositivo debe comenzar a explorar el canal nuevamente para ver si algún otro dispositivo ha establecido con éxito el límite de TS.

El tiempo  $\tau$  de contención aleatorio puede ser diferente para cada intento de creación de límites de TS para evitar colisiones con otros dispositivos.

En algunas realizaciones, si el dispositivo no puede establecer o encontrar un límite TS después de K intentos, el dispositivo aborta la transmisión ya que concluye que no hay otro dispositivo en el área de cobertura para establecer una red D2D.

Una vez que se establecen los límites de TS, el dispositivo puede buscar un TS para transmitir. Por lo tanto, en referencia nuevamente a la figura 8, si se recibe la PS y existe un límite de TS como se muestra en el bloque 820, el dispositivo avanza entonces al bloque 840 y escucha un ciclo de descubrimiento para determinar un nuevo TS para transmitir su PS. Por lo tanto, el dispositivo puede escuchar y determinar si ve algún TS vacío (es decir, un TS disponible). En el bloque 842 se realiza una verificación para determinar si existe algún TS disponible y, de lo contrario, el proceso finaliza en el bloque 844 ya que el clúster está lleno.

Por el contrario, en el bloque 842 si se detecta un TS disponible, entonces el dispositivo puede elegir aleatoriamente un TS disponible como se muestra con el bloque 846. Desde el bloque 834 si no se recibe ACK, o desde el bloque 836 o el bloque 846 el proceso avanza al bloque 850 en el que el dispositivo se mueve al siguiente TS para una acción.

Desde el bloque 850, el proceso avanza al bloque 852. De manera similar, si se ha establecido previamente un TS como se muestra en la verificación del bloque 812, entonces el proceso puede avanzar directamente al bloque 852. En el bloque 852, se realiza una verificación para determinar si el TS actual es un TS de descubrimiento para el dispositivo. En particular, la verificación en el bloque 852 determina si el TS se usa para que el dispositivo transmita la PS o reciba un ACK. En caso afirmativo, el proceso pasa al bloque 854 en el que se realiza una verificación para determinar si el TS es el intervalo de tiempo utilizado para transmitir la PS.

Desde el bloque 854, si el TS es para transmitir una PS, el proceso avanza al bloque 856 en el que se transmite la PS y el proceso avanza al bloque 850 en el que el dispositivo pasa al siguiente TS.

Por el contrario, desde el bloque 854, si el TS no es el intervalo de tiempo utilizado para transmitir la PS, entonces se realiza una verificación para determinar si se recibió un ACK en el bloque 860. Si se recibe un ACK, entonces el proceso pasa a bloque 850 en el que el proceso pasa al siguiente TS. De lo contrario, si no se recibe el ACK, el dispositivo puede haber tenido una colisión y el proceso avanza al bloque 862 en el que el dispositivo escucha durante un ciclo para elegir un nuevo TS. Luego, el proceso avanza al bloque 842 en el que se realiza una verificación para determinar si hay TS disponibles y si no, el proceso finaliza en el bloque 844. Si hay TS disponibles, el dispositivo selecciona aleatoriamente un TS disponible en el bloque 846 y luego vuelve al bloque 850 en el que el proceso avanza al siguiente TS.

Desde el bloque 852, si el TS no es el designado para que el dispositivo transmita la PS o reciba un ACK, entonces el proceso avanza al bloque 870 en el que se realiza una verificación para determinar si se ha recibido una PS en ese TS. En caso afirmativo, se realiza una verificación para determinar si existe una colisión como se muestra en el bloque 872. Si existe una colisión, el proceso avanza al siguiente TS en el bloque 850.

Si no se encuentra una colisión en el bloque 872, entonces el proceso pasa al bloque 874 en el que se transmite un ACK. Como se apreciará, la transmisión del ACK en el bloque 874 se puede hacer en varias subtramas en el futuro para garantizar la sincronización del ACK como se proporciona anteriormente.

Por lo tanto, de acuerdo con lo anterior, cuando un dispositivo detecta una señal de presencia en un período de prueba, el dispositivo reconoce que el límite de TS se ha establecido y el dispositivo necesita escuchar el canal para detectar señales de presencia preexistentes. El período de prueba podría ser uno o más múltiplos enteros del período de los ciclos de descubrimiento, si cada dispositivo transmite en cada ciclo de descubrimiento, entonces solamente se necesita escuchar un ciclo. Sin embargo, si como se indicó anteriormente, un dispositivo transmite una vez cada múltiples ciclos, entonces es necesario escuchar ese múltiplo para garantizar el TS disponible.

La escucha del límite de TS y de los TS permite que el dispositivo se alinee con la división de intervalos de tiempo en cada período de descubrimiento y obtenga todos los intervalos de tiempo ocupados y disponibles. El número de intervalos de tiempo que están ocupados significa que hay ese número de UE ya establecidos en dicho período de descubrimiento.

- 5 La selección de un intervalo de tiempo para intentar una transmisión de PS puede ser aleatoria dentro de los TS disponibles para evitar tener dos dispositivos que buscan unirse a la red que colisionen al elegir un intervalo de tiempo específico. En otras palabras, de los intervalos de tiempo restantes disponibles, el dispositivo selecciona aleatoriamente uno de los intervalos de tiempo disponibles para mejorar las posibilidades de evitar una colisión.

- 10 El proceso de la figura 8, y en particular la acción en el bloque 874, permite que el dispositivo transmita un ACK o no transmita nada. Por lo tanto, hay dos estados, de ACK y de transmisión discontinua (DTX).

- 15 En una realización alternativa, hay tres respuestas posibles disponibles. En este caso, se puede usar un ACK, un NACK o una DTX. Sin embargo, en tal caso puede ser difícil ya que un dispositivo no sabe si otro dispositivo transmitirá o no en un intervalo de tiempo particular o no y, por lo tanto, si no se detecta señal PS, el dispositivo receptor puede no tener forma de saber si nadie transmitió una PS o si la PS transmitida no se recibió correctamente, por ejemplo, debido a las condiciones del canal, o si dos dispositivos transmitieron una PS al mismo tiempo y colisionaron, creando así interferencias. En este caso, no enviar un NACK puede mejorar el rendimiento del sistema.

Ahora se hace referencia a la figura 10 que muestra la selección del TS de acuerdo con el proceso de la figura 8.

En particular, un dispositivo tiene un período 1010 de exploración de longitud D en el que detecta las señales PS 1012 y 1014.

- 20 Al final del período 1010 de exploración, el dispositivo selecciona aleatoriamente un TS disponible y transmite en el TS seleccionado, como se muestra con la referencia 1020. El dispositivo luego escucha los ACK después de un  $T_{Ack}$  de duración predeterminada y si se recibe un ACK, el dispositivo continúa a lo largo de la línea de tiempo 1030 en la que se selecciona el mismo TS para el dispositivo y el dispositivo continúa transmitiendo en ese TS para cada período de descubrimiento.

- 25 Si no se recibe el ACK después de la duración del  $T_{Ack}$  para la PS correspondiente transmitida en la referencia 1020, el dispositivo continúa a lo largo de la línea de tiempo 1040. En esta línea de tiempo, se inicia un nuevo período 1042 de exploración de longitud D y al final del período de exploración se selecciona aleatoriamente un TS disponible. En este caso, se puede hacer una transmisión 1044 y estar a la escucha de un ACK. Si se recibe un ACK después de la duración de  $T_{Ack}$ , el dispositivo asegura el TS y continúa transmitiendo su PS en el TS durante cada período de descubrimiento posterior.

- 30 Con referencia a la figura 11, se muestra la simulación de lo anterior para determinar cuánto tiempo tarda un sistema en converger a un estado estable en el que un UE reserva su propio intervalo de tiempo para el descubrimiento con respecto al número de dispositivos y el número promedio de ciclos. En la simulación, se supone que todos los UE tienen un enlace directo a otros UE en la red, creando así un clúster completamente conectado. La simulación resume los errores de pérdida de ruta y de decodificación en una tasa de fallo de enlace, y se supone que el fallo es 0. A continuación se describen otras simulaciones donde el fallo del enlace no es 0.

- 35 Se simularon cuatro escenarios, a saber, siendo  $N_{max}$  10, 20, 50 y 100. Para cada valor de  $N_{max}$ , la red se simuló con varios números de dispositivos, desde 2 hasta  $N_{max}$ . Se realizaron varias ejecuciones para cada valor y se tomó el promedio para la convergencia. En la simulación, todos los UE estaban inicialmente sin sincronizar. La convergencia de la red significa que todos los dispositivos se han alineado con el mismo límite de TS y que cada dispositivo ha asegurado un intervalo de tiempo libre de contención para transmitir su PS.

- 40 Como se ve en la figura 11, el aumento en el número de dispositivos conduce a un aumento en el número de ciclos necesarios para alcanzar la convergencia. Sin embargo, el aumento es lineal cuando la relación entre el número de dispositivos y el número total de intervalos de tiempo es baja. A medida que la relación entre el número total de dispositivos y el número total de intervalos de tiempo se aproxima a 1, el aumento es más exponencial ya que la probabilidad de colisión de la PS entre dispositivos también aumenta exponencialmente. Además, se puede observar que para una relación fija entre el número total de dispositivos y el número total de intervalos de tiempo, el tiempo de convergencia de la red es más largo para la red con más dispositivos. Esto significa que las redes más grandes requieren tiempos más largos para converger.

- 50 Red con fallos de enlace

Las realizaciones anteriores suponen que la red está funcionando en condiciones ideales y con el supuesto de que la red estaba completamente conectada. En otras palabras, lo anterior asumió un enlace directo libre de errores de un dispositivo a cualquier otro dispositivo en la red.

De acuerdo con una realización de la presente descripción, los supuestos anteriores se relajan permitiendo que los enlaces tengan una cierta tasa de fallos. Esto significa que cuando se transmite una señal PS, existe la posibilidad de que algunos dispositivos de la red no la puedan decodificar.

- 5 La eliminación de la suposición de un enlace directo sin errores conduce a dos problemas principales. El primero es el de múltiples límites de TS (múltiples dispositivos líderes) en la red, y el segundo es un problema de nodo oculto estocástico. De acuerdo con la presente realización, el proceso de la figura 8 se modifica para acomodar estos problemas.

Además, si un proceso rediseñado es robusto para un fallo de enlace en enlaces ACK, también puede ser lo suficientemente robusto como para que ocurra una cancelación total de ACK debido a la superposición de señal.

- 10 El primer problema de acuerdo con lo anterior es de múltiples límites de TS debido a fallos de enlace. Este problema surge cuando se establece un límite de TS. Cuando un dispositivo que transmite es el primero cuya señal de presencia se utiliza como referencia para establecer el límite de TS, el dispositivo que transmite dicha señal se denomina dispositivo líder o el líder. Como pueden ocurrir fallos en el enlace durante la primera transmisión, algunos dispositivos pueden no recibir la señal PS. Como resultado, uno de esos dispositivos puede transmitir su propia señal PS para  
15 establecer un límite TS aparte entre un subconjunto de dispositivos, y así convertirse en un segundo líder.

Ahora se hace referencia a la figura 12. Como se ve en la figura 12, un primer líder 1210 establece un primer límite de TS entre varios dispositivos, tales como los dispositivos 1212, 1214, 1216, 1218, 1220 y 1222.

- 20 Un segundo dispositivo 1230 pierde el establecimiento del límite de TS desde el líder 1210 y, por lo tanto, transmite una señal PS para establecer un límite de TS. Los dispositivos 1232 y 1234 también perdieron la señal de límite TS original del dispositivo 1210 y, por lo tanto, usan el límite TS proporcionado por el dispositivo 1230.

Para solventar el tener dos límites de TS dentro del clúster o red, una opción es reinicializar una red una vez que se descubre la desalineación del límite de TS. Esto se puede hacer designando una señal RESET en el canal PS para que un dispositivo pueda notificar a otros dispositivos cuando experimente una desalineación del límite de TS. En una realización, la señal RESET podría ser, por ejemplo, una señal PS con una secuencia SSS especial.

- 25 En el ejemplo de la figura 12, el dispositivo 1222 detecta señales tanto del líder 1210 como del líder 1230 y se da cuenta de que hay una desalineación del límite de TS entre los dos. A partir de entonces, el dispositivo 1222 transmite una señal de reinicialización y además se reinicializa él mismo.

De manera similar, el dispositivo 1234 puede detectar la desalineación del límite de TS cuando recibe señales PS para dispositivos bajo el líder 1210 y también puede transmitir una señal de reinicialización en su canal PS durante un ciclo.

- 30 En algunos casos, la reinicialización puede realizarse en una red particular. Por ejemplo, se puede reinicializar una red más pequeña en lugar de una red más grande para evitar problemas de convergencia con redes más grandes. En otros casos, los grupos o redes que tienen cargas útiles de datos de mayor prioridad pueden solicitar a la otra red con la desalineación de límites de TS que se reinicialice ella misma. En otros casos, ambas redes pueden reinicializarse para comenzar todo el proceso nuevamente. Una vez que se recibe una reinicialización, el proceso de la figura 14  
35 puede reiniciarse y el proceso de la figura 15 puede usarse para volver a establecer un nuevo límite de TS.

