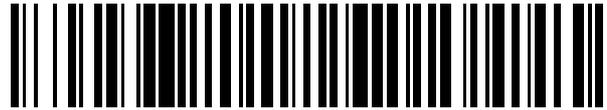


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 528 019**

51 Int. Cl.:

H04L 1/16 (2006.01)

H04L 1/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.05.2006 E 06733500 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.12.2014 EP 1889395**

54 Título: **Protocolo de solicitud de repetición automática (ARQ) que tiene múltiples mecanismos de retroalimentación complementarios**

30 Prioridad:

23.05.2005 US 683621 P

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

03.02.2015

73 Titular/es:

**OPTIS WIRELESS TECHNOLOGY, LLC (100.0%)
P.O. Box 250649
Plano, TX 75025 , US**

72 Inventor/es:

**MEYER, MICHAEL;
WIEMANN, HENNING;
TORSNER, JOHAN;
SÅGFORS, MATS y
CHENG, JUNG-FU**

74 Agente/Representante:

MILTENYI, Peter

ES 2 528 019 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

Protocolo de solicitud de repetición automática (ARQ) que tiene múltiples mecanismos de retroalimentación complementarios.

5

Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

Esta solicitud reivindica el beneficio de la publicación americana nº 7.673.211 del 14 de Diciembre de 2006.

10

Campo técnico de la invención

La invención se refiere, en general, a comunicaciones inalámbricas y, en particular, a protocolos de transmisión.

Antecedentes

15

Muchos protocolos de capa de enlace soportan un transporte de datos confiable mediante la realización de retransmisiones para transmisiones fallidas. Las transmisiones fallidas son reportadas por medio de mensajes de retroalimentación tales como mensajes de confirmación (ACK) y de no confirmación (NACK) de acuerdo con los protocolos de solicitud de repetición automática (ARQ). Los mecanismos ARQ son importantes, en particular, para los medios de transporte inalámbrico, pero también se aplican a enlaces por cable. Ejemplos de mecanismos de ARQ que operan a través de canales inalámbricos incluyen los protocolos de control de radioenlace (RLC) para el Servicio General de Paquetes por Radio (GPRS) y el Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (WCDMA), así como el protocolo ARQ híbrido (HARQ) en el Control de Acceso al Medio a Alta Velocidad (MAC-hs) para el Acceso a Descarga de Paquetes de Alta Velocidad (HSDPA). Un problema con estos protocolos es que no pueden proporcionar una retroalimentación rápida y confiable y un uso eficiente de recursos de radio.

20

Algunos protocolos de la técnica anterior utilizan un concepto ACK/NACK simple y rápido que indica si una trama de datos se ha recibido con éxito. Dichos protocolos no proporcionan números de secuencia en la retroalimentación sino que, en su lugar, el transmisor y el receptor relacionan implícitamente la retroalimentación con una transmisión particular aprovechando una relación de temporización fija. Esto a menudo se conoce como retroalimentación sincrónica. La ventaja de esta propuesta es que estas señales cortas pueden enviarse con frecuencia dado que el consumo de recursos de transmisión es relativamente bajo. Conseguir ganancias de codificación, sin embargo, es limitado, o imposible, si cada ACK o NACK es de un único bit. Por lo tanto, existe el riesgo de una mala interpretación de este único bit en el receptor. Las caídas de potencia aumentan más la probabilidad de error, y conseguir una tasa de error muy baja puede consumir una gran cantidad de recursos para cubrir caídas en el "peor caso". Por lo tanto, el envío de tales señales también es costoso si se requieren tasas de error muy bajas, debido a que sólo puede conseguirse aumentando la potencia de transmisión o por repetición de la información. Una actualización o una retransmisión de cada mensaje de retroalimentación no es posible, sin embargo, ya que tiene que alinearse en el tiempo con la transmisión de los datos correspondientes.

30

Otra clase de protocolos utiliza unidades de retroalimentación, o control, (a veces denominado mensajes de estado). Estos mecanismos se aplican a menudo para protocolos ARQ basados en ventanas. Las unidades de retroalimentación pueden incluir explícitamente números de secuencia y una suma de comprobación y, por lo tanto, puede confirmarse la fiabilidad de los mensajes de retroalimentación. La retroalimentación recibida incorrectamente no se utiliza, pero se deja en el transmisor de los datos. Las retransmisiones o transmisiones de actualizaciones de la retroalimentación se utilizan para asegurar que la retroalimentación se recibe correctamente. Hay que indicar que dichas unidades de retroalimentación no requieren ninguna alineación de tiempo con las unidades de datos correspondientes debido a la numeración de secuencia de unidades de datos y la referencia a aquellos en las unidades de retroalimentación. Estos tipos de mecanismos de retroalimentación tienen la ventaja de ser muy confiables; sin embargo, son típicamente mucho más lentos en comparación con los mecanismos de retroalimentación ACK/NACK síncronos.

45

Por lo tanto, lo que se necesita en la técnica son protocolos de retransmisión integrados que obtengan las eficiencias de los protocolos ACK/NACK convencionales, a la vez que consiga simultáneamente una fiabilidad de mensajes de retroalimentación explícitos. Preferiblemente, dichos protocolos de retransmisión integrados pueden implementarse en una sola entidad de protocolo y se basan en las mismas unidades de datos de protocolo, estado de protocolo, y lógica.

50

En US 2004/0004954 A1 se dispone un sistema y un procedimiento para detectar y corregir errores de transmisión en un sistema de comunicación inalámbrica. Se asignan unos números de secuencia de transmisión (TSNs) a unidades de datos de protocolo (PDUs) procesadas por el sistema. Un UE en el sistema determina que un bloque de datos que tiene un TSN esperado no fue recibido desde un Nodo B y genera un mensaje de aviso del estado del TSN. El Nodo B retransmite el bloque de datos que incluye el TSN esperado a la UE en respuesta al mensaje de aviso del estado del TSN. La información proporcionada por el mensaje de aviso del estado del TSN se incorpora en la señalización en un canal físico que puede incluir ACK/NACK o mediciones de calidad de un canal, produciendo un

60

65

canal de retroalimentación de retorno expandido que puede ocurrir por múltiples intervalos de tiempo. La solución proporciona una detección de error redundante, en la que una señal interpretada previamente como ACK puede determinarse después en realidad como NACK.

5 **DESCRIPCIÓN**

Para abordar las deficiencias de la técnica anterior, la invención proporciona procedimientos de acuerdo con las realizaciones descritas en las reivindicaciones 1 y 11, que pueden incorporarse en transmisores y receptores, para controlar eficazmente la retransmisión de unidades de datos en un sistema de telecomunicación inalámbrica. De acuerdo con los principios de la invención, se utilizan múltiples mecanismos de retroalimentación complementaria para controlar la retransmisión. En general, en respuesta a la recepción de una pluralidad de unidades de datos, un receptor intenta decodificar cada unidad de datos. Si una unidad de datos se decodifica con éxito, el receptor transmite retroalimentación positiva al transmisor; la respuesta positiva indica al transmisor que la unidad de datos fue descodificada con éxito por el receptor. Si una unidad de datos no se decodifica correctamente, el receptor transmite retroalimentación negativa al transmisor; la retroalimentación negativa indica al transmisor que la unidad de datos no fue descodificada con éxito por el receptor. En todos los casos, el receptor emplea por lo menos un primer y un segundo mecanismo de retroalimentación para transmitir retroalimentación.

El primer y el segundo mecanismo de retroalimentación utilizan un primer y un segundo canal de radio; el primer y el segundo canal de radio pueden compartir una frecuencia portadora común. El primer canal de radio puede ser un canal de ancho de banda estrecho y puede utilizar un procedimiento de transmisión no confiable; el segundo canal de radio utiliza preferiblemente un procedimiento de transmisión confiable.

