



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 294 481**

51 Int. Cl.:
H04L 12/56 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04721406 .9**

86 Fecha de presentación : **17.03.2004**

87 Número de publicación de la solicitud: **1616411**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **18.01.2006**

54 Título: **Transmisión basada en la contención con capacidad integrada de detección de multiusuario.**

30 Prioridad: **11.04.2003 US 461840 P**
08.12.2003 US 729835

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.04.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.04.2008

73 Titular/es:
TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (publ)
164 83 Stockholm, SE

72 Inventor/es: **Larsson, Peter y**
Johansson, Niklas

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 294 481 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

Transmisión basada en la contención con capacidad integrada de detección de multiusuario.

5 Campo técnico

La presente invención se refiere generalmente a redes de comunicación y más particularmente a redes de múltiples reflexiones.

10 Antecedentes

Los protocolos para compartir un medio inalámbrico eficazmente entre múltiples usuarios son designados generalmente protocolos de acceso múltiple, esquemas de acceso de canal o medios de esquemas de acceso. Los protocolos de acceso múltiple pueden como se describe en [1] están divididos en dos categorías principales: protocolos exentos de conflictos y protocolos basados en la contención.

Los protocolos exentos de conflictos son protocolos que garantizan que una transmisión siempre, que se haga, tiene éxito, es decir no está interferida por otras transmisiones. La transmisión exenta de conflictos puede ser conseguida asignando el canal a los usuarios estática o dinámicamente. Estas son denominadas a menudo programaciones fija y dinámica, respectivamente. El beneficio de la coordinación precisa entre estaciones es aquel que se cree que proporciona una alta eficiencia, pero la consigue a expensas de la complejidad y el intercambio de grandes cantidades de tráfico de control.

Los protocolos basados en la contención difieren en principio de los protocolos exentos de conflictos en que no se garantiza que la transmisión tenga éxito. El protocolo debe por lo tanto prescribir un procedimiento para resolver conflictos cuando se produzcan de modo que todos los mensajes sean eventualmente transmitidos satisfactoriamente.

Los protocolos de acceso múltiple pueden ser divididos también basándose en el escenario o la aplicación para la cual han sido diseñados. Algunos protocolos son adecuados para el acceso hacia/desde una estación única, por ejemplo, una estación de base en un sistema celular, en tanto que otros protocolos se diseñan para operar en un medio distribuido. Una distinción importante para el caso distribuido es si el protocolo está diseñado básicamente para un caso de reflexión única, es decir, la comunicación se efectúa solamente con un vecino designado dentro del alcance, o si está particularmente diseñado para un escenario de múltiples reflexiones.

En un escenario de múltiples reflexiones, la información puede ser transmitida sobre múltiples reflexiones entre la fuente y el destino en vez de directamente con una reflexión única. En general la solución múltiples reflexiones ofrece diversas ventajas tales como menor consumo de potencia y mayor rendimiento de la información en comparación con una solución de una reflexión. En una red de múltiples reflexiones, nodos situados fuera del alcance unos de otros pueden beneficiarse de nodos situados intermedios que pueden enviar sus mensajes de la fuente hacia el destino. Las redes de múltiples reflexiones pueden ser denominadas redes ad hoc en las que los nodos son principalmente móviles y no existe una infraestructura de coordinación central, pero la idea de la red de multirreflexión puede ser aplicada también cuando los nodos son fijos.

En las técnicas de encaminamiento anteriores basadas en un protocolo de encaminamiento de la trayectoria más corta subyacente (tal como el encaminamiento basado en Bellman-Ford), una ruta de multirreflexión bien definida desde una fuente a un destino se determina basándose en la información de coste del encaminamiento que pasa a través del sistema. Simplificado, cada nodo o estación conoce los gastos de sus enlaces de salida, y radia esta información a cada uno de los nodos vecinos. Esa información del coste del enlace es típicamente mantenida en una base de datos local en cada nodo, y está basada en la información en la base de datos, una tabla de encaminamiento se calcula usando un algoritmo de encaminamiento adecuado. En general, la trayectoria más corta y las técnicas de encaminamiento similares conducen a la existencia de una ruta única para cada par de destinos de la fuente. Un esquema de encaminamiento basado en la trayectoria más corta muy simple, aunque no es el más eficiente, puede usar, por ejemplo, el protocolo bien conocido de acceso múltiple basado en la contención de ALOHA.

Hay protocolos existentes (que pueden usar un protocolo de la trayectoria más corta subyacente) basados en el concepto de explotar múltiples nodos en el procedimiento de envío con una elección de ruta más o menos activa. Por ejemplo, el protocolo denominado EIGRP (Protocolo de Encaminamiento de Puerta interior Mejorado) [2] es un protocolo de encaminamiento usado principalmente en una red fija que permite envío aleatorio a uno de varios encaminadores. El encaminamiento [3] aleatorio pero hacia delante, de Sylvester y Kleinrock, es similar al EIGRP, es decir, los paquetes se envían aleatoriamente hacia delante a uno de diversos encaminadores de la red de radio de paquetes, pero también incluye una enmienda importante; se garantiza que el paquete se dirige siempre en la dirección correcta. Un encaminamiento [4] de trayectoria alternativa de DARPA (Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de la Defensa) permite un paquete que es retransmitido sobre un enlace sea duplicado al mismo tiempo que es multidirigido a diversos nodos desde los cuales el paquete sigue de nuevo una solución de encaminamiento de la trayectoria más corta. El envío [5] de N/M primario está basado en la idea de que un nodo trata de enviar un paquete todo lo más N veces a un nodo y entonces, si falla, intenta el envío al nodo siguiente hasta N veces. Este procedimiento se repite todo lo más M veces antes de eliminar o rechazar el paquete. La ventaja del encaminamiento de trayectoria alternativa y

los N/M envíos primarios es que pueden adaptarse a la situación de la comunicación local, incluyendo la congestión y una mala comunicación temporal debida, por ejemplo, fluctuaciones de desvanecimiento o interferencia.

Los cambios o fluctuaciones dentro del sistema durante cierto tiempo pueden crear ventanas o picos de oportunidad que permitan transmisiones de señales más satisfactorias que en otros momentos y condiciones. Las técnicas de la trayectoria más corta plana y las técnicas de encaminamiento de la técnica anterior asociadas no tienen la posibilidad de reconocer estas ventanas de oportunidad, puesto que no existe información relativa almacenada por cada nodo o estación. En contraste, el encaminamiento oportuno [6, 7] explota en cierto grado las oportunidades que los cambios y fluctuaciones del sistema pueden proporcionar. En el contexto de encaminamiento inalámbrico en particular, el comportamiento global del sistema se degrada cuando la calidad de enlace varía rápidamente a lo largo del tiempo (por ejemplo, debido al desvanecimiento de Rayleigh. No obstante, el encaminamiento oportuno mitiga parcialmente esta degradación del comportamiento utilizando las ventanas de oportunidad que estas fluctuaciones ofrecen. Con el encaminamiento oportuno, no hay una ruta única para cada par de lugares de fuente y destino, es decir, similar al EIGRP, aleatorio pero hacia delante y en cierto grado un encaminamiento de trayectoria alternativa y primaria de N/M envíos. En vez de esta, los paquetes de datos siguen una ruta que es algo aleatoria, aunque todavía dirigido desde la fuente al destino. Consecuentemente, cuando se usa un procedimiento de trayectoria más corta, los paquetes consecutivos se enviarán generalmente sobre la misma ruta, mientras que cuando se usa un encaminamiento oportuno, los paquetes consecutivos suelen ser encaminados sobre diferentes trayectorias pero en la misma dirección.

No obstante, la vigilancia general en [6, 7] es un procedimiento lento que se efectúa oyendo los mensajes de derivación o enviando ocasionalmente las denominadas sondas. Cuando se envía una sonda, se espera recibir una respuesta que incluya información sobre, por ejemplo, la pérdida de la trayectoria. Cuando hay un retardo entre la sonda y la transmisión de datos, entonces la información de entrada devuelta por el algoritmo de envío puede llegar a ser obsoleta para los datos transmitidos. Una consecuencia particularmente indeseable es que existiendo un encaminamiento oportuno, y también técnicas de encaminamiento de trayectoria más corta sencillas, no se manejan eficazmente los posibles efectos de diversidad.

La selección de transmisión en diversidad de (SDF)[8] es una técnica de efectos de diversidad de manipulación eficiente de manera casi óptima. Esta nueva solución está basada en la transmisión directa desde una estación de origen a un grupo de receptores o estaciones cercanas. Cuando una o más de las estaciones de recepción ha respondido, una de las estaciones que responden es seleccionada y se transmite un mensaje dando instrucciones a la estación seleccionada para que asuma la responsabilidad de enviar el mensaje de datos. El procedimiento se repite para todas las estaciones responsables siguientes hasta que la información alcanza su destino. Siguiendo esta solución, tanto la diversidad de derivaciones como los efectos de captura pueden ser explotados en el procedimiento de envío de datos. En particular, la diversidad de derivaciones reduce la necesidad de usar la intercalación de datos junto con la codificación para combatir los canales de desvanecimiento, lo cual significa a su vez menor retardo y consecuentemente mayor rendimiento. El efecto de captura se refiere a un fenómeno en el que solamente la más fuerte de dos señales que están a la misma, o casi a la misma, frecuencia es desmodulada, mientras que la señal más débil es suprimida y rechazada como ruido. En combinación con múltiples estaciones de recepción, el efecto de captura proporciona un alto grado de robustez cuando las transmisiones de datos colisiona, SDF utiliza un protocolo de coste subyacente bajo, pero permite la adaptación instantánea a las fluctuaciones de canal por sí misma.