- El segundo problema causado por los fallos de enlace aleatorio descritos anteriormente está relacionado con un problema de nodo oculto estocástico. Existen dos escenarios para tales problemas de nodos ocultos. El primero ocurre cuando dos dispositivos eligen el mismo TS para transmitir su PS en el primer intento. El segundo ocurre cuando un dispositivo ya está transmitiendo su PS en un intervalo de tiempo, pero debido al fallo del enlace, un nuevo dispositivo  
40 puede no detectar la PS existente y puede elegir el mismo TS para transmitir su propia PS.

- La consecuencia de ambos escenarios es que un primer dispositivo y un segundo dispositivo colisionan, pero la colisión nunca puede resolverse debido a los fallos de enlace aleatorios en la red. Específicamente, como se muestra con respecto a la figura 13, donde un primer dispositivo 1310 y un segundo dispositivo 1312 transmiten ambos, hay algunos dispositivos tales como el dispositivo 1316 y el dispositivo 1318 que solamente reciben señales de uno de los transmisores. En otras palabras, en el ejemplo de la figura 13 el dispositivo 1316 puede recibir una señal únicamente  
45 del dispositivo 1310 y el dispositivo 1318 puede recibir una señal únicamente del dispositivo 1312.

- Aunque otros dispositivos en la red experimentan la colisión entre las señales del dispositivo 1310 y del dispositivo 1312 y no envían un ACK, el dispositivo 1316 enviará un ACK al dispositivo 1310 ya que solamente recibió la señal del dispositivo 1310. Del mismo modo, el dispositivo 1318 enviará un ACK al dispositivo 1312 ya que recibió una señal  
50 solamente del dispositivo 1312.

Los dispositivos 1310 y 1312 recibirán señales ACK y creerán que han asegurado un TS. Los dispositivos 1310 y 1312 nunca sabrán acerca de la colisión y, por lo tanto, nunca saltarán a un nuevo TS para evitar la colisión.

Para solventar lo anterior, una solución se basa en la observación de que los enlaces inalámbricos experimentan un desvanecimiento cuasiestático independiente, por lo que cualquier dispositivo receptor experimentará una mezcla de

señales PS correctas, señales PS corruptas y señales perdidas a lo largo de un número de ciclos. La capacidad mejorada de detectar la colisión de señales PS se habilita mediante el uso de señales SSS como señal de presencia secundaria. Cuando se combinan dos o más señales SSS, tales señales se pueden detectar y se puede hacer un recuento de la presencia de múltiples dispositivos en el mismo intervalo de tiempo. En base a esto, una realización de la presente descripción proporciona un "nivel de confianza en el TS" para determinar si el UE debe permanecer en su TS o moverse a otro TS.

En una realización, un nivel de confianza en el TS puede diseñarse para intervalos de tiempo tanto en el lado del transmisor como en el del receptor. En el lado del receptor, de acuerdo con una realización, el nivel de confianza en el TS recibido de un TS aumenta en una unidad cuando se recibe una única señal PS en el TS. El nivel de confianza en el TS recibido de un TS disminuye en una unidad cuando se recibe más de una señal o se detectan más de una señal SSS en ese TS. Si el nivel de confianza en el TS de recepción de un TS es mayor que un umbral de confianza en el TS de recepción predefinido, se enviará una señal ACK al recibir una señal PS correcta en ese TS.

Del mismo modo, en el lado del transmisor, el nivel de confianza en el TS de transmisión de un TS aumenta en una unidad si se recibe un ACK para el PS transmitido en ese TS. De manera similar, el nivel de confianza en el TS de transmisión de un TS disminuye en una unidad si no se recibe un ACK para la PS transmitida en ese TS. Cuando el nivel de confianza en la transmisión está por debajo de un umbral predefinido, el transmisor UE renuncia a su TS asegurado antes de pasar a buscar un nuevo TS.

Durante una ventana de varios períodos de descubrimiento, si el número de veces que una señal PS recibida en un TS dado es significativamente menor que el número de veces que falta una señal PS, los dispositivos receptores pueden inferir implícitamente que deben haber ocurrido colisiones en ese TS. Por ejemplo, si una tasa de fallo de enlace es del 10% y dos dispositivos colisionan, el dispositivo receptor detectará señales PS combinadas de ambos dispositivos en colisión durante un 81% del tiempo, una señal PS de cualquiera de los dispositivos en colisión durante un 18% del tiempo y ninguna señal PS durante un 1% del tiempo. De este modo, en este escenario de nodos ocultos estocásticos, todos los nodos receptores en última instancia detectarán una colisión con mayor probabilidad a medida que su nivel de confianza en la recepción disminuya con el tiempo. Por lo tanto, dichos dispositivos dejarán de enviar de vuelta señales de ACK a los transmisores en colisión. Después de varios períodos de conteo, los transmisores en colisión no recibirán suficientes señales de ACK, lo que resulta en una baja confianza en la transmisión del TS para su intervalo de tiempo asegurado. Finalmente, dichos dispositivos se moverán para seleccionar un nuevo TS aleatorio en el que transmitir.

Cuando un dispositivo únicamente experimenta fallos de enlace de radio pero no colisiones, entonces la cantidad de señales PS recibidas es significativamente mayor que la cantidad de señales perdidas. Por ejemplo, si el fallo de enlace es del 10% y el dispositivo receptor detecta una señal PS durante el 90% del tiempo y ninguna señal PS durante el 10% del tiempo. Por lo tanto, el nivel de confianza en el TS recibido sigue siendo lo suficientemente grande como para que cualquier dispositivo receptor envíe una señal de ACK de vuelta al transmisor, incluso cuando faltan algunas señales PS. De este modo, la presente realización es robusta frente a los fallos de enlace.

Lo anterior puede implementarse, por ejemplo, con referencia al proceso de la figura 14. Como se ve en la figura 14, el proceso comienza o se reinicializa en el bloque 1410 y avanza al bloque 1412 en el que se realiza una verificación para determinar si se ha recibido una reinicialización. En caso afirmativo, el proceso vuelve al bloque 1410 en el que se produce una reinicialización y luego vuelve al bloque 1412.

Si no se ha recibido una reinicialización, el proceso pasa al bloque 1420 para determinar si se ha establecido o no un límite de TS. Si no, el proceso pasa a un bloque 1430 de establecimiento de límites. En relación con la figura 15, se encuentra un ejemplo de un bloque de establecimiento de límites.

En particular, haciendo referencia a la figura 15, el proceso entra en el bloque 1510 y avanza al bloque 1512 en el que se elige un tiempo  $\tau$  de contención aleatorio. El proceso luego avanza al bloque 1514 en el que el dispositivo permanece a la escucha hasta un tiempo  $D + \tau$ .

Desde el bloque 1514 el proceso pasa al bloque 1516 en el que se realiza una verificación para determinar si se recibió una PS durante el tiempo de exploración  $D + \tau$ . Como apreciarán los expertos en la técnica, la verificación en el bloque 1516 es una verificación en curso y podría ocurrir en cualquier momento durante el intervalo de tiempo  $D + \tau$  y no necesita esperar hasta el final del intervalo de tiempo  $D + \tau$ .

Desde el bloque 1516, si se recibe una PS, entonces el proceso avanza al bloque 1520 en el que se establece un límite de TS. Luego, el proceso avanza al bloque 1522 en el que el dispositivo escucha un ciclo de descubrimiento para elegir un TS disponible y el proceso avanza al bloque 1524 en el que se realiza una verificación para determinar si se ha encontrado algún TS disponible. Si no se encontró TS disponible en el bloque 1524, el proceso avanza al bloque 1530 y finaliza ya que no hay TS disponibles para que el dispositivo se comunique.

Por el contrario, si se encuentra un TS disponible, entonces el dispositivo pasa al bloque 1532 en el que se elige aleatoriamente un TS disponible y el proceso avanza al bloque 1560 en el que el proceso abandona el bloque de establecimiento de límites.

Desde el bloque 1516 si no se recibe una PS durante el intervalo de tiempo de exploración, entonces el proceso avanza al bloque 1540 en el que el propio dispositivo transmite una PS para iniciar un límite de TS.

El proceso luego avanza al bloque 1542 en el que se realiza una verificación para determinar si ha llegado ya el tiempo de acuse de recibo. Si no, entonces el proceso pasa al bloque 1544 inactivo y luego vuelve al bloque 1542.

- 5 Una vez que ha llegado el tiempo de acuse de recibo, el proceso pasa al bloque 1550 y verifica si se recibe o no un ACK. En caso afirmativo, el proceso avanza al bloque 1552 en el que se establece un límite de TS.

Si desde el bloque 1550, el actual ACK no se recibe, o después del bloque 1552, el proceso pasa al bloque 1560 en el que se sale del bloque de establecimiento de límites de TS.

- 10 Como apreciarán los expertos en la materia, si no se recibe un ACK en el bloque 1550, entonces no hay establecimiento de límite de TS en ese momento y el proceso volvería al bloque 1430 de la figura 14.

En referencia de nuevo a la figura 14, una vez que se ha salido del establecimiento de límites en el bloque 1430, el proceso pasa al bloque 1460 en el que el dispositivo pasa al siguiente TS. Desde el bloque 1460, el proceso vuelve al bloque 1412 para verificar si se ha recibido una reinicialización o no.

- 15 Durante la verificación en el bloque 1420, si se ha establecido el límite de TS, el proceso pasa al bloque 1440 en el que se realiza una verificación para determinar si el TS actual es un intervalo de tiempo de transmisión de PS o un intervalo de tiempo de recepción de ACK (es decir, un intervalo de tiempo de descubrimiento para el dispositivo). En caso afirmativo, el proceso pasa al bloque 1442, que es un bloque de transmisión de PS. Un ejemplo de un bloque de transmisión de PS se muestra en relación con la figura 16.

- 20 En particular, haciendo referencia a la figura 16, el proceso comienza en el bloque 1610 y continúa al bloque 1612 en el que se realiza una verificación para determinar si el TS se usa para transmitir una PS. En caso afirmativo, el proceso pasa al bloque 1620 en el que se transmite la PS y el proceso pasa entonces al bloque 1630 en el que se sale del bloque de transmisión de PS.

- 25 Si el TS no es para transmitir la PS según lo determinado en el bloque 1612, el proceso pasa al bloque 1640 en el que se realiza una verificación para determinar si se ha recibido un ACK en el dispositivo. En caso afirmativo, el proceso pasa al bloque 1642 y la confianza en la transmisión del TS aumenta en una unidad. Por el contrario, si no se ha recibido ningún ACK, el proceso pasa al bloque 1644 en el que la confianza en la transmisión del TS disminuye en una unidad.

- 30 El proceso luego pasa del bloque 1642 o del bloque 1644 al bloque 1650 en el que se realiza una verificación para determinar si la confianza en la transmisión del TS es menor que un umbral predefinido. Si la confianza en la transmisión del TS no es inferior al umbral, entonces el dispositivo tiene confianza con respecto a la selección del TS y el proceso vuelve al bloque 1630 y sale del bloque de transmisión de PS.

Por el contrario, si la confianza en la transmisión del TS está por debajo del umbral, entonces el proceso pasa del bloque 1650 al bloque 1652 donde el dispositivo escucha un ciclo de descubrimiento para elegir un nuevo TS disponible.

- 35 El proceso luego pasa al bloque 1660 en el que se realiza una verificación para determinar si hay TS disponibles. De lo contrario, el dispositivo continúa al bloque 1662 y finaliza el proceso ya que no hay TS disponibles para la comunicación.

- 40 Por el contrario, si hay TS disponibles, entonces el proceso pasa del bloque 1660 al bloque 1664 en el que se selecciona aleatoriamente un nuevo TS de entre los TS disponibles. Desde el bloque 1664, el proceso pasa al bloque 1630 y sale del bloque de transmisión de PS.

En referencia nuevamente a la figura 14, una vez que el proceso sale del bloque de transmisión de PS, el proceso pasa al bloque 1460 en el que el dispositivo pasa al siguiente TS y luego vuelve al bloque 1412 para verificar si se ha recibido una reinicialización.

- 45 Desde el bloque 1440, si el TS no es el utilizado para transmitir la PS o recibir el ACK, entonces el proceso pasa al bloque 1450, que es un bloque de transmisión de ACK. Ahora se hace referencia a la figura 17, que muestra un ejemplo de un bloque de transmisión de ACK.

- 50 Se entra al bloque de transmisión de ACK en el bloque 1710 y el proceso pasa al bloque 1712 en el que se realiza una verificación para determinar si se ha recibido una PS en el TS. En caso afirmativo, el proceso pasa al bloque 1720 en el que se realiza una verificación para determinar si el TS está desalineado. La desalineación del TS puede detectarse, por ejemplo, al recibir múltiples PS o PS que tienen límites de TS diferentes a los TS establecidos para el dispositivo.

El proceso pasa del bloque 1720 al bloque 1722 si hay una desalineación. En el bloque 1722, el dispositivo transmite un RESET y el proceso pasa al bloque 1724 en el que el dispositivo reinicializa sus límites de TS.

Desde el bloque 1724 el proceso pasa al bloque 1730 y sale del bloque de transmisión de ACK.

Si el TS no está desalineado, como se determina en la verificación del bloque 1720, el proceso pasa al bloque 1740 en el que se realiza una verificación para determinar si se ha detectado una colisión en el TS. Si se ha detectado una colisión, el proceso pasa al bloque 1742 en el que la confianza de recibir el TS disminuye en una unidad y el proceso pasa entonces al bloque 1730 y sale del bloque de transmisión de ACK.