La retroalimentación positiva puede incluir un mensaje de confirmación (ACK) y la retroalimentación negativa puede incluir un mensaje de no confirmación (NACK). La retroalimentación positiva y negativa puede incluir, además, un mensaje de estado que incluya uno o más identificadores de posición o números de secuencia que identifiquen los de la pluralidad de unidades de datos. Un mensaje de estado puede ser, por ejemplo, un único número de secuencia que indique el número más alto de la pluralidad de unidades de datos recibidas con éxito, o puede incluir el número de secuencia para cada unidad de datos que se ha recibido correctamente o el número de secuencia para cada unidad de datos que ha sido recibido incorrectamente, o ambos. Los mensajes de estado pueden transmitirse, por ejemplo, automáticamente en respuesta a la recepción de un número predeterminado de unidades de datos. Alternativamente, pueden enviarse mensajes de estado en respuesta a una petición desde el transmisor; la petición puede ser, por ejemplo, un indicador dentro de una de las unidades de datos.

En una realización de ejemplo, los mensajes ACK y NACK no incluyen números de secuencia y se transmiten sobre el primer canal de radio utilizando un procedimiento de transmisión no confiable y se transmiten mensajes de estado sobre el segundo canal de radio utilizando un procedimiento de transmisión confiable. Los mensajes ACK y NACK pueden ser, por ejemplo, bits de datos individuales y pueden transmitirse incondicionalmente en respuesta a la recepción de cada una de la pluralidad de unidades de datos. Preferiblemente, el transmisor retransmite una unidad de datos en respuesta a la recepción de un mensaje NACK o de estado que indica no entrega o fallo en la decodificación de dicha unidad de datos; el transmisor, sin embargo, no elimina una unidad de datos de su buffer de envío al recibir un ACK, sino solamente en respuesta a un mensaje de estado que indica una decodificación exitosa de dicha unidad de datos por el receptor. Los mensajes de estado incluyen un valor de comprobación de redundancia cíclica (CRC) para que el transmisor pueda verificar que un mensaje de estado se recibe correctamente.

El procedimiento puede incluir, además, la detección, por un receptor, de un error en la transmisión de retroalimentación negativa; un error puede indicarse por la terminación de un temporizador antes de la recepción esperada de una unidad de datos retransmitida para la cual se envió retroalimentación negativa. En el caso de detectar un error de este tipo, se retransmite preferiblemente retroalimentación positiva o negativa pendiente utilizando el segundo mecanismo de retroalimentación.

Lo anterior describe a grandes rasgos, de manera bastante amplia, los principios de la presente invención para que los expertos en la materia puedan entender mejor la descripción detallada de las siguientes realizaciones de ejemplo. Los expertos en la materia deben apreciar que puede utilizarse fácilmente la concepción y las realizaciones de ejemplo que se describen como base para diseñar o modificar otras estructuras y procedimientos para llevar a cabo los mismos objetivos de la presente invención. Los expertos en la materia también deben comprender que tales configuraciones equivalentes no se apartan del alcance de la invención en su forma más amplia, tal como viene definida por las reivindicaciones que se dan a continuación.

60 **Breve descripción de las diversas vistas de los dibujos**

La figura 1 ilustra una representación esquemática de un protocolo de retransmisión integrado de acuerdo con los principios de la invención;

La figura 2 ilustra un diagrama de flujo del procedimiento general del protocolo de retransmisión para un receptor;

La figura 3 ilustra un diagrama de flujo de una realización de ejemplo de un protocolo de retransmisión integrada, de acuerdo con los principios de la invención, en un transmisor;

La figura 4 ilustra un diagrama de flujo de una realización de ejemplo de un protocolo de retransmisión integrada, de acuerdo con los principios de la invención, en un receptor;

La figura 5 ilustra el funcionamiento de la invención respecto a un buffer de envío de un transmisor;

Las figuras 6a y 6b ilustran gráficas de secuencias de mensajes que ilustran el funcionamiento de un temporizador utilizado para detectar errores de retroalimentación; y,

Las figuras 7a y 7b representan otras gráficas de secuencias de mensajes que ilustran el funcionamiento del temporizador.

Descripción detallada

La presente invención combina las ventajas de múltiples conceptos de señalización de retroalimentación en un protocolo. En particular, esto es posible en una arquitectura de redes de acceso distribuido, por ejemplo, cuando un protocolo de solicitud de repetición automática (ARQ) termina en una estación de base (o punto de acceso) y un terminal. En una arquitectura de redes de acceso centralizadas, las ventajas de la invención pueden conseguirse, por ejemplo, en combinación con un concepto *RelayARQ* (véase: H. Wiemann, M. Meyer, R. Ludwig, CPO, *A Novel Multi-Hop ARQ Concept*. IEEE 61a Conferencia de Tecnología Vehicular Semestral (VTC), 30 mayo - 1 junio de 2005). La invención se implementa preferiblemente en forma de un protocolo único utilizando dos (o más) formatos de retroalimentación específicos en dos (o más) mecanismos de retroalimentación específicos; tal como se describe en lo sucesivo, los mecanismos de retroalimentación pueden tener diferentes características de canal en términos de fiabilidad, consumo de recursos y retardo. Por otra parte, los dos (o más) formatos de retroalimentación pueden utilizar diferentes medios para indicar el estado del receptor; por ejemplo:

1. retroalimentación síncrona y binaria (ACK/NACK) como en HS-DSCH o E-DCH; este mecanismo se basa en una relación de temporización fija entre la transmisión de datos y la retroalimentación correspondiente.
2. retroalimentación asíncrona y explícita como en RLC; un mensaje de estado contiene identificadores que determinan explícitamente las unidades de datos a las que se refiere la retroalimentación, en el que los identificadores pueden ser números de secuencia o referencias de temporización explícitas.

Ambos formatos de mensaje de retroalimentación indican información del receptor desde la misma entidad de protocolo y se refieren a las mismas unidades de datos de protocolo, protocolo de estado y lógica. Una ventaja de utilizar dos mecanismos de retroalimentación de información diferentes es que la operación puede ajustarse a las condiciones de radio instantáneas y las situaciones de error de transmisión con el fin de lograr un intercambio de retroalimentación de recursos de radio rápido, confiable y eficiente

Haciendo referencia a la figura 1, se ilustra una representación esquemática de un protocolo de retransmisión integrado de acuerdo con los principios de la invención. Se transmiten 102 unidades de datos desde un transmisor 101 hacia un receptor 103, cada uno de los cuales define un punto final de protocolo que mantiene su propio estado de protocolo; la transmisión de datos bidireccional puede obtenerse utilizando un par transmisor/receptor del protocolo de retransmisión en cada dirección. Tal como se ilustra, se utilizan dos tipos de mecanismos de retroalimentación para indicar el estado del protocolo del receptor; un mecanismo (104) de protocolo de solicitud de repetición automática (ARQ) de confirmación (ACK)/no confirmación (NACK) y un mecanismo de mensaje de estado 105. Se supone que el protocolo de retransmisión es un protocolo ARQ basado en ventanas que asigna números de secuencia a cada unidad de datos de protocolo. Los números de secuencia identifican específicamente cada unidad de datos de protocolo y pueden utilizarse para señalar qué unidades de datos se han recibido correctamente y cuáles deben ser retransmitidas.

Para el mecanismo de retroalimentación ACK/NACK, puede haber escenarios con más de una unidad de datos por intervalo de tiempo (por ejemplo, MIMO). En tales realizaciones, puede haber un bit de retroalimentación por unidad de datos o, alternativamente, un bit para un número predefinido de unidades de datos. Una alternativa es utilizar más de un bit por unidad de datos, pero aún retroalimentación síncrona.

