

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 402 301**

51 Int. Cl.:

H04L 1/18 (2006.01)

H04L 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.05.2006 E 06733479 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.01.2013 EP 1900137**

54 Título: **Método y disposición para la codificación y la planificación en un sistema de comunicación de transmisión**

30 Prioridad:

07.07.2005 WO PCT/SE2005/001144

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

30.04.2013

73 Titular/es:

**TELEFONAKTIEBOLAGET L- M ERICSSON
(PUBL) (100.0%)
164 83 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:

**LARSSON, PETER y
JOHANSSON, NIKLAS**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 402 301 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y disposición para la codificación y la planificación en un sistema de comunicación de retransmisión

Campo de la Invención

5 La presente invención se refiere a un sistema de comunicación con al menos un nodo de emisión en comunicación con una pluralidad de nodos de recepción, en el que los medios tienen características no fiables y potencialmente fluctuantes. En particular, el método y disposición de acuerdo con la presente invención se refiere al método y uso de la planificación en sistemas que utilizan solicitud de repetición automática (ARQ – Automatic Repeat Request, en inglés).

Antecedentes de la Invención

10 Los sistemas de comunicación inalámbricos están sufriendo actualmente un cambio de tecnología, de la tecnología de circuitos conmutados en sistemas de segunda generación como el GSM a sistemas de datos en paquetes conmutados en los sistemas de comunicación de tercera generación y futuros. El cambio de tecnología está provocado por las crecientes demandas de servicios distintos de la comunicación de voz, tales como servicios de multimedia y de navegación por la Red combinados con requisitos de uso eficiente de los escasos recursos de radio y mayor flexibilidad. La tecnología de comunicación basada en datos en paquetes muestra amplias mejoras posibles en comparación con la tecnología de circuitos conmutados en lo que respecta a la flexibilidad, al rendimiento posible (tasa de bits) y a la posibilidad de adaptación al cambio de entorno de radio.

15 Un problema en los sistemas basados en paquetes es que algunos paquetes pueden no ser recibidos por sus receptores previstos. Esto se resuelve generalmente mediante diferentes tipos de procedimientos de retransmisión. Para hacer eficientes los procedimientos de retransmisión, cada receptor informa normalmente a la unidad emisora acerca de los paquetes que ha recibido, por ejemplo, mediante mensajes de reconocimiento. Los paquetes que no son recibidos por el receptor previsto pueden ser retransmitidos. Tal procedimiento de reconocimiento se denomina a menudo Solicitud de Repetición Automática (ARQ – Automatic Repeat Request, en inglés).

20 La ARQ puede resultar beneficiosa en cualquier sistema de comunicación, pero normalmente resulta vital para la comunicación de datos sobre la interfaz aérea en sistemas de comunicación inalámbricos celulares. Esto es también cierto para sistemas de multisalto, también conocidos como sistemas orientados a la red mallada, y en sistemas orientados ad hoc. Los datos son, antes de la transmisión, típicamente divididos en paquetes más pequeños, unidades de datos de protocolo (PDU – Protocol Data Units, en inglés). Una transferencia fiable se posibilita codificando los paquetes con un código de detección de error, tal que el receptor pueda detectar paquetes erróneos o perdidos y solicitar por ello una retransmisión. La secuencia de integridad de datos se logra normalmente mediante la numeración secuencial de los paquetes y aplicando ciertas reglas de transmisión.

25 En la forma más simple de ARQ, denominada comúnmente ARQ de Detenerse y Esperar, el emisor de datos almacena cada paquete de datos enviado y espera un reconocimiento por parte del receptor de un paquete de datos recibido correctamente, por medio de un mensaje de reconocimiento (ACK – ACKnowledgement, en inglés). Cuando se recibe el ACK, el emisor descarta el paquete almacenado y envía el siguiente paquete. El proceso es típicamente suplementado con temporizadores y con el uso de mensajes de reconocimiento negativos (NACK – Negative ACKnowledgement, en inglés). La entidad de envío utiliza un temporizador, que es iniciado durante la transmisión de un paquete de datos, y si no se ha recibido ningún ACK (o NACK) antes de que el temporizador expire, el paquete de datos es retransmitido. Si el receptor detecta errores en el paquete, puede enviar un NACK al emisor. Cuando recibe el NACK, el emisor retransmite el paquete de datos sin esperar a que el temporizador expire. Si el mensaje de ACK o NACK se pierde, el temporizador eventualmente modulará y el emisor retransmitirá el paquete de datos.

30 Algunos paquetes son recibidos por otros receptores distintos del receptor previsto. Tradicionalmente estos paquetes acaban de ser descartados como información inútil.

35 La solicitud codependiente PCT/SE2005/001144 describe una planificación mejorada y un método de codificación y una disposición que aprovechan el hecho de que la información es recibida por otros nodos del sistema distintos del nodo receptor inicialmente designado. El método es adecuado en los sistemas de comunicación que utilizan solicitud de repetición automática (ARQ – Automatic Repeat Request, en inglés) o bien se necesita una planificación y un envío de multisalto, donde los medios son no fiables.

40 Esta solicitud codependiente propone un método y una disposición que facilita el uso de información escuchada accidentalmente, que habría sido descartada en sistemas convencionales, para mejorar la codificación y la planificación en un nodo emisor. De acuerdo con el método cada nodo receptor almacena selectivamente información como información a priori y devuelve información acerca de su respectiva información a priori a un nodo emisor, por ejemplo, en forma de mensajes de Reconocimientos. El nodo emisor forma paquetes, que se denominarán en este documento paquetes de datos compuestos. Un paquete de datos compuesto está formado codificando de manera conjuntas múltiples paquetes de datos para múltiples usuarios en un solo paquete, es decir,

el paquete compuesto. El paquete compuesto está formado y codificado al menos parcialmente basándose en la información acerca de los nodos receptores con respecto a información a priori. El nodo emisor transmite el paquete de datos compuesto a una pluralidad de nodos receptores. Cuando reciben un paquete de datos compuesto los receptores utilizan su información a priori almacenada en el proceso de extraer datos para sí mismos de paquetes de datos compuestos. Además, y en combinación con la recepción de información a priori, el nodo emisor puede utilizar retroalimentación convencional, es decir, Reconocimientos regulares, informando acerca de paquetes de datos recibidos que han sido recibidos por el receptor o los receptores designado o designados.

La solución descrita en la solicitud codependiente es aplicable en la ARQ de multiusuario (MU-ARQ – MultiUser – ARQ, en inglés) que se dirige a sesiones de ARQ de Unidifusión múltiple (por ejemplo, en sistemas celulares y de multisalto) desde un único emisor, así como en sistemas de multisalto en los que la información escuchada accidentalmente puede también derivar de otros emisores distintos del nodo emisor.

Con la solución de acuerdo con la solicitud codependiente menos paquetes de datos necesitan ser enviados desde el nodo emisor hasta la pluralidad de nodos receptores para alcanzar una correcta recepción de los paquetes de datos transmitidos. La solicitud codependiente propone un método para optimizar la selección de paquetes para combinar basándose en el producto Cartesiano.

En este caso, el emisor tiene información acerca de paquetes regulares, paquetes compuestos y paquetes compuestos parcialmente descodificados que han sido recibidos por los receptores, y basándose en esto, en cada instante de transmisión el emisor puede formar un paquete compuesto dada la situación de una información a priori en el receptor. También, el documento WO2006/071187 describe un método en un nodo repetidor.

Objeto de la Invención

Un objeto de la presente invención es optimizar más la combinación de paquetes para unir paquetes de datos compuestos.

Compendio de la Invención

Este objeto se logra de acuerdo con la invención mediante un método de codificación y de planificación de paquetes de datos en un sistema de comunicación de acuerdo con la reivindicación 1.

El objeto se logra también mediante un método en un nodo emisor en un sistema de comunicación de codificación y planificación conjuntas de múltiples paquetes de datos de acuerdo con la reivindicación 17.

El objeto se logra también por medio de un nodo emisor adaptado para su uso en un sistema de comunicación de acuerdo con la reivindicación 27.

Por ello, la invención propone un método para seleccionar paquetes para generar paquetes compuestos buenos, en particular para generar paquetes compuestos buenos que tengan una complejidad reducida en comparación con la solicitud de patente codependiente mencionada anteriormente (PCT/SE2005/001144).

De acuerdo con la invención se logra un método de planificación eficiente, que está particularmente desarrollado para MU-ARQ. Además, el método de formar paquetes compuestos está estructurado y tiene una complejidad manejable.

De acuerdo con la invención, la operación de ARQ mejora utilizando información escuchada accidentalmente de una manera mejor. De acuerdo con la invención pueden disponerse transmisiones en un cierto orden para provocar una situación particularmente adecuada para crear paquetes compuestos buenos.

Típicamente un paquete de datos es transmitido como un paquete de datos regular la primera vez que es transmitido. Cuando un paquete va a ser retransmitido el nodo emisor determina si puede ser utilizado en un paquete compuesto óptimo. Con este fin, el módulo de codificación y planificación conjuntas está dispuesto para planificar cualquier paquete de datos para ser transmitido como un paquete de datos regular la primera vez que es transmitido, y cuando un paquete va a ser retransmitido, determinar si puede ser utilizado en un paquete compuesto óptimo.

Esto ofrece un planteamiento sistemático para determinar qué paquetes compuestos óptimos pueden ser formados en cualquier situación dada, y en qué niveles proporcionando así una posibilidad de mejorar la creación de paquetes compuestos incluso más.

Si un paquete compuesto no puede ser formado en el nivel j , un nuevo valor puede ser seleccionado para j . Alternativamente un paquete compuesto no óptimo puede ser formado en el nivel j , si es posible, o un paquete regular puede ser transmitido una segunda vez. La última alternativa puede ser utilizada adecuadamente, por ejemplo si un paquete regular que ha sido ya transmitido una vez se está aproximando a una vida útil máxima.

Típicamente, el paquete de datos compuesto es recibido y decodificado en el nodo receptor utilizando una información a priori almacenada en el nodo receptor.

En un ejemplo preferido el nodo emisor forma el paquete de datos de compuesto mediante la codificación y planificación conjuntas de al menos dos paquetes de datos.

5 Los paquetes para combinar en un paquete compuesto pueden ser seleccionados de acuerdo con algún criterio, por ejemplo, los paquetes que tienen el menor número de secuencia de ARQ, o los paquetes más antiguos. Los paquetes pueden ser también seleccionados de acuerdo con requisitos de Calidad de Servicio (QoS – Quality of Service, en inglés).

10 Cuando se está formando un paquete de multidifusión compuesto pueden utilizarse varios métodos de codificación, que pueden ser de baja complejidad. Preferiblemente, se utiliza un método lineal, por ejemplo uno de los siguientes:

- suma sobre un campo de Galois de b bits predeterminados, tal como operaciones de XOR a nivel de bit,
- operaciones de módulo

son utilizadas cuando se está formando el paquete compuesto. En lugar de operación en bits individuales, pueden utilizarse segmentos de bits para la codificación conjunta. Puede utilizarse un campo de Galois de $2b$.

15 En la codificación y planificación conjuntas puede llevarse a cabo una optimización considerando diferentes combinaciones de paquetes y diferentes combinaciones de receptores y el conocimiento de su información a priori almacenada.

Puede utilizarse información suplementaria de la optimización además de la información a priori.

20 La información suplementaria puede, por ejemplo, comprender uno de, o una combinación de los parámetros: requisitos de Calidad de Servicio, Indicación de Calidad del Canal, costes de encaminamiento y características de paquetes de datos. En este ejemplo, el nodo emisor comprende también un módulo de información suplementaria en conexión con el módulo de codificación y planificación conjuntas, estando el citado módulo de información suplementaria dispuesto para almacenar información de canal suplementaria y para proporcionar el módulo de codificación y planificación conjuntas con información de canal suplementaria.

25 De manera adecuada, en este último ejemplo, el módulo de codificación y planificación conjuntas está dispuesto para llevar a cabo la codificación y planificación basándose en información proporcionada tanto desde el módulo de almacenamiento de información a priori como desde el módulo de información suplementaria.

30 La presente invención puede ser implementada en cualquier sistema de comunicación que utiliza un medio de transmisión, esto es, donde la información transmitida por un nodo y prevista para un nodo específico puede ser escuchada accidentalmente por otros nodos. El método puede ser utilizado de manera adecuada en un sistema celular, siendo el primer nodo emisor típicamente una estación de base.

El método de acuerdo con la invención puede ser también utilizado en un sistema de multisalto o en una red ad hoc.

35 La invención se refiere también a un sistema de comunicación que comprende al menos un nodo emisor adaptado para comunicación con al menos dos nodos receptores transmitiendo información en forma de múltiples paquetes de datos individuales designados para nodos receptores individuales, caracterizado porque el sistema de comunicación comprende al menos un nodo emisor tal como se ha definido anteriormente.