Si no se detecta una colisión, el proceso pasa al bloque 1744 en el que la confianza de recibir el TS aumenta en una unidad y el proceso pasa entonces al bloque 1750 en el que se realiza una verificación para determinar si la confianza de recibir el TS es mayor que un umbral predefinido. Si la confianza de recibir el TS no es mayor que el umbral, el proceso pasa al bloque 1730 y sale del bloque de transmisión de ACK.

Si la confianza en el TS recibido es mayor que el umbral determinado por el bloque 1750, entonces el proceso pasa al bloque 1752 en el que el dispositivo transmite un ACK y establece su estado de TS en 1.

Desde el bloque 1752 el proceso pasa al bloque 1730 y sale del bloque de transmisión de ACK.

Si no se recibe un PS en el intervalo de tiempo, el proceso pasa del bloque 1712 al bloque 1760 en el que se realiza una verificación para determinar si el estado de TS es 1. Si no, el proceso pasa al bloque 1730 y sale del bloque de transmisión de ACK.

Si el estado de TS es 1, el proceso pasa del bloque 1760 a 1762 en el que la confianza en el TS recibido se reduce en una unidad.

El proceso luego pasa al bloque 1764 en el que se realiza una verificación para determinar si la confianza en el TS recibido es menor que un segundo umbral predefinido. Si no, el proceso continúa al bloque 1730 y sale del bloque de transmisión de ACK.

Sin embargo, si la confianza en el TS recibido es menor que el segundo umbral, el proceso pasa al bloque 1766 y establece el estado de TS en 0. Desde el bloque 1766 el proceso pasa al bloque 1730 y sale del bloque de transmisión de ACK.

De lo anterior, el establecimiento del estado de intervalo de tiempo de la figura 17 en uno indica confianza en el TS.

Refiriéndose nuevamente a la figura 14, una vez que se sale del bloque de transmisión de ACK en el bloque 1450, el proceso pasa al bloque 1460 en el que el dispositivo vuelve al siguiente TS.

Ahora se hace referencia a la figura 18, que muestra un gráfico del tiempo para alcanzar la convergencia con  $N_{MAX}$  establecido en 32 y el número de dispositivos que realmente intentan alcanzar una convergencia variando de 2 a 32. Como se ve en la figura 18, se proporcionan varias tasas de fallo de enlace y se muestra el número de ciclos necesarios para la convergencia de la red. Como se puede ver, hasta tasas de fallo de enlace de un 10%, el número de ciclos de convergencia aumenta linealmente con el número de dispositivos en la red. Para tasas de fallo de enlace del 20%, se pierde la linealidad cuando el número de dispositivos es mayor de 20. Esto se debe a que la elevada tasa de fallo de enlace crea una gran cantidad de nodos ocultos estocásticos y no suficientes intervalos de tiempo de entre los que los dispositivos elijan.

## Selección de ID

En una realización adicional, cuando se logra la convergencia, todo el número  $N_{Max}$  de intervalos de tiempo o algunos de ellos pueden estar ocupados. Cada dispositivo reserva un intervalo de tiempo. Por lo tanto, si hay suficientes dispositivos en la vecindad local, entonces el número de dispositivos  $M = N_{Max}$  del estado de dispositivo convergente puede unirse a la red. Si no hay suficientes dispositivos, de modo que  $M < N_{Max}$ , algunos intervalos de tiempo permanecen vacíos. Como cada dispositivo puede decodificar  $M-1$  señales de presencia por período de descubrimiento, cada dispositivo puede contar que hay  $M$  dispositivos establecidos. Si el número de dispositivos establecidos no cambia durante dos ciclos consecutivos del período de descubrimiento, entonces todos los dispositivos establecidos suponen que se ha alcanzado un estado convergente y se puede iniciar un proceso de selección de identificador de acuerdo con una realización.

Para este fin, todos los dispositivos establecidos seleccionan ID únicos de un grupo de bits de códigos binarios. El grupo puede ser, por ejemplo,  $\bigcirc \log_2(M) \bigcirc$ . El dispositivo que transmite en un primer intervalo de tiempo puede seleccionar su identificador al azar seleccionando cualquier bit de código binario  $\bigcirc \log_2(M) \bigcirc$  y transmitirlo en el mismo símbolo OFDM que también lleva su señal de presencia. Todos los demás dispositivos  $M-1$  reciben la ID seleccionada por el primer dispositivo. El dispositivo que transmite en el segundo intervalo de tiempo excluye la ID utilizada por el primer dispositivo y selecciona aleatoriamente otros bits de código binario  $\bigcirc \log_2(M) \bigcirc$  del grupo restante. El tercer dispositivo excluye las ID seleccionadas por los dos primeros dispositivos de su grupo y el proceso continúa hasta que el último dispositivo selecciona y transmite su ID.

De esta manera, cada dispositivo recibe un identificador único para permitir comunicaciones dirigidas entre dispositivos.

#### Dispositivo de llegada y salida

En una realización adicional, un dispositivo puede abandonar un clúster. Esto puede suceder porque el dispositivo se apague o porque el dispositivo se aleje de los dispositivos homólogos o porque el usuario del dispositivo desactive el modo D2D y, por lo tanto, no transmitirá ninguna señal de tipo D2D.

- 5 Cuando un dispositivo se va, los dispositivos homólogos detectarán que la señal de descubrimiento del dispositivo está disminuyendo. Cuando cae por debajo de los umbrales según se definieron anteriormente, los dispositivos homólogos determinan que el dispositivo ha abandonado el clúster. Si falta la señal PS en cualquier intervalo de tiempo durante, por ejemplo, tres ciclos consecutivos, se supone que el dispositivo correspondiente se ha ido. Sin embargo, el número 3 es solamente un ejemplo y se pueden establecer otros números predefinidos.
- 10 Si el primer dispositivo que puede establecer un límite de TS necesita irse, entonces se puede asignar aleatoriamente otro dispositivo establecido en la red para transmitir la SFN. En consecuencia, el dispositivo que se va puede sentir el debilitamiento de la fuerza de las señales de otros dispositivos del grupo. Cuando la potencia de referencia de señal recibida (RSRP) de la PS del clúster está por debajo de un umbral predefinido, el dispositivo saliente debe dejar de transmitir la PS y desconectarse del clúster.
- 15 Cualquier dispositivo nuevo puede unirse a una red siempre que el intervalo de tiempo libre esté disponible dentro del período de descubrimiento. Cada dispositivo recién llegado debe primero explorar el canal durante un ciclo de descubrimiento completo para conocer los límites de TS y los intervalos de tiempo disponibles, y luego transmitir un PS en el intervalo de tiempo disponible y esperar un ACK de otros dispositivos.

#### Ajuste de la periodicidad del ciclo de descubrimiento

- 20 En una realización adicional, la periodicidad del ciclo de descubrimiento puede ajustarse. Por ejemplo, cuando la red está en un estado de convergencia y el número de dispositivos establecidos es mucho menor que el número total de TS por período de descubrimiento, o cuando el número de dispositivos se acerca al número máximo de dispositivos en el número máximo de intervalos de tiempo en el ciclo de descubrimiento, se puede ajustar la periodicidad. De manera similar, cada vez que llega un nuevo dispositivo o un dispositivo establecido abandona un clúster, es posible que sea necesario ajustar la periodicidad.
- 25

El ajuste de la periodicidad se puede lograr mediante el ajuste de transmisión, de modo que los dispositivos establecidos se realineen colectivamente al nuevo ciclo de descubrimiento, que podría ser mayor o menor.

Para aumentar la probabilidad de que todos los dispositivos sean conscientes de la nueva periodicidad, son posibles varias opciones.

- 30 En una, un dispositivo puede tener un líder o maestro que determina la nueva periodicidad y ese maestro puede emitir un mensaje asignando la nueva periodicidad en TS predefinidos. El mensaje puede incluir una hora de inicio del cambio.

- 35 Un subconjunto de los miembros del clúster puede dar eco al mensaje del maestro del clúster al repetirlo. El subconjunto de miembros puede ser, por ejemplo, aquellos que tienen los ID más bajos. Sin embargo, en algunas realizaciones, todos los miembros pueden repetir y en otras realizaciones, la selección de los miembros del clúster que repiten puede elegirse en base a otros criterios.

En la hora de inicio anunciada, todos los dispositivos del clúster se ajustan al nuevo período de PS.

- 40 Lo anterior puede, por ejemplo, implementarse cambiando el TS 36.211 de 3GPP "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical channels and modulation", v. 11.3.0, junio de 2013. En particular, se puede agregar la sección en negrita de la Tabla 1 a continuación.

Tabla 1: Modificaciones al TS 36.211

#### **3GPP 36.211**

#### **4 estructura de la trama**

Las transmisiones de enlace descendente y enlace ascendente se organizan en tramas de radio con  $T_f = 307200 \times T_s = 10$  ms de duración. Se admiten tres estructuras de trama de radio:

- Tipo 1, aplicable a FDD,
- Tipo 2, aplicable a TDD.
- **Tipo 3, aplicable al descubrimiento y comunicación de dispositivo a dispositivo.**



#### 4.2 Estructura de trama tipo 3

Para el descubrimiento y la comunicación de dispositivo a dispositivo, se utiliza la estructura de trama tipo 3. En la estructura de trama tipo 3, una subtrama es una subtrama de enlace descendente o de enlace ascendente en referencia al dispositivo de transmisión. Una subtrama es una subtrama de enlace ascendente en referencia al dispositivo de transmisión, y una subtrama de enlace descendente en referencia al dispositivo receptor. Al menos una subtrama para cada subtrama  $N_{\max}$  es una subtrama de enlace ascendente en referencia a un dispositivo de transmisión dado, sobre el cual se transmite la señal de presencia del dispositivo de transmisión en cuestión. El parámetro  $N_{\max}$  es configurable.

#### 5.9 Señales de presencia

Para el descubrimiento y la comunicación de dispositivo a dispositivo, un UE transmite la señal de presencia periódicamente. La señal de presencia que transmite un UE contiene una secuencia que el UE selecciona de un conjunto predefinido de secuencias.

La recepción correcta de una señal de presencia es confirmada por una transmisión de secuencia ACK/NACK.

Lo anterior puede ser implementado mediante cualquier UE. A continuación se describe un dispositivo ejemplar con respecto a la figura 19.

El UE 1900 es típicamente un dispositivo de comunicación inalámbrica bidireccional que tiene capacidades de comunicación de voz y datos. El UE 1900 puede tener la capacidad de comunicarse con otros UE y, en algunos casos, con las redes. Dependiendo de la funcionalidad exacta proporcionada, el UE puede denominarse un dispositivo de mensajería de datos, un buscapersoas bidireccional, un dispositivo de correo electrónico inalámbrico, un teléfono móvil con capacidades de mensajería de datos, un dispositivo inalámbrico de Internet, un dispositivo inalámbrico, un dispositivo móvil, o un dispositivo de comunicación de datos, como ejemplos.

Cuando el UE 1900 está habilitado para comunicación bidireccional, puede incorporar un subsistema 1911 de comunicación, que incluye tanto un receptor 1912 como un transmisor 1914, así como componentes asociados tales como uno o más elementos 1916 y 1918 de antena, osciladores locales (LO) 1913, y un módulo de procesamiento tal como un procesador 1920 de señal digital (DSP). Como será evidente para los expertos en el campo de las comunicaciones, el diseño particular del subsistema 1911 de comunicación dependerá del sistema de comunicación en el que el dispositivo está diseñado para funcionar. El frontal de radio frecuencia del subsistema 1911 de comunicación puede usarse para cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente.

Si está habilitado para la conexión de red así como para la conexión D2D, el UE 1900 puede tener requisitos de acceso a la red que variarán dependiendo del tipo de red. En algunas redes, el acceso a la red está asociado con un suscriptor o usuario de UE 1900. Un UE puede requerir un módulo de identidad de usuario extraíble (RUIM) o una tarjeta de módulo de identidad de suscriptor (SIM) para operar en una red CDMA. La interfaz SIM/RUIM 1944 es normalmente similar a una ranura para tarjetas en la que se puede insertar y expulsar una tarjeta SIM/RUIM. La tarjeta SIM/RUIM puede tener memoria y contener muchas configuraciones 1951 clave y otra información 1953, por ejemplo identificación e información relacionada con el suscriptor.

Cuando se requieren procedimientos de registro o activación de la red, si se ha completado alguno, el UE 1900 puede transmitir y recibir señales de comunicación a través de la red. De lo contrario, el registro de red puede ocurrir de acuerdo con las realizaciones anteriores para una red D2D.

Las señales recibidas por la antena 1916 son introducidas al receptor 1912, que puede realizar funciones comunes del receptor tales como la amplificación de señal, la conversión de reducción de frecuencia, el filtrado, la selección de canal y similares. La conversión A/D de una señal recibida permite que se realicen en el DSP 1920 funciones de comunicación más complejas, tales como la demodulación y la decodificación. De manera similar, las señales a transmitir se procesan, incluidas la modulación y la codificación, por ejemplo, por el DSP 1920 y se introducen al transmisor 1914 para la conversión digital a analógica, la conversión de frecuencia, el filtrado, la amplificación y la transmisión a través de la antena 1918. El DSP 1920 no solamente procesa las señales de comunicación, sino que también proporciona el control del receptor y el transmisor. Por ejemplo, las ganancias aplicadas a las señales de comunicación en el receptor 1912 y en el transmisor 1914 pueden controlarse de forma adaptativa a través de algoritmos de control automático de ganancia implementados en el DSP 1920.