Haciendo referencia ahora a la figura 2, siguiendo haciendo referencia a la figura 1, se ilustra un diagrama de flujo del procedimiento general del protocolo de retransmisión para el receptor 103. En general, en respuesta a la recepción de una pluralidad de unidades de datos (etapa 201), el receptor 103 intenta decodificar cada unidad de datos (etapa 202) y transmitir retroalimentación (etapa 204), como una función de dicha decodificación, al transmisor

102. Si una unidad de datos se decodifica con éxito (etapa 203), el receptor transmite retroalimentación positiva al transmisor (etapa 204a); la retroalimentación positiva indica al transmisor que la unidad de datos fue descodificada con éxito por el receptor. Si una unidad de datos no se decodifica con éxito (etapa 203), el receptor transmite retroalimentación negativa al transmisor (etapa 204b); la retroalimentación negativa indica al transmisor que la unidad de datos no fue descodificada con éxito por el receptor. En todos los casos, tal como se describe en lo sucesivo, el receptor 103 selecciona un mecanismo de retroalimentación (etapa 205) y transmite la información utilizando uno de dos o más mecanismos de retroalimentación (etapas 206a, 206b).

Haciendo referencia ahora a las figuras 3 y 4 (siguiendo haciendo referencia a las figuras 1 y 2) se ilustran unos diagramas de flujo de una realización de ejemplo de un protocolo de retransmisión integrada, de acuerdo con los principios de la invención, para el transmisor 102. Con el fin de reducir retardos en la retransmisión, es deseable que el receptor 103 sepa lo antes posible si la transmisión se ha realizado correctamente. Por lo tanto, en una realización preferida, para cada unidad de datos de transmisión (etapa 101) por el transmisor 102, el receptor 103 transmite retroalimentación (etapa 204). En esta realización, el receptor 103 transmite (etapa 401) retroalimentación ACK/NACK síncrona en respuesta a la recepción de cada unidad de datos. Después de que el receptor ha intentado decodificar una unidad de datos (etapa 202), se envía un ACK si fue descodificada con éxito (etapa 204a) o bien un NACK que indica que la descodificación no tuvo éxito (etapa 204b). Si el transmisor 102 recibe un NACK (etapa 301), éste retransmite la unidad de datos correspondiente (etapa 302); si no, sin embargo, se elimina la unidad de datos de su buffer de envío.

Algunos protocolos ARQ inalámbricos no señalan explícitamente el número de secuencia de una unidad de datos sino que se basan en una estructura de temporización fija, lo que significa que el transmisor sabe a qué transmisión pertenece la retroalimentación. Por ejemplo, suponiendo una longitud de trama fija, el transmisor espera retroalimentación para una unidad de datos enviada en la trama x en la trama $x + 4$. Dado que la información de retroalimentación está asociada al momento de la transmisión de la retroalimentación, sin embargo, el estado de una unidad de datos determinada sólo puede indicarse una vez y no es posible repetir la indicación para recuperarse de señales de retroalimentación perdidas o erróneas.

De acuerdo con los principios de la invención, se utiliza un primer mecanismo de retroalimentación para transmitir la retroalimentación ACK/NACK, y puede utilizarse un formato de retroalimentación muy estrecho, de bajo coste (en términos de recursos de radio), pero relativamente poco confiable. Puede utilizarse un segundo mecanismo de retroalimentación para enviar retroalimentación adicional en base a mensajes de retroalimentación explícitos (mensajes de estado) y, preferiblemente, se utiliza un formato de retroalimentación más confiable. Por lo tanto, tal como se muestra en la figura 4, el receptor 103, además de transmitir los mensajes ACK/NACK para cada unidad de datos recibida, también transmite mensajes de estado periódicos (etapa 402).

Cada mensaje de estado contiene uno o más identificadores de posición de secuencia, que puede ser un número de secuencia asociado a cada unidad de datos en particular o una referencia de temporización explícita que haga referencia a un intervalo de tiempo en el cual se detectó un intento de transmisión por el receptor; tales mensajes de estado informan al transmisor acerca del estado de recepción de los datos identificados por los identificadores de posición mencionados anteriormente. La ventaja de utilizar un número de secuencia o una referencia de temporización explícita como punto de referencia es que no hay requerimientos de temporización estrictos para la transmisión de la retroalimentación. Aunque este mensaje de estado asíncrono se retrarde unas pocas unidades, todavía puede ser interpretado por el transmisor 102 ya que incluye un punto de referencia. Esto implica que los mensajes de estado consecutivos pueden contener información acerca de las mismas unidades de datos, lo que aumenta la fiabilidad del protocolo puesto que un mensaje de estado perdido sólo provoca un cierto retardo adicional.

Un mensaje de estado puede indicar, por ejemplo, que hasta un número de secuencia o momento de transmisión explícitamente determinado todas las unidades de datos se han recibido correctamente; dicho mensaje de estado puede denominarse confirmación acumulativa. Como alternativa, un mensaje de estado puede incluir una lista de unidades de datos que se han recibido correctamente o incorrectamente. La lista de unidades de datos puede comprimirse en forma de mapa de bits para una transmisión más eficiente. Los mensajes de estado incluyen un valor de comprobación de redundancia cíclica (CRC) para garantizar que sólo se utiliza información de estado recibida correctamente para manipular la ventana del transmisor. Cuando el transmisor 102 recibe un mensaje de estado que indica la decodificación satisfactoria de una o más unidades de datos (etapa 303), entonces elimina dichas unidades de datos identificadas de su buffer de envío (etapa 304).

En una realización de ejemplo, los mensajes de estado se transmiten sobre un segundo canal de radio que puede utilizar una codificación más eficiente ya que los mensajes son más grandes. El alineamiento de tiempo, sin embargo, no es necesario. Además, la tasa de error de estos mensajes puede ser diferente de los transmitidos sobre el primer canal.

Una ventaja particular de la invención es que ambos mecanismos de retroalimentación pueden ser proporcionados por una entidad de protocolo y se basan en el mismo estado de protocolo. Esto significa que puede lograrse tanto un

bajo retardo como una alta fiabilidad a la vez que se consume un mínimo de recursos para la transmisión de la retroalimentación. Además, existe la posibilidad de estrategias de adaptación de retroalimentación dependiendo de las condiciones de radio y/o patrones de error, que de otro modo solamente son posibles con una comunicación entre capas compleja. El protocolo de retransmisión integrado también puede producir tasas de error menores en comparación con un protocolo ARQ sincronizado y una corrección de error más rápida en comparación con un protocolo basado en ventanas asíncronas; ambas ganancias pueden conseguirse con un bajo nivel de consumo de recursos para la retroalimentación.

Dado que ambos mensajes de retroalimentación envían señales de información que pertenecen al mismo protocolo de estado, es posible que las señales NACK síncronas se utilicen exclusivamente para activar retransmisiones, pero los ACKs no activan la eliminación de datos del buffer de envío del transmisor. Esto se debe al hecho de que los mensajes ACK/NACK de 1 bit no son confiables, es decir, el transmisor 102 puede interpretar fácilmente un NACK como ACK. Si el transmisor 102 avanza en su ventana de transmisión o elimina unidades de datos de su búfer de envío debido dicha mala interpretación, el resultado sería una pérdida de datos irrecuperable. Por lo tanto, solamente deberían utilizarse los mensajes de estado confiables para activar la eliminación de unidades de datos del buffer de envío del transmisor (figura 3; etapas 303, 304); esto se ilustra en la figura 5.

