

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 887 218**

51 Int. Cl.:

H04L 5/00 (2006.01)

H04L 1/18 (2006.01)

H04B 7/185 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.05.2019 E 19172570 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.06.2021 EP 3651400**

54 Título: **Nodo tolerante a retardos**

30 Prioridad:

09.11.2018 US 201862758217 P

09.04.2019 US 201916379399

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

22.12.2021

73 Titular/es:

SOFTWARE RADIO SYSTEMS LIMITED (100.0%)

12A The Cedars, Glanmire Co.

Cork, IE

72 Inventor/es:

SUTTON, PAUL D.;

GÓMEZ-MIGUÉLEZ, ISMAEL y

TALLON, JUSTIN C.

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 887 218 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

Nodo tolerante a retardos

5 **Antecedentes de la invención****Solicitudes relacionadas**

10 La presente solicitud reivindica el derecho de la solicitud provisional US n.º 62/758.217, presentada el 9 de noviembre de 2018.

Campo de la invención

15 La presente invención proporciona el diseño y la implementación de un eNodeB tolerante a retardos, que es una estación base de Evolución a Largo Plazo (LTE).

Antecedentes de la técnica relacionada

20 Las estaciones terminales inalámbricas, tales como los teléfonos inteligentes, se conectan a estaciones base a través de una Red de Acceso de Radiocomunicaciones (RAN). La tecnología RAN ha evolucionado a través de varias generaciones y a cada tecnología se le hace referencia en un sentido amplio con el número de su generación. Por ejemplo, la tecnología GSM (Sistema Global para Comunicaciones Móviles) es una RAN 2G, el UMTS (Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles) es una RAN 3G, el LTE-A (Evolución Avanzada a Largo Plazo) es una RAN 4G y la 5G NR (Radiocomunicaciones Nuevas) es una RAN 5G. Al LTE-A se le hace referencia también como E-UTRAN (Red de Acceso de Radiocomunicaciones Terrestre Universal Evolucionada) y, en la presente memoria, se le hace referencia simplemente como "LTE".

30 Cada generación de tecnología RAN define un conjunto de protocolos de comunicación usados para transferir información de un lado a otro entre la estación terminal y la estación base. Las funciones clave de estos protocolos generalmente se separan en capas de una pila de la red tanto en la estación terminal como en la estación base. Tomando el LTE como ejemplo, la capa más baja de la pila es la capa Física (PHY). La capa PHY lleva toda la información de canales de transporte a través de la interfaz aérea. Por encima de la PHY está la capa de Control de Acceso al Medio (MAC). La capa de MAC lleva a cabo el multiplexado de datos, la planificación en la corrección de errores y la retransmisión. El planificador es un componente clave de la capa de MAC en la estación base, responsable de gestionar cuándo y cómo se transfiere información hacia y desde diferentes estaciones terminales. Por encima de la capa de MAC, está la capa de Control de Enlace de Radiocomunicaciones (RLC). La capa de RLC es responsable de la concatenación, segmentación y reensamblaje de paquetes de datos, así como de la reordenación, la detección de duplicados y la retransmisión. Por encima del RLC está el Protocolo de Convergencia de Datos por Paquetes (PDCP). La capa de PDCP es responsable del cifrado, el descifrado, la protección de integridad y la validación de tráfico, así como de la entrega de paquetes en secuencia a capas superiores. La capa de Control de Recursos de Radiocomunicaciones (RRC) se asienta por encima del PDCP y es responsable de la señalización de control, incluidos la difusión de información del sistema y el establecimiento, el mantenimiento y la liberación de la conexión inalámbrica entre la estación terminal y la estación base. Aparte de la capa de RRC está la capa de Protocolo de Internet (IP), que retransmite tráfico de datos de Internet en forma de datagramas. En el terminal inalámbrico, la capa de Estrato Sin Acceso (NAS) se asienta también por encima de la capa de RRC, gestionando la conexión entre la estación terminal y la red central y llevando a cabo funciones de autenticación y autorización.

50 En una red LTE, a la estación base se le hace referencia como Nodo B evolucionado (eNodeB o eNB) y a la estación terminal se le hace referencia como Equipo de Usuario (UE).

Tal como se muestra en las figuras 1(a), 1(b), en redes LTE normales, hay una distancia máxima entre el eNodeB y el UE de aproximadamente 100 km. Teniendo en cuenta esto, la norma del LTE se ha diseñado con un Tiempo de Ida y Vuelta (RTT) entre el eNodeB y el UE (por ejemplo, un microteléfono móvil y, aquí, especialmente, un microteléfono LTE), que es inferior a 0.66 ms. La figura 1(b) muestra también la estación base que tiene una pila de protocolos que incluye un planificador (figura 1(b)), y la estación terminal que tiene una capa de MAC.

60 Si se usa la tecnología LTE en redes en las que la distancia entre el eNodeB y el UE es superior a 100 km, el retardo de RTT o ida y vuelta puede superar significativamente los 0.66 ms. Para sistemas con una distancia de 6000 km, tal como se ilustra adicionalmente en la figura 1(a) por ejemplo, el retardo de ida y vuelta será de hasta 40 ms, más de 50 veces el retardo máximo esperado por la tecnología LTE. La restricción de tener un lado de este par eNodeB-UE ciego a este retardo añadido provoca la ruptura de la comunicación.

65 Los desafíos técnicos iniciales de esa ruptura de la comunicación incluyen la Solicitud de Repetición Automática Híbrida (HARQ), el Procedimiento de Acceso Aleatorio, la Sincronización de Tiempo de Enlace Ascendente y el Procedimiento de Traspaso. La HARQ se usa en la capa de Control de Acceso al Medio (MAC), figura 1(b), de la

pila de protocolos del LTE. Véase, de Farooq Khan, "LTE for 4G Mobile Broadband: Air Interface Technologies and Performance", Cambridge University Press 2009. La HARQ es un protocolo de retransmisión y corrección de errores que utiliza el uso de mensajes de acuse de recibo/(negativo) entre un emisor y un receptor. Se usa tanto para detectar como para rectificar el fallo de una transmisión de paquetes. El emisor guardará una copia del mensaje que acaba de enviar durante un periodo de tiempo especificado hasta que se haya confirmado su éxito o fallo o se haya producido la expiración del mismo. En el LTE, el periodo de tiempo en el que se espera un acuse de recibo es 4 ms. Evidentemente, esta restricción de tiempo es un desafío para un sistema de LTE en el que se espera un Tiempo de Ida y Vuelta (RTT) de más de 4 ms, de tal manera que no sería posible la conexión.

En el LTE, el Procedimiento de Acceso Aleatorio comienza con el UE transmitiendo un mensaje de PRACH (Canal Físico de Acceso Aleatorio) al eNodeB. El Procedimiento de Acceso Aleatorio se usa cada vez que el UE crea un enlace de radiocomunicaciones con la red. En redes del LTE, el enlace de radiocomunicaciones se corta si no hay datos para transmitir y se reproduce cuando los datos resultan disponibles para su transmisión. Por este motivo, el Procedimiento de Acceso Aleatorio se usa muy frecuentemente, incluso durante una sesión de datos individual. El Procedimiento de Acceso Aleatorio es también la primera etapa del Procedimiento de Incorporación, usado cuando el UE se conecta a la red por primera vez, tras encenderse o al producirse su entrada en la cobertura de la red. Una vez que se ha recibido este mensaje, el eNodeB tiene un tiempo en una cantidad especificada para responder con un mensaje de Respuesta de Acceso Aleatorio. Este periodo de tiempo es configurable, aunque el tiempo permisible máximo es 10 ms el cual es menor, por ejemplo, que el ejemplo de 40 ms expresado en líneas generales anteriormente, de tal manera que no sería posible la conexión.