El UE 1900 generalmente incluye un procesador 1938 que controla el funcionamiento general del dispositivo. Las funciones de comunicación, incluidas las comunicaciones de datos y de voz, se realizan a través del subsistema 1911 de comunicación. El procesador 1938 también interactúa con subsistemas de dispositivos adicionales tales como la pantalla 1922, la memoria 1924 flash, la memoria 1926 de acceso aleatorio (RAM), los subsistemas 1928 de entrada/salida (E/S) auxiliares, el puerto 1930 serie, uno o más teclados 1932 o teclados numéricos, el altavoz 1934,

el micrófono 1936, otro subsistema 1940 de comunicación tal como un subsistema de comunicaciones de corto alcance y cualquier otro subsistema de dispositivos generalmente designado como 1942. El puerto 1930 serie podría incluir un Puerto USB u otro puerto conocido por los expertos en la técnica.

5 Algunos de los subsistemas mostrados en la figura 19 realizan funciones relacionadas con la comunicación, mientras que otros subsistemas pueden proporcionar funciones "residentes" o en el dispositivo. En particular, algunos subsistemas, tales como el teclado 1932 y la pantalla 1922, por ejemplo, pueden usarse para funciones relacionadas con la comunicación, tales como introducir un mensaje de texto para su transmisión a través de una red de comunicación, y para funciones residentes en el dispositivo, tales como una calculadora o una lista de tareas.

10 El software del sistema operativo utilizado por el procesador 1938 puede almacenarse en un almacén persistente tal como la memoria 1924 flash, que en su lugar puede ser una memoria de solo lectura (ROM) o un elemento de almacenamiento similar (no mostrado). Los expertos en la materia apreciarán que el sistema operativo, aplicaciones de dispositivos específicos o partes de los mismos, pueden cargarse temporalmente en una memoria volátil tal como la RAM 1926. Las señales de comunicación recibidas también pueden almacenarse en la RAM 1926.

15 Según se muestra, la memoria 1924 flash puede segregarse en diferentes áreas tanto para los programas 1958 de ordenador como para el almacenamiento 1950, 1952, 1954 y 1956 de datos de programas. Estos diferentes tipos de almacenamiento indican que cada programa puede asignar una parte de la memoria 1924 flash para sus propios requisitos de almacenamiento de datos. El procesador 1938, además de las funciones de su sistema operativo, puede permitir la ejecución de aplicaciones de software en el UE. Un conjunto predeterminado de aplicaciones que controlan las operaciones básicas, incluidas al menos aplicaciones de comunicación de datos y voz, por ejemplo, se instalarán en el UE 1900 normalmente durante la fabricación. Otras aplicaciones podrían instalarse posteriormente o de forma dinámica.

Las aplicaciones y el software pueden almacenarse en cualquier medio de almacenamiento legible por ordenador. El medio de almacenamiento legible por ordenador puede ser un medio tangible o transitorio/no transitorio, por ejemplo óptico (p. ej., CD, DVD, etc.), magnético (p. ej., cinta) u otra memoria conocida en la técnica.

25 Una aplicación de software puede ser una aplicación de gestión de información personal (PIM) que tiene la capacidad de organizar y gestionar elementos de datos relacionados con el usuario de la UE, tales como, entre otros, correo electrónico, asuntos de calendario, correos de voz, citas y elementos de tareas. Naturalmente, uno o más almacenes de memoria estarían disponibles en el UE para facilitar el almacenamiento de elementos de datos PIM. Dicha aplicación PIM puede tener la capacidad de transmitir y recibir elementos de datos. Otras aplicaciones también pueden cargarse en el UE 1900, por ejemplo, a través de un subsistema 1928 de E/S auxiliar, un puerto 1930 serie, un subsistema 1940 de comunicaciones de corto alcance o cualquier otro subsistema 1942 adecuado, e instalado por un usuario en la RAM 1926 o en un almacenamiento no volátil (no mostrado) para su ejecución por el procesador 1938. Dicha flexibilidad en la instalación de aplicaciones aumenta la funcionalidad del dispositivo y puede proporcionar funciones mejoradas en el dispositivo, funciones relacionadas con la comunicación, o ambas.

35 En un modo de comunicación de datos, el subsistema 1911 de comunicación procesará una señal recibida, tal como un mensaje de texto o una descarga de una página web, y la introducirá al procesador 1938, que puede procesar aún más la señal recibida para enviarla a la pantalla 1922, o alternativamente a un dispositivo 1928 auxiliar de E/S.

40 Un usuario de UE 1900 también puede componer elementos de datos tales como mensajes de correo electrónico, por ejemplo, usando el teclado 1932, que puede ser un teclado alfanumérico completo o un teclado numérico de tipo telefónico, entre otros, junto con la pantalla 1922 y posiblemente un dispositivo 1928 auxiliar de E/S. Dichos elementos compuestos pueden transmitirse a través de una red de comunicación a través del subsistema 1911 de comunicación.

45 Para las comunicaciones de voz, el funcionamiento general del UE 1900 es similar, excepto que las señales recibidas se enviarían típicamente a un altavoz 1934 y las señales para la transmisión serían generadas por un micrófono 1936. Subsistemas de E/S de voz o audio alternativos, tales como un subsistema de grabación de mensajes de voz, también puede implementarse en el UE 1900. Aunque la salida de señal de voz o audio generalmente se logra principalmente a través del altavoz 1934, la pantalla 1922 también puede usarse para proporcionar una indicación de la identidad de la parte que llama, la duración de una llamada de voz u otra información relacionada con la llamada de voz, por ejemplo.

50 El puerto 1930 serie de la figura 19 normalmente se implementaría en un UE de tipo de asistente digital personal (PDA) para el cual puede ser deseable la sincronización con el ordenador de mesa de un usuario (no mostrado), pero es un componente opcional del dispositivo. Dicho puerto 1930 permitiría a un usuario establecer preferencias a través de un dispositivo externo o de una aplicación de software y ampliaría las capacidades del UE 1900 al proporcionar información o descargas de software a UE 1900 que no sean a través de una red de comunicación inalámbrica. La ruta de descarga alternativa se puede utilizar, por ejemplo, para cargar una clave de cifrado en el dispositivo a través de una conexión directa y, por lo tanto, fiable y de confianza permitiendo así la comunicación segura del dispositivo. Como apreciarán los expertos en la técnica, el puerto 1930 serie se puede usar además para conectar el UE a un ordenador para que actúe como módem.

5 Otros subsistemas 1940 de comunicaciones, tales como un subsistema de comunicaciones de corto alcance, es un componente opcional adicional que puede proporcionar comunicación entre el UE 1900 y diferentes sistemas o dispositivos, que no necesariamente tienen que ser dispositivos similares. Por ejemplo, el subsistema 1940 puede incluir un dispositivo de infrarrojos y circuitos y componentes asociados o un módulo de comunicación Bluetooth™ para proporcionar comunicación con sistemas y dispositivos habilitados de manera similar. El subsistema 1940 puede incluir además comunicaciones no móviles tales como WiFi o WiMAX.

10 Las realizaciones descritas en el presente documento son ejemplos de estructuras, sistemas o métodos que tienen elementos correspondientes a elementos de las técnicas de esta solicitud. Esta descripción escrita puede permitir a los expertos en la técnica hacer y usar realizaciones que tengan elementos alternativos que se correspondan igualmente con los elementos de las técnicas de esta solicitud. El alcance previsto de las técnicas de esta solicitud incluye, por lo tanto, otras estructuras, sistemas o métodos que no difieren de las técnicas de esta solicitud según se describen en el presente documento, y además incluye otras estructuras, sistemas o métodos con diferencias insustanciales de las técnicas de esta solicitud según se describen en el presente documento.

## REIVINDICACIONES

1. Un método en un primer dispositivo (1210) para habilitar un enlace inalámbrico de dispositivo a dispositivo con un segundo dispositivo, comprendiendo el método:
  - 5 detectar (818) si una señal de presencia del segundo dispositivo es recibida, por el primer dispositivo desde el segundo dispositivo, durante un primer período de tiempo, teniendo la señal de presencia del segundo dispositivo un límite de intervalo de tiempo;
  - si la señal de presencia del segundo dispositivo no se detecta en el primer dispositivo, el primer dispositivo inicia un límite de intervalo de tiempo que incluye:
  - 10 seleccionar una primera señal de presencia, en la que la primera señal de presencia comprende una secuencia de Zadoff-Chu y la primera señal de presencia se selecciona basándose en índices de secuencia de raíz de Zadoff-Chu diferentes de los utilizados por una estación base como señales de sincronización primarias; y
  - transmitir (822) la primera señal de presencia del primer dispositivo en un intervalo de tiempo seleccionado de una trama que tiene un número de trama, en el que el número de trama se configura para incrementar para cada trama transmitida posteriormente; y
  - 15 si se detecta la señal de presencia del segundo dispositivo (818, 932):
  - alinear un límite de intervalo de tiempo en el primer dispositivo con el límite de intervalo de tiempo establecido por el segundo dispositivo; y
  - después de alinearse con el límite de intervalo de tiempo establecido por el segundo dispositivo, determinar (820) un intervalo de tiempo para usar para la transmisión por el primer dispositivo.
- 20 2. El método de la reivindicación 1, en el que el primer dispositivo transmite la primera señal de presencia en el intervalo de tiempo seleccionado durante una trama posterior, en el que una trama comprende un número entero de intervalos de tiempo.
3. El método de la reivindicación 1, en el que la duración del intervalo de tiempo está predeterminada.
4. El método de la reivindicación 1, en el que el primer período de tiempo comprende un período de trama predeterminado y un período de contienda no determinista.
- 25 5. El método de la reivindicación 4, en el que el período de trama comprende un número entero de duraciones de intervalos de tiempo.
6. El método de la reivindicación 1, que comprende además enviar un acuse de recibo a una señal de presencia recibida de cualquier dispositivo distinto del primer dispositivo.
- 30 7. El método de la reivindicación 1, en el que la primera señal de presencia comprende una o más secuencias.
8. El método de la reivindicación 7, en el que la primera señal de presencia comprende una señal de sincronización primaria y una señal de sincronización secundaria y, opcionalmente, en el que la señal de sincronización primaria se usa para establecer el límite del intervalo de tiempo.
9. El método de la reivindicación 7, en el que:
- 35 una o más de las secuencias varía entre dos transmisiones de señales de presencia consecutivas; o
- una o más de las secuencias permanece igual durante una pluralidad de transmisiones consecutivas de señales de presencia.
10. El método de la reivindicación 1, en el que la selección de la primera señal de presencia está relacionada con una identidad del primer dispositivo.
- 40 11. Un dispositivo (1900) que comprende:
  - un procesador (1938); y
  - un subsistema de comunicación (1911),en el que el procesador y el subsistema de comunicaciones están configurados para realizar el método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

12. Un medio de almacenamiento legible por ordenador que tiene un código legible por ordenador ejecutable por al menos un procesador (1938) de un dispositivo electrónico (1900) para realizar el método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