La figura 5 ilustra el funcionamiento de la invención respecto al buffer de envío del transmisor. El transmisor 102 incluye un buffer de envío que mantiene unidades de datos transmitidas. Tal como se ilustra, primero se transmite la unidad de datos D1, seguido de las unidades de datos, D2, D3 y D4. Según se transmite cada unidad de datos, ésta se almacena en el buffer de envío; de este modo, las unidades de datos D1 a D4 se almacenan en el buffer de envío después de la transmisión de la unidad de datos D4. En el receptor, cada unidad de datos se decodifica y se transmite un ACK o un NACK de nuevo al receptor. Para el ejemplo ilustrado en la figura 5, la unidad de datos D1 se descodifica con éxito y, por lo tanto, se transmite una confirmación (ACK) A1 de nuevo al transmisor. La unidad de datos D2, sin embargo, no se decodifica con éxito y se envía una no-confirmación (NACK) N2 al transmisor, activando la retransmisión de la unidad de datos D2. Las unidades de datos D3 y D4 también se descodifican con éxito y, por lo tanto, se transmiten ACKs A3 y A4 de nuevo al transmisor. En este punto, las unidades de datos D1 a D4 se encuentran todavía en el buffer de envío. A continuación se recibe un mensaje de estado 501; el mensaje de estado identifica el estado de decodificación satisfactoria de las unidades de datos D1, D3, y D4 como confirmado (A) y el estado de decodificación sin éxito de la unidad de datos D2 como no confirmado (N). Debido a la naturaleza confiable del mensaje de estado, el transmisor puede ahora eliminar las unidades de datos D1, D3 y D4 de su buffer de envío, dejando sólo la unidad de datos D2. En el ejemplo ilustrado, la decodificación de la unidad de datos retransmitida D2 se realizó con éxito y se envía un ACK A2 al transmisor. Sin embargo, la unidad de datos D2 no se elimina del buffer de envío hasta la posterior recepción del mensaje de estado 502 indicando la decodificación con éxito de la unidad de datos D2; en el ejemplo ilustrado, el buffer de envío está entonces vacío.

Considerando que ambos mensajes de retroalimentación envían señales de información que pertenece al mismo estado de protocolo, es posible utilizar las señales NACK para activar exclusivamente retransmisiones, mientras que las señales ACK no activan la eliminación de una unidad de datos correspondiente del buffer de envío. Esto se debe al hecho de que los mensajes ACK/NACK de 1 bit no son confiables; si un NACK es interpretado por el transmisor como un ACK, el transmisor podría avanzar en la ventana de transmisión o eliminar unidades de datos del buffer de envío, lo que da lugar a una pérdida de datos irrecuperable. Para evitar esto, los mensajes de estado confiables preferiblemente sólo pueden desencadenar la eliminación de los datos en el buffer de envío del transmisor.

Tal como se ha descrito anteriormente, la retroalimentación ACK y NACK puede ser de 1 bit. Un problema potencial con el uso de mensajes de confirmación de un solo bit, sin embargo, es que un NACK puede ser mal recibida como un ACK; es decir, el receptor 103 no recibe una unidad de datos correctamente y responde con una señal NACK, pero el transmisor 102 interpreta esta señal como un ACK y supone incorrectamente que los datos se han recibido correctamente. Suponiendo que el protocolo se opera de manera asíncrona (es decir, no se envían retransmisiones con un desplazamiento fijo a la recepción de un NACK), el receptor 103 no sabrá cuándo esperar una retransmisión de la unidad de datos recibida incorrectamente; por lo tanto, es imposible que el receptor detecte inmediatamente que se produjo un error de NACK a ACK. Para resolver este problema puede utilizarse un temporizador en el receptor que se inicie al recibir una transmisión no exitosa; alternativamente, el temporizador puede iniciarse cuando se transmita el NACK correspondiente o en eventos relacionados similares. El temporizador se detiene si se recibe la retransmisión esperada y los datos pueden ser decodificados con éxito. El temporizador se reinicia, sin embargo, si se recibe una retransmisión y los datos todavía no pueden ser decodificados; es decir, persisten errores de transmisión. Si el temporizador termina antes de recibir la retransmisión esperada, se indica un error en la transmisión de la retroalimentación. Tras este error, la retroalimentación se retransmite entonces utilizando un segundo mecanismo de retroalimentación. Además, si se reciben nuevos datos en lugar de la retransmisión esperada, el receptor retransmite la información utilizando un segundo formato de retroalimentación y detiene el temporizador.

En las figuras 6a y 6b se muestran unas gráficas de secuencias de mensajes que ilustran el funcionamiento del temporizador. La figura 6A representa el caso en el que se produce un error de transmisión pero el NACK se recibe correctamente; el temporizador se pone en marcha pero la retransmisión llega tal como se esperaba y el

temporizador se cancela. La figura 6b representa el caso en que se produce un error de transmisión y el NACK no se recibe correctamente en el transmisor; es decir, el transmisor interpreta el NACK como ACK. Debido a que el transmisor cree que no se requiere ninguna acción adicional, éste no retransmite la unidad de datos tal como esperaba el receptor y el temporizador eventualmente termina. Cuando el temporizador termina, se envía otro mensaje de retroalimentación al transmisor para solicitar una retransmisión. Este mensaje de retroalimentación debe enviarse utilizando un procedimiento confiable; el mensaje debe incluir información acerca de qué unidad de datos se retransmite y también un mecanismo, tal como un valor de CRC, para asegurar que se interpreta correctamente en el transmisor. Una vez que se recibe este mensaje de retroalimentación y el transmisor sabe que no se envió con éxito una unidad de datos, éste retransmite la unidad de datos identificada. Volviendo ahora a las figuras 7a y 7b, se han representado otras gráficas de secuencias de mensajes que ilustran el funcionamiento del temporizador. 7a ilustra un caso en que no se produce ningún error NACK-a-ACK, pero una retransmisión no es suficiente para decodificar con éxito la unidad de datos y se transmite un segundo NACK. El temporizador se reinicia y se espera una nueva retransmisión; una vez que la transmisión se ha realizado con éxito, el temporizador se cancela. Finalmente, la figura 7b ilustra un caso en el que se produce un error NACK-a-ACK para una primera unidad de datos. Debido a que el transmisor cree que la primera unidad de datos se ha recibido correctamente, se transmite una segunda unidad de datos. En este caso, el receptor detecta que se ha enviado una nueva unidad de datos en lugar de la retransmisión esperada. En este caso, dado que el receptor no puede esperar una retransmisión para la primera unidad de datos, detendrá el temporizador y se envía un mensaje de retroalimentación confiable para solicitar la retransmisión de la primera unidad de datos.

Los principios de la invención pueden modificarse de acuerdo con ciertas características adicionales. En un ejemplo alternativo, el segundo formato de retroalimentación solamente puede enviarse para datos (flujos) que requieren una alta fiabilidad. En otro ejemplo, la transmisión de mensajes de estado puede activarse en función de la fiabilidad de la retroalimentación ACK/NACK. En base a la decodificación de la retroalimentación ACK/NACK, el transmisor puede determinar la fiabilidad de los mensajes ACK/NACK. Para ("ciertos") ACKs muy confiables, puede que no haya necesidad de enviar ningún mensaje de estado; en tales casos, las ventanas del transmisor y el receptor pueden avanzar sin mensajes de estado de nivel superior. Tras una recepción de ACK/NACK "incierto", sin embargo, el transmisor puede enviar una solicitud de mensaje de estado para actualizar su estado de protocolo con retroalimentación más confiable. En un ejemplo, se realiza una "petición" para un mensaje de estado dentro de la señalización para la ARQ (por ejemplo, señalización fuera de banda) para lograr una petición rápida para el estado. Como alternativa, la petición podría indicarse con una marca en una unidad de datos.