Con respecto a la Sincronización del Tiempo de Enlace Ascendente, en un sistema de LTE cuando un UE se conecta al eNodeB, el eNodeB ordena al UE que ajuste la temporización de sus transmisiones usando el mensaje de Respuesta de Acceso Aleatorio (RAR). Esto se realiza para garantizar que las transmisiones de todos los UE se reciben sincronizadas en el eNodeB. Sin embargo, este planteamiento no se puede usar en el ejemplo expresado en líneas generales anteriormente donde el RTT supera el tiempo de respuesta permisible máximo de 10 ms. En este caso, la desviación de temporización no puede ser conocida en el eNodeB antes de que se deba enviar el mensaje de RAR, el eNodeB no puede ordenar al UE que ajuste la temporización de sus transmisiones y la conexión no es posible.

El Procedimiento de Traspaso presenta un desafío similar al del Procedimiento de Acceso Aleatorio en el que el UE transmite un mensaje de PRACH y el eNodeB responde con una Respuesta de Acceso Aleatorio (RAR). El Procedimiento de Traspaso tiene lugar cuando el UE se mueve del área de cobertura de un eNodeB al área de cobertura de otro eNodeB, desconectándose del primer eNodeB y conectándose al segundo eNodeB. Si el RTT supera el retardo máximo de 10 ms para la Respuesta de Acceso Aleatorio, la conexión no será posible y la llamada se cortará durante el traspaso. La diferencia entre el Procedimiento de Acceso Aleatorio regular y el Procedimiento de Traspaso es que el UE ya es conocido por el eNodeB y puede hacerse uso de planteamientos alternativos para resolver el problema.

Por lo tanto, uno de los objetivos de la invención es proporcionar un sistema que garantice una conexión fiable durante la HARQ, el Procedimiento de Acceso Aleatorio, y la Sincronización de Enlace Ascendente, y que también evite el corte de la llamada durante el Procedimientos de Traspaso.

Si la tecnología de LTE se usa en redes en las que la distancia entre la estación base y la estación terminal es mayor que 100 km y en las que o bien la estación base o bien la estación terminal se está moviendo a una alta velocidad una con respecto a la otra, se requieren técnicas adicionales para compensar el desplazamiento de frecuencia Doppler variable y los retardos de tiempo variables. Esto es así, por ejemplo, cuando o bien la estación base o bien la estación terminal está en una Órbita Terrestre Baja y la otra está en la superficie de la Tierra. Para este escenario, dichas técnicas adicionales se describen en la patente US nº 9.973.266 B1. El documento "On_adapting_HARQ_procedures" (Ericsson) da a conocer un eNodeB/estación base con un retardo grande para trabajar con microteléfonos 4G no modificados. No obstante, este documento no presenta una solución. El documento US 2005060426 se refiere al control de flujo en una red en la que se transfieren datos desde un emisor a una entidad intermedia, y, a continuación, desde esa entidad intermedia a un receptor. En este documento, únicamente se acusa recibo de los datos después de que los mismos sean recibidos o bien por una entidad intermedia o bien por un receptor.

Sumario de la invención

La presente invención proporciona un Nodo B E-UTRAN de Evolución a Largo Plazo (LTE) (eNodeB) destinado a usarse en mercados relacionados con satélites. El eNodeB del LTE admite latencias de canal extremas sin necesidad de ninguna modificación del Equipo de Usuario (UE) (por ejemplo, microteléfonos móviles), con independencia de la versión del UE o la tecnología usada por el operador de la red. La invención admite latencias de canal elevadas en el LTE, aunque también se puede usar para otras tecnologías inalámbricas, tales como el GSM, las Radiocomunicaciones Nuevas (NR) 5G o cualquier otra tecnología con procedimientos similares a los usados en el LTE.

Estos y otros objetivos de la invención, así como muchas de sus ventajas pretendidas, se pondrán más claramente de manifiesto cuando se haga referencia a la siguiente descripción, considerada juntamente con los dibujos adjuntos.

5 **Breve descripción de las figuras**

la figura 1(a) muestra el retardo en una red LTE;

la figura 1(b) muestra pilas de protocolos que muestran, por ejemplo, la capa de MAC y el planificador;

10

la figura 2(a) muestra una operación de HARQ normal;

la figura 2(b) muestra un fallo de una operación de HARQ debido a un alto RTT;

15

la figura 2(c) muestra el éxito de una operación de HARQ con un ACK ficticio;

la figura 3(a) muestra un procedimiento de RA normal sin un retardo significativo;

20

la figura 3(b) muestra un retardo de ida y vuelta de 40 ms y un procedimiento de RA fallido;

la figura 3(c) muestra un procedimiento de RA de acuerdo con la invención con mensaje de RAR transmitidos continuamente;

25

la figura 4(a) muestra una operación de avance de temporización normal usando la RAR;

la figura 4(b) muestra que una operación de avance de temporización es imposible con un RTT alto;

la figura 4(c) muestra la temporización de la invención usando un elemento de control (CE) de MAC;

30

la figura 5(a) muestra un procedimiento de traspaso normal exento de contiendas;

la figura 5(b) muestra un procedimiento de traspaso normal con retardo añadido; y

35

la figura 5(c) muestra un procedimiento de traspaso con retardo añadido de la invención.

Descripción detallada de las formas de realización

En la descripción de las formas de realización no limitativas, ilustrativas, de la invención ilustradas en los dibujos, se recurrirá a terminología específica por motivos de claridad. No obstante, la invención no pretende limitarse a los términos específicos así seleccionados, y debe entenderse que cada término específico incluye todos los equivalentes técnicos que funcionan de manera similar para alcanzar una finalidad similar. Se describen varias formas de realización de la invención con fines ilustrativos, entendiéndose que la invención se puede materializar en otras formas no mostradas específicamente en los dibujos.

40

De acuerdo con la invención, se proporciona un sistema que tiene una estación base tolerante a retardos de la señal y que se comunica con un UE. En una forma de realización, el sistema es un sistema LTE, la estación base es una estación base eNodeB (a la que, en ocasiones, se hace referencia más adelante únicamente como "eNodeB"), y el UE es un microteléfono móvil de LTE, tal como un teléfono celular, teléfono inteligente o llave USB. El eNodeB incluye un dispositivo de procesado que, entre otras cosas, controla el funcionamiento del eNodeB y la comunicación de señales hacia y desde el UE.