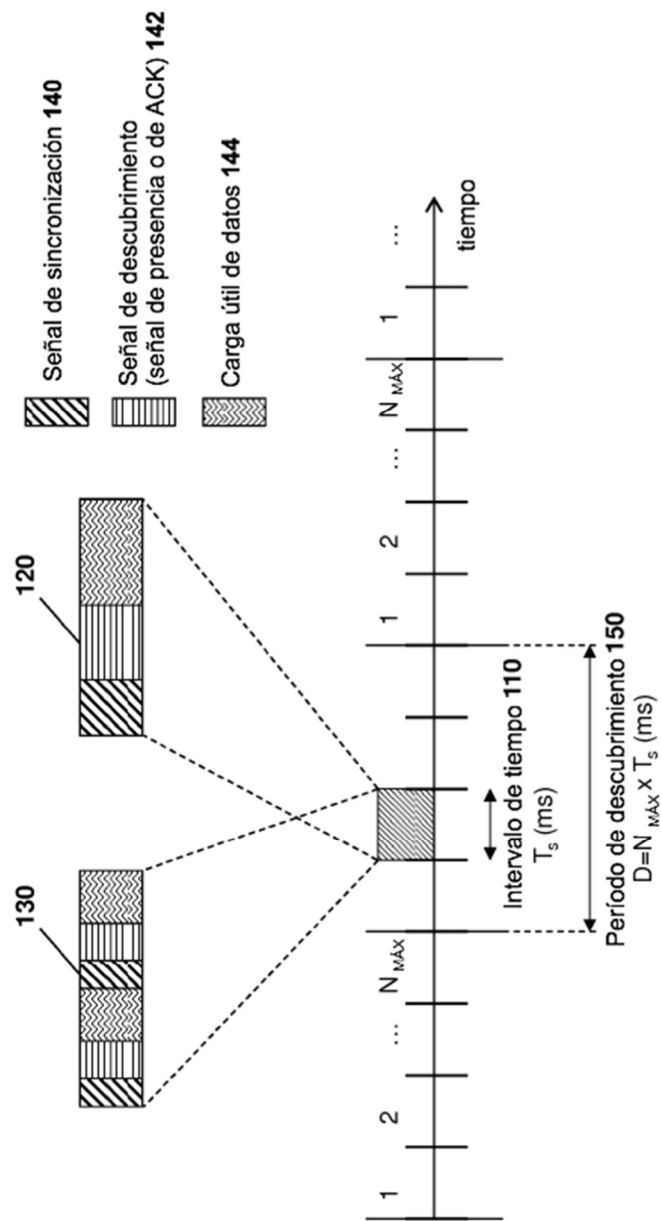


FIG. 1

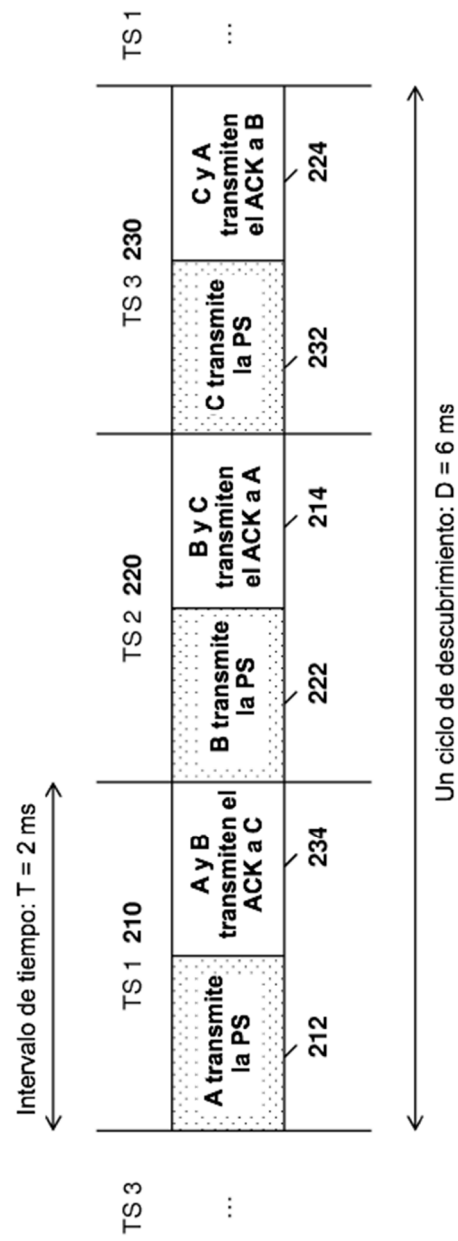


FIG. 2

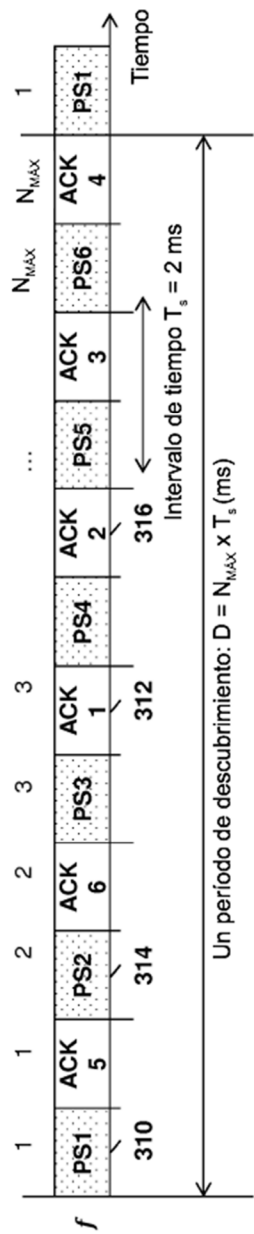


FIG. 3

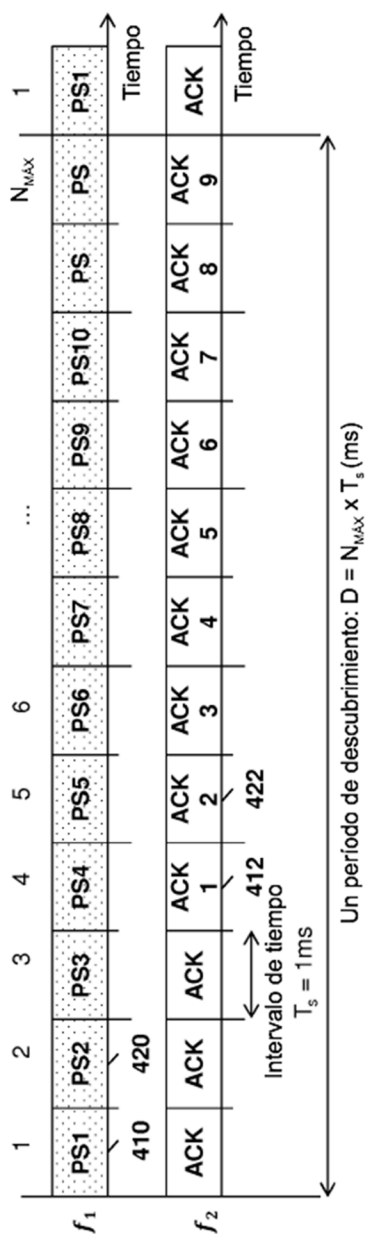
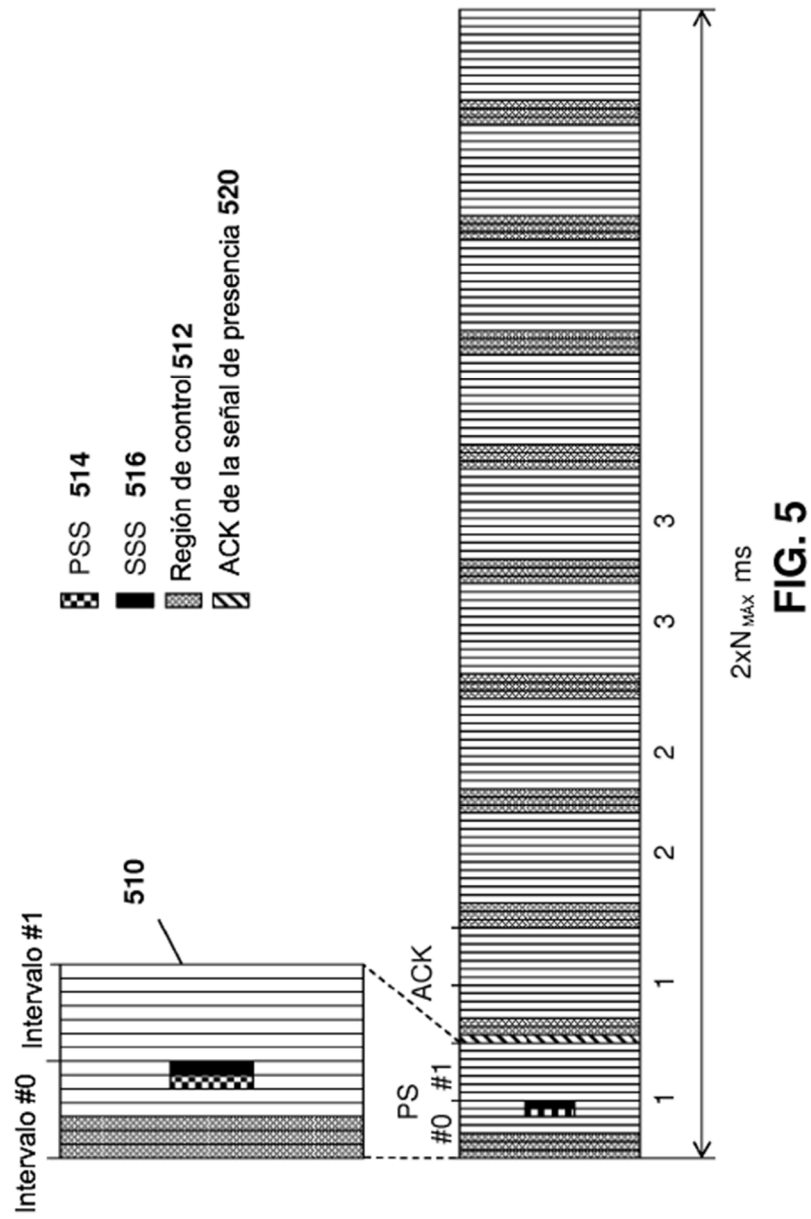
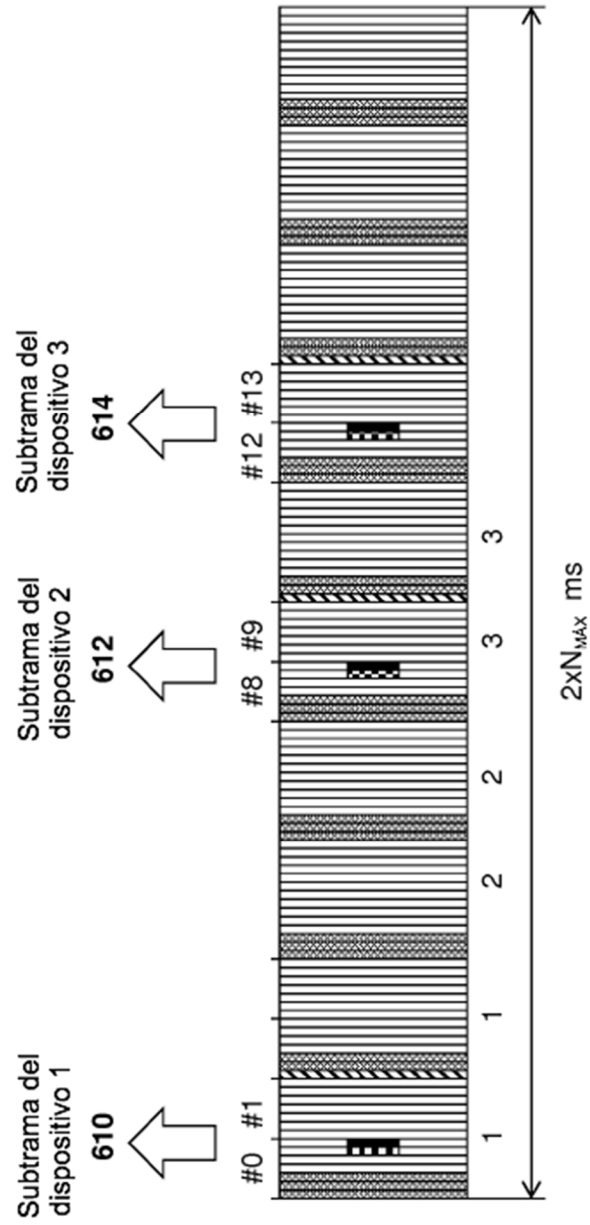