Ideas similares para las fluctuaciones de explotación, pero para redes celulares normales con reflexiones únicas pueden ser halladas en [9, 10 y 11], las cuales se refieren al Acceso de Paquetes Aguas Abajo de Alta Velocidad (HSDPA), Alto Régimen de Datos (HDR) y Formación de Haces Oportuna (OB), respectivamente. HSDPA y HDR son muy similares entre sí. La Formación de Haces Oportuna no obstante es diferente desde un punto de vista funcional por los puntos aleatorios de OB, o barridos continuos de un haz de antena, en diferentes direcciones, en tanto que HSDPA y HDR no citan la formación de haces. En particular, la Formación de Haces Oportuna [11] explota la idea oportunista y luego utiliza la solución oportunista con respecto a la capacidad del sistema de formación de haces en un sistema celular o en una estación de base. No obstante, el concepto de HSDPA, HDR y OB es tal que no se refieren a la reflexión múltiple. OB es esencialmente una extensión de la programación rápida en la estación de base que tiene en cuenta fluctuaciones de canal rápidas, lo cual ha sido sugerido por ambos CDMA 2000 HDR y WCDMA HSDPA.

55 **Sumario de la invención**

La presente invención supera estos y otros inconvenientes de las disposiciones de la técnica anterior.

60 Un objeto general de la presente invención es proporcionar un mecanismo eficiente para enviar información en una red de múltiples reflexiones.

Otro objeto de la invención es proporcionar un esquema de encaminamiento de múltiples reflexiones que explote la energía recibida en una red de radio de paquetes de una manera óptima.

65 Otro objeto todavía de la invención es mejorar el compartimento de una red de múltiples reflexiones con respecto al rendimiento, características de retardo y/o consumo de potencia.

ES 2 294 481 T3

Un objeto de la invención es mejorar el soporte de Calidad de Servicio (QoS) en la red.

Un objeto de la invención es también reducir el riesgo de congestión y el desbordamiento del separador.

5 Un particular objeto de la invención es proporcionar un método y sistema para el envío eficiente de información en una red de reflexiones sucesivas.

Un objeto es también proporcionar un nodo de comunicación que soporte el envío eficiente de información en una red de múltiples reflexiones de radio de paquetes.

10

Estos y otros objetos se satisfacen mediante la invención al como es definida por las reivindicaciones de la patente que se acompañan.

15 Los inventores han reconocido que aunque el encaminamiento oportuno y la transmisión en diversidad de la selección constituyen cada uno una mejora significativa comparada con el encaminamiento tradicional, ninguno de estos estados de la técnica de reflexiones sucesivas/esquemas de encaminamiento explota la energía recibida de una manera completamente óptima, lo cual implica que existe una posibilidad de mejoría con respecto al rendimiento y las características de retardo así como al consumo de potencia.

20 La invención se basa principalmente en una combinación potente del envío basado en la contención y la Detección Multiusuario (MUD) en el lado receptor en una red de reflexiones sucesivas tal como una red de reflexiones sucesivas de radio de paquetes, que incorpora eficientemente y explota la elección de diseño de MUD.

25 Una idea básica es emplear MUD en el lado receptor para descodificar simultáneamente múltiples paquetes transmitidos inicialmente desde múltiples nodos, y prioridades entre los paquetes descodificados correctamente para seleccionar uno o más paquetes adecuados para el envío, y finalmente replicar con un reconocimiento de paquete para cada paquete seleccionado. De esta manera, la elección de diseño de MUD se explota en el procedimiento que sigue.

30 La invención integra mejor la diversidad de envíos con la detección de múltiples usuarios, explotando también la diversidad permitida por la existencia de múltiples estaciones/usuarios de retransmisión adyacentes. Un nodo de transmisión que transmite su señal de paquete de datos a múltiples nodos candidatos a la retransmisión y luego recibe reconocimientos de al menos dos de los nodos candidatos a la retransmisión realiza preferiblemente un procedimiento de prioridad para seleccionar un nodo de retransmisión adecuado del conjunto de nodos de retransmisión de reconocimiento. El nodo de transmisión transmite entonces normalmente una orden de envío al nodo de retransmisión seleccionado instruyendo al nodo candidato para que acepte la responsabilidad de enviar la información al nodo siguiente.

35 Típicamente, el lado receptor prioriza entre los paquetes descodificados de MUD basado en criterios de prioridad predeterminados. Es típicamente conveniente seleccionar paquetes que sean óptimos en algún sentido. Para poder hablar acerca de optimización de una manera bien definida, se introduce preferiblemente una función objetiva. Esta función puede reflejar cualquiera de un cierto número de objetivos de comportamiento. A este respecto, se ha reconocido que el progreso de coste de la información es una función objetiva particularmente útil. Considerando el progreso de coste de la información y especialmente el progreso hacia delante, un criterio de prioridad natural selecciona aquellos paquetes que tienen el mayor progreso hacia delante. Típicamente, los paquetes con alto progreso hacia delante son aquellos paquetes que se reciben y se descodifican correctamente, teniendo al mismo tiempo un bajo nivel de potencia recibida (por ejemplo, procedente de nodos de transmisión distantes). Alto progreso hacia delante significa a menudo que un paquete consume menos tiempo en la red, que avanza por tanto para reducir el retardo e incrementar el rendimiento, y luego desaparece rápidamente de la red, y ofrece los recursos de radio para otro tráfico.

50 Preferiblemente, se seleccionan múltiples paquetes de datos para el envío, y múltiples confirmaciones de paquete son por consiguiente transmitidas a una pluralidad de nodos de transmisión correspondientes. En este caso, puede ser beneficioso agregar múltiples confirmaciones de paquete en un mensaje de confirmación único que es radiodifundido o multidifundido a los nodos de transmisión.

55 Para una robustez mejorada, en vez del envío automático, cada nodo de transmisión puede transmitir alternativamente una orden de transmitir al nodo de recepción en respuesta a una confirmación de paquete, y opcionalmente, el nodo de recepción puede entonces replicar con una confirmación de la orden de transmisión correspondiente. Un nodo de transmisión que recibe una confirmación asociada con un paquete previamente transmitido puede si lo desea eliminar el paquete de su cola.

60

Ejemplos de protocolos de reflexiones sucesivas basados en la contención para la integración con MUD incluyen protocolos de transmisión basados en la trayectoria más corta estándar así como protocolos de transmisión oportunos y orientados en diversidad. Esto es ejemplificado mediante el tradicional ALOHA en combinación con i) la transmisión basada en la trayectoria más corta y ii) transmitiendo diversidad, respectivamente. Otros esquemas de transmisión que pueden ser integrados con MUD incluyen el encaminamiento oportuno, aleatorio pero hacia delante, transmitiendo N/M primario y encaminando en la trayectoria alternativa y como se verá más adelante incluso múltiples protocolos de acceso tales como STDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo-Espacial).

65

La invención ofrece las ventajas siguientes:

- Transmisión multirreflexión eficiente;
- 5 • Comportamiento de red mejorado:
- Explotación eficiente de la energía recibida en una red de radio de paquetes;
- 10 • Rendimiento y características de retardo mejorados;
- Soporte de QoS mejorado;
- Riesgo reducido de congestión y de desbordamiento del separador; y
- 15 • Alto coste y progreso hacia delante.

Otras ventajas ofrecidas por la presente invención se apreciarán tras la lectura de la descripción que sigue de las realizaciones de la invención.

20 **Breve descripción de los dibujos**

La invención, conjuntamente con objetos adicionales y ventajas de la misma, se comprenderán mejor con referencia a la descripción siguiente considerada con los dibujos que se acompañan, en los cuales:

25 La Figura 1 es un diagrama de circulación de procedimiento, esquemático, que ilustra acciones y señalación en relación con múltiples nodos de transmisión y un nodo de recepción según una primera realización de la invención;

la Figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo de transmisión de señales desde dos nodos de transmisión situados a diferentes distancias de un nodo de recepción;

30 la Figura 3 es un diagrama de flujo de procedimiento, esquemático, que ilustra acciones y señalación en relación con múltiples nodos de transmisión y un nodo de recepción según una segunda realización preferida de la invención;

la Figura 4 es un diagrama de flujo de procedimiento, esquemático, que ilustra acciones y señalación en relación con una tercera realización de la invención;

la Figura 5 es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo de niveles de potencia de recepción en un nodo candidato de retransmisión;

40 la Figura 6 es un diagrama esquemático de nodos de transmisión y nodos de recepción que ilustran el resultado de la transmisión eficaz después de las operaciones de priorizar que corresponden a órdenes de transmisión según un ejemplo de la invención;

la Figura 7 es un diagrama de bloques esquemático de partes importantes del lado receptor según una realización a modo de ejemplo de la invención; y

la Figura 8 es un diagrama de bloques esquemático de partes importantes del lado transmisor según una realización a modo de ejemplo de la invención.

50 **Descripción detallada de realizaciones de la invención**

A través de los dibujos, se usarán los mismos caracteres de referencia para elementos correspondientes o similares.

Se han efectuado intentos para incorporar MUD en protocolos de acceso múltiples exentos de conflictos. Por ejemplo, las referencias [12, 13] se refieren a un acceso múltiple programado (STDMA, Acceso Múltiple por División de Tiempo Espacial) en redes de radio de paquetes de reflexiones sucesivas, en las que los usuarios emplean MUD. No obstante, la tarea de hallar un programa de longitud mínima en STDMA como tal se sabe que es virtualmente irrealizable y completamente NP (el tiempo de ejecución no es polinómico, es decir, es típicamente exponencial, en relación con el tamaño de la entrada) y por tanto se han de establecer soluciones heurísticas. Sin embargo, incluso las soluciones heurísticas tienden a ser muy complejas. En STDMA con MUD, la coordinación de la potencia (y regímenes) de transmisión y los casos de transmisión/recepción serán incluso de mayor complejidad debido al grado de libertad añadido. Además, como el canal de radio varía imprevisiblemente, por ejemplo a causa del desvanecimiento, será difícil controlar y mantener los niveles de potencia de recepción correctos y garantizar que el plan basado en la MUD funciona correctamente. Con un plan fijado, los picos de desvanecimiento o nodos de retransmisión que aparecen repentinamente rendirán el plan obsoleto y ocasionalmente originarán la colisión de paquetes y un comportamiento degradado general. La clave en la referencia [12] está en un plan centralizado, como asume a menudo STDMA, incluso en el caso estacionario con un modelo de tráfico que no varíe.