Cuando se recibe un NACK, se retransmite una unidad de datos correspondiente preferiblemente de manera inmediata para minimizar el retardo. En caso de que la fiabilidad del mensaje NACK sea baja (lo que puede determinarse a partir de las métricas de decodificación) existe, sin embargo, el riesgo de que la retransmisión sea innecesaria, dando lugar a una eficiencia reducida. Para solucionar este problema, el receptor puede realizar retransmisiones inmediatas sólo si los NACKs recibidos tienen una fiabilidad por encima de un cierto umbral. Si la fiabilidad está por debajo del umbral, la unidad de datos puede quedar retenida hasta la recepción de un mensaje de estado confiable que contenga una indicación confiable de si la unidad de datos debe ser retransmitida. Esto puede combinarse ventajosamente con la función de petición descrita previamente para ACKs poco confiables para conseguir una transmisión oportuna de un mensaje de estado. El umbral para realizar una retransmisión basada en una retroalimentación "incierto" puede adaptarse a la carga del sistema para utilizar un umbral de fiabilidad más elevado durante una alta carga del sistema cuando los recursos son limitados.

Considerando que tanto los mensajes de ACK/NACK como los de retroalimentación de mensajes de estado proporcionan información acerca de las mismas unidades de datos, existe el riesgo de múltiples retransmisiones de la misma unidad de datos. Si la retroalimentación de ACK/NACK provoca que ciertas unidades de datos sean retransmitidas, es posible que el transmisor no complete la retransmisión cuando el receptor envía un mensaje de estado (o las unidades de datos se han retransmitido, pero el receptor todavía no las ha recibido y procesado). En este caso, las mismas unidades de datos de protocolo pueden ser solicitadas para la retransmisión por segunda vez por el mensaje de estado, lo que da lugar a retransmisiones innecesarias. Este problema puede abordarse incluyendo una referencia de tiempo (por ejemplo, número de trama) en el mensaje de estado; la referencia de tiempo indica hasta qué punto en el tiempo (es decir, qué trama) se consideraron las unidades de datos recibidas cuando se transmitió el mensaje de estado. Cuando el transmisor recibe el mensaje de estado, éste puede determinar que cualquier unidad de datos que ha sido retransmitida (o solicitada para ser retransmitida por la retroalimentación ACK/NACK) después del momento indicado (es decir, trama) no debe ser retransmitida si se solicita en el informe de situación.

Finalmente, mientras que ambos tipos de mensajes de retroalimentación se refieren al mismo estado de protocolo, es posible evaluar la relación de error de la retroalimentación ACK/NACK comparándolo con la retroalimentación del mensaje de estado recibido con éxito. La relación de error determinada para la retroalimentación ACK/NACK puede utilizarse como un indicador de si debe modificarse la señalización, por ejemplo, adaptando parámetros de transmisión tales como la potencia de transmisión, la diversidad, etc. Para este fin, puede enviarse una señal del transmisor al receptor para informarle de que dichos parámetros de transmisión deben ser adaptados.

Aunque la presente invención se ha descrito en detalle, los expertos en la materia concebirán diversos cambios, sustituciones y alteraciones en las realizaciones de ejemplo que se han descrito aquí sin apartarse del alcance de la invención en su forma más amplia. Las realizaciones de ejemplo que se presentan aquí ilustran los principios de la invención y no pretenden ser exhaustivos o limitar la invención a la forma descrita; se pretende que el alcance de la invención esté definido por las reivindicaciones adjuntas.

5

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de funcionamiento de un receptor (103) para utilizarse en un sistema de telecomunicación inalámbrica, siendo dicho receptor (103) operativo para controlar la retransmisión de unidades de datos recibidas, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de:
- 10 recibir (201) una pluralidad de unidades de datos desde un transmisor (102), comprendiendo cada una de dichas unidades de datos un número de secuencia;
 intentar (203), en respuesta a la recepción de cada una de dicha pluralidad de unidades de datos, decodificar cada unidad de datos; y
 si se decodifica con éxito una unidad de datos, transmitir (204a) un mensaje de confirmación, ACK, a dicho transmisor (102), indicando dicho ACK al citado transmisor (102) que dicho receptor (103) decodificó con éxito la citada unidad de datos; o
 15 si no se decodifica con éxito una unidad de datos, transmitir (204b) un mensaje de no confirmación, NACK, a dicho transmisor (102), indicando dicho NACK al citado transmisor (102) que dicho receptor (103) decodificó sin éxito la citada unidad de datos;
 en el que el citado transmisor (102) transmite dicho ACK o NACK sobre un primer canal de radio, transmitir (402, 405) un mensaje de estado a dicho transmisor (102) sobre un segundo canal de radio, indicando dicho mensaje de estado si una o más de dichas unidades de datos se han decodificado con éxito o no, comprendiendo dicho mensaje de estado uno o más identificadores de posición de secuencia, identificando cada uno de dichos uno o más identificadores de posición de secuencia una de dicha pluralidad de unidades de datos, estando caracterizado el procedimiento por el hecho de que:
 20 el mensaje de estado es transmitido sobre el segundo canal de radio utilizando un procedimiento de transmisión que es más confiable que un procedimiento de transmisión utilizado sobre el primer canal de radio en el que el mensaje de estado es transmitido sobre el segundo canal de radio con un valor de comprobación de redundancia cíclica (CRC) para garantizar que el mensaje de estado se ha interpretado correctamente en el transmisor (102).
- 30 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que cada uno de dichos uno o más identificadores de posición de secuencia es el número de secuencia de uno de dicha pluralidad de unidades de datos.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que cada uno de dichos uno o más identificadores de posición de secuencia es una referencia de tiempo explícita que se refiere a un intervalo de tiempo en el que el receptor detectó un intento de transmisión de una de dichas unidades de datos.
- 35 4. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dichos mensajes ACK y NACK consisten en bits únicos.
5. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicho mensaje de estado se transmite automáticamente en respuesta a la recepción de un predeterminado número de dicha pluralidad de unidades de datos.
- 40 6. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicho mensaje de estado se envía en respuesta a una petición de dicho transmisor (102).
7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que la citada petición de dicho transmisor (102) comprende una marca en una de dicha pluralidad de unidades de datos.
- 45 8. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicho mensaje de estado comprende un único identificador de posición de secuencia que indica el número más alto de dicha pluralidad de unidades de datos recibidas con éxito en secuencia.
- 50 9. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicho mensaje de estado comprende el identificador de posición de secuencia para cada una de dicha pluralidad de unidades de datos que se ha recibido correctamente.
10. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicho mensaje de estado comprende el identificador de posición de secuencia para cada una de dicha pluralidad de unidades de datos que se ha recibido incorrectamente o no se ha entregado.
- 55 11. Procedimiento de funcionamiento de un transmisor (102) para utilizarse en un sistema de telecomunicación inalámbrica, siendo dicho transmisor (102) operativo para retransmitir selectivamente unidades de datos, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de:
- 60 almacenar temporalmente una pluralidad de unidades de datos a transmitir a un receptor (103) en un buffer de envío;
 transmitir (101) dicha pluralidad de unidades de datos a dicho receptor (103), comprendiendo cada una de dichas unidades de datos un número de secuencia;
- 65

recibir (104) mensajes de confirmación, ACK, y no confirmación, NACK, de dicho receptor (103) sobre un primer canal de radio, en el que dicho receptor (103), en respuesta a la recepción de cada una de las citadas unidades de datos, intenta decodificar la citada unidad de datos en dicho receptor (103), y:

5 si se decodifica con éxito una unidad de datos, transmitir un mensaje de confirmación, ACK, indicando dicho ACK al citado transmisor (102) que dicho receptor (103) ha decodificado la citada unidad de datos con éxito; o, si no se decodifica con éxito una unidad de datos, transmitir un mensaje de no confirmación, NACK, indicando dicho NACK a dicho transmisor (102) que dicho receptor (103) ha decodificado la citada unidad de datos sin éxito;