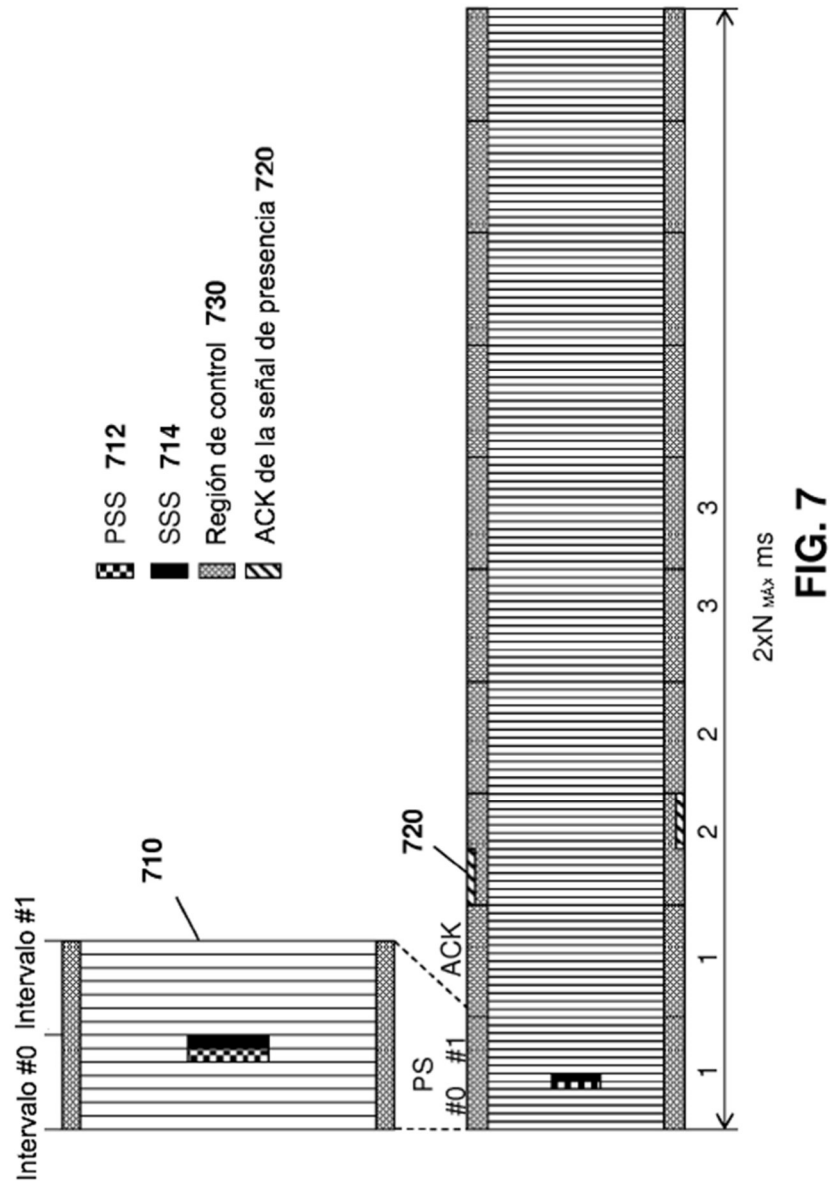
FIG. 4







**FIG. 6**



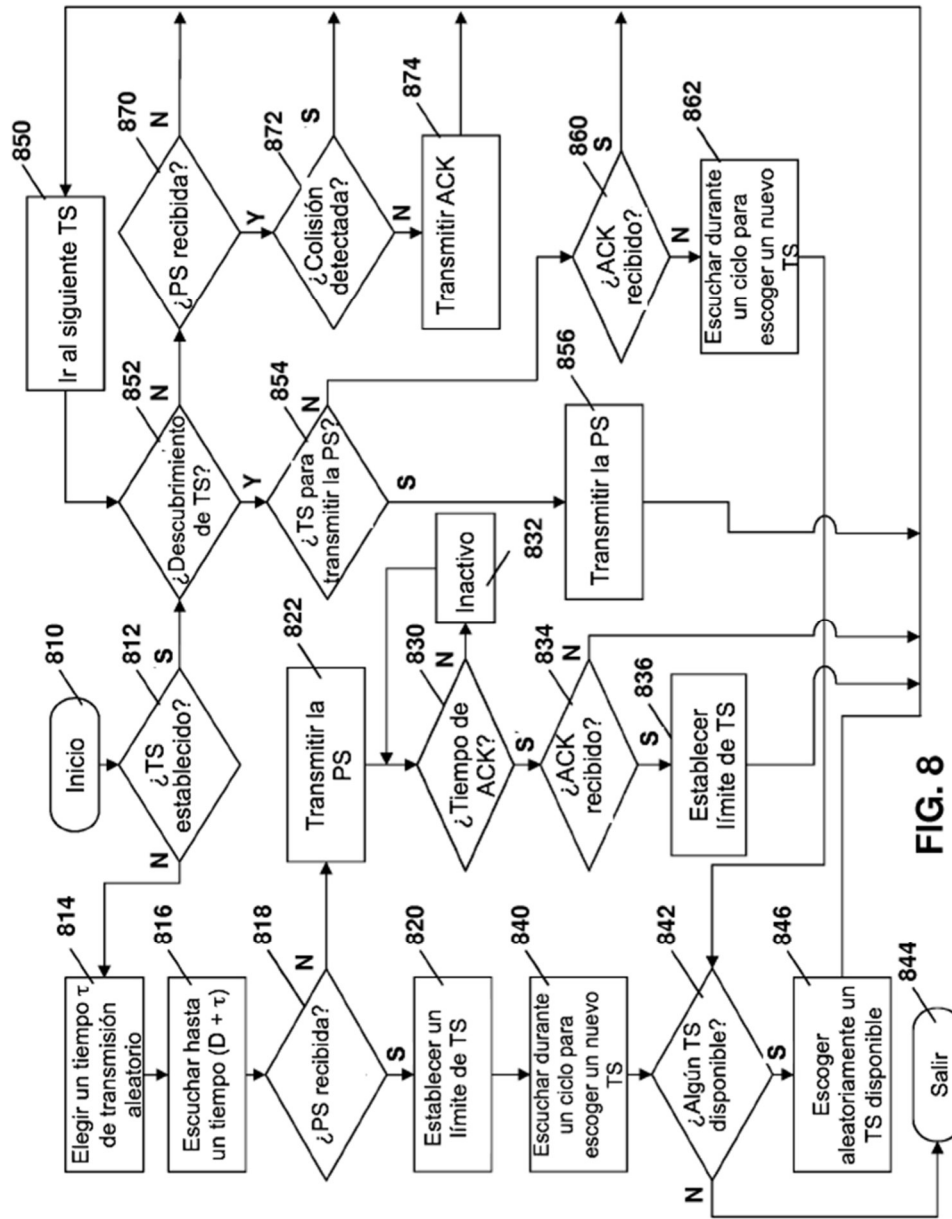


FIG. 8

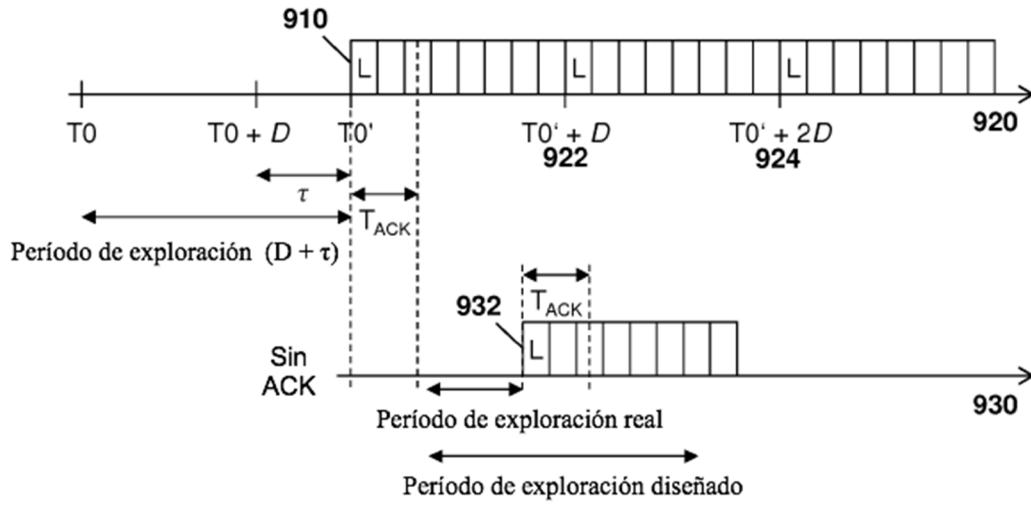


FIG. 9

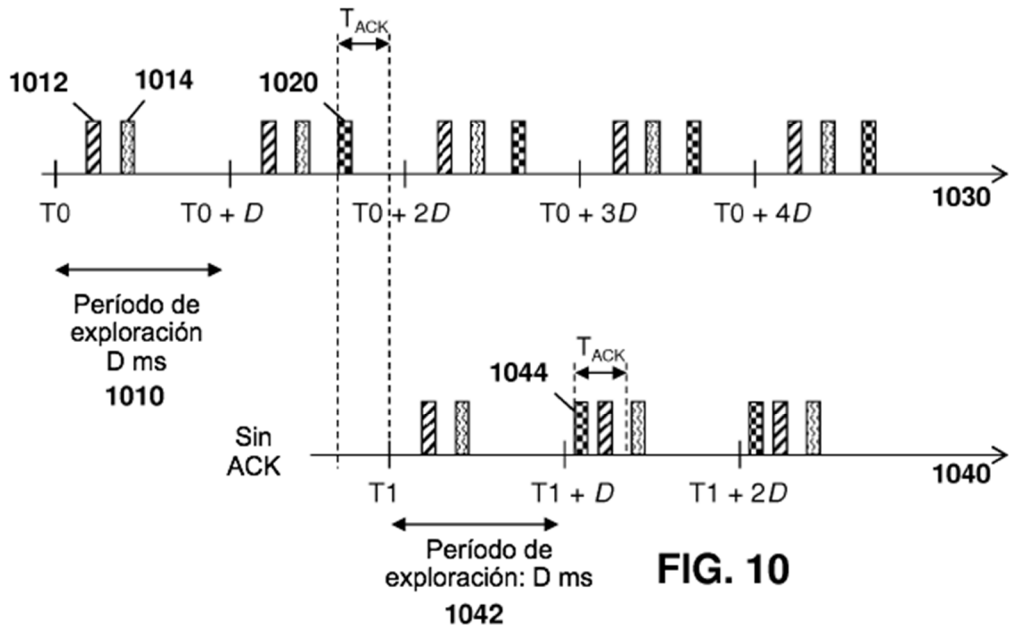


FIG. 10