ES 2 294 481 T3

El esquema descrito en la referencia [14] no está dirigido a la capa de MAC (Control de Acceso del Medio) en un contexto de red de múltiples reflexiones, sino que solamente se dirige al CDMA (Acceso Múltiple por División de Código) con MUD para una red de reflexión única (distribuida).

5 La presente invención supera estos y otros inconvenientes de las disposiciones de la técnica anterior.

En el núcleo hallamos un procedimiento para priorizar junto con un esquema para el intercambio de mensajes que permiten que la detección multiusuario (MUD) sea eficazmente incorporada dentro del esquema de envío basado en la contención.

10

Cada nodo de información/envío hacia delante en una red de reflexiones sucesivas tal como una red de múltiples reflexiones de radio de paquetes incluye típicamente las funciones receptora y transmisora, que pueden ser invocadas como y cuando se requiera. No obstante, por simplicidad, cuando tratamos la función transmisora generalmente hablamos acerca del lado transmisor y simplemente nos referimos al nodo como a un nodo transmisor y cuando tratamos la funcionalidad receptora generalmente hablamos acerca del lado receptor y simplemente nos referimos al nodo como a un nodo receptor.

15

Sobre un nivel conceptual para un esquema de acceso múltiple basado en la contención general con el encaminamiento de la ruta más corta, se describirá a continuación un esquema a modo de ejemplo según una primera realización preferida.

20

Puede ocurrir que un cierto número de paquetes de datos que siguen rutas respectivas hacia su(s) destino(s) coincidan un momento en un nodo de recepción concreto. Tradicionalmente, ese tipo de situación es tratado como una colisión en el nodo de recepción, que entonces generalmente envía hacia delante solamente la señal recibida más fuerte (si es descodificable). De acuerdo con la invención, no obstante, un nodo que recibe múltiples señales coincidentes realiza una descodificación de MUD, determina las prioridades de los paquetes descodificados correctamente de múltiples nodos de transmisión, transmite reconocimiento(s) de uno o más paquetes analizados a los nodos de transmisión correspondientes y luego asume la responsabilidad del envío continuado (a menos que el nodo sea el de destino) de los paquetes cuya prioridad ha determinado a lo largo de sus trayectorias respectivas hacia su(s) destino(s).

25

Con referencia al diagrama de circulación del procedimiento esquemático de la Figura 1:

En el instante t_1 , un conjunto de estaciones o nodos T_1 , T_2 , T_3 tienen los paquetes D_1 , D_2 y D_3 de datos para ser enviados a un nodo R de recepción pretendido, concreto, a lo largo de trayectorias respectivas a uno o más destinos.

30

En el instante t_2 , cualquier estación o nodo en modo de recepción oye el medio de radio y recibe una superposición de (potencialmente) múltiples señales transmitidas. En particular, el nodo R recibe una superposición de señales procedentes de los nodos T_1 , T_2 , T_3 de transmisión.

35

En el instante t_3 , el nodo de recepción usa MUD para descodificar satisfactoriamente un cierto número de paquetes D_1 , D_2 y D_3 .

40

En el instante t_4 , se efectúa una determinación de la prioridad posterior en los paquetes descodificados correctamente para determinar un conjunto de paquetes D_1 y D_3 cuyo envío hacia delante sería el más deseado. El número de paquetes que puede ser aceptado para ser enviados hacia delante es posiblemente limitado, por ejemplo, debido al espacio de memoria separadora disponible.

45

En el instante t_5 , confirmaciones de realimentación que no colisionan o casi no colisionan son enviadas posteriormente desde el nodo R de recepción a los nodos T_1 y T_3 de transmisión correspondientes, indicando los paquetes que son aceptados (es decir, recibidos, descodificados y almacenados) para envío hacia delante. Preferiblemente, las confirmaciones son acumuladas en un único mensaje ACK de confirmación que es enviado o radiado a los nodos de transmisión. Cualquier transmisor que reciba una confirmación (destinada al mismo) puede opcionalmente eliminar el paquete de datos transmitido de su memoria separadora de transmisión. También es posible para el nodo receptor replicar con un NACK (Confirmación Negativa) para informar al nodo de transmisión correspondiente que el paquete transmitido no era aceptado.

50

El procedimiento se ejecuta para cada paquete de datos generado y transmitido desde un nodo fuente, y se repite hasta que la información alcanza el destino pretendido. Se ha de tener en cuenta que los paquetes descodificados que no son enviados desde el nodo de recepción pueden ser descartados y que los separadores de transmisión pueden ser reprogramados, si se desea, cuando llegue un nuevo paquete para satisfacer cualquier criterio de optimización predeterminado.

55

Un punto central del protocolo de acceso múltiple integrado de MUD propuesto es la capacidad del receptor para seleccionar entre múltiples paquetes descodificados simultáneamente en el procedimiento de determinación de la prioridad, proporcionando por tanto una nueva forma de diversidad a ser explotada. La determinación de la prioridad del paquete está basada preferiblemente de una función de comportamiento objetiva dada. De este modo, el nodo de recepción puede seleccionar entre múltiples paquetes descodificados simultáneamente para hallar un conjunto de uno o más paquetes que en algún sentido proporcionan la característica óptima desde un punto de vista de comportamiento.

60

Es posible considerar aspectos de QoS (Calidad de Servicio) en el procedimiento de determinación de la prioridad, puesto que por ejemplo diferentes paquetes pueden tener diferentes requisitos de QoS. A modo de ejemplo, un paquete con estrictos requisitos de retardo puede tener una prioridad más alta que un paquete con requisitos de retardo relajados.

5 La Figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo de transmisión de señales desde dos nodos de transmisión situados a diferentes distancias de un nodo de recepción. El nodo R de recepción recibe señales de los dos nodos T_1 y T_2 de transmisión. Puede verse que la información de la señal procedente del nodo T_1 de transmisión ha sido transportada una mayor distancia que la información del nodo T_2 de transmisión, y puesto que ambas señales son recibidas con un nivel de potencia de recepción superior al ruido de fondo pueden generalmente ser ambas
10 descodificadas correctamente usando MUD en el nodo R de recepción. En general, es una combinación de regímenes usados y de potencias recibidas la que determina si y que paquetes pueden ser descodificados. Aunque el nivel P_{RX1} de potencia de recepción de la información de señal del nodo T_1 de transmisión es inferior, puede ser de alguna manera más beneficiosa desde el punto de vista de comportamiento para seleccionar la información de la señal procedente del nodo T_1 para que sea transmitida. Cuando la información de progreso hacia delante es considerada, los paquetes con alto progreso hacia delante de información son generalmente aquellos paquetes que son recibidos y descodificados
15 correctamente, mientras que al mismo tiempo tienen un bajo nivel de potencia recibida (indicando usualmente que los paquetes son transmitidos desde nodos de transmisión distantes). Un alto avance hacia delante significa a menudo que un paquete consume menos tiempo en la red, lo cual conduce por consiguiente a un retardo reducido y un rendimiento incrementado, y entonces, desapareciendo de la red rápidamente, ofrece los recursos de radio para otro tráfico.
20

En el ejemplo de la Figura 1, los paquetes seleccionados son automáticamente enviados desde el nodo de recepción más adelante en la red en dirección hacia sus destinos. No obstante, para mejorar la robustez, cada nodo de transmisión puede alternativamente transmitir una orden hacia delante al nodo de recepción en respuesta a un reconocimiento de
25 paquete, y opcionalmente, el nodo de recepción puede entonces responder con la correspondiente confirmación de la orden de avance hacia delante. Un ejemplo de ese tipo de esquema de intercambio de mensajes extendido se ilustra en la Figura 3.

La Figura 3 es un diagrama de flujo de procedimiento esquemático que ilustra las acciones y señalización en
30 relación con múltiples nodos de transmisión y un nodo de recepción según una segunda realización preferida de la invención. Las acciones y señalización en los casos t_1 - t_2 de tiempo son idénticas a las descritas en relación con la Figura 1. En el momento t_6 , no obstante, cada uno de los nodos T_1 y T_3 de transmisión que ha recibido una respectiva confirmación de paquete responde con una orden FO de envío hacia delante al nodo R de recepción. En el instante t_7 , el nodo R de recepción responde con la confirmación de la orden de envío hacia delante correspondiente a los nodos
35 T_1 y T_3 de transmisión apropiados. Las confirmaciones de la orden de avance hacia delante se agrupan preferiblemente en un único mensaje de confirmación que es multidifundido o radiodifundido a los nodos de transmisión. Un nodo de transmisión que recibe una confirmación asociada con un paquete residente en la cola de transmisión dentro del nodo puede, si lo desea, eliminar el paquete de la cola. El procedimiento completo se repite entonces i) cuando nuevos paquetes de datos son transmitidos, e ii) hasta que la información alcanza el destino deseado.
40

Los análisis y simulaciones han revelado que es particularmente beneficioso integrar la diversidad de órdenes transmisión con la detección multiusuario, explotando también la diversidad permitida por la existencia de múltiples estaciones/usuarios de retransmisión adyacentes.