Breve Descripción de los Dibujos

La invención se describirá ahora con detalle con referencia a las figuras adjuntas, en las cuales:

40 La FIG. 1 es una ilustración esquemática de las secuencias de transmisión en un sistema celular de acuerdo con la Técnica Anterior;

la FIG. 2 es una ilustración esquemática de las secuencias de transmisión en un sistema celular de acuerdo con la presente invención;

la FIG. 3 es un diagrama de flujo sobre el método explicado en la solicitud codependiente mencionada anteriormente;

45 la FIG. 4 es una ilustración esquemática de las secuencias de transmisión en un sistema de comunicación de acuerdo con la presente invención;

la FIG. 5 es una ilustración esquemática del transmisor y del receptor de acuerdo con la presente invención;

la FIG. 6 ilustra una comunicación de ARQ de multiusuario;

la FIG. 7 es una ilustración esquemática de los principios de codificación de acuerdo con una realización de la presente invención;

la FIG. 8 ilustra esquemáticamente el método de formar paquetes de la presente invención;

5 la FIG. 9 es un diagrama de flujo de una primera realización del método de la invención;

la FIG. 10 es un diagrama de flujo de una segunda realización del método de la invención;

la FIG. 11 es un diagrama de flujo más detallado de una parte del método de la invención.

Descripción Detallada de la Invención

10 En el sistema de comunicación de acuerdo con la presente invención, una entidad emisora está acoplada en comunicación con múltiples entidades receptoras. La entidad emisora, por ejemplo una estación de base (BS – Base Station, en inglés) en operación de transmisión se denomina nodo emisor (SN – Sending Node, en inglés) y la entidad receptora, por ejemplo realizada como estación de telefonía móvil (MS – Mobile Station, en inglés), en operación de recepción se denomina nodo receptor (RN – Receiving Node, en inglés). Debe observarse que una estación de telefonía móvil podría también actuar como un nodo emisor, y una estación de base como un nodo receptor. La presente invención puede ventajosamente ser utilizada tanto en sistemas celulares típicos con una estación de base en comunicación con una pluralidad de estaciones de telefonía móvil como en sistemas ad hoc, en los que al menos una estación de telefonía móvil se comunica con al menos otras dos estaciones de telefonía móvil para permitir la comunicación. Como se ha descrito previamente, varios esquemas de planificación pueden ser utilizados en tales sistemas para mejorar el rendimiento y diferentes tipos de esquemas de ARQ pueden ser utilizados para aumentar la fiabilidad de las transmisiones.

En primer lugar, se considera un esquema de ARQ de la técnica anterior tradicional. El esquema de ARQ tradicional entre un emisor y un receptor se denominará en lo sucesivo ARQ de Unidifusión. Debe observarse que, por ejemplo en un sistema celular para enlace descendente, múltiples sesiones de ARQ de Unidifusión están corriendo a la vez para diferentes usuarios, donde cada usuario puede tener múltiples flujos con su propia instancia de ARQ de Unidifusión. En la FIG. 1 se ilustra un nodo emisor, en este caso una estación de base 105 en comunicación con dos nodos receptores, v_a y v_A , respectivamente, realizados como la estación de telefonía móvil 110, y la estación de telefonía móvil 120. Por ello, dos protocolos de ARQ de Unidifusión están corriendo en paralelo, el primero entre la estación de base 105 y la estación de telefonía móvil 110 y el segundo entre la estación de base 105 y la estación de telefonía móvil 120. En el ejemplo ilustrado en la FIG. 1, en el tiempo T_1 el nodo emisor, la estación de base 105, envía información en forma de paquete de datos (a) a la estación de telefonía móvil 110, donde el paquete de datos (a) no fue recibido correctamente por la estación de telefonía móvil 110. El paquete de datos (a) puede ser también recibido (escuchado) también por otro usuario u otros usuarios, por ejemplo el nodo receptor v_A (estación de telefonía móvil 120). No obstante, de acuerdo con los esquemas de ARQ de Unidifusión de la técnica anterior, tales paquetes de datos escuchados son descartados por el nodo receptor v_A . Alternativamente, si el nodo receptor v_A tiene conocimiento de que no es el nodo receptor previsto, los paquetes de datos no son vistos en absoluto. En T_2 el paquete de datos (A) es enviado desde el nodo emisor 105 a la estación de telefonía móvil 120, pero también esta transmisión falla. Mediante los procedimientos de ARQ el nodo emisor 105 es provisto con información de reconocimiento y en el tiempo T_3 y T_4 , el nodo emisor 105 retransmite el paquete (a) y el paquete (A) respectivamente. Los dos nodos receptores v_a y v_A reciben correctamente sus respectivos paquetes de datos (a) y (A). Debe observarse que las transmisiones en T_1 y T_2 podrían ocurrir al mismo tiempo si se utiliza una tecnología de transmisión que permite transmisiones concurrentes, por ejemplo Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal (OFDMA – Orthogonal Frequency Division Multiple Access, en inglés), es decir, el paquete (A) y el paquete (a) son enviados a la vez pero en conjuntos de subportadores de OFDM que no se solapan. La retransmisión podría ocurrir también a la vez.

45 La FIG. 2 ilustra la misma situación que en la Figura 1 pero manejada de acuerdo con la invención. En T_1 y T_2 los paquetes a y A son transmitidos y cada paquete es recibido sólo por el receptor no previsto, como en la FIG. 1. De acuerdo con la invención, en lugar de transmitir cada uno de los paquetes a y A de nuevo separadamente, estos dos paquetes son combinados en un paquete compuesto designado como $A \oplus a$ en la FIG. 2. El paquete compuesto está formado de tal manera que el nodo receptor v_A , que tiene conocimiento del paquete (a) puede descodificar el paquete compuesto para obtener la información del paquete (A). De manera similar, el nodo receptor v_a , que tiene conocimiento del paquete (A) puede descodificar el paquete compuesto para obtener la información del paquete (a). Cómo formar paquetes compuestos se explicará con más detalle en lo que sigue. Utilizando un paquete compuesto de acuerdo con la invención, sólo un paquete necesita ser reenviado en lugar de dos paquetes en la técnica anterior. Para utilizar los recursos de la red de manera incluso más eficiente, si hay más de dos nodos receptores, más de dos paquetes pueden ser combinados en un paquete compuesto. Para formar un paquete compuesto óptimo para ser enviado a varios nodos receptores j , el paquete compuesto debe comprender j paquetes regulares y cada uno de

los j nodos receptores debe haber recibido $j-1$ de estos paquetes como información a priori. De esta manera, cada nodo receptor será capaz de descodificar el paquete compuesto para obtener el un paquete que no había recibido.

De acuerdo con el método y disposición de la presente invención, información a priori, por ejemplo información escuchada accidentalmente como los paquetes de datos descartados en los ejemplos anteriores, son almacenados en los nodos receptores que los reciben de manera no intencionada, y son utilizados para mejorar el rendimiento en el sistema de comunicación. Los nodos receptores almacenan selectivamente información recibida como una información a priori y devuelven información acerca de su respectiva información a priori almacenada al nodo emisor. El nodo emisor forma paquetes de datos compuestos codificando y planificando conjuntamente múltiples paquetes de datos a múltiples usuarios basándose al menos parcialmente en la retroalimentación en los nodos receptores con respecto a una información a priori. Además, y en combinación con la retroalimentación de la información a priori, el nodo emisor puede utilizar retroalimentación convencional informando acerca de los paquetes de datos recibidos. El paquete de datos compuesto es transmitido a los nodos receptores. Cuando reciben un paquete de datos compuesto los nodos receptores utilizan su información a priori almacenada en el proceso de extraer datos para ellos mismos de los paquetes de datos compuestos. Por ello, necesitan enviarse menos paquetes de datos desde el nodo emisor hasta la pluralidad de nodos receptores para alcanzar una correcta recepción de los paquetes de datos transmitidos. La invención es aplicable en ARQ de Unidifusión (por ejemplo, en sistemas celulares y de multisalto) múltiples así como en sistemas de multisalto en los que la información escuchada accidentalmente puede también derivar de otros emisores distintos del nodo emisor.

El principio en un nivel alto del método de acuerdo con la presente invención se ilustra en el diagrama de flujo de la FIG. 3 y el esquema de transmisión esquemático de la FIG. 4. Como se ilustra en las figuras, una pluralidad de nodos de radio 405, 410, 415, que forman parte de un sistema de comunicación inalámbrico, están en el proceso de intercambio de información en forma de paquetes de datos. El término nodos de datos debería ser interpretado en sentido amplio; cualquier dispositivo capaz de comunicación por radio y que cumpla los estándares utilizados en la red de comunicación inalámbrica puede considerarse un nodo de radio. Típicamente un nodo de radio es capaz tanto de enviar como de recibir paquetes de datos, lo que se denominará operación de envío y recepción, respectivamente, o un nodo emisor/receptor que significa un nodo de radio en operación de envío/recepción. Los nodos de radio incluyen, pero no están limitados a: estaciones de base de radio, estaciones de telefonía móvil, ordenadores portátiles de regazo y PDAs equipados con un medio de comunicación inalámbrica y vehículos y maquinaria equipados con un medio de comunicación inalámbrica. En el ejemplo, el nodo de radio 405 está principalmente en operación de envío (nodo emisor 405) y los nodos 410, 415 y 420 están principalmente en operación de recepción (nodos receptores 410, 415, 420). Las líneas continuas indican transmisiones designadas y las líneas de trazos indican transmisiones escuchadas accidentalmente. Los paquetes con una cruz indican recepción fallida. El método de acuerdo con la invención está preferiblemente precedido por un intercambio inicial de paquetes de datos individuales, comprendiendo la etapa 300 precedente:

Etapa S1: Paquetes de datos, ilustrados aquí con paquetes (X) e (Y), son enviados desde uno o más nodos de radio en operación de envío, aquí el nodo emisor 405, a una pluralidad de nodos receptores 410, 415, 420. Típicamente cada paquete de datos individual tiene un nodo receptor designado. La transmisión de paquetes de datos puede ocurrir a la vez o subsiguientemente, dependiendo de la tecnología de la transmisión.

El método de acuerdo con la invención comprende las etapas de:

Etapa S2: Los nodos receptores 410, 415, 420 almacenan sus respectivos paquetes de datos, es decir, la información prevista para ellos, esto es, paquetes que fueron recibidos correctamente. Además, los nodos receptores pueden recibir y almacenar información escuchada accidentalmente, es decir, paquetes de datos previstos para otros nodos receptores pero que el nodo receptor en cuestión recibió y podría descodificar y/o paquetes de datos que han sido enviados al nodo receptor en cuestión en un escenario de multisalto para otra transferencia a su destino final. La información escuchada accidentalmente compone la información a priori de cada nodo receptor 410, 415, 420. En el ejemplo representado los paquetes de datos (X) e (Y) son la información a priori del nodo 410, (Y) la información a priori del nodo 415 y (X) y (Z) la información a priori del nodo 420, siendo (Z) recibida previamente.

Etapa S3: Los nodos receptores 410, 415, 420 devuelven al nodo emisor 405, o a los nodos emisores, información acerca de la respectiva información a priori. Típicamente los nodos receptores también devuelven información acerca del resultado de la transmisión utilizando procedimientos de ARQ, por ejemplo.

Etapa S4: El nodo emisor 405 forma, si es posible y ventajoso, un paquete de datos compuesto 450 utilizando el conocimiento devuelto a partir de la respectiva información a priori de los nodos receptores 410, 415, 420. El paquete de datos compuesto comprende datos designados para al menos dos nodos receptores diferentes. Preferiblemente, el conocimiento de la información a priori es utilizado por el nodo emisor 405 para planificar qué paquetes de datos individuales van a estar comprendidos en el paquete de datos compuesto y para codificar conjuntamente los múltiples paquetes de datos individuales que van a estar comprendidos en el paquete de datos compuesto. Al menos una parte del paquete de datos compuesto debe consistir en los múltiples paquetes de datos

individuales. Una característica de la codificación del paquete compuesto es que el número de bits en el paquete compuesto es menor que la suma del número de bits de las partes de los paquetes que están codificados conjuntamente. El proceso se denominará en lo que sigue codificación y planificación conjuntas, y se explicará y ejemplificará a continuación. El nodo emisor puede formar una pluralidad de diferentes paquetes compuestos designados por diferentes pares, o grupos, de nodos receptores. En el ejemplo, el nodo emisor 405 forma un paquete de datos compuesto que comprende datos de (X), (Y) y (Z).

Etapa S5. El nodo emisor 405 transmite el paquete de datos compuesto a nodos receptores designados, en el ejemplo de la FIG. 4, los nodos receptores 410, 415, 420.

Etapa S6: Tras recibir el paquete de datos compuesto, los nodos receptores 410, 415, 420 descodifican, si es posible, el paquete de datos compuesto y extraen respectivos datos propios que eran previamente desconocidos para el respectivo nodo receptor. En el proceso de descodificación y extracción, se utiliza la información conocida a priori almacenada y posiblemente paquetes de datos propios previamente descodificados por el receptor. Ocasionalmente un nodo receptor puede no tener la información completa necesaria para descodificar completamente datos propios extraídos del paquete de datos compuesto. Si este es el caso el nodo receptor puede descodificar parcialmente el paquete de datos compuesto, y almacenar el resultado, un paquete de datos compuesto residual, para un posterior procesamiento cuando otra información esté disponible, por ejemplo otros paquetes de datos designados a ese nodo receptor enviados desde el nodo emisor 405, o paquetes de datos escuchados accidentalmente. Alternativamente el paquete de datos compuesto es almacenado sin intentar descodificarlo, hasta que el nodo receptor ha adquirido toda la información requerida. Información sobre la información requerida para descodificar la mayor parte del paquete de datos compuesto puede estar comprendida en una cabecera. En el ejemplo, el nodo 420 podría extraer (Y) y el nodo 410 extraer (Z). El nodo 415 podría extraer un paquete de datos compuesto residual.