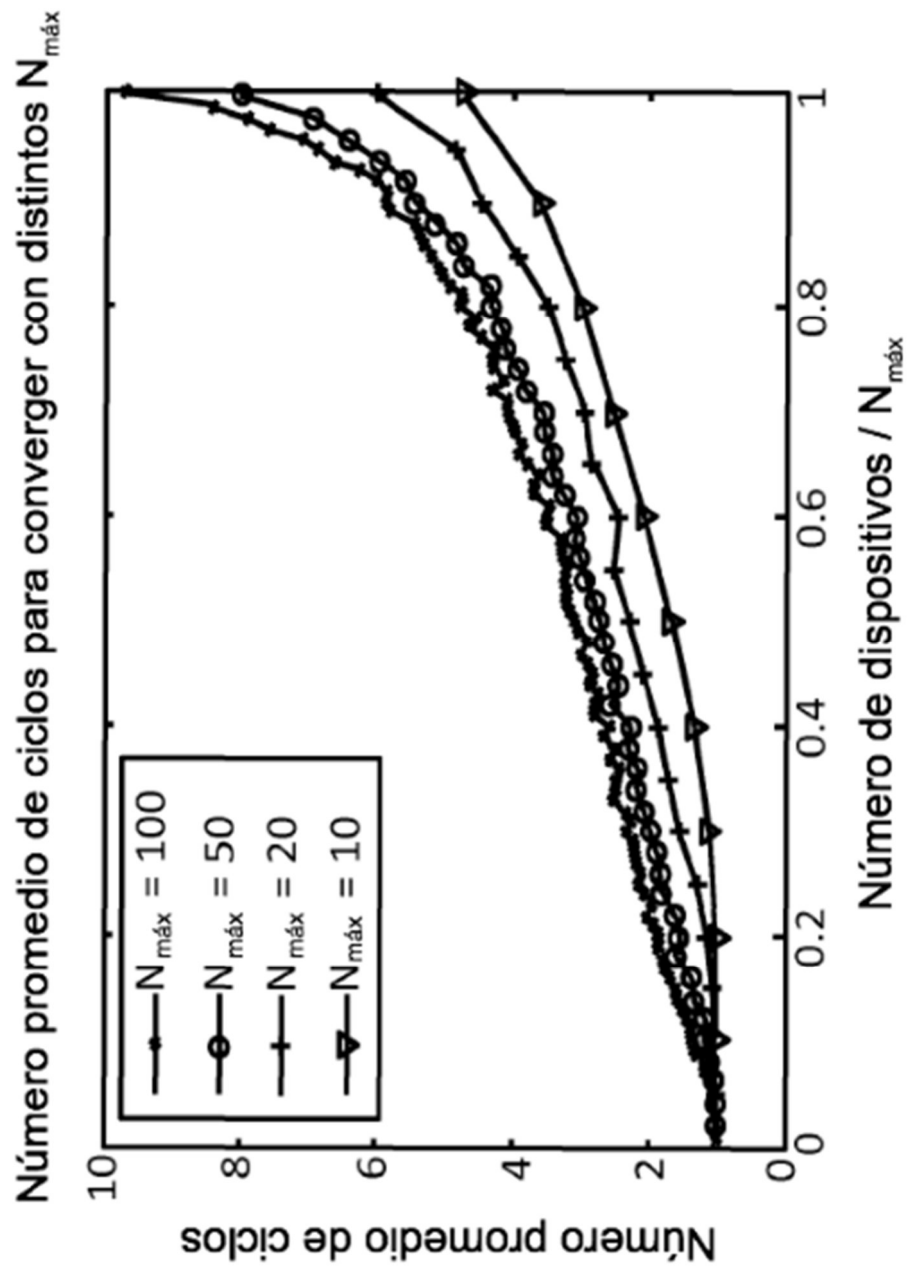


FIG. 11

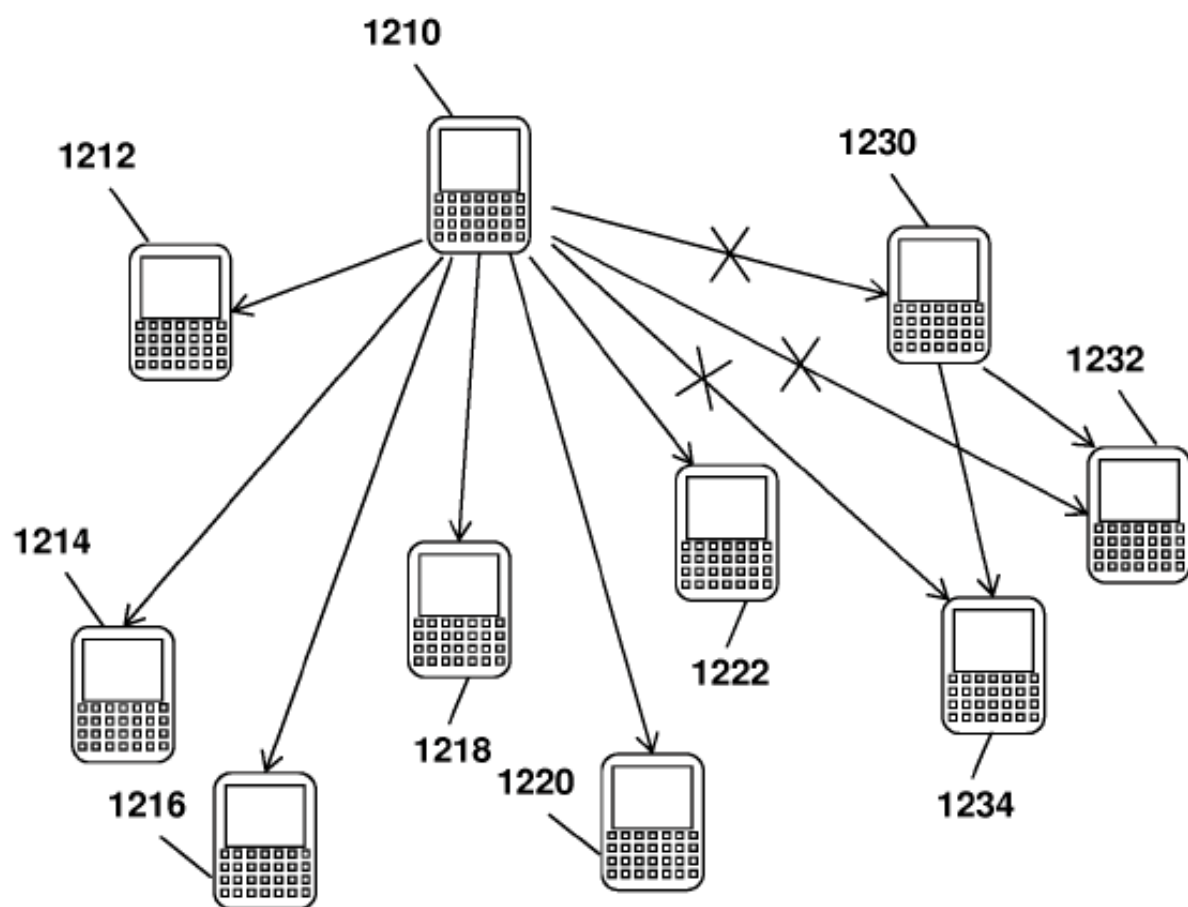


FIG. 12

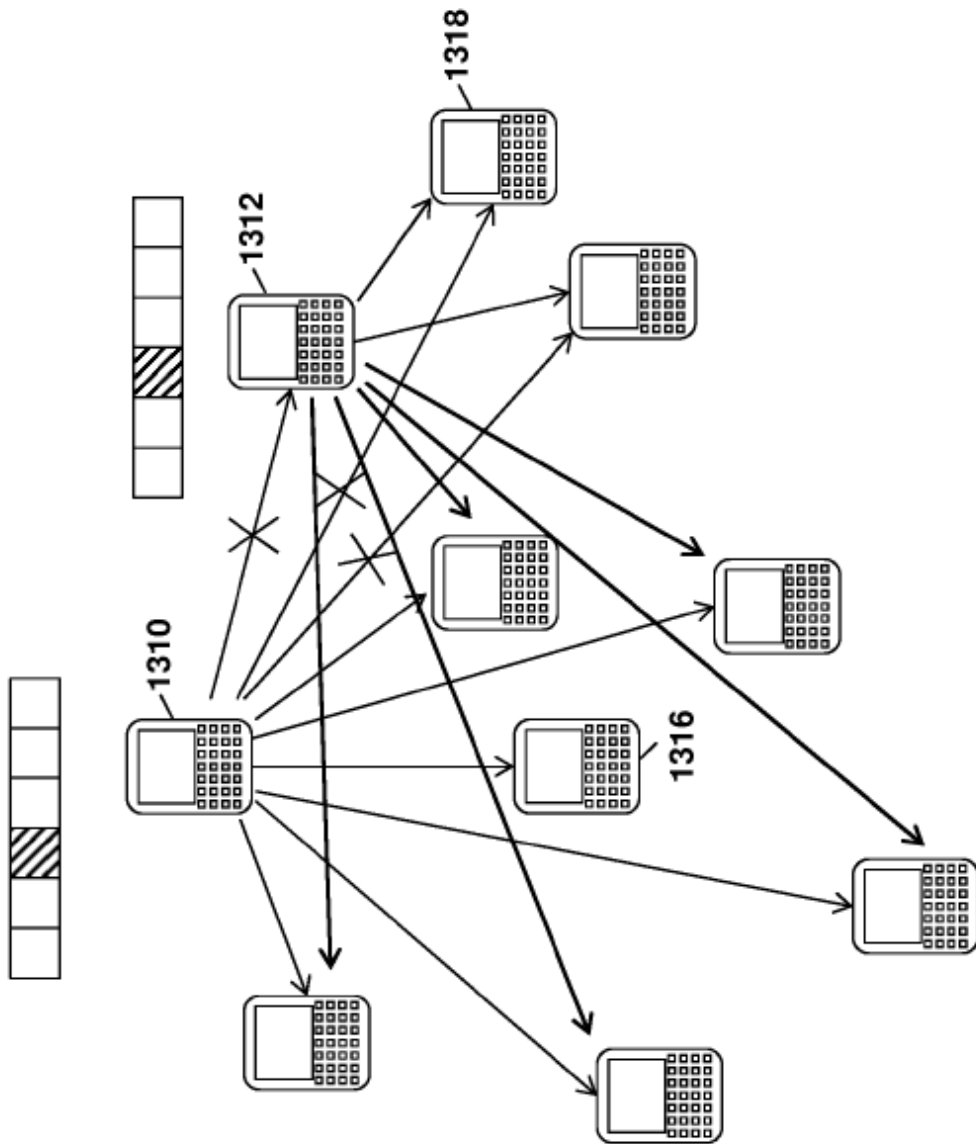


FIG. 13



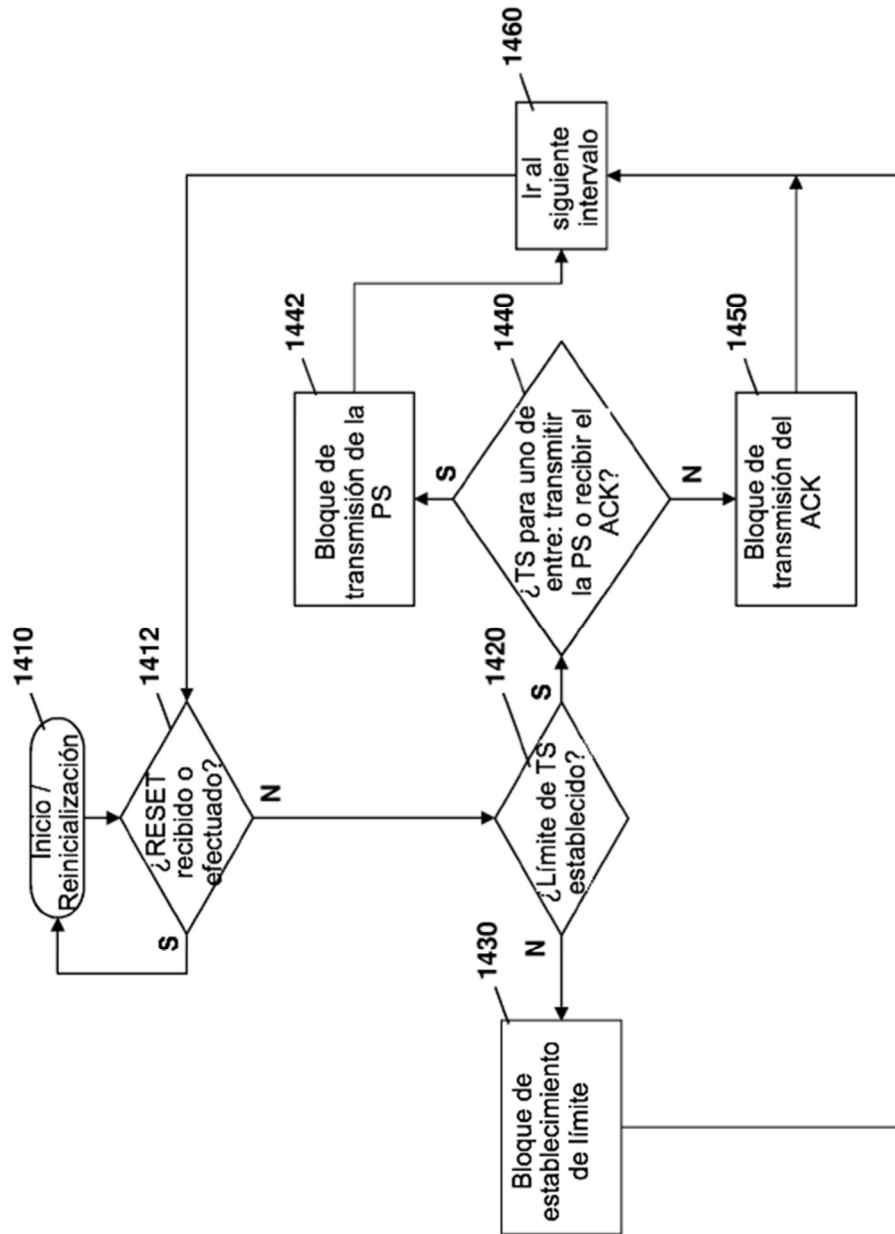


FIG. 14

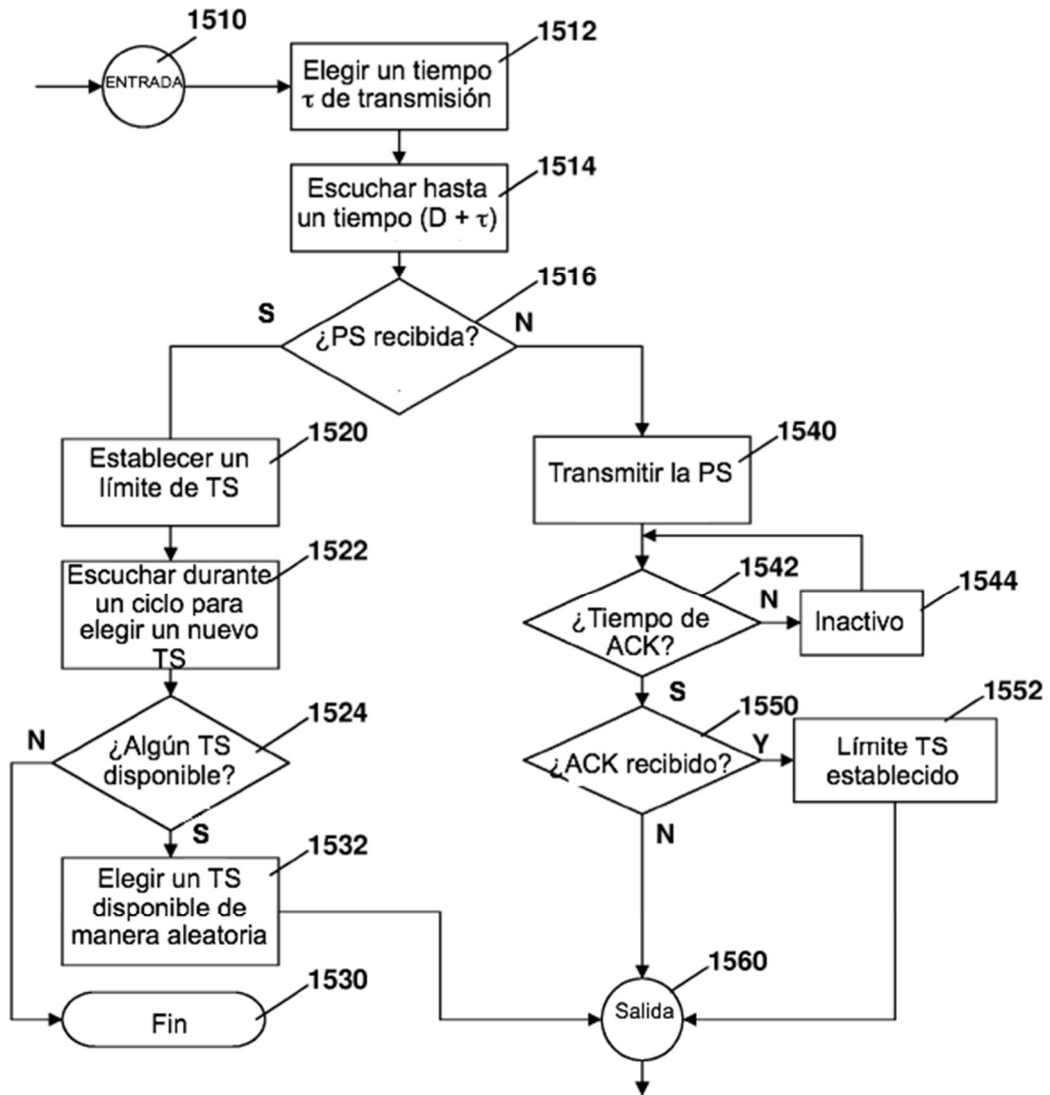