45

50

HARQ (figura 2)

Como se ha indicado anteriormente, la Solicitud de Repetición Automática Híbrida (HARQ) es un protocolo de retransmisión y de corrección de errores. Se muestra una operación de HARQ normal, por ejemplo, en la figura 2(a) donde se producen retardos de comunicación esperados normales. Comenzando en T=1, el UE envía una señal de datos al eNodeB, que recibe la señal de datos en T=2. En T=3, el eNodeB envía una señal de mensaje de acuse de recibo (ACK) al UE, que recibe el ACK en T=4. El UE espera recibir la señal de ACK de eNodeB de manera que el UE sabe que la señal de datos fue transmitida hacia y recibida por el eNodeB de manera exitosa. El UE espera recibir ese ACK en un instante de tiempo predeterminado, esperado. Para un sistema LTE, ese periodo de tiempo predeterminado, esperado, es 4 ms, que incluye el máximo esperado 0.66 ms para la transmisión de la señal de datos desde el UE al eNodeB, el tiempo para que el eNodeB procese la señal de datos en T=2 y envíe el ACK en T=3, y los 0.66 ms esperados para la transmisión del ACK desde el eNodeB al UE. Si T=4 se encuentra en ese instante de tiempo predeterminado, entonces el sistema funciona sin interrupciones, y el UE puede continuar enviando señales de datos al eNodeB, el cual acusa recibo de las señales de datos enviando una señal de ACK respectiva al UE, tal como se ilustra en T=5 a T=8.

55

60

65

La figura 2(b) ilustra cómo surge un problema de comunicación con la HARQ cuando se produce un retardo excesivo (por ejemplo, por encima de un RTT de 0.66 ms) en la comunicación entre el UE y el eNodeB. En este caso, el UE envía una señal de datos en $T=1$, pero la señal se retarda y el eNodeB no recibe esa señal de datos hasta $T=3$. Al mismo tiempo, el UE esperaba recibir un ACK del eNodeB en $T=2$, que puede situarse antes de que el eNodeB reciba la señal de datos en $T=3$. Por tanto, aquí, la comunicación falla ya que el UE no recibió el ACK dentro del periodo de tiempo predeterminado, esperado. En $T=2$, si el UE no recibe un ACK, intentará retransmitir los datos. Si sigue sin recibir un ACK después de varios intentos de retransmisión, entonces enviará un Fallo de Enlace de Radiocomunicaciones (RLF) e intentará restablecer la conexión.

La figura 2(c) ilustra una solución para el requisito de temporización de HARQ de acuerdo con una forma de realización de la invención. Aquí, el eNodeB efectúa un acuse de recibo previo de todos los paquetes en cualquiera de los dos sentidos. En el enlace descendente, el eNodeB considera que el paquete se recibe satisfactoriamente, actuando como si se hubiera recibido un mensaje de acuse de recibo (ACK) positivo del UE. Para transmisiones de datos de enlace ascendente desde el UE al eNodeB, el eNodeB acusará recibo de cada mensaje del UE que se ha planificado automáticamente sin haberlos recibido en realidad todavía. El mensaje del UE es planificado por el planificador (figura 1(b)), o preplanificado, ya que cada mensaje que es enviado por el UE se materializa, así como consecuencia de una concesión dada por el eNodeB, lo cual significa que el eNodeB sabe el tiempo en el que el UE envía cualquier mensaje. Usando este conocimiento, el eNodeB puede temporizar el envío del acuse de recibo de tal manera que el ACK llegue en la ranura que espera el UE – por ejemplo, el UE esperará el acuse de recibo del mensaje en el canal de control, 4 ms después de enviar el mensaje.

En referencia a la figura 2(c), se muestra un ejemplo en el que, en $T=1$, el eNodeB transmite un mensaje de acuse de recibo (ACK) positivo al UE. Ese ACK se transmite antes de que el eNodeB reciba cualquier señal de datos del UE y, tal vez, incluso antes de que el UE transmite cualquier señal de datos. En $T=2$, el UE transmite la señal de datos, y, en $T=3$, el UE recibe el ACK del eNodeB. En $T=4$, el eNodeB recibe la señal de datos del UE tras un retardo sustancial que es superior al periodo de tiempo predeterminado, esperado. Sin embargo, el UE recibe el ACK (en $T=3$) dentro del periodo de tiempo predeterminado, esperado, incluso a pesar del gran retardo con respecto al momento en el que el UE transmite una señal de datos en $T=2$ y el momento en que la misma se recibe en el eNodeB en $T=4$. Y en $T=4$, no es necesario que el eNodeB envíe una señal de ACK real puesto que ya envió el ACK para acusar recibo de la señal de datos, de manera que se ha completado el ciclo.

De este modo, el protocolo de HARQ de la presente invención funcionará durante periodos de retardo excesivos en la comunicación entre el UE y el eNodeB, con independencia de si ese retardo se produce durante la transmisión desde el UE al eNodeB o durante la transmisión desde el eNodeB al UE. Además, el protocolo de HARQ funciona durante condiciones normales en las que no se produce periodos de retardos excesivos. Adicionalmente, este protocolo se implementa completamente en el eNodeB. El UE puede funcionar de la manera normal y no es necesario ningún cambio en el mismo.

Cabe señalar que el sistema LTE es un sistema de maestro-esclavo, de manera que un UE envía solamente datos cuando el eNodeB le ha dado permiso para hacerlo. Por consiguiente, el eNodeB sabe cuándo está previsto que cualquier UE dado transmita algunos datos. Sobre la base de esa información, puede enviar el mensaje de ACK, y solamente es necesario que el eNodeB envíe un único mensaje de ACK. No es necesario que el mensaje de ACK identifique explícitamente los datos a los que se refiere. El LTE especifica el ACK se debería recibir 4 ms después de que se transmitan los datos, de manera que cada ACK está vinculado a una transmisión de datos específica.

Cabe señalar que un cierto número de mensajes podría no ser recibido satisfactoriamente por el eNodeB, aunque seguirían teniendo un acuse de recibo positivo por parte del eNodeB y seguirían siendo recibidos por el UE. Aquí, cabe señalar además que la norma del LTE incluye dos mecanismos de acuse de recibo/repetición. El mecanismo de HARQ proporciona un mecanismo de retransmisión rápida. El Control de Enlace de Radiocomunicaciones (RLC) de capa superior, independiente (del RLC en la estación base mostrada en la figura 1(b)) proporciona un segundo mecanismo de retransmisión más lenta. Para mensajes que no son recibidos satisfactoriamente mediante el proceso de HARQ, el mecanismo de retransmisión de la capa superior de Control de Enlace de Radiocomunicaciones (RLC) corrige cualquier error que quede o transmisión que se haya perdido. En caso de que la recepción del mensaje falle en la HARQ, el receptor continúa con el siguiente paquete. En la capa de RLC (del RLC mostrado en la figura 1(b)), el mecanismo de ARQ aquí se dará cuenta del paquete que falta en la secuencia y enviará un NACK (Acuse de Recibo Negativo) al emisor. Este mensaje se pasará a la capa de RLC en el emisor donde se ha almacenado el mensaje a la espera de un ACK/NACK. Una vez que se ha recibido el NACK en el UE, el UE volverá a enviar este mensaje. Este proceso se repite en ambos sentidos.