La información a priori retroalimentada desde los nodos 410, 415, 420 al nodo emisor 405 puede preferiblemente ser combinada con información retroalimentada acerca de qué paquetes de datos han sido recibidos, y cuáles no – dado que tal información puede ser determinada, de paquetes de datos propios, es decir, paquetes de datos de los cuales el nodo receptor específico fue el receptor asignado. Por ello, la retroalimentación adicional de una información a priori puede considerarse como una extensión a la retroalimentación de ARQ de Unidifusión tradicional, porque un nodo reporta el resultado de la descodificación también para otras transmisiones no vistas para el nodo. La combinación de una retroalimentación a priori y de una retroalimentación de ARQ de Unidifusión tradicional puede denominarse estado de paquete recibido completamente o extendido. Aquí, “completamente” significa toda la información de estado, mientras que “extendido” indica más información de retroalimentación de la proporcionada con la ARQ de Unidifusión tradicional.

Los paquetes de datos escuchados accidentalmente, recibidos en la etapa S2, son típicamente paquetes de datos regulares o paquetes de datos compuestos. Alternativamente o en combinación, los paquetes de datos compuestos pueden ser utilizados como una información a priori por un nodo receptor, incluso si el nodo receptor por el momento no tiene suficientemente información para descodificar el paquete compuesto.

Aunque lo anterior describió una situación en la que información escuchada accidentalmente de otros transmisores (distintos del que envió el paquete de datos compuesto últimamente) era utilizada como una información a priori, también otras combinaciones y modos de obtener una información conocida a priori son posibles. Por ejemplo, se pueden aprovechar también transmisiones anteriores del mismo emisor. Además, otros nodos receptores pueden también descodificar el paquete de datos compuesto y extraer paquetes de datos no designados para ellos, que pueden entonces ser utilizados como una información a priori en el futuro proceso de descodificación de paquetes de datos compuestos designados para ellos.

Debe observarse que puede ocasionalmente ser posible descodificar sólo parcialmente el paquete de datos codificado conjuntamente, por ejemplo, cuando tres o más paquetes de datos son codificados conjuntamente y sólo un paquete de datos a priori es conocido y es almacenado por el nodo receptor. Un ejemplo es la codificación del paquete A, B y C, donde sólo el paquete C reside en el nodo receptor. Entonces, la combinación A codificado con B será extraída en el proceso de descodificación, y subsiguientemente almacenada así como reportada al nodo emisor (o incluyendo también otros nodos emisores). Debe observarse que el estado del paquete recibido entonces indica que A y B están todavía codificados conjuntamente. Un nodo emisor puede en el proceso de planificación incluir el conocimiento de que la información a priori que reside en uno o más de los nodos receptores está al menos parcialmente codificada conjuntamente. En la descodificación en un receptor, puede aprovechar al menos la información del paquete codificado conjuntamente de manera parcial como un conocimiento a priori en la recepción y descodificación de un paquete compuesto.

Como se ha indicado previamente, en el método de acuerdo con la presente invención, tanto los paquetes de datos compuestos como los paquetes de datos regulares necesitan ser manejados por un nodo receptor y un nodo emisor. En la solicitud codependiente mencionada anteriormente, el diagrama de flujo de la FIG. 7 ilustra una realización de la invención, que representa una implementación del método en un nodo receptor. El término “paquete de datos

regular” denota un paquete de datos no compuesto, es decir, paquetes de datos del tipo también utilizado en la técnica anterior. El diagrama de flujo de la FIG. 8 de la solicitud codependiente ilustra una realización en un nodo emisor.

5 Una realización de acuerdo con la presente invención, adecuada para llevar a efecto las realizaciones descritas anteriormente está esquemáticamente ilustrada en la FIG. 5. Los módulos y bloques de acuerdo con la presente invención descritos anteriormente deben ser considerados como partes funcionales de un nodo emisor y/o receptor en un sistema de comunicación, y no necesariamente como objetos físicos por sí mismos. Los módulos y bloques están al menos parcialmente preferiblemente implementados como medios de código de software, para ser adaptados con el fin de llevar a efecto el método de acuerdo con la invención. El término “que comprende” se refiere principalmente a una estructura lógica y el término “conectado” debe interpretarse en esta memoria como enlaces entre partes funcionales y no necesariamente conexiones físicas. No obstante, dependiendo de la implementación elegida, ciertos módulos pueden ser realizados como objetos distintos físicamente en un receptor o transmisor.

15 El transmisor 900 de un nodo emisor comprende un medio de transmisión 903, que proporciona las funcionalidades necesarias para llevar a cabo la transmisión real. Un medio de transmisión adecuado por ejemplo un medio de transmisión por radio es conocido para el experto. El transmisor 900 comprende también un módulo de codificación y planificación conjuntas 905, en el que reside el algoritmo de codificación y planificación conjuntas. El módulo de codificación y planificación conjuntas 905 está en comunicación con un módulo de información a priori 910; un módulo de información suplementaria 915; un módulo de memoria temporal 920; y un módulo de codificador y compaginador de PDU 925. El transmisor comprende también un medio para recibir y manejar mensajes de retroalimentación 930, ACKs y/o NACKs para paquetes que han sido recibidos por el receptor designado y retroalimentación que comprende una información a priori de los nodos receptores. El módulo de codificación y planificación conjuntas 905 comprende un medio para las operaciones de ARQ regular 933. El módulo de información a priori 910 almacena y actualiza una lista de estados de paquete recibido basándose en la retroalimentación de los nodos receptores, es decir el estado del paquete extendido o completamente recibido. El módulo de memoria temporal 920 proporciona memorias temporales para emisión, típicamente una por cada flujo. Asumiendo que el transmisor intenta enviar un paquete, considera qué paquete reside en las memorias temporales para emisión del módulo de memoria temporal 920 y la información a priori de los diferentes nodos receptores que está almacenada en el módulo de información a priori 910. Posiblemente información suplementaria, proporcionado por el módulo de información suplementaria 915, se utiliza también para la planificación. La información suplementaria incluye, pero no está limitada a: Información de Calidad del Canal (CQI – Channel Quality Information, en inglés) por enlace utilizado en una planificación oportunista, para ser descrita con más detalle, requisitos de QoS, para la posibilidad de mejorar la invención con aspectos de planificación de QoS, así como estado de paquetes individuales, por ejemplo, su valor de vida útil. En el caso de multisalto, para una implementación distribuida, el módulo de información suplementaria 915 comprende también un medio para determinar los costes de encaminamiento así como un medio de averiguar el coste de encaminamiento de nodos vecinos, y permitiendo por ello que el planificador considere los costes de encaminamiento de los nodos vecinos así como su propio coste de encaminamiento con el fin de asegurar que los paquetes de datos se dirigen hacia el destino previsto y permitir decisiones de planificación óptimas de encaminamiento. Si la movilidad es razonablemente baja, una alternativa al caso distribuido podría ser una ruta centralizada y determinación de coste. Para este último caso, información relativa a ruta es entonces diseminada desde un nodo central a otros nodos de la red. Basándose en esos parámetros, y posiblemente en parámetros adicionales, uno o más paquetes son buscados desde las memorias temporales de emisión hasta el codificador y el módulo compaginador de PDU 925. Si múltiples paquetes son recogidos, son codificados conjuntamente para formar un paquete de datos compuesto mediante el codificador y el módulo compaginador de PDU 925, y a continuación, CRC y FEC son (preferiblemente) añadidos y los paquetes son transmitidos por el medio de transmisión de radio 905.

50 El receptor 940 de un nodo receptor comprende un medio de recepción 945, que proporciona las funcionalidades necesarias para llevar a cabo la recepción real. Un medio de recepción adecuado, por ejemplo receptores de radio, es conocido para el experto. El receptor comprende también un medio para emitir y manejar mensajes de retroalimentación, tanto relativos a ARQ como relativos a una información a priori 950; un módulo de descodificación de FEC y de CRC 955 en conexión con el medio de transmisión 945; un módulo de identificación de PDU y de descodificación 960 y una memoria temporal de información a priori 965. El módulo de identificación de PDU y de descodificación 960 está en conexión con el módulo de descodificación de FEC y de CRC 955 y la memoria temporal de información a priori 965 así como con funciones/módulos de capa superior (no mostrados) para proporcionar los datos recibidos. La memoria de información a priori 965 comprende memorias temporales para paquetes correctamente descodificados (en esta memoria paquetes descodificados significa que el CRC es correcto, no obstante podría aún tener alguna codificación compuesta residual, es decir, eliminada la influencia de un paquete A, pero el paquete B y C están todavía codificados juntos), por ejemplo paquetes de datos escuchados accidentalmente designados para otros receptores. El módulo de identificación de PDU y el módulo de descodificación 960 comprende un medio de ARQ 952. Un medio de ARQ 952 debe ser interpretado de manera amplia, es decir, capaz de manejar reconocimientos positivos, negativos o una combinación de los mismos.

El receptor 940 descodifica el paquete e identifica qué paquetes han sido codificados conjuntamente. Basándose en un conocimiento a priori de los paquetes recibidos previamente de manera correcta (previstos para otros usuarios) y en el paquete codificado conjuntamente recibido, el nodo receptor extrae nueva información. La información que acaba de ser descodificada puede entonces, si está designada para este nodo, ser transmitida a capas superiores o almacenada en la memoria temporal de información a priori 965. En el caso de que sólo sea posible descodificar parcialmente el paquete de datos compuesto, por ejemplo, cuando tres o más paquetes son codificados conjuntamente y sólo un paquete de datos a priori está disponible para el receptor 940, entonces la información codificada conjuntamente residual, un paquete de datos compuesto residual es almacenado. Un ejemplo es una transmisión de un paquete de datos compuesto que comprende los paquetes de datos codificados conjuntamente, A, B y C, y en la que sólo el paquete C reside en el receptor. Entonces, un paquete de datos compuesto residual, la combinación A codificada con B, será almacenado en la memoria temporal de información a priori 965 del receptor 940.

Después de que un receptor 940 ha recibido correctamente un paquete de datos codificado, actualiza la lista de estados del paquete recibido que reside en el módulo de información a priori 910 del transmisor 900, inmediatamente o con un ligero retardo. El retardo puede resultar útil para no ocupar recursos y desperdiciar energía innecesariamente debido a la cabecera de cada paquete de retroalimentación. La actualización se logra por medio del medio de ARQ 952 del receptor 940 y del medio de ARQ 933 del transmisor 900.

Además, debe observarse que el receptor 940 puede también actuar como un transmisor si los datos son enviados subsiguientemente. Lo mismo es cierto para el transmisor 900, es decir, puede también actuar como un receptor para otros datos.

Utilizando una información a priori, por ejemplo información escuchada accidentalmente y dejando que tanto el nodo emisor (a través de información de retroalimentación) como el nodo receptor aprovechen esta información, es posible reducir el número de transmisiones necesarias para transferir una cierta cantidad de datos desde un nodo a otro, y en el escenario de multisalto desde la fuente hasta el destino final. Esto mejorará el rendimiento agregado así como el rendimiento del usuario solo. Además, las características de latencia de extremo a extremo mejorarán. Alternativamente, dependiendo de las condiciones, el reducido número de transmisiones puede ser utilizado para mejorar la eficiencia de la potencia y de la energía en un sistema de comunicación de un emisor y múltiples receptores.

En particular, es posible mejorar el rendimiento de la ARQ de Unidifusión en paralelo múltiple, con respecto al rendimiento y al retardo así como al consumo de energía.

Además, es posible mejorar el rendimiento de los algoritmos de planificación de la transmisión en una red de multisalto, con respecto al rendimiento y al retardo así como al consumo de energía. Con respecto a la transmisión de multisalto, un objetivo adicional de la invención es mejorar el llamado esquema de transmisión de multisalto oportunista, es decir, esquemas que luchan por adaptar la transmisión de manera que las mayores oportunidades, tales como las ofrecidas por la fluctuación de canal y de interferencia impredecible, son aprovechadas cuando se selecciona con quién comunicarse.

La Fig. 6 ilustra una comunicación de ARQ de multiusuario. Un emisor S transmite paquetes a un usuario primero u1 y segundo u2.

Al principio se transmite un paquete D1(1) previsto para el primer usuario. El paquete es recibido por el segundo usuario, el cual reconoce la recepción del paquete, pero no por el primer usuario. A continuación, se transmite un paquete D2(1) previsto para el segundo usuario. El paquete es recibido por el primer usuario, el cual reconoce la recepción, pero no por el segundo usuario. Por ello, la unidad emisora S sabe que ninguno de los paquetes transmitidos fue recibido por su usuario previsto, pero ambos fueron recibidos por el otro usuario.

De acuerdo con la solicitud codependiente mencionada anteriormente, en lugar de enviar cada paquete D1(1) y D2(1) de nuevo, el emisor puede codificar un paquete compuesto basándose en los dos paquetes, de acuerdo con lo que sigue:

$$D1(1) \oplus D2(1)$$

Puesto que ambos usuarios u1 y u2 tienen conocimiento de uno de los paquetes utilizados en el paquete compuesto, cada usuario puede descodificar el paquete para obtener la información que no había recibido todavía.