10 recibir (105) un mensaje de estado de dicho receptor (103) sobre un segundo canal de radio, indicando dicho mensaje de estado si una o más de la citada pluralidad de unidades de datos se han decodificado con éxito o no, comprendiendo dicho mensaje de estado uno o más identificadores de posición de secuencia, identificando cada uno del citado uno o más identificadores de posición de secuencia una de dicha pluralidad de unidades de datos;

15 en el que dicho transmisor (102) retransmite una unidad de datos en respuesta a la recepción de un mensaje NACK correspondiente o un mensaje de estado que indica falta de entrega o fallo al decodificar la citada unidad de datos y en el que dicho transmisor (102) elimina una unidad de datos de dicho buffer de envío solamente en respuesta a un mensaje de estado que indica la codificación exitosa de dicha unidad de datos por dicho receptor (103),

20 estando caracterizado el procedimiento por el hecho de que:
 el mensaje de estado es transmitido por el receptor (103) sobre el segundo canal de radio utilizando un procedimiento de transmisión que es más confiable que un procedimiento de transmisión utilizado por el receptor (103) sobre el primer canal de radio en el cual el mensaje de estado se transmite sobre el segundo canal de radio con un valor de comprobación de redundancia cíclica (CRC) para permitir que el transmisor (102) verifique que el mensaje de estado se ha interpretado correctamente en el transmisor (102).

25 12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que dichos mensajes ACK y NACK consisten en bits únicos.

30 13. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que dichos mensajes ACK y NACK no incluyen dichos identificadores de posición de secuencia.

 14. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que dicho mensaje de estado se recibe en respuesta a una petición de dicho transmisor (102).

35 15. Procedimiento según la reivindicación 14, en el que dicha petición de dicho transmisor (102) comprende una marca en una de dicha pluralidad de unidades de datos.

 16. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que dicho mensaje de estado comprende un único identificador de posición de secuencia que indica el número más alto de dicha pluralidad de unidades de datos recibidas con éxito en secuencia.

40 17. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que dicho mensaje de estado comprende identificadores de posición de secuencia para cada una de dicha pluralidad de unidades de datos que se ha recibido correctamente.

45 18. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que dicho mensaje de estado comprende identificadores de posición de secuencia para cada una de dicha pluralidad de unidades de datos que se ha recibido incorrectamente o no se ha entregado.