Procedimiento de Acceso Aleatorio (figura 3)

En referencia a la figura 3(a), se ilustra el Procedimiento de Acceso Aleatorio (RA) con un funcionamiento normal sin un retardo de comunicación excesivo. En $T=1$, el UE transmite un mensaje de Canal Físico de Acceso Aleatorio (PRACH) al eNodeB. El mensaje de PRACH se envía a través de un canal PRACH para que el UE comunique ese

mensaje de PRACH inicial al eNodeB y para que el UE se sincronice con el eNodeB. El eNodeB asigna una ranura de tiempo específica durante la cual los UE pueden transmitir mensajes de PRACH (es decir, la ventana de PRACH). Aquí, el eNodeB recibe ese mensaje de PRACH en T=2, que se sitúa dentro de la ventana de PRACH esperada, tal como se muestra.

5

Como respuesta a la recepción del mensaje de PRACH, el eNodeB en T=3 a continuación transmite una Respuesta de Acceso Aleatorio (RAR). La RAR se espera en el UE durante otra ranura de tiempo específica (es decir, la ventana de RAR), que es configurable, aunque el tiempo permisible máximo es 10 ms. En T=4 el UE recibe el mensaje de PRACH durante la ventana de RAR esperada. Por consiguiente, el Procedimiento de Acceso Aleatorio es satisfactorio y el UE puede proseguir con el envío del Msg3 Solicitud de Conexión de RRC en T=5, que es recibido por el eNodeB en una ranura de tiempo de Msg3 definida en T=6, y se establece la conexión (es decir, la solicitud de conexión de RRC efectuada por el RRC (figura 1(b)) en la estación base. Cabe señalar que, antes del Procedimiento de Acceso Aleatorio, el UE no está sincronizado con el eNodeB, por lo que se usan ventanas y el UE tiene como objetivo una transmisión tal que se reciben mensajes dentro de la ventana. Después del Procedimiento de Acceso Aleatorio, el UE está sincronizado y se espera la recepción de todos los mensajes en tiempos especificados.

10

15

Volviendo a la figura 3(b), se muestra el fallo del procedimiento de RA en el que se produce un retardo excesivo en el Tiempo de Ida y Vuelta (RTT) para la transmisión del PRACH desde el UE en T=1 al eNodeB en T=2, y de la RAR desde el eNodeB en T=3 al UE en T=4. Aquí, se muestra que este retardo es 40 ms (20 ms para la recepción del PRACH y 20 ms para que el eNodeB genere la RAR y para la recepción de la RAR en el UE). Consecuentemente, la RAR no es recibida por el UE durante la ventana de RAR, sino que se recibe, en cambio, mucho más tarde en T=4, de manera que el Msg3 no es enviado nunca por el UE. Es decir, el elevado Tiempo de Ida y Vuelta (RTT) significa que el mensaje de PRACH enviado por el UE no se recibe en la ranura de tiempo pretendida (ventana de PRACH) en el eNodeB y el eNodeB no puede responder con el mensaje de RAR dentro del plazo requerido de 10 ms (ventana de RAR). Cuando se introduce un retardo significativo en el canal, la RAR pierde la ventana de RAR y el Procedimiento de Acceso Aleatorio falla en este momento y el UE no consigue conectarse con el eNodeB.

20

25

30

La figura 3(c) muestra un Procedimiento de Acceso Aleatorio de acuerdo con una forma de realización de la invención. Típicamente, el procedimiento de incorporación comienza con el UE transmitiendo al eNodeB un mensaje de PRACH basado en contienda. Esta etapa de Acceso Aleatorio (RA) es la primera parte del procedimiento de incorporación. El eNodeB garantiza que los mensajes de PRACH transmitidos por el UE se reciban dentro de una ventana de PRACH. Esto se lleva a cabo planificando cuidadosamente ventanas de PRACH de manera que tengan en cuenta el retardo de transmisión conocido. Es decir, el planificador del eNodeB (figura 1(b)) planifica (es decir, preplanifica) las ventanas de PRACH antes de que comience la transmisión. Por consiguiente, la invención requiere que el eNodeB tenga conocimiento del retardo de transmisión esperado, que se puede fijar a un valor conocido.

35

40

Además, el eNodeB transmite continuamente mensajes de Respuesta de Acceso Aleatorio (RAR) al UE. Por ejemplo, en una forma de realización, el eNodeB transmite mensajes de respuesta RAR proactivamente cada vez que se presenta la oportunidad. El eNodeB transmite una RAR para cada índice de preámbulo posible, en cada trama. Esto significa que, cuando un UE envía un mensaje de PRACH al eNodeB, se garantiza que el UE reciba uno de estos mensajes de RAR dentro del plazo de 10 ms y el UE podrá continuar de manera normal con el Procedimiento de Acceso Aleatorio.

45

Por consiguiente, en referencia a la figura 3(c), el planificador del eNodeB (figura 1(b)) planifica ventanas de PRACH en diversos intervalos predeterminados (es decir, las ventanas se preplanifican antes de la transmisión de RAR), y en T=1 el eNodeB transmite una RAR al UE. Cabe señalar que el eNodeB no está al tanto del UE, simplemente envía mensajes de RAR a ciegas en cada ranura de tiempo asignada. Esto garantiza que un UE reciba una RAR si está "a la escucha" de una. En T=2, el UE genera el PRACH y lo envía a eNodeB. En T=3, el UE recibe la RAR del eNodeB, aun cuando el eNodeB no ha recibido todavía el mensaje de PRACH, lo cual se produce en T=4.

50

55

A continuación, en T=5, el UE puede enviar el Msg3, lo cual podría producirse antes de que el eNodeB envíe una RAR en T=6. En el eNodeB se asignan regularmente ventanas de PRACH a intervalos predeterminados. Los mensajes de RAR son transmitidos por el eNodeB dentro de un tiempo especificado de recepción de un PRACH. Al producirse la recepción de una transmisión de PRACH desde un UE, el planificador del eNodeB (figura 1(b)) planifica ranuras de tiempo en las que recibir la transmisión del Msg3 de ese UE. De este modo, el eNodeB recibe satisfactoriamente el Msg3 en T=7, lo cual puede ser antes de que se reciba la RAR en T=8. No obstante, en este momento, el UE no está a la escucha de una RAR, por lo que no realiza ninguna acción. El eNodeB envía mensajes de RAR a ciegas a cada oportunidad que se le presenta, inclusive en T=6, aun cuando ya envió uno en T1. No importa si hay un UE a la escucha de la RAR en este instante.

60

65

De este modo, el protocolo del Procedimiento de Acceso Aleatorio de la presente invención funcionará durante periodos de retardo excesivos en la comunicación entre el UE y el eNodeB, con independencia de si ese retardo

se produce durante la transmisión desde el UE al eNodeB o durante la transmisión desde el eNodeB al UE. Además, el Procedimiento de Acceso Aleatorio funciona durante condiciones normales cuando no se producen periodos de retardos excesivos. Adicionalmente, este protocolo se implementa completamente en el eNodeB. El UE puede funcionar de manera normal y no es necesario ningún cambio en el UE.

El Acceso Aleatorio basado en contiendas usado en el LTE significa que un UE puede seleccionar uno de N mensajes de PRACH para su transmisión a eNodeB. El eNodeB debe transmitir un mensaje de RAR que contiene un elemento (un Identificador de Preámbulo de Acceso Aleatorio RAPID) que se corresponde con el mensaje de PRACH recibido. Los mensajes de RAR pueden contener múltiples RAPID.