En el ejemplo, no obstante, el paquete compuesto sólo fue recibido por el primer usuario u1, el cual descodifica el paquete de acuerdo con lo que sigue:

$$(D1(1) \oplus D2(1)) \oplus D2(1) = D1(1)$$

El primer usuario reconoce la recepción. Puesto que sólo un paquete no ha sido recibido, no puede formarse ningún paquete compuesto. El emisor por lo tanto transmite otro paquete $D1(2)$ previsto para el usuario $u1$. De nuevo, este paquete es recibido sólo por el segundo usuario $u2$, el cual reconoce la transmisión. El emisor S forma a continuación otro paquete compuesto, de acuerdo con lo que sigue:

$$D1(2) \oplus D2(1)$$

Este paquete compuesto es recibido por los dos usuarios $u1$, $u2$ y los dos receptores pueden descodificar el paquete compuesto para obtener la información que no habían recibido. El primer usuario $u1$ descodifica de acuerdo con lo que sigue:

$$(D1(2) \oplus D2(1)) \oplus D2(1) = D1(2)$$

El segundo usuario $u2$ descodifica su paquete de acuerdo con lo que sigue:

$$(D1(2) \oplus D2(1)) \oplus D1(2) = D2(1)$$

Como puede verse, la probabilidad de que un receptor reciba y descodifique correctamente un paquete previsto para él es casi dos veces mayor que la probabilidad de que el receptor previsto reciba y descodifique un paquete regular previsto para él.

15 **Métodos de Codificación**

En el ejemplo anterior, el método de codificación adecuado para el método de acuerdo con la presente invención se basa en codificación de XOR a nivel de bit. Éste es un método muy adecuado, debido a su simplicidad. Pueden utilizarse también otros códigos tales como un código de borrado como Reed Solomon. Con respecto al tipo de codificación Reed Solomon, la misma operación que la operación XOR entre dos palabras es, por ejemplo, posible si se selecciona un código RS acortado con $K=2$ y con $N=3$ claves. La clave no sistemática $N-K=1$ es reenviada en lugar de las dos palabras a las que se les ha aplicado la XOR a nivel de bits. Pueden utilizarse también otros códigos de borrado o codificaciones orientadas al borrado de código.

En lugar de operar sobre bits independientes, segmentos de b bits pueden ser utilizados para la codificación conjunta. Puede utilizarse entonces un campo de Galois de 2^b , bajo cuya adición está la operación de codificación. Con esta notación, la operación de XOR es sólo una adición en el campo Galois de 2^1 .

Pueden considerarse muy diferentes métodos para codificar mediante XOR conjuntamente e identificar a continuación qué paquetes están codificados conjuntamente a la vez. Un ejemplo de posibles formatos de trama de código posibles viene dado con referencia a las ilustraciones de la FIG. 7. En el ejemplo, dos paquetes de datos (A) 1005 y (B) 1010 son codificados conjuntamente para formar el paquete de datos compuesto 1015. A la carga útil se le puede aplicar XOR directamente, pero necesita que se le ofrezca un medio para identificar qué paquetes individuales fueron codificados juntos. En un método de codificación, FIG. 10, identificadores (por ejemplo cabeceras o subconjunto de información relevante de cabeceras de paquetes individuales) de los paquetes codificados conjuntamente implicados (en esta memoria se muestran dos paquetes, pero puede extenderse fácilmente a más paquetes) son señalados en una cabecera de paquete compuesto 1020. Un identificador puede, por ejemplo, comprender un ID de nodo de fuente, un ID de nodo de destino y un número de secuencia de paquete para cada paquete codificado. Aparte de los identificadores, la cabecera del paquete compuesto señala también el formato del paquete compuesto, es decir, dónde están situados los paquetes en el paquete compuesto. Por ejemplo, si uno tiene dos paquetes y uno de los paquetes contiene menos bits que el otro paquete, como en la FIG. 7, el número de bits contenidos en el paquete con menos bits así como la posición del primer bit del paquete más corto están también indicados. La posición del primer bit puede estar predeterminada y ser conocida para el emisor y el receptor de manera que puede no necesitar ser señalada. Cuando el número de bits difiere, se utiliza el relleno 1025, como en la Fig. 7 con el paquete B 1010. El campo de formato de la cabecera del paquete compuesto 1020 podría también señalar que dos paquetes B y C son concatenados uno tras otro (no mostrados) y a continuación codificados, por ejemplo, con un tercer paquete A o con más paquetes. Tras una correcta descodificación de FEC y la detección de un correcto CRC 1030, la cabecera del paquete compuesto ejemplificado permite una fácil identificación de qué paquetes han sido codificados conjuntamente. El receptor utiliza esta información para buscar el paquete conocido a priori a partir del almacenamiento de paquetes de datos descodificados, y extraer el otro paquete o los otros paquetes. Debe observarse que la cabecera del paquete compuesto puede contener también otra información, puesto que en una red de multisalto, se puede aparte de los identificadores de paquete estar interesado en qué estación repetidora está enviando y qué estaciones repetidoras recibirán.

Otra versión de codificación distinta de la ilustrada anteriormente (no mostrada) es señalar la cabecera del paquete compuesto en un mensaje de transmisión común, es decir, una especie de señalización de fuera de banda. Otro método de codificación más (no mostrado), podría implicar un planteamiento de identificación a ciegas, es decir, probar la hipótesis de mensajes codificados frente a la base de datos de una información a priori y utilizar una comprobación de CRC para probar la validez de la prueba de la hipótesis.

La presente invención no está limitada al uso de operaciones de XOR en la descodificación de los paquetes de datos compuestos. Las operaciones de codificación están preferiblemente adaptadas a la tecnología de transmisión aplicada, las capacidades de procesamiento, sensibilidad a retardos, etc. Otro ejemplo de una operación de codificación adecuada para su uso en el método de acuerdo con la invención se basa en el operador de módulo. En lo que sigue se considera codificación de símbolos por constelación de señales, y el procedimiento puede ser repetido para múltiples símbolos consecutivos de constelación de señales. La operación de módulo es en este ejemplo llevada a cabo tanto para la parte real como para la parte imaginaria independientemente cuando se manejan números complejos y se utiliza una definición de la operación de módulo y la observación matemática de que:

$$(A + B) \bmod L - B \bmod L = A \bmod L$$

que indica que una señal B de valor real puede ser superpuesta sobre una señal A de valor real y permitir una recuperación sin interferencias de la señal A (con tal de que la señal A no exceda el nivel L de cuantificación), aunque la amplitud (y por ello la potencia) de la señal compuesta (no linealmente codificada) está limitada.

En la práctica, esto puede ser utilizado como sigue. El emisor tiene los símbolos S_1 y S_2 que típicamente asumen valores distintos. Por ejemplo, en 16 QAM, $S_i \in \{-3, -1, 1, 3\} + i \cdot \{-3, -1, 1, 3\}$. Ahora, como el receptor tiene conocimiento de la secuencia de datos $D_2(n)$, también tiene conocimiento del correspondiente símbolo S_2 (por cada S_1). Entonces para la parte real (e igualmente para la parte imaginaria), la señal codificada y conjuntamente en el transmisor es $(S_1^{(Re)} + S_2^{(Re)}) \bmod L$, que es entonces recibida y ecualizada, es decir compensada en pérdida de ruta (asegurando que se utiliza la misma escala para la señal recibida y la señal que es sustraída), y la fase compleja (asegurando que los ejes En fase y en Cuadratura están alineados con la señal que es sustraída), para producir la señal recibida

$$R^{(Re)} = (S_1^{(Re)} + S_2^{(Re)}) \bmod L + N^{(Re)}$$

donde $N^{(Re)}$ es el término de ruido (e interferencia). La señal deseada es a continuación recuperada con

$$\hat{S}_1^{(Re)} = ((R^{(Re)}) \bmod L - S_2^{(Re)}) \bmod L = (S_1^{(Re)} + N^{(Re)}) \bmod L$$

La codificación no lineal podría también lograrse mediante la cuantificación por medio de un mallado dimensional mayor que sólo una cuantificación dimensional como se ha descrito anteriormente. En este caso la cuantificación opera sobre un vector en lugar de sobre un escalar.

En lugar de operar sobre bits independientes, pueden utilizarse segmentos de b bits para la codificación conjunta. Puede utilizarse entonces un campo de Galois de 2^b , bajo cuya adición está la operación de codificación. Con esta notación, la operación de XOR es sólo una adición en el campo de Galois de 2^b .

Con el fin de evitar que el receptor devuelva información acerca de paquetes de datos para otros receptores que han sido recibidos ya por el receptor designado, así como que almacene innecesariamente esos paquetes, se necesita un método de alineación. La solicitud codependiente mencionada anteriormente explica con detalle los métodos para devolver mensajes de los receptores al transmisor, y el manejo de los mensajes de alineación relativos a cuándo un paquete recibido previamente puede ser descartado.

La FIG. 8 ilustra esquemáticamente la información disponible para un planificador en un sistema de ARQ de multiusuario cuando lleva a cabo una codificación de paquete compuesto óptimo tal como se ha explicado a grandes rasgos anteriormente. Se asume un número de usuarios $K=3$. Además, se asume que un número de paquetes de datos regulares han sido enviados desde el transmisor hasta cada receptor y que cada receptor ha reconocido todos los paquetes de datos regulares que ha recibido y descodificado. Esto significa que cada receptor ha reconocido al transmisor tanto los paquetes recibidos que estaban previstos para él como los paquetes previstos para otros receptores que fueron accidentalmente recibidos por el receptor.

Los paquetes pueden dividirse en 8 subconjuntos diferentes:

- paquetes que no fueron recibidos por ningún receptor

- Un conjunto D123 de paquetes que fueron recibidos por todos los receptores
- Un conjunto D1 de paquetes que fueron recibidos sólo por el receptor R1
- Un conjunto D2 de paquetes que fueron recibidos sólo por el receptor R2
- 5 - Un conjunto D3 de paquetes que fueron recibidos sólo por el receptor R3
- Un conjunto D12 de paquetes que fueron recibidos por los receptores R1 y R2
- Un conjunto D13 de paquetes que fueron recibidos por los receptores R1 y R3
- Un conjunto D23 de paquetes que fueron recibidos por los receptores R2 y R3.

10 Del conjunto D1 recibido sólo por el receptor R1 habrá un subconjunto SS11 de paquetes que estaban previstos para el receptor R1, un subconjunto SS12 de paquetes que estaban previstos para el receptor R2 y un subconjunto SS13 de paquetes que estaban previstos para el receptor R3.

Del conjunto D2 recibido sólo por el receptor R2 habrá un subconjunto SS21 de paquetes que estaban previstos para el receptor R1, un subconjunto SS22 de paquetes que estaban previstos para el receptor R2 y un subconjunto SS23 de paquetes que estaban previstos para el receptor R3.

15 Del conjunto D3 recibido sólo por el receptor R3 habrá un subconjunto SS31 de paquetes que estaban previstos para el receptor R1, un subconjunto SS32 de paquetes que estaban previstos para el receptor R2 y un subconjunto SS33 de paquetes que estaban previstos para el receptor R3.

20 Del conjunto D12 recibido por los receptores R1 y R2 habrá un subconjunto SS121 de paquetes que estaban previstos para el receptor R1, un subconjunto S122 de paquetes que estaban previstos para el receptor R2 y un subconjunto SS123 de paquetes que estaban previstos para el receptor R3.

Del conjunto D13 recibido por los receptores R1 y R3 habrá un subconjunto SS131 de paquetes que estaban previstos para el receptor R1, un subconjunto SS132 de paquetes que estaban previstos para el receptor R2 y un subconjunto S133 de paquetes que estaban previstos para el receptor R3.

25 Del conjunto D23 recibido por los receptores R2 y R3 habrá un subconjunto SS231 de paquetes que estaban previstos para el receptor R1, un subconjunto SS232 de paquetes que estaban previstos para el receptor R2 y un subconjunto SS233 de paquetes que estaban previstos para el receptor R3.

Los subconjuntos SS11, SS22, SS33, SS121, SS122, SS131, SS133, SS232 y SS233 que comprenden paquetes que fueron realmente recibidos por el receptor para el cual estaban previstos no necesitan ser retransmitidos. Estos subconjuntos están indicados en negrita en la Figura 8.

30 Los paquetes que no fueron recibidos por ningún receptor deben ser retransmitidos como paquetes regulares, puesto que no pueden ser combinados con ningún otro paquete de manera que puedan ser descodificados por alguno de los receptores.

35 Cualquier paquete comprendido en los subconjuntos SS12, SS13, SS21, SS23, SS31, SS32, SS123, SS132 y SS231, o que no fueron recibidos por ningún receptor deben ser también retransmitidos. Como se ha explicado anteriormente, los paquetes compuestos están formados por dos o más de estos paquetes hasta un punto posible, con el fin de hacer la transmisión más eficiente. Un paquete compuesto óptimo está definido como un paquete compuesto que codifica $j+1$ paquetes diferentes de tal manera que cuando es recibido por cualquiera de sus $j+1$ usuarios designados, cada usuario puede descodificar un nuevo paquete de datos que está también previsto para este usuario. En esta memoria, el número j indica también los conjuntos de paquetes cada uno de los cuales ha sido
40 recibido por j receptores (o usuarios). Este conjunto de paquetes se denominará ocasionalmente paquetes de "nivel j ".