FIG. 15

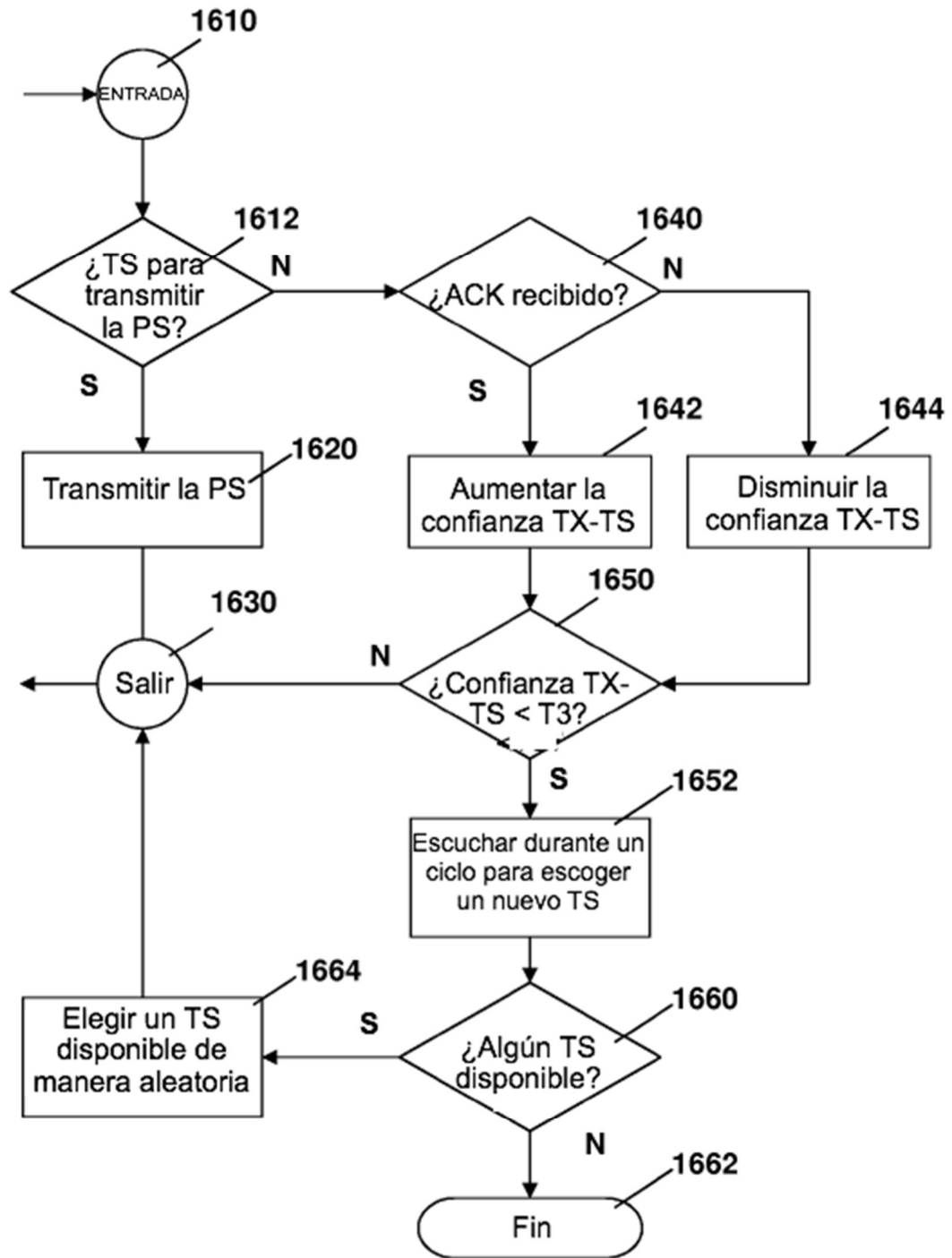


FIG. 16

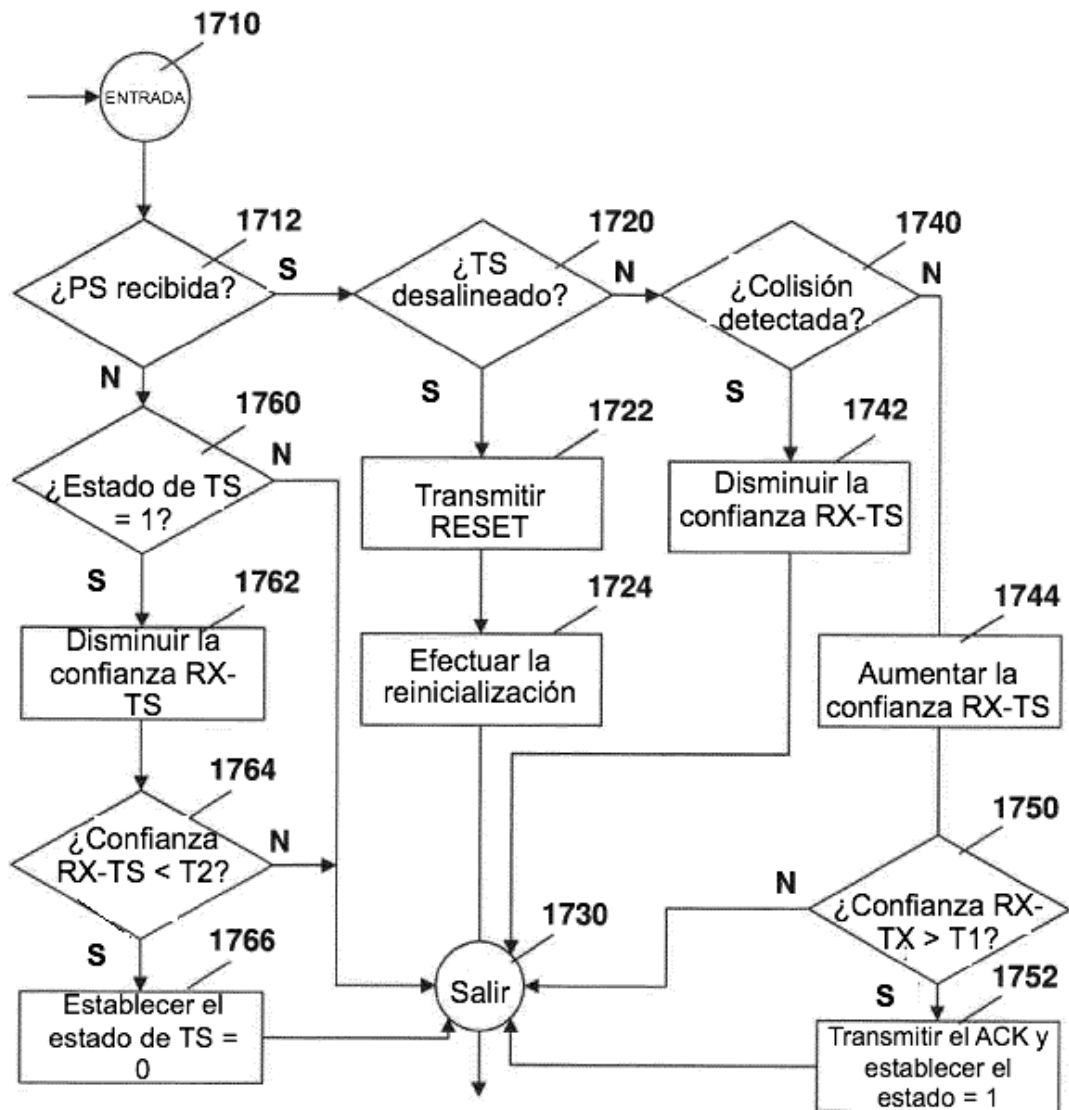


FIG. 17

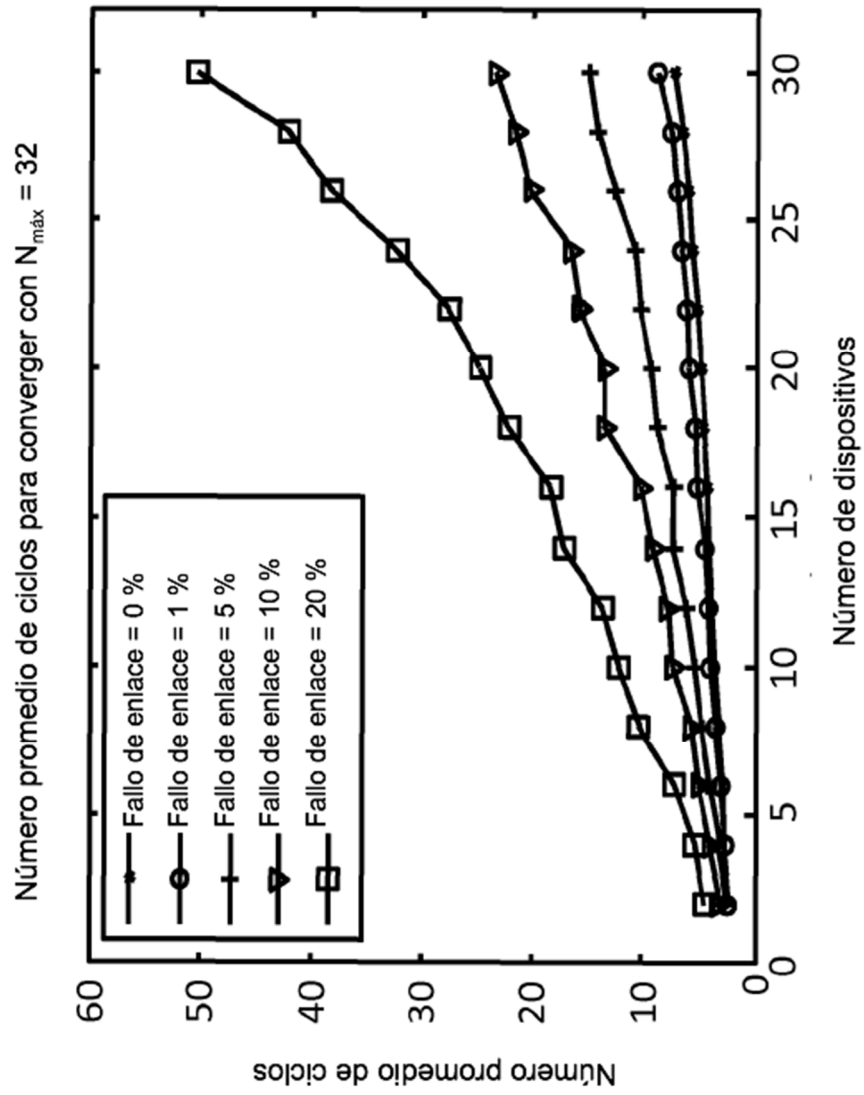


FIG. 18

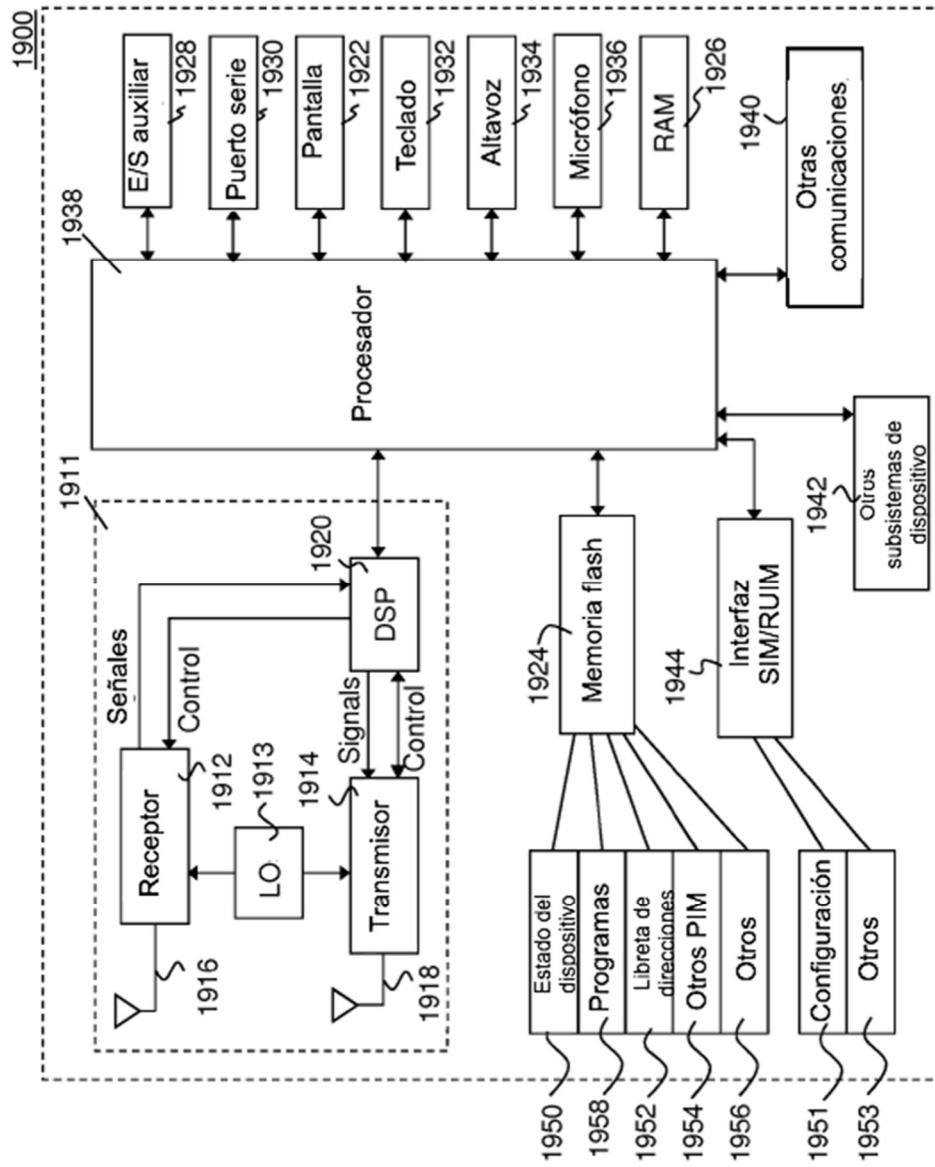


FIG. 19