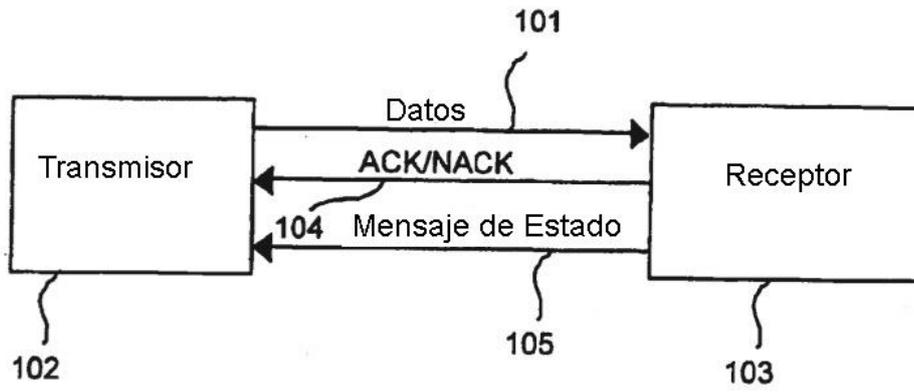


Fig. 1

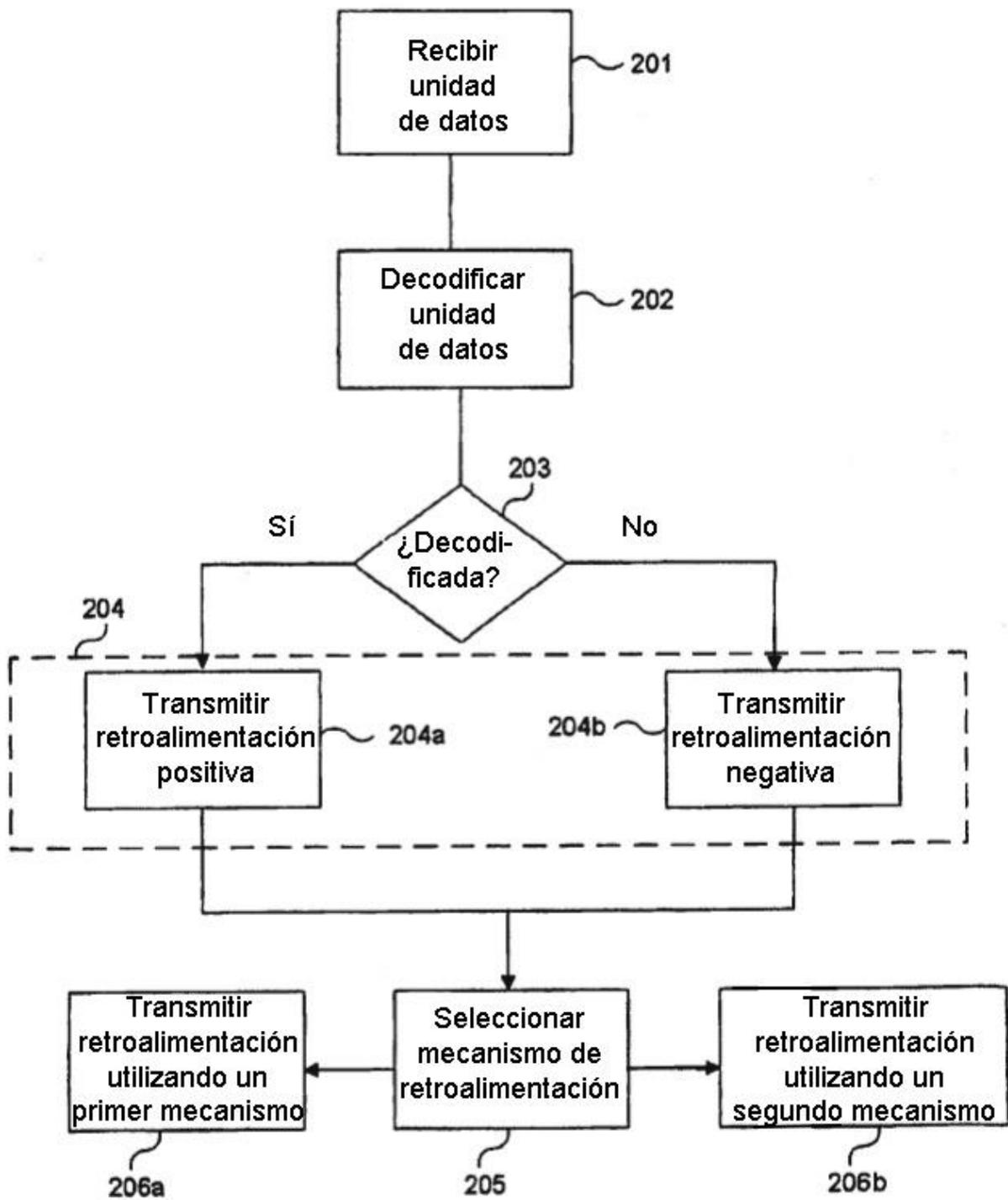


Fig 2

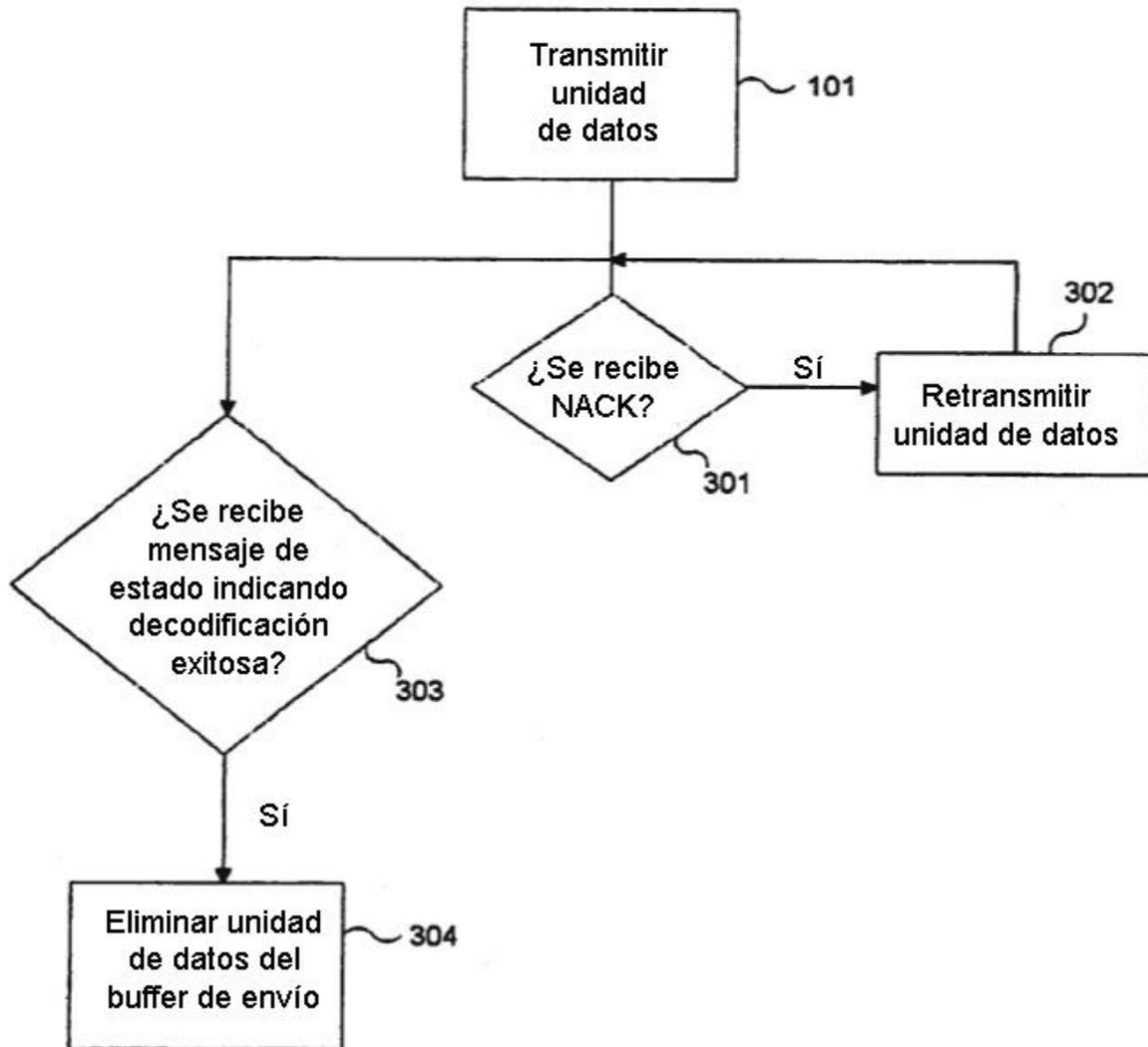


Fig 3

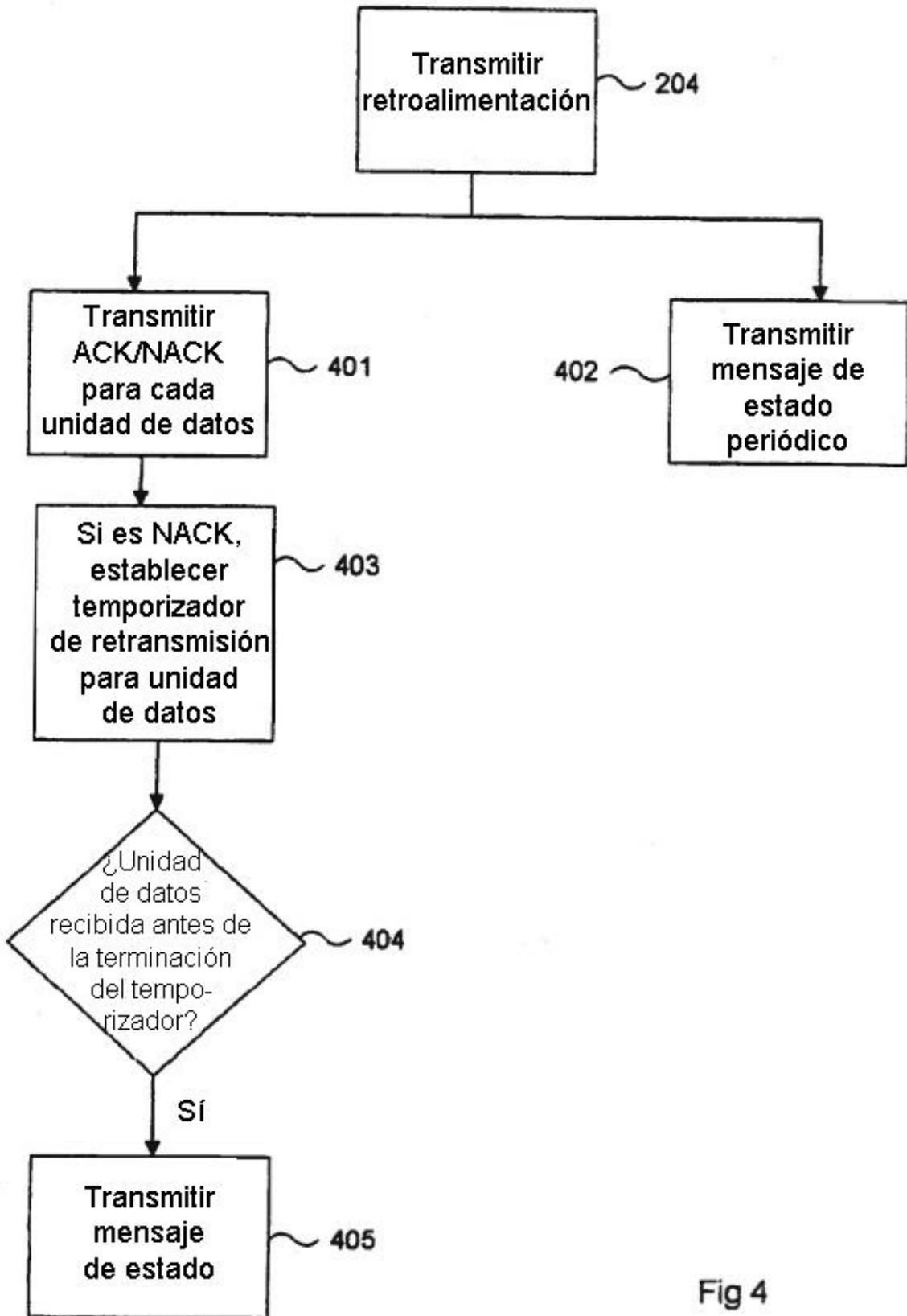


Fig 4