45 Teniendo la información completa acerca de qué paquetes han sido recibidos y descodificados por qué receptor, el planificador debe ahora identificar los paquetes adecuados para ser combinados en paquetes compuestos. Por ejemplo, un paquete de cada uno de los subconjuntos SS123, SS132 y SS231, cada uno de los cuales fue recibido por dos usuarios no previstos pero no por su respectivo receptor previsto, puede ser combinado para formar un paquete compuesto. Puesto que cada uno de los receptores R1, R2, R3 tiene conocimiento de dos de los paquetes, cada receptor será capaz de descodificar este paquete compuesto para obtener la información en el paquete previsto para él.

50 Los paquetes que han sido recibidos sólo por un receptor sólo pueden ser combinados en parejas, en las cuales cada paquete fue recibido por un receptor diferente. Por ejemplo, un paquete del subconjunto SS12 y un paquete del

subconjunto SS21 pueden ser combinados en un paquete compuesto. Este paquete puede ser descodificado por el receptor R1 para proporcionar el paquete del subconjunto SS21, que estaba previsto para el receptor R1 pero no fue previamente recibido por él. Puede ser también descodificado por el receptor R2 para proporcionar el paquete del subconjunto SS12 que estaba previsto para el receptor R2 pero que no fue recibido previamente por él.

5 De manera similar, un paquete del subconjunto SS32 y un paquete del subconjunto SS23 pueden ser combinados en un paquete compuesto. Este paquete puede ser descodificado por el receptor R2 para proporcionar el paquete del subconjunto SS32, que estaba previsto para el receptor R2 pero que no fue previamente recibido por él. Puede ser también descodificado por el receptor R3 para proporcionar el paquete del subconjunto SS32 que estaba previsto para el receptor R3 pero que no fue previamente recibido por él.

10 Si un paquete compuesto óptimo no puede ser formado en un nivel j porque no todos los subconjuntos necesarios tienen paquetes, el planificador puede esperar durante una transmisión de paquetes regulares hasta que haya al menos un paquete en cada uno de los subconjuntos relevantes. Alternativamente, los paquetes presentes en los subconjuntos pueden ser utilizados para formar paquetes compuestos en otros niveles distintos del nivel j .

15 Si el tiempo que le lleva a cualquier paquete esperar la retransmisión hasta que un paquete compuesto óptimo pueda ser formado es demasiado largo, por ejemplo, excede algún umbral, este paquete puede ser también retransmitido como un paquete regular. Alternativamente, puede ser utilizado en un paquete compuesto no óptimo. Otros criterios pueden también activar la retransmisión de un paquete como un paquete regular, o un paquete compuesto no óptimo, en lugar de cómo un paquete compuesto óptimo. Tales criterios podrían ser una velocidad de datos mínima u otro parámetro relativo a la Calidad del Servicio.

20 Dos métodos alternativos se ilustran en las Figuras 9 y 10, respectivamente. En la Figura 9, en la etapa S11 el planificador espera hasta que se recibe un activador de planificación. En la etapa S12 el planificador determina si hay algún paquete que transmitir. Si la respuesta es sí, se va a la etapa S13; si es no, se va a la etapa S17.

En la etapa S13 el transmisor busca y forma el mejor paquete compuesto óptimo, de la manera explicada anteriormente.

25 En la etapa S14 se determina si un paquete compuesto óptimo puede ser determinado. Si la respuesta es sí, se va a la etapa S15; si es no, se va a la etapa S17.

Etapa S15: transmitir el paquete compuesto óptimo.

Etapa S17: ¿Hay un nuevo paquete regular que transmitir? Si la respuesta es sí, se va a la etapa S18; si es no, se vuelve a la etapa S11.

30 Etapa S18: transmitir el paquete regular identificado en la etapa S17 y volver a la etapa S11.

La Figura 10 es similar a la Figura 9, excepto porque se considera también si uno o más paquetes regulares se aproximan al máximo valor de vida útil permitido o no.

35 Las etapas S21 – S25 son idénticas a las etapas S11 – S15 de la Figura 9. Si, en la Figura 10, un paquete compuesto óptimo no puede ser compuesto en la etapa S24, se lleva a cabo una etapa de decisión adicional S26 para determinar si uno o más paquetes regulares se están aproximando a su valor de vida útil máximo. Si la respuesta es sí, se va a la etapa S28. Si es no, se determina en la etapa S27 si hay otro paquete regular que transmitir, o no. En la etapa S28 se transmite el paquete regular apropiado.

40 Por supuesto, si la respuesta es no en la etapa S14 ó S26 sería también posible determinar si un paquete compuesto que no era óptimo podría ser formado y transmitido. Si éste no es el caso, o si es una operación no preferida, un paquete regular puede ser enviado en su lugar. Por ejemplo, puede resultar preferido enviar un paquete compuesto no óptimo si dos paquetes diferentes con los que es posible formar un paquete compuesto tienen los dos sus valores de vida útil expirando, mientras que el paquete regular es enviado sólo si el tiempo límite se ha alcanzado para un solo paquete.

45 Debe observarse que en las Figuras 9 y 10 a la retransmisión de un paquete compuesto se le da prioridad sobre la inyección de nuevos paquetes en el sistema. Otros algoritmos de priorización podrían ser utilizados en su lugar, por ejemplo, basándose en una relación deseada entre el número de nuevos paquetes y el número de paquetes compuestos que deben ser transmitidos.

50 El algoritmo de planificación y de codificación de paquetes compuestos preferido puede ser llevado a cabo como subetapas de la etapa S4 en el método de acuerdo con la invención tal como se describe con referencia a la FIG. 3, o de las etapas S13 y S14 ó S23 y S24 de las Figs. 9 y 10, respectivamente. El método se ilustra en la Fig. 11 y comprende las etapas de:

Etapa S31: Identificar todas las entradas en las que el receptor correcto ha recibido su paquete designado. Descartar las entradas, dado que el objetivo de transmitir un paquete designado para un nodo deseado ya se ha cumplido (es decir, purgar los paquetes ya recibidos de la memoria temporal del receptor). Las entradas restantes pueden ahora ser utilizadas en la codificación conjunta.

- 5 Etapa S32: El emisor selecciona un nivel j , considerando por ello un paquete compuesto óptimo dirigido a los $j+1$ usuarios. En el nivel j , sólo se consideran todos los paquetes que residen con usuarios j . Para cada nivel j hay K sobre j combinaciones diferentes de conjuntos, en los que cada conjunto tiene uno o más paquetes que residen a la

vez con j usuarios. La expresión matemática para K sobre j es
$$\binom{K}{j} = \frac{K!}{(K-j)! j!}$$

Preferiblemente, el valor inicial de $j=K-1$, donde K es el número total de usuarios.

- 10 Etapa S33. ¿Puede formarse un paquete compuesto óptimo en el nivel j ? Para formar un paquete compuesto óptimo debe seleccionarse un paquete de cada uno de tales j conjuntos. Si la respuesta es sí, se va a la etapa S34; si es no, se va a la etapa S35.

15 Etapa S34: Seleccionar un paquete de cada uno de los j conjuntos y formar el paquete codificando tal como se ha explicado anteriormente. Ir a la etapa S5, S15 ó S25 de la Fi. 3, 9 ó 10, respectivamente, para enviar el paquete óptimo.

Etapa S35: decrementar j e ir a la etapa S33.

Planificación Oportunista

20 Además de la codificación y planificación conjuntas descritas anteriormente, la decisión de planificación puede también incluir información de Indicación de Calidad de Canal (CQI – Channel Quality Indication, en inglés) para un rendimiento mayor, incluso.

25 Utilizar la CQI es conocido en la planificación de la técnica anterior, que a menudo se denota como planificación oportunista. La CQI es una medida retroalimentada desde un nodo receptor a un nodo emisor, indicando una calidad del enlace estimada (y en ocasiones predicha) para la instancia o instancias de transmisión futura o futuras. Basándose en la medida de CQI, y potencialmente en otros criterios, el nodo emisor, en planificación oportunista tradicional, selecciona un paquete de datos y lo envía en una oportunidad mayor (estimada/predicha). Tal oportunidad mayor generalmente ocurre cuando la calidad de canal instantánea excede su calidad media, por ejemplo, debido a que el canal se desvanece y/o a que no existen interferencias o a que el canal interferidor dominante se desvanece. Puesto que el canal varía con el tiempo debido a la movilidad y a que el tráfico fluctúa, la CQI necesita ser actualizada regularmente. La planificación oportunista es conocida para mejorar el rendimiento debido a un efecto que es comúnmente conocido como diversidad de multiusuario.

30 De acuerdo con este aspecto de la invención, la planificación oportunista y la planificación y codificación conjuntas son llevadas a cabo de manera conjunta mediante la integración de las dos funciones. En las redes de multisalto, puede desearse incluir el progreso del coste de encaminamiento de cada paquete hacia el destino, es decir, haciendo caso omiso de si la planificación oportunista se utiliza o no.

35 Importantemente, existen ciertos beneficios en aplicar la invención para la planificación oportunista porque pueden seleccionarse y aprovecharse múltiples oportunidades de pico. Esto contrasta con la técnica anterior que es restringida, debido a la falta de posibilidad de enviar múltiples mensajes contenidos en un solo paquete, para enviar sólo un paquete y en consecuencia como mucho utilizar sólo una oportunidad de pico cada vez. La FIG. 11 ilustra esquemáticamente la realización de la invención que utiliza múltiples oportunidades de pico con más detalle. Se ilustra un caso de Planificación y Transmisión de Multisalto Oportunista, en la que una pluralidad de nodos de multisalto 1205, 1210, 1215, 1220 y 1225 están acoplados en transmitir el paquete de datos (a) y el paquete de datos (A) a sus respectivos destinos. El nodo 1205 está actuando actualmente como el nodo emisor s . El nodo receptor v_a 1210 ha almacenado una información a priori que comprende el paquete de datos (A), el nodo receptor v_A 1215 del paquete de datos (a), el nodo receptor v_x 1220 del paquete de datos (a) y el nodo receptor v_y 1225 del paquete de datos (b). La planificación de multisalto oportunista es utilizada por el nodo emisor 1205 porque se aprovechan los dos canales que ofrecen oportunidades de pico, los canales al nodo receptor v_a 1210 y el canal para el nodo receptor v_A 1215. Por lo tanto un paquete de datos compuesto basado en los paquetes de datos (A) y (a) es elegido por el algoritmo de codificación y de planificación, en lugar de un paquete de datos compuesto que debe ser transmitido en los canales momentáneamente menos favorables. El método no está limitado al uso puesto como ejemplo de dos enlaces o a dos paquetes de datos individuales.

Para ejemplificar la operación de la invención en una red de multisalto que aprovecha la idea de planificación oportunista, pueden considerarse dos esquemas de multisalto basados en planificador denotados como SDF y MDF, tal como se describen en los documentos mencionados previamente. Cualquier nodo que escuche accidentalmente

5 mensajes de estado de paquete recibido, esto es una extensión del esquema de reconocimiento que se encuentra en SDF y MDF para soportar la invención, utiliza esta información en el proceso de planificación y envía un paquete, de una manera tradicional, o codifica conjuntamente múltiples paquetes de acuerdo con la invención. En particular, los valores de CQI para los enlaces a los diferentes usuarios pueden ser tenidos en cuenta en el proceso de planificación.

10 El método y disposición de acuerdo con la invención es aplicable en cualquier red en la que pueden enviarse paquetes más de una vez. Este es inherentemente el caso en las redes que aplican ARQ (debido a retransmisiones) así como en redes de multisalto (debido a que esos paquetes son generalmente enviados sobre múltiples saltos así como debido a una potencial implementación de la ARQ de Unidifusión. La invención ha sido descrita en un escenario inalámbrico pero podría ser utilizada en otros escenarios de comunicación.

15 El método de acuerdo con la presente invención es preferiblemente implementado por medio de productos de programa o productos de módulo de programa que comprenden el medio de código de software para llevar a cabo las etapas del método. Los productos de programa son preferiblemente ejecutados en una pluralidad de entidades dentro de una red. Los productos de programa son distribuidos y cargados desde un medio utilizable por un ordenador, tal como una memoria de USB, un CD o transmitidos en el aire, o descargados de Internet, por ejemplo.