El eNodeB determina cuándo se producen las ventanas de PRACH según define la norma de LTE. Las RAR se transmiten tras cada ventana de PRACH.

Para la presente invención, si se configuran N preámbulos para el Acceso Aleatorio Basado en contiendas, el eNodeB transmitirá un (1) mensaje de RAR dentro de cada ventana asociada a cada oportunidad de PRACH. Cada mensaje contendrá N RAPID, uno por cada posible mensaje de PRACH (0 a N-1).

Sincronización del Tiempo de Enlace Ascendente (figura 4)

El desafío de la sincronización del tiempo de enlace ascendente (es decir, transmisiones desde el UE al eNodeB) surge en parte debido al desafío previo del Procedimiento de Acceso Aleatorio y la solución adoptada. Como el eNodeB envía proactivamente mensajes de RAR de manera continua sin haber recibido realmente el mensaje de PRACH del UE, envía la RAR sin conocimiento de la desviación de temporización de ese UE. En referencia a la figura 4(a), en un sistema normal dentro de retardos de comunicación esperados, el PRACH se envía en T=1 y se recibe en T=2. El eNodeB recibe el PRACH dentro de una ventana de PRACH definida. La posición del PRACH dentro de la ventana es usada por el eNodeB para estimar la desviación de tiempo del UE. En T=3, el eNodeB envía a continuación el mensaje de RAR, que incluye una instrucción para el UE con el fin de corregir su temporización. El UE recibe el mensaje de RAR con la corrección de temporización en T=4. Por consiguiente, cuando el UE envía el Msg3 en T=5, corrige la temporización de esa señal de manera que el Msg3 no contiene ninguna desviación de temporización cuando se recibe en el eNodeB en T=6.

No obstante, con el protocolo de Procedimiento de Acceso Aleatorio de la presente invención, tal como se muestra en la figura 4(b) (que es similar a la figura 3(c), no existe ninguna oportunidad para que el eNodeB envíe una corrección de temporización al UE. La RAR se envía en T=1, lo cual es anterior a la recepción del PRACH desde el UE en T=5, por lo que la RAR no puede contener una corrección de temporización. De este modo, el valor del Avance de Temporización (TA) dado por el eNodeB al UE en la RAR en T=1 será 0 y, por ello, el siguiente mensaje de enlace ascendente enviado por el UE en T=4 no estará alineado en el tiempo.

Al eNodeB se le notifica primero sobre la presencia de un UE que intenta incorporarse mediante la recepción del mensaje de PRACH. A partir de este mensaje, el eNodeB puede determinar la desviación de temporización del UE. Puesto que, en nuestro caso, el mensaje de RAR ya ha sido enviado y recibido antes de este instante, el eNodeB se prepara para la recepción de la solicitud de conexión de RRC, también conocida como Msg3. No obstante, este Msg3 no estará alineado en el tiempo.

Teniendo en cuenta esto, el eNodeB reserva espacio para permitir la desviación de temporización máxima y debe compensar la temporización de mensajes entrantes hasta que la temporización se pueda corregir en el UE. De este modo, se proporciona un método de corrección de la temporización en el UE sin usar el mensaje de RAR inicial. Más específicamente, el eNodeB planifica cuidadosamente las transmisiones de otros UE para evitar interferir con el Msg3 esperado del UE no alineado en el tiempo que lleva a cabo el procedimiento de incorporación. Como el LTE es un sistema de maestro-esclavo, el eNodeB tiene control total sobre la red. Garantiza que otros UE no se comuniquen en ese momento de una manera que interferiría con el Msg3 de este UE. Antes del momento en el que el Msg3 es recibido por el eNodeB en T6, el eNodeB ha recibido el mensaje de PRACH y puede calcular la desviación de temporización de ese UE. Con este conocimiento de la desviación de temporización, el eNodeB puede recibir una ventana que contiene el Msg3 y extraer el Msg3 con la desviación correcta dentro de la ventana.

El método de corrección de temporización de Msg3 sirve como solución temporal eficaz para corregir la desviación de temporización del UE en el eNodeB. No obstante, no se puede usar de una manera regular por lo que es necesario un método de ordenar al UE que ajuste la temporización. Dentro de la norma del LTE existen otros dos mecanismos para que un eNodeB dé instrucciones al UE según la manera mencionada. El primero es la Orden de Avance de Temporización, un elemento de control de la capa de MAC (figura 1(b)), tal como se muestra en la figura 4(c). El segundo mecanismo es una orden del Canal Físico de Control de Enlace Descendente (PDCCH) que es una DCI Formato A1 con campos especiales. Este mensaje ordena al UE que envíe otro mensaje de PRACH y que se sitúe a la escucha de un mensaje de RAR como respuesta. El mensaje de RAR puede ser usado por el eNodeB para ordenar al UE que ajuste su temporización de transmisión con una desviación del TA. El primer mecanismo puede ser usado por el eNodeB para ordenar al UE que realice pequeños ajustes de desviación del tiempo (inferiores a 15 microsegundos). El segundo mecanismo puede ser usado por el eNodeB para ordenar al

UE que realice grandes ajustes de desviación de tiempo. El eNodeB selecciona dinámicamente uno de estos dos mecanismos de acuerdo con el tamaño de la desviación de temporización que se deba ajustar.

De este modo, el protocolo de Sincronización del Tiempo de Enlace Ascendente de la presente invención funcionará durante periodos de retardo excesivos en la comunicación entre el UE y el eNodeB, con independencia de si el retardo se produce durante la transmisión desde el UE al eNodeB o durante la transmisión desde el eNodeB al UE. Además, el protocolo funciona durante condiciones normales en las que no hay ningún periodo de retardo excesivo. Adicionalmente, este protocolo se implementa completamente en el eNodeB. El UE puede funcionar de manera normal y no es necesario ningún cambio en el mismo.

Procedimiento de Traspaso (figura 5)

El desafío del traspaso es similar al del Procedimiento de Acceso Aleatorio, donde un mensaje de PRACH es enviado por el UE, y el eNodeB envía una Respuesta de Acceso Aleatorio (RAR). En un Procedimiento de Acceso Aleatorio normal, el UE comienza transmitiendo un PRACH al eNodeB. No obstante, también es posible que un eNodeB obligue a un UE a iniciar un nuevo Procedimiento de Acceso Aleatorio. El eNodeB puede hacer esto enviando una orden del Canal Físico de Control de Enlace Descendente (PDCCH) al UE. Este es un Procedimiento de Acceso Aleatorio exento de contiendas ya que el eNodeB ordena al UE que use un identificador de preámbulo de PRACH específico.

En referencia a la figura 5(a), en un traspaso normal con Acceso Aleatorio exento de contiendas, el procedimiento es iniciado por el eNodeB en T=1 usando una orden de PDCCH que especifica el uso de un identificador de preámbulo de PRACH por el UE. En T=2, la orden de PDCCH es recibida por el UE. En T=3, el UE transmite un PRACH al eNodeB. Este PRACH usa el identificador de preámbulo especificado en la orden de PDCCH. El PRACH es recibido por el eNodeB en T=4. En T=5, el eNodeB envía una Respuesta de Acceso Aleatorio (RAR) que es recibida por el UE en T=6.