45 Brevemente, un esquema de intercambio de mensajes a modo de ejemplo para un protocolo basado en la diversidad, tal como SDF, funciona como sigue: Cualquier transmisor, con un paquete a enviar, puede determinar un conjunto de nodos candidatos y transmitir el paquete pendiente usando multidifusión o incluso radiodifusión. Los nodos candidatos son generalmente nodos que están más cerca del destino en términos de un objetivo métrico de coste o de lugar meramente geográfico. La información de coste puede ser obtenida a partir de cualquier protocolo convencional o futuro de determinación de la ruta subyacente tal como un protocolo de la trayectoria más corta o un protocolo de determinación de la ruta más personalizado para la transmisión en diversidad. Usando la transmisión en diversidad
50 junto con una determinación de la ruta de trayectoria más corta subyacente generalmente significa que la trayectoria de transmisión seleccionada realmente puede desviarse de la trayectoria más corta sugerida por el protocolo de trayectoria más corta. La información del coste se usa bastante como una base para la selección de nodos candidatos y la determinación de la prioridad de paquetes. Un régimen puede ser seleccionado también para los paquetes de datos, por ejemplo, basado en la pérdida de la trayectoria media para los relés candidatos y la actividad de interferencia prevista y así sucesivamente. La potencia de transmisión puede ser similarmente seleccionada de la misma manera. En general, el régimen y la potencia de transmisión pueden ser determinados basados en el conocimiento del hecho de que se emplea MUD. Cualquier estación en el modo de recepción oye al medio de radio y recibe una superposición
60 de señales transmitidas (potencialmente) múltiples. El receptor usa MUD para descodificar los datos. Uno o múltiples paquetes pueden ser descodificados satisfactoriamente, y una determinación de la prioridad posterior se efectúa entre los paquetes descodificados correctamente para hallar un conjunto de paquetes que deban ser los más adecuados para la transmisión. En adición, el número de paquetes que puedan ser aceptados es posiblemente limitado (por ejemplo, debido al espacio en las memorias separadoras). No colisionando o casi no colisionando los paquetes de realimentación (confirmación) son posteriormente enviados desde el nodo de recepción, indicando los paquetes que son aceptables (es decir, recibidos, descodificados y almacenados) para transmisión. Cualquier transmisor que reciba confirmaciones (destinadas al mismo) preferiblemente determina la prioridad entre las confirmaciones y determina un nodo preferido que debe tener la responsabilidad de retransmitir además su paquete transmitido. Posteriormente, un
65

ES 2 294 481 T3

nodo preferido seleccionado es informado sobre un canal que no colisiona o casi no colisiona con una orden de envío, y el nodo preferido ejecuta entonces la transmisión y puede responder opcionalmente con una confirmación de la orden de transmisión. Este procedimiento es repetido hasta que la información alcanza el destino. Hay que tener en cuenta que los paquetes descodificados que no son enviados pueden ser descartados y los separadores de transmisión pueden ser reordenados/reprogramados cuando un nuevo paquete llega para satisfacer cualquier criterio de optimización predeterminado.

Se ha reconocido que pueden ser realizadas ejecuciones particularmente ventajosas cuando la existencia de múltiples estaciones/relés adyacentes es explotada con protocolos basados en la contención, orientados en diversidad. Como un ejemplo, un paquete que ha de ser enviado desde una estación o nodo puede no estar obligado a una trayectoria de encaminamiento única en su camino hacia su destino, sino más bien dependiendo de las condiciones de comunicación y a través de una adaptación de transmisión local, una o más estaciones de retransmisión adyacentes o nodos con enlaces de buena calidad pueden ser explotados en el procedimiento de encaminamiento. Las condiciones de comunicación que pueden ser beneficiadas, y proporcionan los beneficios de diversidad y robustez deseados, incluyen entre otras condiciones de propagación cosas tales como las características de radiodifusión inherentes del canal inalámbrico, la pérdida de trayectoria que fluctúa debida al desvanecimiento, el nivel de interferencia que fluctúa a causa del desvanecimiento, la interferencia que fluctúa dependiente de la presencia/ausencia de la transmisión. En adición a las condiciones de propagación, otros aspectos son generalmente considerados también en la adaptación local en la que múltiples estaciones/nodos/usuarios están implicados para protocolos basados en la contención orientados en diversidad usados en las redes de radio de paquetes de reflexiones sucesivas.

La idea básica se expondrá ahora a modo de ejemplo con mayor detalle con referencia a la Figura 4, ilustrada dentro del esquema particular de transmisión en diversidad de selección (SDF). Aunque se debe entender que la invención es generalmente aplicable a cualquier protocolo basado en la contención que incluya el oportuno encaminamiento, transmisión en diversidad de selección (SDF) o cualquier otro protocolo basado en la contención orientada en diversidad, e incluso protocolos tales como de encaminamiento hacia delante pero aleatorios, transmisión N/M primaria y encaminamiento de trayectoria alternativa, así como ALOHA con el encaminamiento basado en la trayectoria más corta.

En el ejemplo siguiente, el sistema se supone típicamente diseñado de tal manera que los paquetes de información de control son pequeños y consumen recursos y energía considerablemente menores que los paquetes de datos.

La Figura 4 ilustra un ejemplo de un esquema de intercambio de mensajes basado en SDF que incorpora la detección multiusuario así como la determinación de la prioridad de los paquetes y nodos candidatos, en el que en un instante t_1 dos nodos T_1 y T_2 tienen un paquete cada uno para ser transmitido. En esta etapa, los nodos candidatos T_1 : R_1, R_2, R_3 y T_2 : R_2, R_3 son seleccionados basados en información que indica que se espera que transmitan los paquetes de datos hacia los destinos a los que están destinados. Un protocolo de determinación del coste subyacente (por ejemplo, un protocolo de la trayectoria más corta) puede proporcionar esa información, garantizando de ese modo que hay un "progreso en el coste" uniforme.

En t_2 los paquetes son transmitidos desde los nodos de transmisión a los nodos candidatos usando técnicas de multidifusión o radiodifusión. Preferiblemente, el número de nodos candidatos está limitado y por lo tanto la multidifusión se usa típicamente para transmitir información en la "dirección general" correcta.

En t_3 los paquetes son descodificados usando la detección multiusuario. En este ejemplo particular, el nodo R_1 candidato no es capaz de descodificar cualquier paquete, mientras que los nodos R_2 y R_3 descodifican simultáneamente los paquetes D_1 y D_2 .

En t_4 se determina la prioridad de los paquetes descodificados en cada nodo candidato de retransmisión. El propósito de la determinación de la prioridad puede estar relacionado con la optimización del rendimiento, mejorando las características de la Calidad de Servicio (QoS), gestión de la batería, control de la congestión, y evitando el desbordamiento de los separadores de recepción (control de circulación). Es conveniente seleccionar paquetes que sean óptimos en algún sentido. Para poder hablar sobre la optimización de una manera bien definida vamos a introducir preferiblemente una función objetiva y a optimizarla con respecto a los paquetes descodificados. La función objetiva puede reflejar cualquiera de cierto número de características objetivas. La determinación de la prioridad puede estar basada en el crecimiento del gasto desde el nodo de transmisión al nodo de recepción, información de retardo, parámetros de determinación de la prioridad o cualquier otra información importante para determinar la prioridad del paquete. La prioridad basada en el avance del coste normalmente requiere que sea enviada información del coste con el paquete de datos o deducido de un protocolo de determinación de costes subyacente incluyendo la ID de transmisión en cada paquete de datos. En particular, desde el punto de vista del rendimiento, puede ser conveniente determinar la prioridad de los paquetes con alto progreso del coste.

Un ejemplo particular de una función objetiva útil es la función de progreso del coste de la información dada abajo:

$$Z_y^{(D)} = f(\text{Cost}_i^{(D)}, \text{Cost}_j^{(D)}, \dots)$$

ES 2 294 481 T3

donde $Z_{ij}^{(D)}$ es el progreso del coste de la información para un paquete dirigido hacia el destino D y en el que i es el nodo de transmisión y j es un nodo de recepción. Además, $Cost_i^{(D)}$ y $Cost_j^{(D)}$ son los costes vistos por el paquete dirigido hacia el destino D. La función de progreso del coste de la información es entonces optimizada sobre todos los paquetes descodificados, seleccionando el paquete o paquetes que tengan el progreso de coste más alto. Los costes y/o la función f objetiva podrían reflejar cualquiera de una multitud de factores. Por ejemplo, los costes y la función objetiva pueden reflejar el progreso hacia delante en distancia geográfica, pero también puede ser usada otra medida del progreso del coste. El progreso hacia delante en distancia puede por ejemplo ser determinado basándose en la información de posición tal como información GPS (Sistema de Posicionamiento Global) o estimada, basada en cálculos de pérdida de trayectoria.

Los paquetes normalmente pertenecen a respectivas corrientes, y por tanto es posible usar una formulación alternativa de la función superior de progreso del coste de la información y realizar la optimización con respecto a las corrientes en vez de a los destinos. De este modo los requisitos de QoS para las diferentes corrientes pueden ser incorporados dentro de la optimización de un modo natural.

En el procedimiento destinado a priorizar paquetes de baja prioridad, estos pueden ser ocasionalmente eliminados si es necesario. Cualquier paquete que no se use puede ser descartado aquí u opcionalmente en una etapa posterior. En este ejemplo el nodo R_2 candidato selecciona los paquetes D_1 y D_2 , mientras que el nodo R_3 selecciona solamente el paquete D_2 (por ejemplo, debido al desbordamiento del separador).

En resumen, todas las operaciones y opciones en t_4 proporcionan nuevos y significativos beneficios sobre una SDF de usuario único.

En t_5 son transmitidas las confirmaciones de los datos. Las confirmaciones son transmitidas preferiblemente de modo que el riesgo de colisión es minimizado al mismo tiempo que se garantiza razonablemente una baja sobrecarga, por ejemplo, con un plan eficiente. Existe también la posibilidad de usar MUD para recibir paquetes de control múltiples simultáneamente. Hay que tener en cuenta que un mensaje de confirmación único puede (y preferiblemente debe) contener múltiples confirmaciones de datos para usar los recursos de radio eficazmente.