Aunque la invención ha sido descrita en conexión con lo que se considera actualmente como las realizaciones más prácticas y preferidas, debe entenderse que la invención no está limitada a las realizaciones explicadas; por el contrario, pretende cubrir varias modificaciones y disposiciones equivalentes incluidas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

20

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método de codificar y planificar paquetes de datos en un sistema de comunicación, comprendiendo el sistema de comunicación al menos un nodo emisor (405) y al menos dos nodos receptores (410 – 420), y en el que el al menos un nodo emisor está dispuesto para almacenar temporalmente, planificar, codificar y transmitir paquetes de datos regulares que comprenden información designada para al menos un nodo receptor previsto, estando el método **caracterizado por** las etapas de:
- un nodo receptor (410 – 420) que almacena temporalmente de manera selectiva paquetes de datos recibidos para los cuales no está previsto el nodo receptor como una información a priori y que retroalimenta información acerca de la información a priori para el nodo emisor;
- 10 - identificar en el nodo emisor (405) qué paquetes han sido recibidos por qué usuarios;
- dividir los paquetes que no fueron recibidos por su receptor previsto en subconjuntos dependiendo de por qué usuario o usuarios han sido recibidos y para qué usuario estaban previstos;
 - seleccionar un nivel j para ser considerado, donde $1 < j < K$ y el nivel j denota un conjunto de todos los paquetes que han sido recibidos por exactamente j usuarios;
- 15 - seleccionar al menos $j+1$ subconjuntos del conjunto, comprendiendo cada subconjunto paquetes recibidos por un primer grupo que comprende al menos un nodo receptor y previstos para un segundo grupo que comprende al menos un nodo receptor;
- seleccionar un paquete de cada uno de los $j+1$ subconjuntos;
 - si un paquete compuesto óptimo puede ser formado en el nivel j , es decir, un paquete que combina un
- 20 paquete de cada uno de los $j+1$ subconjuntos diferentes, formar y transmitir el paquete compuesto óptimo.
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, **que comprende** las etapas de
- transmitir cualquier paquete de datos como un paquete regular la primera vez que es transmitido;
 - cuando un paquete va a ser retransmitido, determinar si puede ser utilizado en un paquete compuesto óptimo.
- 25 3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **que comprende también** la etapa de, si un paquete compuesto óptimo no puede ser formado en el nivel j , seleccionar un nuevo valor para j .
4. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **que comprende también** la etapa de, si un paquete compuesto óptimo no puede ser formado en el nivel j , considerar si un paquete compuesto no óptimo puede ser formado en el nivel j .
- 30 5. Un método la reivindicación 1, **que comprende** la etapa de formar un paquete compuesto no óptimo si al menos un paquete en al menos un subconjunto se aproxima a una vida útil máxima.
6. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, **que comprende también** la etapa de, si un paquete óptimo no puede ser formado en el nivel j , y si un paquete regular se aproxima a la vida útil máxima, transmitir el paquete regular.
- 35 7. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **que comprende también** la etapa de, en el nodo receptor:
- recibir el paquete de datos compuesto y descodificar el paquete de datos compuesto (450) utilizando una información a priori almacenada en el nodo receptor.
- 40 8. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **en el que** en la etapa de formación, el nodo emisor forma el paquete de datos compuesto mediante codificación y planificación conjuntas de al menos dos paquetes de datos.
9. El método de acuerdo con la reivindicación 8, **en el que** se utilizan operaciones de XOR en la codificación conjunta.
- 45 10. El método de acuerdo con la reivindicación 8, **en el que** se utilizan operaciones de módulo en la codificación conjunta.

11. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, **en el que** en la codificación y planificación conjuntas se lleva a cabo una optimización considerando diferentes combinaciones de paquetes y diferentes combinaciones de receptores y el conocimiento de su información a priori almacenada.
- 5 12. El método de acuerdo con la reivindicación 11, **en el que** se utiliza información suplementaria de optimización además de una información conjunta.
13. El método de acuerdo con la reivindicación 12, **en el que** la información suplementaria comprende uno de, o una combinación de los parámetros: requisitos de Calidad de Servicio, Indicación de Calidad del Canal, costes de encaminamiento, y características de paquetes de datos.
- 10 14. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **en el que** le número de bits utilizados por el paquete de datos compuesto es menor que la suma del número de bits de los dos paquetes de datos individuales.
15. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **en el que** el sistema de comunicación es un sistema celular y el primer nodo emisor es una estación de base (505).
- 15 16. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **en el que** el sistema de comunicación es un sistema de multisalto.
17. Un método en un nodo emisor en un sistema de comunicación de codificación y planificación conjuntas de múltiples paquetes de datos, **en el que** el nodo emisor (405) está adaptado para la comunicación con K nodos receptores (410 – 420), donde $K > 1$ y el nodo emisor está dispuesto para almacenar temporalmente, planificar, codificar y transmitir paquetes de datos regulares al menos a un nodo receptor previsto, comprendiendo el método las etapas de:
- 20
- recibir retroalimentación de al menos dos de los nodos receptores (410 – 420), comprendiendo la citada retroalimentación información en paquetes recibidos por los al menos dos nodos receptores;
 - identificar en el nodo emisor (405) qué paquetes han sido recibidos por qué usuarios;
 - dividir los paquetes que no fueron recibidos por su receptor previsto en subconjuntos dependiendo de por qué usuario o usuarios han sido recibidos y para qué usuario estaban previstos;
 - seleccionar un nivel j para ser considerado, donde $1 < j < K$ y el nivel j denota un conjunto de todos los paquetes que han sido recibidos exactamente por j usuarios;
 - definir al menos $j+1$ subconjuntos para el conjunto, comprendiendo cada subconjunto los paquetes recibidos por un primer grupo que comprende al menos un nodo receptor y previstos para un segundo grupo que comprende al menos un nodo receptor;
 - identificar los paquetes que están almacenados en j subconjuntos;
 - si un paquete compuesto óptimo puede ser formado en el nivel j , es decir, un paquete que combina $j+1$ paquetes, siendo cada uno de los cuales de $j+1$ subconjuntos diferentes, formar y transmitir el paquete compuesto óptimo.
- 25
- 30
- 35 18. Un método de acuerdo con la reivindicación 17, **que comprende** las etapas de
- transmitir cualquier paquete de datos como un paquete de datos regular la primera vez que es transmitido;
 - cuando un paquete va a ser retransmitido, determinar si puede ser utilizado en un paquete compuesto óptimo.
- 40 19. El método en un nodo emisor de acuerdo con la reivindicación 17 ó 18, **que comprende también** las etapas de:
- monitorización por parte del nodo emisor si se ha recibido algún mensaje de retroalimentación;
 - determinación por parte del nodo emisor de si la retroalimentación es retroalimentación en una información a priori de un nodo receptor o si es retroalimentación en datos propios recibidos, y si es en datos propios, el nodo emisor procede con operaciones de ARQ regulares, y si es en información a priori el nodo emisor almacena información de la retroalimentación en una memoria temporal de información a priori, y vuelve a la etapa de monitorización.
- 45
20. El método de acuerdo con la reivindicación 17, **en el que** en las etapas de formación, el nodo emisor forma el paquete de datos compuesto mediante codificación y planificación conjuntas de al menos dos paquetes de datos.

21. El método de acuerdo con la reivindicación 20, **en el que** las operaciones de XOR son utilizadas en la codificación conjunta.
22. El método de acuerdo con la reivindicación 20, **en el que** las operaciones de módulo son utilizadas en la codificación conjunta.
- 5 23. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 20 a 22, **en el que** en la codificación y planificación conjuntas se lleva a cabo una optimización considerando diferentes combinaciones de paquetes y diferentes combinaciones de receptores y el conocimiento de su información a priori almacenada.
24. El método de acuerdo con la reivindicación 23, **en el que** se utiliza una información suplementaria para optimización además de la información a priori.
- 10 25. El método de acuerdo con la reivindicación 24, **en el que** la información suplementaria comprende uno de, o una combinación de los parámetros: requisitos de Calidad de Servicio, Indicación de Calidad de Canal, costes de encaminamiento y características del paquete de datos.
26. El método de acuerdo con cualquiera de las realizaciones 17 a 25, **en el que** el número de bits utilizados para el paquete de datos compuesto es menor que la suma del número de bits de los paquetes de datos en los que se basa.
- 15 27. Un nodo emisor adaptado para su uso en un sistema de comunicación, **en el que** el nodo emisor (405) está adaptado para la comunicación con K nodos receptores (410, 420), donde $K > 1$, transmitiendo información en forma de un paquete de datos regular al menos a uno de los nodos receptores previstos, comprendiendo el citado nodo emisor:
- 20 - un receptor de retroalimentación (930) adaptado para recibir e identificar una información a priori en la retroalimentación desde los nodos receptores (410, 420);
- un módulo de almacenamiento de información a priori (910) para almacenar una información a priori de una pluralidad de nodos receptores, estando el módulo de almacenamiento de información a priori (910) conectado al citado receptor de retroalimentación (930);
- 25 - un módulo de codificación y planificación conjuntas (905) para formar un paquete de datos compuesto de al menos dos paquetes de datos regulares, estando el módulo de codificación y planificación conjuntas (905) dispuesto para utilizar una información a priori del citado módulo de almacenamiento de información a priori (910) y para determinar qué paquetes de datos individuales múltiples obtener de un módulo de memoria temporal (920) para su uso en el paquete de datos compuesto, **caracterizado porque** el módulo de codificación y planificación conjuntas está dispuesto para formar el paquete de datos compuesto óptimo mediante:
- 30 - identificación de qué paquetes han sido recibidos por qué usuarios;
- división de los paquetes que no fueron recibidos por su receptor previsto en subconjuntos dependiendo de por qué usuario o usuarios han sido recibidos y para qué usuario estaban previstos;
- 35 - selección de un nivel j para ser considerado, donde $1 < j < K$ y denotando el nivel j un conjunto de todos los paquetes que han sido recibidos exactamente por j usuarios;
- definición de al menos $j+1$ subconjuntos para el conjunto, comprendiendo cada subconjunto paquetes recibidos por un primer grupo de al menos un nodo receptor y previsto para un segundo grupo que comprende al menos un nodo receptor;
- identificación de los paquetes que están almacenados en $j+1$ subconjuntos;
- 40 - si un paquete compuesto óptimo puede ser formado en el nivel j , es decir, un paquete que combina un paquete de cada uno de los $j+1$ diferentes subconjuntos, formación y transmisión del paquete compuesto óptimo de tal manera que el nodo receptor previsto para cada uno de los al menos dos paquetes regulares puede descodificar el paquete compuesto para obtener información para la cual estaba previsto el nodo receptor.
- 45 28. Un nodo emisor de acuerdo con la reivindicación 27, **en el que** el módulo de codificación y planificación conjuntas (905) está dispuesto para planificar cualquier paquete de datos para ser transmitido como un paquete de datos regular la primera vez que es transmitido y, cuando un paquete va a ser retransmitido, determinar si puede ser utilizado en un paquete compuesto óptimo.
29. El nodo emisor de acuerdo con la reivindicación 27 ó 28, **que comprende también** un módulo de información suplementaria (915) en conexión con el módulo de codificación y planificación conjuntas (905), estando

el citado módulo de información suplementaria (915) dispuesto para almacenar información de canal suplementaria y para proporcionar al módulo de codificación y planificación conjuntas (905) información de canal suplementaria.

- 5 30. El nodo emisor de acuerdo con la reivindicación 29, **en el que** el módulo de información suplementaria (915) está dispuesto para almacenar uno de, o una combinación de los parámetros: requisitos de Calidad de Servicio, Indicación de Calidad de Canal, costes de encaminamiento y características del paquete de datos.
31. El nodo emisor de acuerdo con la reivindicación 30, **en el que** el módulo de codificación y planificación conjuntas (905) está dispuesto para llevar a cabo la codificación y la planificación basándose en información proporcionada tanto del módulo de almacenamiento de información a priori (910) como del módulo de información suplementaria (915).
- 10 32. Un sistema de comunicación **que comprende** al menos un nodo emisor adaptado para la comunicación con al menos dos nodos receptores transmitiendo información en forma de múltiples paquetes de datos designados para nodos receptores individuales, **caracterizado porque** el sistema de comunicación comprende al menos un nodo emisor (405) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 27 – 31.

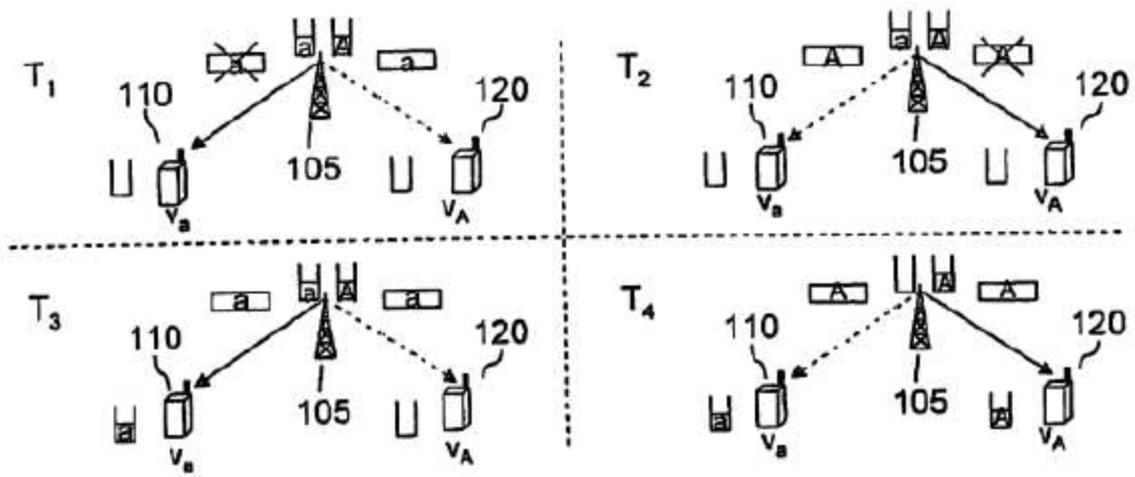


Fig. 1 (Técnica Anterior)