Tal como se muestra en la figura 5(b), en caso de un gran retardo, el eNodeB envía una orden de PDCCH en T=1 que es recibida por el UE en T=2. El UE envía el PRACH en T=3 el cual puede ser recibido por el eNodeB en T=4. Si el eNodeB recibe el PRACH, responderá con un mensaje de RAR. El proceso fallará debido al retardo excesivo. O bien el PRACH no llegará en la ventana de PRACH y el eNodeB no conseguirá recibirlo o bien la RAR transmitida por el eNodeB llegará mucho más tarde que la ventana de RAR al UE y el UE no conseguirá recibirla. Este fallo es similar al caso del Procedimiento de Acceso Aleatorio que se ha descrito anteriormente.

La figura 5(c) muestra el protocolo del Procedimiento de Traspaso según una forma de realización de la presente invención. En este caso, se utiliza un traspaso exento de contiendas con una RAR preventiva. El eNodeB envía la orden de PDCCH en T=1 la cual especifica el uso de un identificador de preámbulo de PRACH por parte del UE durante el procedimiento. A continuación, el eNodeB enviará un mensaje de RAR para ese identificador de preámbulo de PRACH específico en T=3. El mensaje de RAR se envía antes de que el mensaje de PRACH transmitido por el UE sea recibido realmente en T=6. De esta manera, el mensaje de RAR llega al UE en T=5 dentro de la ventana de RAR. El UE recibe satisfactoriamente el mensaje y el procedimiento tiene éxito. De este modo, el protocolo del Procedimiento de Traspaso de la presente invención funcionará durante periodos de retardo excesivos en la comunicación entre el UE y el eNodeB, con independencia de si el retardo se produce durante la transmisión desde el UE al eNodeB o durante la transmisión desde el eNodeB al UE. Además, el protocolo funciona durante condiciones normales en las que no hay periodos de retardo excesivos. Además, este protocolo se implementa completamente en el eNodeB. El UE puede funcionar de manera normal y no es necesario ningún cambio en el mismo.

Conclusión

De este modo, con respecto a la HARQ, la invención proporciona un acuse de recibo previo de manera que es posible la conexión, aunque con una posible pérdida de caudal. Para el Procedimiento de Acceso Aleatorio, la invención usa una transmisión de RAR continua de manera que es posible la conexión. Para la sincronización del tiempo de enlace ascendente, una corrección de temporización de Msg3, un ajuste de temporización del UE usando un CE de MAC o una orden de PDCCH, de manera que es posible la conexión. Para el procedimiento de traspaso, se proporciona un procedimiento de acceso aleatorio modificado usando un planteamiento exento de contiendas.

El sistema y el método de la presente invención incluyen operaciones por parte de uno o más dispositivos de procesado o componentes de procesado, inclusive en el eNodeB (incluido el planificador) y/o en el UE. Cabe señalar que el dispositivo de procesado puede ser cualquier dispositivo adecuado, tal como un ordenador, un servidor, un procesador, un microprocesador, o similares. El dispositivo se puede comunicar mediante una conexión por cable o inalámbrica para transmitir y recibir información, datos y/u órdenes. La información se puede almacenar en una unidad de disco duro de ordenador, en un disco CD-ROM o en cualquier otro dispositivo de almacenamiento de datos apropiado, que puede situarse en el dispositivo de procesado o en comunicación con el mismo. El proceso completo es llevado a cabo automáticamente por el dispositivo de procesado, y sin ninguna interacción manual.

Por consiguiente, a no ser que se indique lo contrario el proceso puede producirse sustancialmente en tiempo real sin ningún retardo o acción manual.

5 El sistema y el método de la presente invención se implementa mediante *software* de ordenador o una aplicación de *software* que permite el acceso de datos de una fuente de información electrónica. El *software* y la información pueden estar dentro de un único dispositivo de procesamiento independiente o pueden estar conectados en red con un grupo de otros dispositivos de procesamiento u otros dispositivos electrónicos. Además, el *software* o aplicación de *software* se puede almacenar en un soporte que incluye uno o más soportes físicos no transitorios que almacenan juntos el contenido. Formas de realización pueden incluir medios de almacenamiento secundarios no volátiles, memoria de solo lectura (ROM) y/o memoria de acceso aleatorio (RAM). Además, una aplicación incluye uno o más módulos informáticos, programas, procesos, cargas de trabajo, hilos y/o un conjunto de instrucciones informáticas ejecutados por un sistema informático. Formas de realización de ejemplo de una aplicación incluyen módulos de *software*, objetos de *software*, instancias de *software* y/u otros tipos de código ejecutable.

15 A no ser que se muestre o establezca lo contrario, conexión y/o comunicación se refiere a un componente que está conectado eléctricamente de manera directa (por cable o inalámbricamente) a otro componente. Por consiguiente, el UE se comunica directamente con el eNodeB. No obstante, la comunicación puede ser indirecta, según pueda resultar adecuado para ciertas aplicaciones.

20 En esta memoria, las diversas comunicaciones y la temporización son aproximadas y ejemplificativas para ilustrar el alcance de la invención y no son limitativas. La temporización puede ser aproximada o sustancialmente según se defina, donde los términos "sustancialmente" y "aproximadamente" significan más o menos entre el 15 y el 20%, y, en algunas formas de realización, más o menos el 10%, y, en otras formas de realización, más o menos el 5%, y más o menos entre el 1 y 2%. Además, aunque, en ciertas formas de realización de la invención, se pueden proporcionar dimensiones, tamaños y formas específicos, estos están destinados simplemente a ilustrar el alcance de la invención y no son limitativos. De este modo, pueden utilizarse otras dimensiones, tamaños y/o formas sin desviarse con respecto al alcance de la invención.

30 La invención descrita en la presente memoria también se puede aplicar a otras redes o sistemas, tales como, por ejemplo, redes NR 5G. En el caso de una red NR 5G, la estación base es una estación base gNodeB (a la que se hace referencia con frecuencia simplemente como gNodeB) y el UE es un microteléfono móvil de NR 5G, tal como un teléfono celular, un teléfono inteligente o una llave USB.

35 Cabe señalar, además, que, en las figuras y descripciones anteriores, los diversos periodos de tiempo se designan genéricamente como T=1, 2, 3, etcétera. En esas formas de realización, los periodos de tiempo no indican una cantidad de tiempo específica, y los periodos de tiempo son consecutivos, de tal manera que T=2 es un periodo de tiempo no especificado después de T=1, y T=3 es un periodo de tiempo no especificado después de T=2. No obstante, debe reconocerse que esos periodos de tiempo pueden corresponderse con un periodo de tiempo específico. Además, no es necesario que esos periodos de tiempo sean consecutivos. Por ejemplo, en la figura 40 3(c), es posible que T=2 se produzca antes que T=1, y que T=4 se produzca antes que T=3. Consecuentemente, las formas de realización no limitan la invención.

45 La presente invención se lleva a cabo de acuerdo con las formas de realización expuestas en líneas generales en las reivindicaciones adjuntas.