En t_6 , siempre que al menos una confirmación alcance un nodo de transmisión, se determina que nodo o nodos candidatos deben asumir la responsabilidad para el envío. La selección de varios nodos de retransmisión para el envío proporciona un mayor grado de robustez, pero generalmente reduce la capacidad. La prioridad puede por ejemplo estar basada en el progreso del coste, la información de estado de la cola y/o la batería remanente. Ese tipo de información puede estar contenido explícitamente en el mensaje de confirmación y/o implícitamente deducido de la información que ha sido recibida previamente, por ejemplo, el progreso del coste puede ser conocido *a priori* por el protocolo de determinación de la ruta subyacente. Si se desea considerar factores tales como un estado de la cola y la batería remanente, estos factores pueden ser integrados en la información de coste, o evaluados separadamente como un complemento a los cálculos de progreso del coste básicos. Por ejemplo, un nodo candidato a la retransmisión con un bajo nivel de la batería o con una cola cargada puede no conseguir la prioridad aunque por otra parte tenga un alto progreso de coste.

Una diferencia comparada con la detección SDF de usuario único consiste en que en el escenario presente el nodo de transmisión típicamente recibe más ACKs y por consiguiente tiene más nodos candidatos para conseguir la prioridad entre ellos, y esto consecuentemente le da mayor libertad en la configuración de la QoS, maximizando el rendimiento, el progreso del coste u otras características importantes. En este ejemplo, el nodo T_1 de transmisión recibe solamente una confirmación de paquete del nodo R_2 candidato a la retransmisión y por tanto efectúa la elección trivial de seleccionar el nodo R_2 de retransmisión. El nodo T_2 de transmisión recibe confirmaciones de paquete de los nodos R_2 y R_3 candidatos a la retransmisión, y el resultado del procedimiento de determinación de la prioridad en este particular ejemplo es el nodo R_2 de retransmisión.

En t_7 , son enviadas preferiblemente órdenes de transmisión al nodo o nodos seleccionados que asumen la responsabilidad de enviar datos. En general, los paquetes aceptados son insertados en la memoria separadora de transmisión del nodo o nodos de retransmisión seleccionados según un criterio de optimización predeterminado, pero opcionalmente puede ser realizada una reestructuración completa de la cola de transmisión. Pueden ser considerados diversos criterios para ello, por ejemplo, basados en las clases de prioridad o retardo.

En t_8 , el nodo o nodos seleccionados responden enviando confirmaciones de la orden. Además, en t_8 , cualquiera de los paquetes que no se usará (por ejemplo, debido al hecho de que ha sido seleccionado otro nodo como nodo de envío) puede ser descartado aquí u opcionalmente en una etapa posterior. Las confirmaciones de la orden de transmisión son transmitidas preferiblemente de modo que el riesgo de colisión es minimizado. Asimismo, de modo similar a las confirmaciones de datos, las confirmaciones de las órdenes de transmisión para cada nodo que responda pueden ser agrupadas en un mensaje único de confirmación de la orden de transmisión. Hay que tener en cuenta que las órdenes de transmisión múltiples y las órdenes de transmisión de ACKs pueden tener que ser intercambiadas para garantizar los estados de la orden ARQ (Solicitud de Repetición Automática). Este es el mismo problema que es tradicional ARQ, y pueden ser aplicados métodos de ARQ bien conocidos.

Optimizaciones

Como se envían grandes cantidades de mensajes de control, es vital mantener la sobrecarga y el consumo de energía todo lo pequeños que es posible. Esto puede conseguirse minimizando las cantidades de información en los paquetes mediante una señalización implícita. Por ejemplo, en vez de usar la dirección completa de los nodos candidatos, se pueden usar localmente (y únicamente) direcciones asignadas (por ejemplo, bajo el control de un protocolo de determinación de ruta. Puesto que las direcciones son locales, serán suficientes cortas direcciones. Otro método es transmitir a solamente aquellos nodos de candidatos que tengan un progreso de coste positivo o un progreso de coste dentro de un margen o intervalo concreto (por ejemplo, que exceda un umbral positivo). Por consiguiente, el campo de la dirección se sustituye con un campo de solicitud de coste más corto. También es posible dirigirse a los nodos de candidatos implícitamente indicando que son (un conjunto de) vecinos de algún vecino de un nodo de transmisión. Por ejemplo, un nodo candidato es explícitamente direccionado en el paquete, y uno o más nodos candidatos de retransmisión adecuados pueden ser direccionados implícitamente indicando en el paquete que son vecinos del nodo candidato direccionado explícitamente. Esto requiere que sea ejecutado un protocolo que establezca relaciones de vecindad, por ejemplo, una función incorporada en un protocolo de determinación de ruta, como se sabe bien en Internet (mensajes abreviados). Esto significa que la sobrecarga no tiene que ser tan larga como se pueda suponer inicialmente.

Se ha de tener en cuenta también que en las operaciones precedentes t_1 , es decir el instante en que se dispara un nodo para transmitir, depende normalmente del método de acceso de medio o canal que se usa. Por ejemplo, pueden ser usados: ALOHA ranurado, CSMA (Acceso Múltiple de Detección de Portadora) o incluso un esquema con ocasiones de transmisión programadas (como en STDMA). Incluso aunque STDMA por sí mismo es complejo, se ha de entender que el despliegue de la invención propuesta en ranuras de tiempo separadas permite una nueva (nodo programado) derivación de STDMA que hace el esquema de STDMA más robusto en cuanto al desvanecimiento y la movilidad, requiriendo por consiguiente actualizaciones planificadas más lentas.

Aunque se ha dicho que el nodo que transmite el paquete de datos tiene la responsabilidad en la determinación de que nodo debe transmitir el paquete de datos, también es posible asignar otro nodo (u opcionalmente una lista de nodos) que asuman el deber de decidir y posteriormente enviar la orden de transmisión. Esta información debe entonces ser incluida conjuntamente con el paquete de datos. Esto se ha descrito también para SDF y la ventaja es que permite que un grupo de nodos actúe cooperando para mejorar la fidelidad de comunicaciones, por ejemplo, por medio de la diversidad. Una ventaja más de esta manipulación local de la transmisión de decisiones de órdenes es que se consume menos energía y se pueden reutilizar recursos espacialmente más eficientemente pues la interferencia se reduce. Esto es particularmente útil en protocolos tales como el propuesto SDF que permite MUD, pues el tráfico de control puede aumentar con relación al simple SDF debido a la señalación de control relativa a MUD. Una opción más es asignar estaciones predeterminadas para que ejerzan funciones de control recibiendo y transmitiendo mensajes de control.

Las disciplinas de cola son importantes puesto que estas son la clave para compartir correctamente los recursos de red y proporcionar aplicaciones críticas de funcionamiento con garantías de comportamiento. Generalmente, se establece una diferencia entre las disciplinas de cola desarrolladas para mejores aplicaciones de esfuerzos (es decir, aplicaciones sin requisitos de QoS) y disciplinas desarrolladas para aplicaciones de servicio garantizadas (es decir, aplicaciones con requisitos de QoS). Para conexiones mejores de esfuerzos el objetivo más importante es compartir los recursos de una manera razonable, y ejemplos de algoritmos de cola desarrollados para este tipo de servicio son: 1) Robin Redondo Ponderado; 2) Robin Redondo Deficitario; 3) De cola Razonable Ponderado, tratando todos ellos de emular el algoritmo de Asignación de Procesador Generalizada. Naturalmente, para aplicaciones de servicio garantizadas el objetivo más importante es proporcionar garantía de funcionamiento, y ejemplos disciplinas de cola que realizan esta tarea son: 1) Cola de espera Razonable Ponderada; 2) Reloj Virtual; 3) Fecha Debida más Temprana.

La Figura 5 muestra un ejemplo de cómo la potencia recibida puede ser distribuida desde diferentes usuarios en un nodo de recepción. En este ejemplo, el detector de MUD es capaz de descodificar las tres señales más fuertes de los nodos T_u , T_v y T_w pero no la señal bastante débil del cuarto nodo T_w de transmisión. Como la ganancia de la trayectoria difiere entre los nodos de transmisión y otros nodos candidatos, el nivel de la potencia que se recibe será diferente en estos nodos y por consiguiente el orden también pues el número de paquetes de datos descodificables diferirá.

Se ha de tener en cuenta que si un criterio de progreso (el coste) de transmisión se adopta para la determinación de la prioridad, ocurre a menudo que el paquete o paquetes que reciben el nivel más bajo de potencia serán los de la prioridad más alta. Por lo tanto, ese tipo de paquete típicamente “saltará sobre” los nodos y será atenuado en su trayectoria, hasta que sea recibido y aceptado por un nodo candidato más distante. Esto se muestra en la Figura 6 en la que las barras de potencia transmitida indican los niveles de la potencia con los que se reciben los paquetes de datos, y las flechas muestran un ejemplo de un resultado eficaz de la determinación de la prioridad en nodos candidatos y nodos de transmisión.

Examen

En resumen, un aspecto importante de la presente invención se refiere a la determinación de la prioridad y el intercambio de mensajes que permiten que MUD está eficazmente incorporado dentro de la estructura del ejemplo de los protocolos basados en la contención, y especialmente los protocolos de transmisión orientados en diversidad tales como SDF.

ES 2 294 481 T3

Para la transmisión orientada en diversidad en la que se explota la existencia de múltiples nodos candidatos en la retransmisión, múltiples paquetes de datos pueden ser descodificados en los nodos candidatos. Un nodo candidato prioriza entre paquetes descodificados correctamente basado en diversos criterios de selección/comportamiento. Esto puede por ejemplo estar relacionado con el control de la circulación (evitar el desbordamiento del separador), el control de la congestión (pretende optimizar la transmisión), o la configuración del comportamiento (prioridades, por ejemplo, basadas en medidas de QoS).

Un nodo candidato puede responder con confirmaciones para los paquetes de datos con la prioridad determinada, ya sea enviando un mensaje de confirmación agregado o separadamente. Cuando los mensajes de confirmación agregados se reciben, los nodos de transmisión extraen sus confirmaciones correspondientes.

Si la diversidad no está implicada, puede ser suficiente, por ejemplo, para ALOHA en combinación con el encaminamiento de la trayectoria más corta, para un nodo de transmisión meramente transmitir datos y recibir una confirmación (multidifundida).