⊕

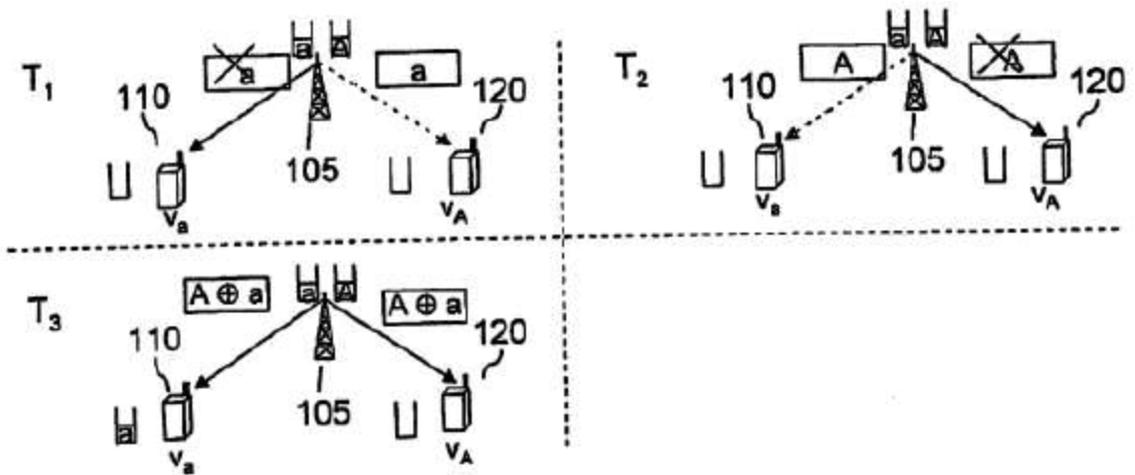


Fig. 2

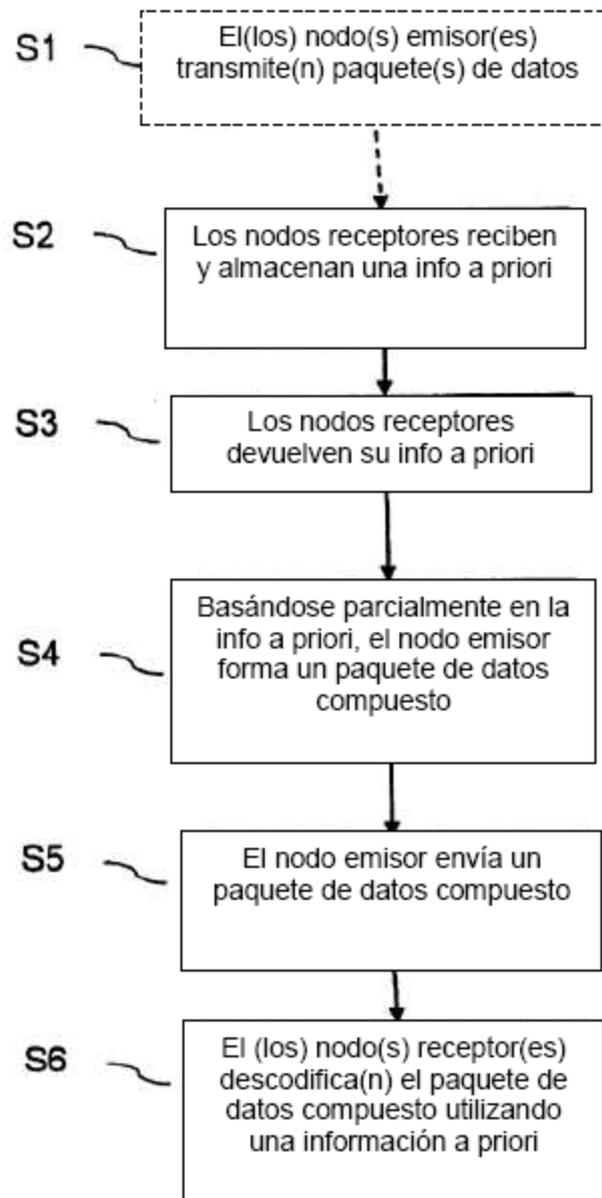
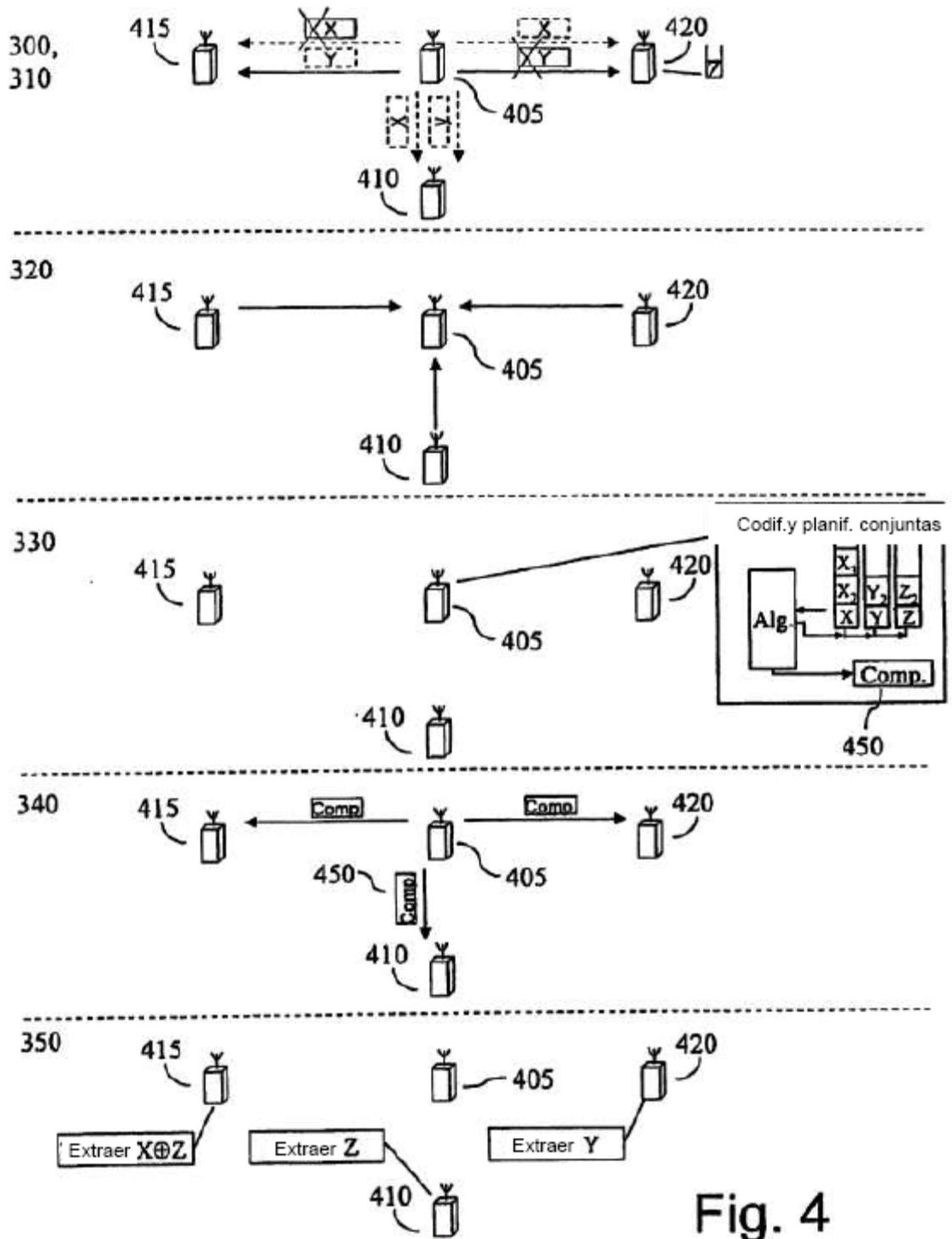