50 La descripción y dibujos anteriores deben considerarse únicamente como ilustrativos de los principios de la invención. La invención se puede configurar con una variedad de formas y tamaños y no está destinada a quedar limitada por las formas de realización descritas. Los expertos en la materia se les ocurrirán fácilmente numerosas aplicaciones de la invención. Por lo tanto, no se desea limitar la invención a los ejemplos específicos divulgados o a la construcción y el funcionamiento exactos que se muestran y describen.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Estación base para comunicación con una estación terminal donde la estación terminal espera recibir un acuse de recibo de comunicación dentro de un periodo de tiempo fijo, X, para mantener un enlace de comunicación con la estación base, y existe un retardo de comunicación, Y, entre la estación base y la estación terminal que es mayor que el periodo de tiempo fijo, $Y > X$, comprendiendo dicha estación base:
- 10 un dispositivo de procesado configurado para planificar con la estación terminal un periodo de tiempo esperado ($T=2$) en el que se espera que la estación terminal envíe inicialmente datos, estando el dispositivo de procesado configurado para proporcionar ese periodo de tiempo esperado a la estación terminal, y caracterizada por que el dispositivo de procesado está configurado para enviar una señal de acuse de recibo, ACK, ficticio de los datos a la estación terminal en un primer periodo de tiempo ($T=1$) que comienza antes del periodo de tiempo esperado ($T=2$).
- 15 2. Estación base según la reivindicación 1, estando dicho dispositivo de procesado configurado asimismo para determinar el primer periodo de tiempo sobre la base de un retardo de comunicación entre la estación base y la estación terminal.
- 20 3. Estación base según la reivindicación 2, en la que dicho dispositivo de procesado está configurado para determinar el primer periodo de tiempo sobre la base de la señal de acuse de recibo que llega a la estación terminal en un instante de tiempo predeterminado en el que la estación terminal espera recibir la señal de acuse de recibo.
- 25 4. Estación base según la reivindicación 3, en la que dicha estación base recibe los datos de la estación terminal en un periodo de tiempo de recepción después del instante de tiempo predeterminado.
- 30 5. Estación base según la reivindicación 4, en la que un tiempo desde el periodo de tiempo esperado hasta el periodo de tiempo de recepción es mayor que lo esperado debido a un retardo de comunicación, o un tiempo desde el primer periodo de tiempo hasta el instante de tiempo predeterminado es mayor de lo esperado debido a un retardo de comunicación.
- 35 6. Estación base según la reivindicación 5, en la que la estación base comprende un eNodeB y el retardo de comunicación es mayor que 40 ms.
7. Estación base según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que dicha estación base implementa un protocolo de corrección de errores y de retransmisión de Solicitud de Repetición Automática Híbrida, HARQ.
- 40 8. Estación base según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que dicha estación base comprende un eNodeB y la estación terminal es un equipo de usuario tal como un dispositivo móvil.
- 45 9. Estación base según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, comprendiendo dicha estación base:
- un dispositivo de procesado configurado para planificar con la estación terminal un primer periodo de tiempo para que la estación terminal transmita un mensaje del Canal Físico de Acceso Aleatorio, PRACH, proporcionar ese primer periodo de tiempo a la estación terminal, enviar un mensaje de Respuesta de Acceso Aleatorio, RAR, a la estación terminal en un segundo periodo de tiempo, establecer una ventana de RAR en la estación terminal para recibir el mensaje de RAR durante un tercer periodo de tiempo, y recibir el mensaje de PRACH durante una ventana de PRACH durante un cuarto periodo de tiempo;
- 50 en la que el segundo periodo de tiempo comienza antes que el cuarto periodo de tiempo.
- 55 10. Estación base según la reivindicación 9, en la que dicho dispositivo de procesado está configurado para determinar el segundo periodo de tiempo sobre la base del mensaje de RAR que llega a la estación terminal dentro del tercer periodo de tiempo en la estación terminal durante la ventana de RAR.
11. Estación base según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 10, en la que dicha estación base está configurada para recibir el mensaje de PRACH desde la estación terminal en el cuarto periodo de tiempo durante la ventana de PRACH después del primer periodo de tiempo.
- 60 12. Estación base según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, estando dicho dispositivo de procesado configurado asimismo para establecer un quinto periodo de tiempo para que la estación terminal transmita transmisiones de Msg3, en el que el quinto periodo de tiempo es después del cuarto periodo de tiempo.
- 65 13. Estación base según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, estando dicho dispositivo de procesado configurado asimismo para generar una señal de elemento de control con el fin de ajustar la temporización en la estación terminal para transmitir el mensaje de PRACH.
14. Estación base según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, estando dicho dispositivo de procesado

configurado para transmitir una orden de Canal Físico de Control de Enlace Descendente, PDCCH, a la estación terminal, estando dicho dispositivo de procesado configurado para llevar a cabo un traspaso cuando el dispositivo terminal se mueve hacia/desde un área de cobertura correspondiente a dicha estación base desde/hacia otra área de cobertura correspondiente a otra estación base.

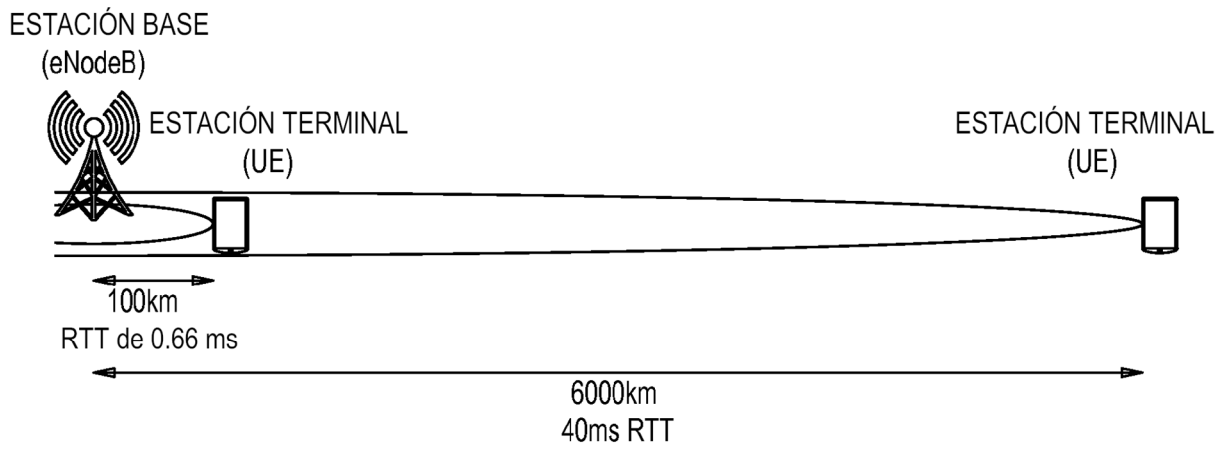


FIG. 1(a)