El nodo de transmisión prioriza entre las múltiples confirmaciones recibidas basadas en un objetivo de comportamiento y posteriormente selecciona un nodo candidato al que es transmitida una orden de transmisión correspondiente.

Un nodo candidato seleccionado inserta paquetes descodificados y aceptados para los cuales han sido recibidas órdenes de envío en su separador de transmisión de modo que optimizan objetivos de comportamiento deseados.

Otro aspecto importante de la invención se refiere a criterios para priorizar a modo de ejemplo basados en el máximo progreso hacia delante o coste que puede ser empleado internamente en el nodo candidato, internamente en el nodo de transmisión, o en ambos nodos candidato y de transmisión.

La combinación especial de MUD y la transmisión orientada a la diversidad, permitida por la nueva determinación de la prioridad y el esquema de intercambio de mensajes, aporta con ella diversos beneficios con respecto a la técnica anterior.

En comparación con la MUD usada en combinación con STDMA en una red de múltiples reflexiones, la invención proporciona los beneficios siguientes. En primer lugar, la invención presenta una complejidad significativamente inferior que la convencional de MUD y STDMA juntas, ofreciendo al mismo tiempo los beneficios dados por MUD. En segundo lugar, no existe una planificación con estrictas limitaciones de MUD que necesiten ser actualizadas muy a menudo debido a la movilidad, o extremadamente aprisa si el canal se atenúa rápidamente. Además, no existe una planificación con las restricciones de MUD que necesite ser cambiada cada vez que cambie el modelo de tráfico. Brevemente, comparada con STDMA combinada con MUD, la invención ofrece los beneficios de MUD con una complejidad significativamente inferior. Además, la invención puede ser usada ventajosamente cuando el canal se desvanece, ya que los protocolos de acceso múltiples programados tales como STDMA encontrarán el comportamiento degradado.

Con el diseño de un esquema de intercambio de mensajes de transmisión en diversidad compatible con MUD, los beneficios de la transmisión en diversidad no solamente se retienen (por ejemplo permitiendo la explotación de un canal que se desvanece), sino que también se permite una transmisión mejorada significativamente.

- Gracias a MUD, múltiples paquetes de datos pueden ser descodificados simultáneamente en cada nodo, siempre que los niveles de potencia sean suficientemente altos, dado el modo de enlace usado (por ejemplo, los regímenes de codificación) por los paquetes recibidos.

- El progreso hacia delante será generalmente mayor, pues un criterio de prioritario preferido es el de seleccionar paquetes que tengan el máximo (información) progreso hacia delante (coste). A menudo esto significará que los paquetes seleccionados son aquellos paquetes que se reciben y descodifican correctamente, mientras que al mismo tiempo tienen un nivel de potencia de recepción bajo. En un simple SDF, por ejemplo, esto sería imposible. En particular, se ha de tener en cuenta que las ganancias de desvanecimiento pueden ser utilizadas también por los paquetes de nivel de potencia inferior. Alto progreso hacia delante significa que un paquete consume menos tiempo en la red, lo que conduce por consiguiente a un retardo reducido, y por tanto al desaparecer rápidamente de la red, ofrece los recursos de radio para otro tráfico.

Además, el esquema de intercambio permite una flexibilidad incrementada en los nodos de candidatos y los nodos de transmisión de paquetes para mejorar el comportamiento global, en comparación con la detección de usuario única basada en SDF. En los nodos candidatos, la prioridad entre múltiples paquetes puede ser usada para maximizar el progreso hacia delante (como se ha indicado anteriormente), configurando QoS y para otros criterios de optimización, ambos en la recepción de datos y posteriormente cuando las órdenes de transmisión se reciben. La flexibilidad añadida en el nodo de transmisión, pues más ACKs pueden ser recibidas, puede ser usada para optimizar el progreso hacia delante, el control de la congestión, la configuración de la QoS y para otros criterios de optimización.

ES 2 294 481 T3

Aspectos funcionales

La Figura 7 es un diagrama de bloques esquemático de partes importantes en el lado receptor según una realización a modo de ejemplo de la invención. En particular, la ejecución de la Figura 7 es adecuada para un nodo candidato de retransmisión personalizado para funcionar con un protocolo de transmisión en diversidad compatible con MUD. El nodo 100 candidato de retransmisión de la Figura 7 comprende básicamente una cadena receptora 110 convencional conectada a una antena o sistema de antenas, un descodificador 120 MUD, un separador 130 de recepción, una unidad 140 de determinación de la prioridad de paquetes, una unidad 150 de reconocimiento, una unidad 160 de encapsulación convencional, una unidad 170 de modulación y codificador, una cadena transmisora 180 convencional conectada a una antena o sistema de antenas, un separador 190 de transmisión así como una unidad 195 para proporcionar información de coste de la multirreflexión.

El nodo 100 candidato de retransmisión recibe una superposición de señales transmitidas desde múltiples nodos de transmisión a través de una cadena receptora 110 que incluye operaciones tales como conversión A/D, y posiblemente también conversión de frecuencia. El descodificador 120 de MUD funciona sobre la superposición de señales recibida para descodificar simultáneamente múltiples paquetes de datos, que en el primer ciclo (1) son transferidos al separador 130 de recepción. El descodificador 120 de MUD realiza típicamente la desmodulación simultáneamente con la descodificación multiusuario.

La unidad 140 de determinación de la prioridad de paquetes realiza la determinación adecuada basada en una función de comportamiento objetiva y selecciona uno o más paquetes que son adecuados para la transmisión. En el procedimiento de determinación, la unidad 140 de determinación de la prioridad normalmente utiliza información de coste de la multirreflexión obtenida de un protocolo de determinación de costes subyacente tal como el protocolo de Bellman-Ford o uno similar. En el nodo 199 candidato de retransmisión, esa información de coste es preferiblemente acumulada y/o generada en la unidad 195 de información de coste de la multirreflexión, que está conectada a la unidad de determinación de la prioridad de los paquetes. El número de paquetes que puede ser aceptado para la transmisión puede ser limitado debido al espacio de la memoria separadora disponible, y la información de espacio de la memoria separadora es por lo tanto normalmente transferida desde el separador 190 de transmisión a la unidad 140 de determinación de la prioridad con el propósito de determinar el límite de paquetes. La unidad 140 de determinación de la prioridad de los paquetes colabora con, o está integrada en, una unidad 150 de reconocimiento, que en la primera fase (1) expide una confirmación para cada paquete seleccionado para la transmisión al nodo de transmisión de paquetes correspondiente.

Las confirmaciones de paquetes son transmitidas en un mensaje de confirmación añadido o separadamente usando la unidad 160 de encapsulación para la encapsulación y el direccionamiento, la unidad combinada 170 para la codificación 172 y la modulación 174 así como la cadena 180 de transmisión que incluye operaciones tales como la conversión de frecuencia y la conversión D/A.

En la segunda fase (2), el nodo 100 candidato de retransmisión recibe preferiblemente una o más órdenes de transmisión de los nodos de transmisión que han seleccionado el nodo candidato. La orden u órdenes de transmisión recibida(s) es/son típicamente enviadas a la unidad 140 de determinación de la prioridad de paquetes. La unidad 150 de reconocimiento, que coopera con la unidad 140 de determinación de la prioridad de los paquetes, puede expedir confirmaciones de la orden para la transmisión al nodo o nodos de transmisión correspondientes.

La unidad 140 de determinación de la prioridad de los paquetes inserta preferiblemente los paquetes seleccionados que tienen órdenes de transmisión correspondientes en la memoria separadora 190 de transmisión. Típicamente, los paquetes son insertados según un criterio predeterminado de optimización. Opcionalmente, sin embargo, la memoria separadora 190 de transmisión puede ser reprogramada, por ejemplo, basándose en clases de retardo o prioridad. Si el soporte de QoS no se desea, puede ser usada una simple cola de Primero que Entra Primero que Sale (FIFO).

Los paquetes en la memoria separadora 190 de transmisión son posteriormente transmitidos a nodos candidatos de retransmisión además sobre la red de multirreflexión usando la unidad 160 de encapsulación para encapsular y dirigir, la unidad combinada 170 para la codificación 172 y la modulación 174 así como la cadena 180 de transmisión.

La Figura 8 es un diagrama de bloques esquemático de partes importantes del lado transmisor según una realización a modo de ejemplo de la invención. En particular, la estructuración de la Figura 8 es adecuada para un nodo de transmisión personalizado para el funcionamiento en un protocolo de transmisión en diversidad compatible de MUD. El nodo 200 de transmisión de la Figura 8 comprende básicamente un separador 210 de transmisión, una unidad 220 de encapsulación, una unidad 230 codificadora y de modulación, una cadena 240 de transmisión convencional conectada a un sistema de antenas, una cadena receptora 250 convencional, una unidad 260 descodificadora y de desmodulación, una unidad 270 de determinación de la prioridad de nodos y un separador 280 de recepción.

El nodo 200 de transmisión tiene paquetes de datos listos para la transmisión hacia uno o más nodos de destino en su separador 210 de transmisión. En la fase (1), son transferidos paquetes desde el separador 210 de transmisión a la unidad 220 de encapsulación para la encapsulación y direccionamiento. Desde una perspectiva de direccionamiento, el nodo 200 de transmisión emplea la multidifusión o posiblemente la radiodifusión para transmitir los paquetes a un cierto número de nodos candidatos de retransmisión en la red de multirreflexión. Para más información sobre este

aspecto particular, se hace referencia a [8]. La información de paquetes encapsulados es transferida a la unidad 230 combinada para codificación 232 y modulación 234 así como a la cadena 240 de transmisión para la transmisión hacia los nodos candidatos de retransmisión.