Fig. 3



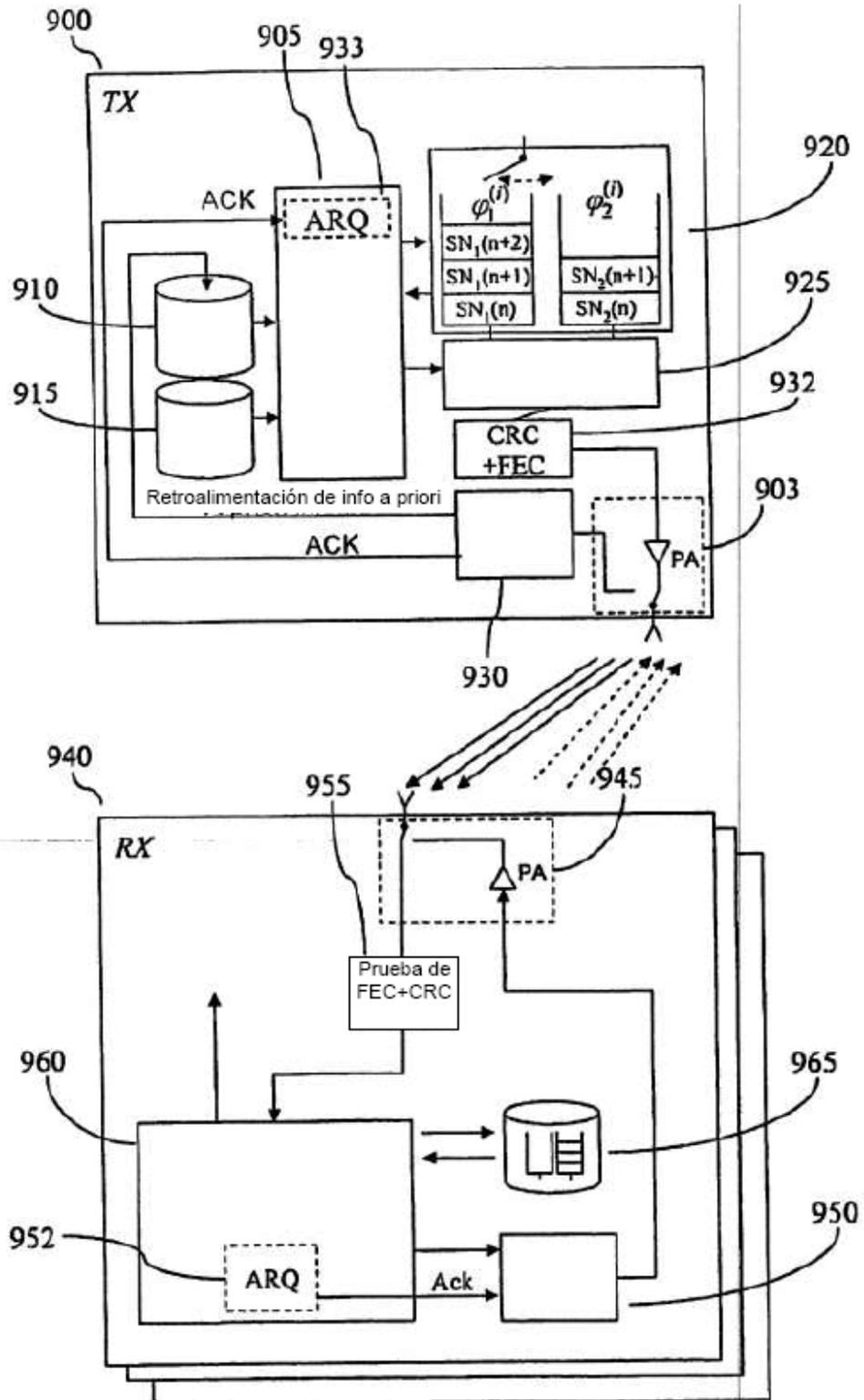


Fig. 5

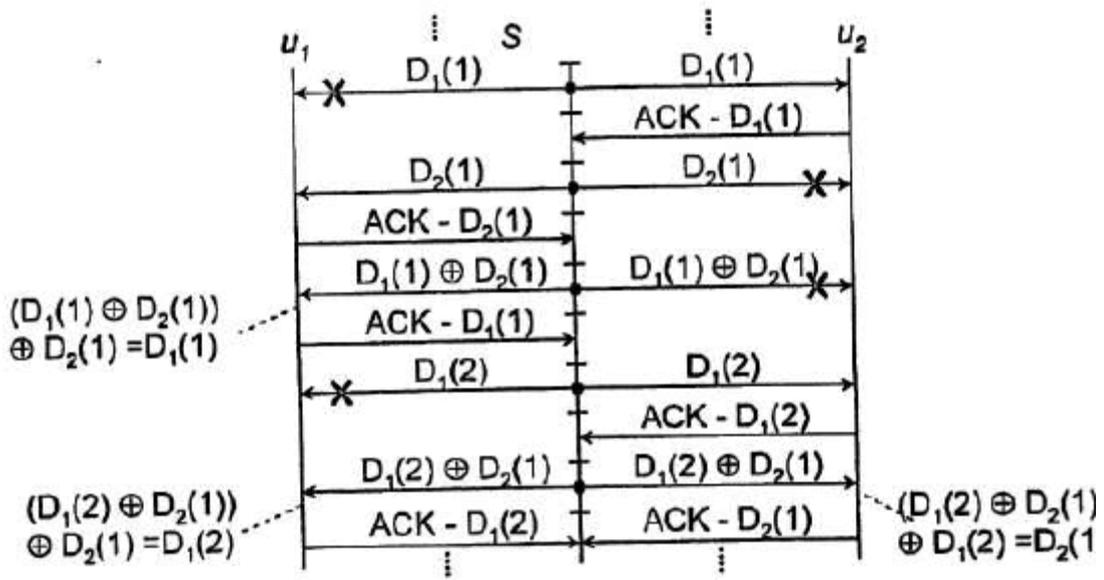


Fig. 6

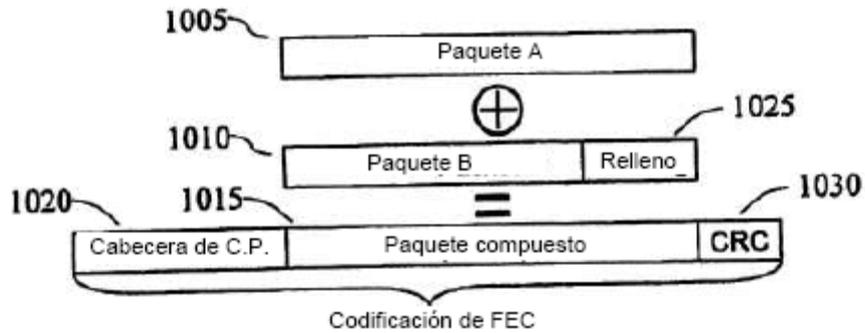


Fig. 7

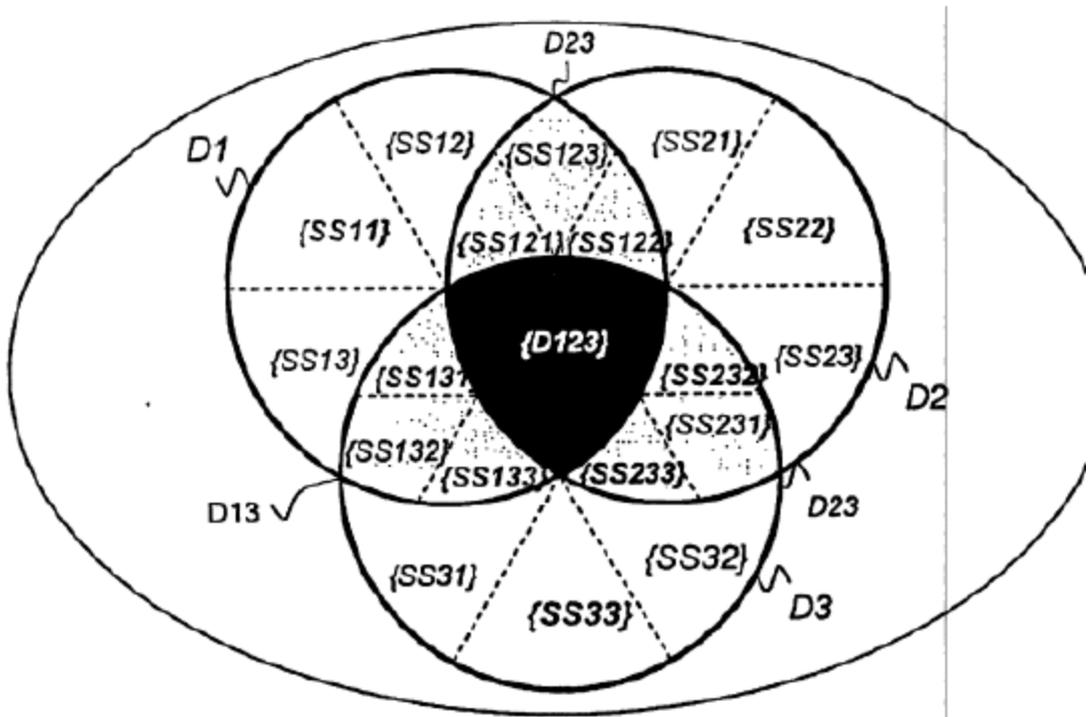


Fig. 8

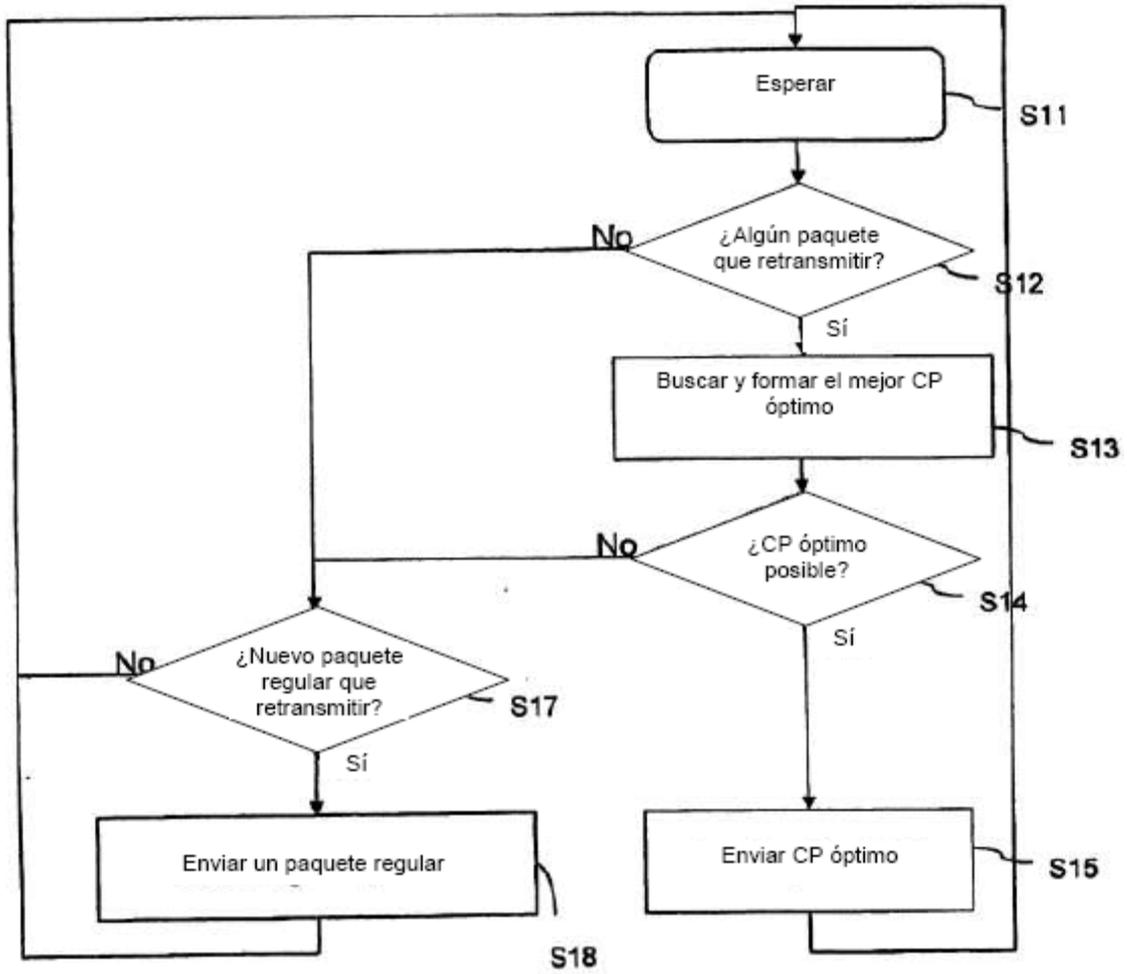


Fig. 9

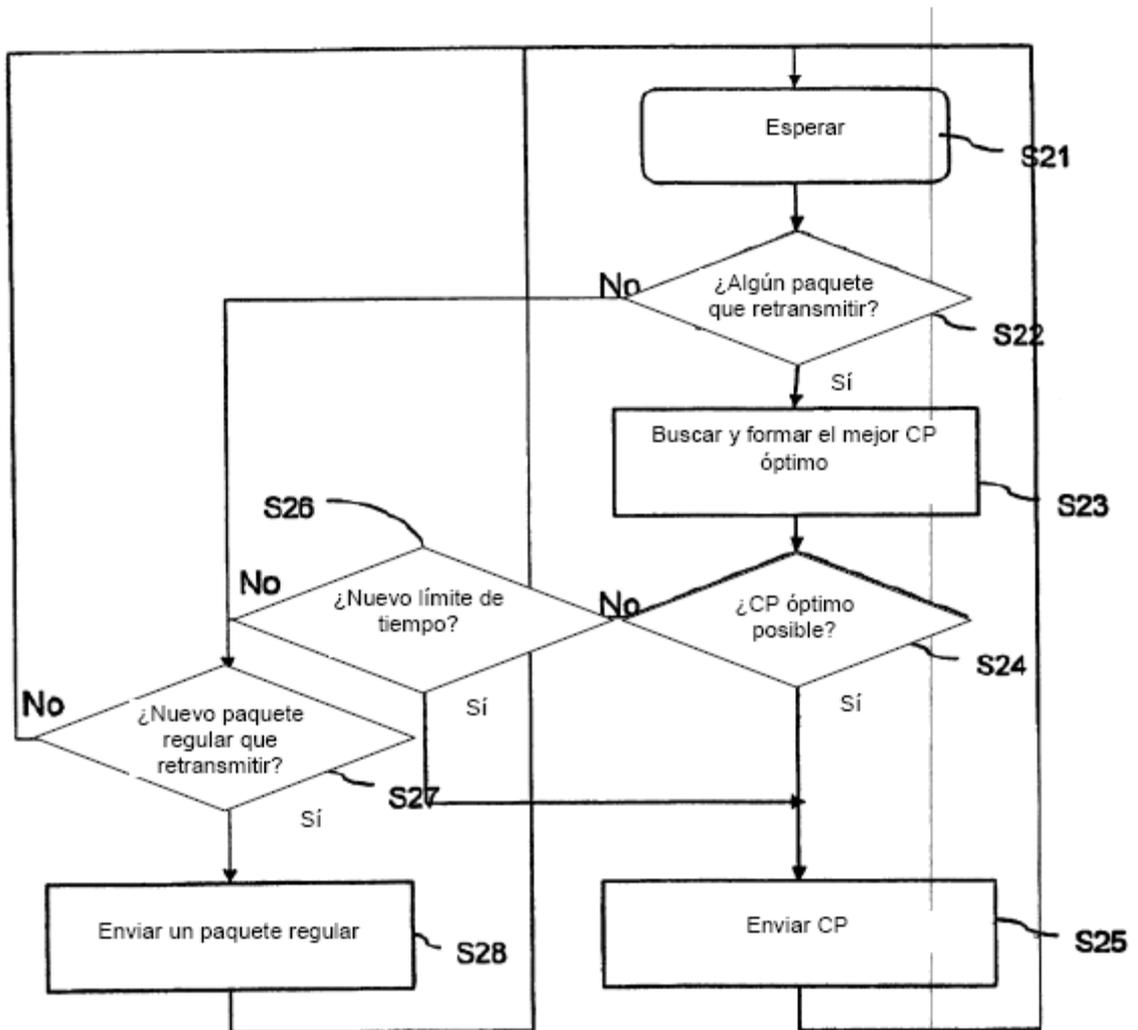


Fig. 10

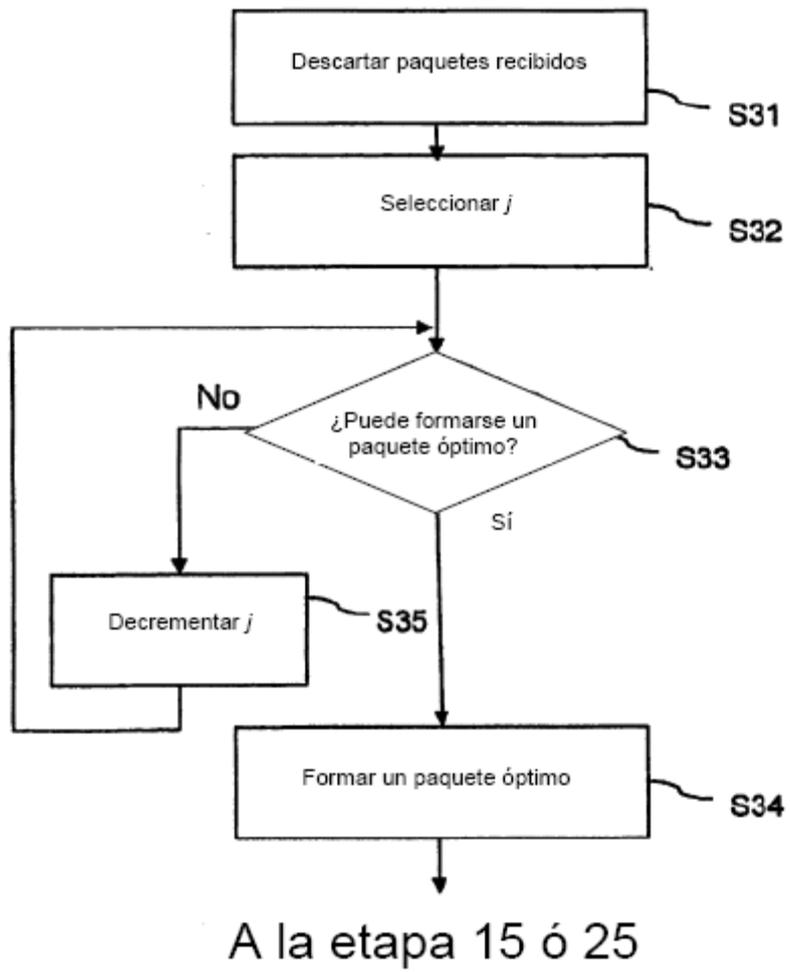


Fig. 11