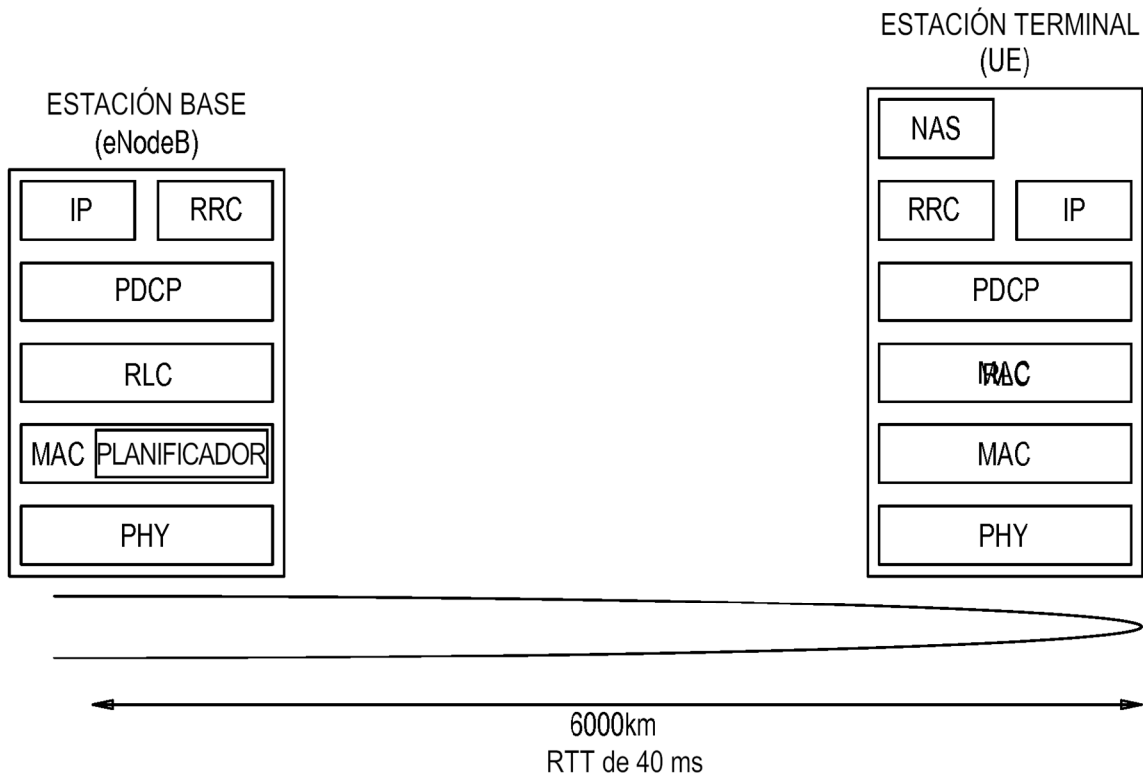


FIG. 1(b)

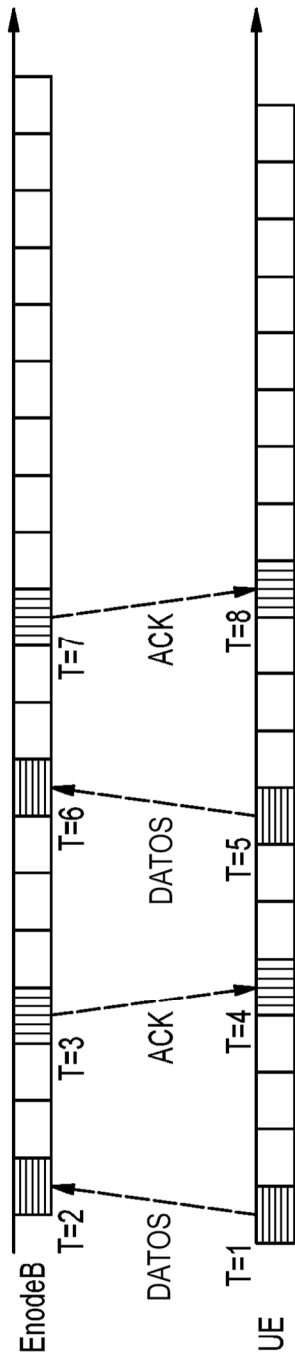


FIG. 2(a) TÉCNICA ANTERIOR

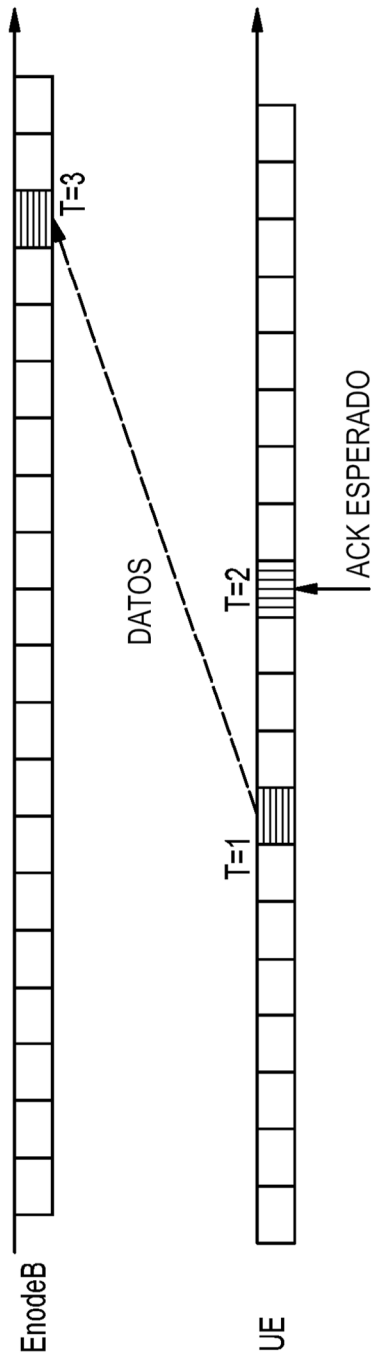


FIG. 2(b) TÉCNICA ANTERIOR

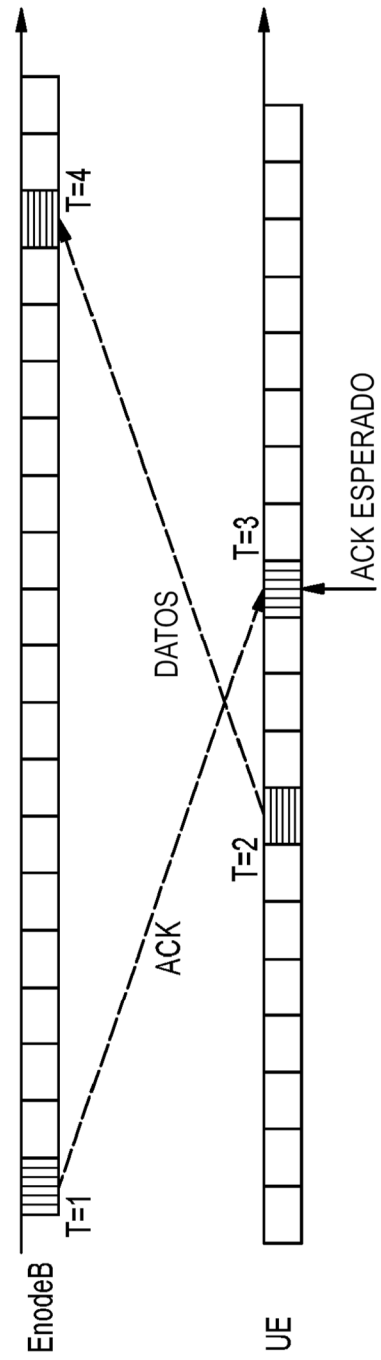


FIG. 2(c)