5 En la segunda fase (2), el nodo 200 de transmisión recibe confirmaciones de paquetes desde uno o más nodos de candidatos por medio de la cadena receptora 250 y la unidad combinada 260 para desmodulación 262 y decodificación 264. Las confirmaciones de paquetes son transferidas a la unidad 270 de determinación de la prioridad de nodos que selecciona un nodo de candidato de retransmisión adecuada basada en una función de comportamiento objetivo. La
10 unidad 270 de determinación de la prioridad expide entonces una orden de transmisión para la transmisión al nodo de retransmisión seleccionado.

En la tercera fase (3), envía confirmaciones de órdenes recibidas de uno o más nodos de retransmisión seleccionados que pueden ser opcionalmente empleadas para eliminar paquetes correspondientes del separador 210 de transmisión.

15 Información detallada sobre los detectores/decodificadores puede ser hallada en la literatura, por ejemplo, en la referencia (15) que describe un estado de la técnica de una familia de detectores multiusuario lineales.

Se ha de entender que la determinación de la prioridad de paquetes en el lado receptor puede ser distribuida en un
20 nodo de control asociado responsable de uno o más nodos de recepción. De la misma manera, la determinación de la prioridad para seleccionar un nodo de retransmisión adecuado en el lado transmisor puede ser distribuida también en un nodo de control asociado.

Las realizaciones descritas anteriormente se dan meramente como ejemplos, y se ha de entender que la presente invención no está limitada a los mismos. Más modificaciones, cambios y mejoras que conservan los principios
25 subyacentes básicos descritos y reivindicados en esta memoria están dentro del alcance de la invención.

Referencias

- 30 [1] R. Rom, M. Sidi, "Protocolos de Acceso Múltiple, Comportamiento y Análisis", Springer-Verlag, New York, 1990, ISBN-0-387-97253-6, pp. 1-5.
- [2] "Protocolo de Encaminamiento de Puerta Interior Mejorado", impreso el 7 de Abril del 2003, de
35 www.cisco.com/warp/public/103/eigrp-toe.pdf
- [3] R. Nelson y L. Kleinrock, "La Capacidad Espacial de una red de radio de paquetes de multirreflexión ALOHA ranurada con captura", en *Trans. On Com*, Junio 84.
- 40 [4] J. Jubin y J.D. Tornow, "Los protocolos de red de radio de paquetes DARPA", en *IEEE Proceedings*, Enero 87, págs. 21-32.
- [5] M. B. Pursely y H. B. Russel, "Protocolos de Red para radios de paquetes de multifrecuencia con información de lado de decodificador", en *IEEE J. Áreas Seleccionadas de Com.*, 12(4) 1994, pp. 155-174.
45
- [6] Patente de EE.UU. 6.097.703.
- [7] Publicación WO 98/56140 de Solicitud de Patente Internacional.
- 50 [8] Publicación US 2002/0051425 A1 de Solicitud de Patente de EE.UU.
- [9] "UTRA (Acceso de Radio Terrestre Universal) High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)", *3GPP, TS [25.308]*, v. 0.1.0, Septiembre, 2001.
- 55 [10] TIA/EIA IS-856, "CDMA 2000: Especificación de interfaz de aire de datos de paquete de régimen alto", *Std.*, Nov. 2000.
- [11] P. Viswanath, D. Tse y R. Laroia, "Formación de Haces Oportuna usando Antenas Dumb", *IEEE Transactions on Information Theory*, vol 48(6), Junio, 2002.
60
- [12] B. Shrader, T. Giles, "Programación y comportamiento de redes de radio de múltiples reflexiones con detección multiusuario", *Proceedings of the 2nd Swedish Workshop on Wireless Ad-Hoc Networks*, Stockholm, Johannebergs Slott, Marzo 5-6, 2002.
- 65 [13] A. M. Chou, y V. O. K. Li, "Estrategias de asignación de ranuras para protocolos TDMA en redes de radio de paquetes de múltiples reflexiones", *INFOCOM*, Mayo 1992, Vol. 2, págs. 710-716.

ES 2 294 481 T3

[14] V. **Rodoplu** y T. **Meng**, “CDMA basado en posición con detección multiusuario (P-CDMA/MUD) para redes ad hoc e inalámbricas”, *IEEE Symposium sobre Tecnología del Espectro de Extensión & Aplicaciones*, Sept 6-8, 2000.

5 [15] Patente de EE.UU. 6.618.433.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para la transmisión basada en la contención de información en una red de múltiples reflexiones que tiene múltiples nodos, comprendiendo dicho método las operaciones de:
- al menos uno de una pluralidad de nodos (200) de transmisión que transmiten su señal de paquete de datos a múltiples nodos (100) candidatos de retransmisión;
 - 10 - recibir, en al menos un nodo (100) candidato de retransmisión de recepción, una superposición de señales transmitidas desde múltiples nodos de transmisión;
 - emplear la detección multiusuario para descodificar múltiples paquetes de datos de la superposición recibida de señales;
 - 15 - priorizar entre los paquetes correctamente descodificados para seleccionar al menos un paquete de datos adecuado para ser enviado;
 - responder con una confirmación de paquete para cada paquete seleccionado;
 - 20 - priorizar entre los nodos candidatos de retransmisión de los cuales se han recibido confirmaciones para seleccionar al menos un nodo de retransmisión adecuado; y
 - transmitir una orden de envío a dicho al menos un nodo o nodos de retransmisión seleccionados ordenando al nodo o nodos de la ordenación seleccionados asumir la responsabilidad del envío.
- 25 2. El método según la reivindicación 1, en el que dicha operación de priorizar dicho paquete comprende la operación de seleccionar múltiples paquetes de datos adecuados para ser enviados, y múltiples confirmaciones de paquete son transmitidas a una pluralidad de nodos de transmisión correspondientes.
- 30 3. El método según la reivindicación 2, en el que dichas confirmaciones de paquetes múltiples son acumuladas en un mensaje de confirmación único.
- 35 4. El método según la reivindicación 1, que comprende además la operación de ejecutar, en respuesta a la orden de envío, el envío de un paquete correspondiente seleccionado.
- 40 5. El método según la reivindicación 1, que comprende además la operación de dicho al menos un nodo (100) de recepción que responde, en respuesta a una orden de envío, con una confirmación de la orden de envío correspondiente.
- 45 6. El método según la reivindicación 1, que comprende además la operación de dicho al menos un nodo de recepción que limita el número de paquetes seleccionados.
7. El método según la reivindicación 1, en el que dicha operación de priorizar paquetes se realiza basándose en la optimización de una función objetiva predeterminada.
- 50 8. El método según la reivindicación 7, en el que dicha función objetiva predeterminada incluye información de progreso del coste.
9. El método según la reivindicación 1, en el que dicha operación de priorizar paquetes se realiza basándose en al menos un requisito de Calidad de Servicio QoS.
- 55 10. El método según la reivindicación 1, en el que dicho envío se realiza basándose en un protocolo de acceso múltiple basado en la contención.
11. El método según la reivindicación 10, en el que dicho protocolo de acceso múltiple basado en la contención está orientado en diversidad.
- 60 12. El método según la reivindicación 11, en el que dicho protocolo orientado en diversidad es el protocolo SDF de envío en diversidad de selección.
13. El método según la reivindicación 10, en el que dicho protocolo de acceso múltiple basado en la contención es un protocolo oportunístico.
- 65 14. El método según la reivindicación 1, en el que dicha operación de priorizar entre nodos candidatos de retransmisión se realiza basándose en la optimización de una función objetiva predeterminada.

ES 2 294 481 T3

15. El método según la reivindicación 1, en el que al menos uno de dicho nodos candidatos a la retransmisión múltiple es implícitamente dirigido basándose en una indicación de que es un vecino de un nodo candidato a la retransmisión dirigido explícitamente.
- 5 16. El método según la reivindicación 1, que comprende además la operación de eliminar cada nodo de transmisión, en respuesta a una confirmación de un paquete transmitido previamente, siendo confirmados los datos del paquete desde una memoria separadora de datos en el nodo de transmisión.
- 10 17. El método según la reivindicación 1, en el que dicha red de reflexiones múltiples es una red de radio de paquetes de radiodifusión/multidifusión.
- 15 18. Un sistema para el envío basado en la contención de información en una red de múltiples reflexiones que tiene múltiples nodos, en la que al menos uno de una pluralidad de nodos (200) de transmisión está configurado para transmitir su señal de paquete de datos a múltiples nodos candidatos de retransmisión, y dicho paquete comprende:
- medios (110) para recibir, en al menos un nodo (100) candidato de retransmisión de recepción, una superposición de señales transmitidas desde múltiples nodos de transmisión;
 - medios (120) para emplear la detección multiusuario para descodificar múltiples paquetes de datos de la superposición de señales recibida;
 - medios (140) para priorizar entre los paquetes correctamente descodificados para seleccionar al menos un paquete de datos adecuado para ser enviado;
 - 25 - medios (150, 160, 170, 180) para responder con una confirmación de paquete para cada paquete seleccionado;
 - medios (270) para priorizar entre los nodos candidatos de retransmisión de los cuales se reciben confirmaciones para seleccionar al menos un nodo de retransmisión adecuado; y
 - 30 - medios (270, 220, 230, 240) para transmitir una orden de envío a dicho al menos un nodo de retransmisión seleccionado ordenando al nodo o nodos seleccionados aceptar la responsabilidad del envío.
- 35 19. El sistema según la reivindicación 18, en el que dichos medios (140) para priorizar paquetes son accionables para seleccionar múltiples paquetes de datos adecuados para envío, y dichos medios de respuesta son accionables para transmitir múltiples confirmaciones de paquete a una pluralidad de nodos de transmisión correspondientes.
- 40 20. El sistema según la reivindicación 19, en el que dichos medios de respuesta son accionables para incluir múltiples confirmaciones de paquete en un mensaje único de confirmación.
- 45 21. El sistema según la reivindicación 18, que comprende además medios para ejecutar, en respuesta a una orden de envío, el envío de un paquete seleccionado correspondiente.
22. El sistema según la reivindicación 18, que comprende además medios para responder en respuesta a una orden de envío, con una confirmación de la orden de envío correspondiente.
23. El sistema según la reivindicación 18, que comprende además medios para limitar el número de paquetes seleccionados.
- 50 24. El sistema según la reivindicación 18, en el que dichos medios (140) para priorizar paquetes están configurados para priorizarlos basándose en la optimización de una función objetiva predeterminada.
25. El sistema según la reivindicación 24, en el que dicha función objetiva predeterminada incluye el progreso del coste de la información.
- 55 26. El sistema según la reivindicación 18, en el que dichos medios (140) para priorizar paquetes están configurados para priorizarlos basándose en al menos una exigencia de la Calidad de Servicio QoS.
- 60 27. El sistema según la reivindicación 18, en el que dichos medios (270) para priorizar entre los nodos candidatos de retransmisión están configurados para priorizar los nodos candidatos basándose en la optimización de una función objetiva predeterminada.
28. El sistema según la reivindicación 18, en el que dicho al menos un nodo de transmisión comprende además medios para dirigir implícitamente al menos uno de dichos nodos candidatos de retransmisión basados en una indicación de que es vecino de un nodo candidato de retransmisión direccionado explícitamente.
- 65 29. El sistema según la reivindicación 18, en el que dicha red multirreflexión es una red de radio de paquetes de radiodifusión/multidifusión.