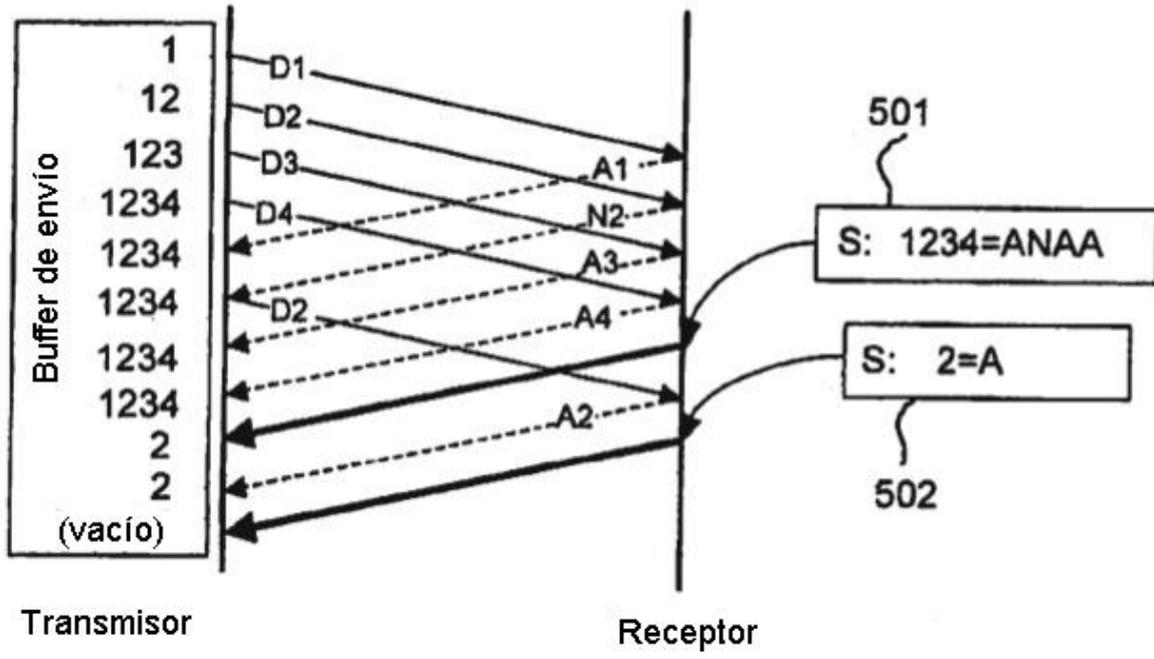


Fig. 5

Fig 6a

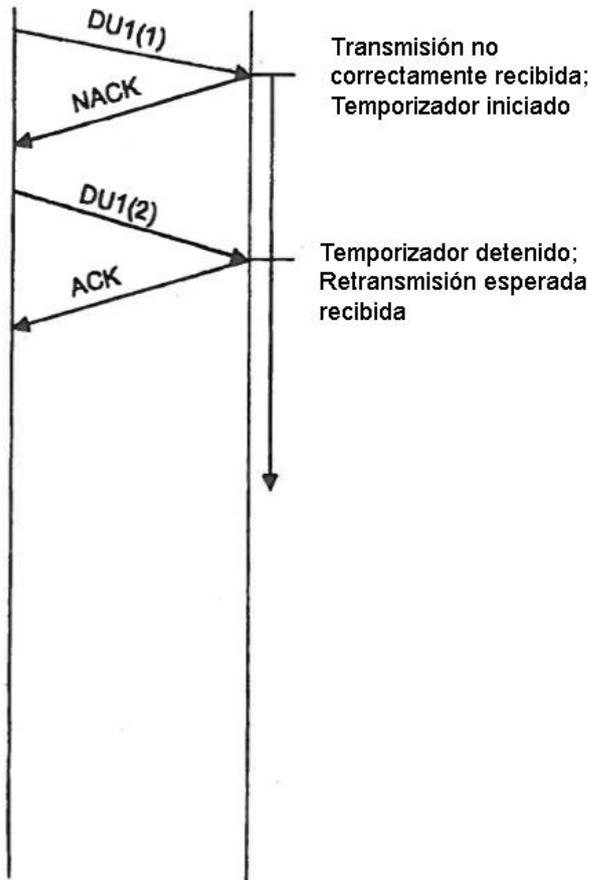


Fig 6b

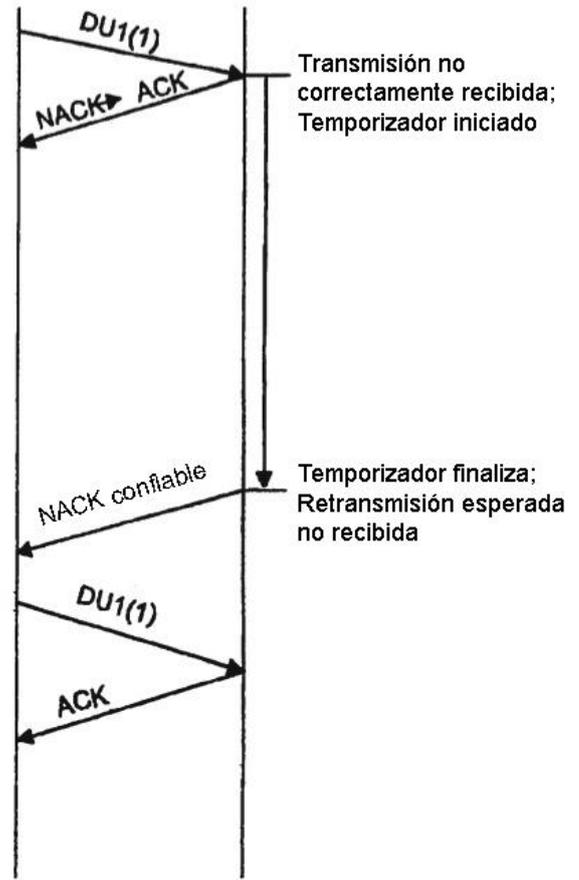


Fig 7a

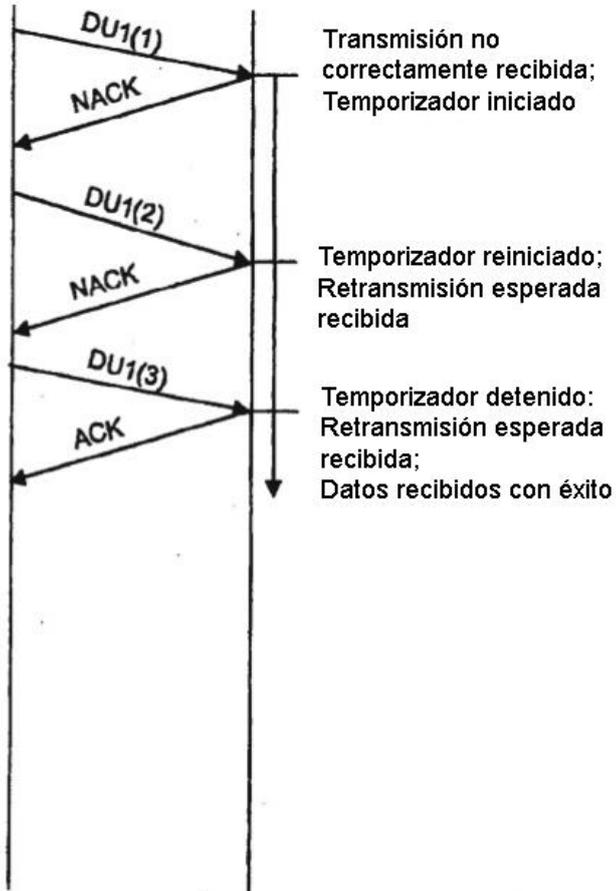


Fig 7b