ES 2 294 481 T3

30. Un nodo (100) de comunicación para una red de multirreflexión, comprendiendo dicho nodo de comunicación:

- medios (110) para recibir una superposición de señales transmitidas desde múltiples nodos de transmisión:

5 - medios (120) para emplear la detección multiusuario MUD para descodificar múltiples paquetes de datos procedentes de la superposición de señales recibida;

- medios (140) para priorizar entre paquetes descodificados correctamente para seleccionar al menos un paquete de datos adecuado para ser enviado; y

10 - medios (150, 160, 170, 180) para responder con una confirmación de paquete para cada paquete seleccionado; y

- medios para recibir, de al menos un nodo de transmisión que ha transmitido su señal de paquete de datos a múltiples nodos candidatos de retransmisión de recepción y que ha seleccionado un nodo de retransmisión adecuado basándose en confirmaciones de múltiples nodos candidatos de retransmisión, una orden de envío dando instrucciones el nodo de retransmisión seleccionado para que asuma la responsabilidad para el envío.

15 31. El nodo de comunicación según la reivindicación 30, en el que dichos medios (140) para priorizar paquetes, son accionables para seleccionar múltiples paquetes de datos adecuados para ser enviados, y dichos medios de respuesta son accionables para transmitir múltiples confirmaciones de paquete a una pluralidad de códigos de transmisión correspondientes.

20 32. El nodo de comunicación según la reivindicación 31, en el que dichos medios de respuesta son accionables para acumular múltiples confirmaciones de paquete en un mensaje de confirmación único.

25 33. El nodo de comunicación según la reivindicación 30, que comprende además medios para limitar el número de paquetes seleccionados.

30 34. El nodo de comunicación según la reivindicación 30, en el que dichos medios (140) para priorizar paquetes están configurados para priorizarlos basándose en la optimización de una función objetiva predeterminada.

35 35. El nodo de comunicación según la reivindicación 34, en el que dicha función objetiva predeterminada incluye el progreso del coste de la información.

36. El nodo de comunicación según la reivindicación 30, en el que dichos medios (140) para priorizar paquetes están configurados para priorizarlos basándose en al menos una exigencia de la Calidad de Servicio QoS.

40

45

50

55

60

65

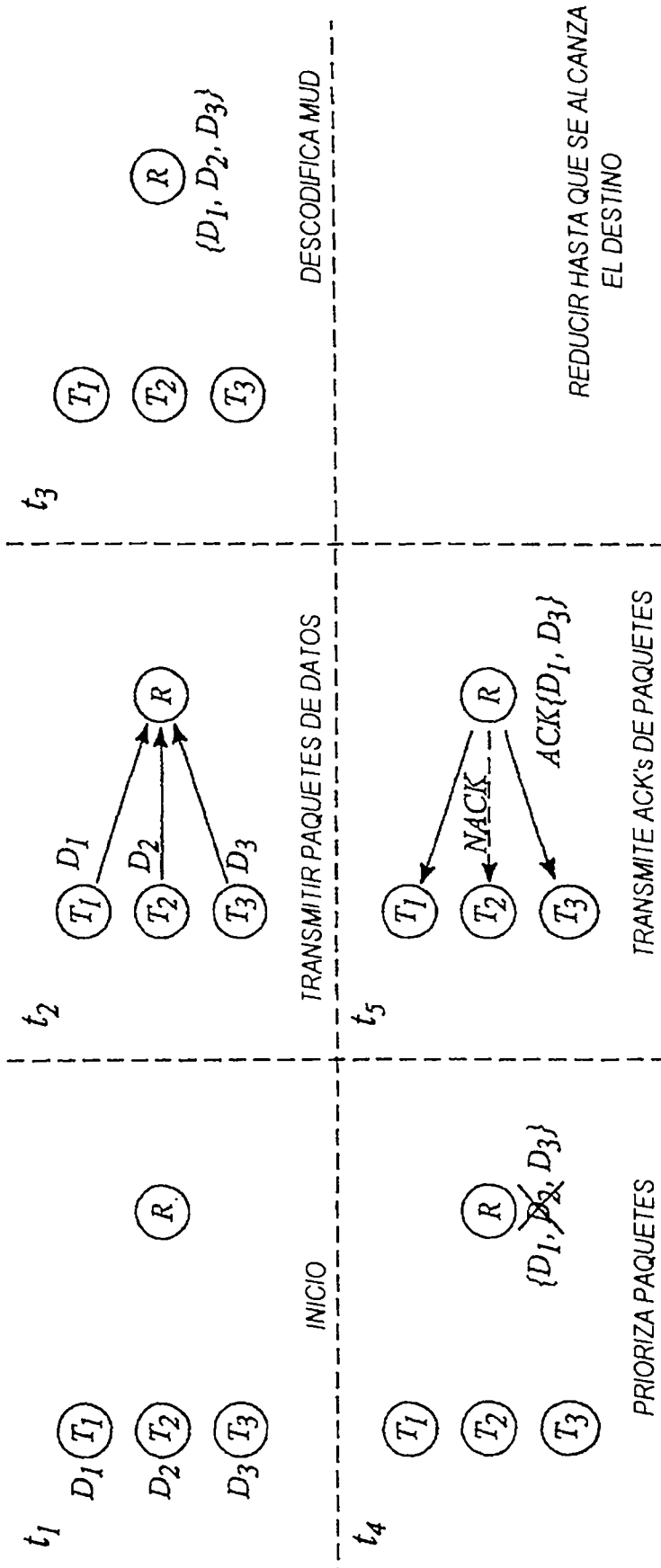


Fig. 1

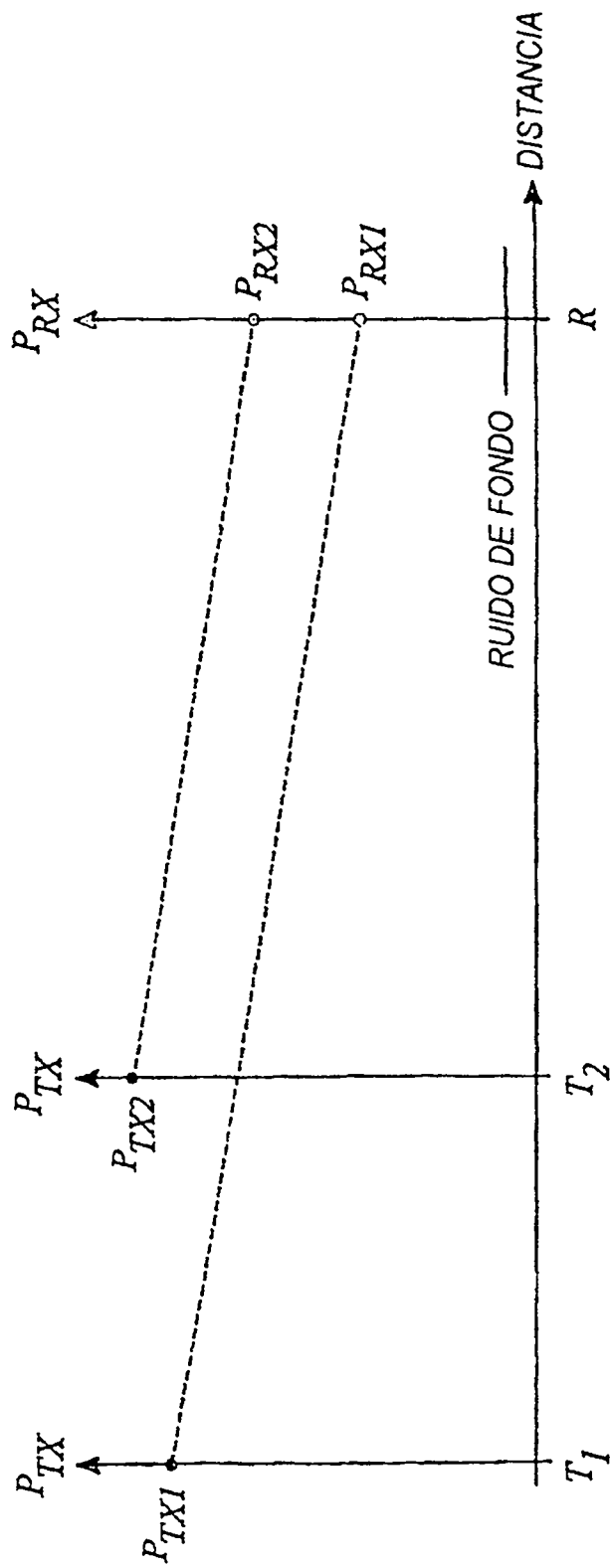


Fig. 2

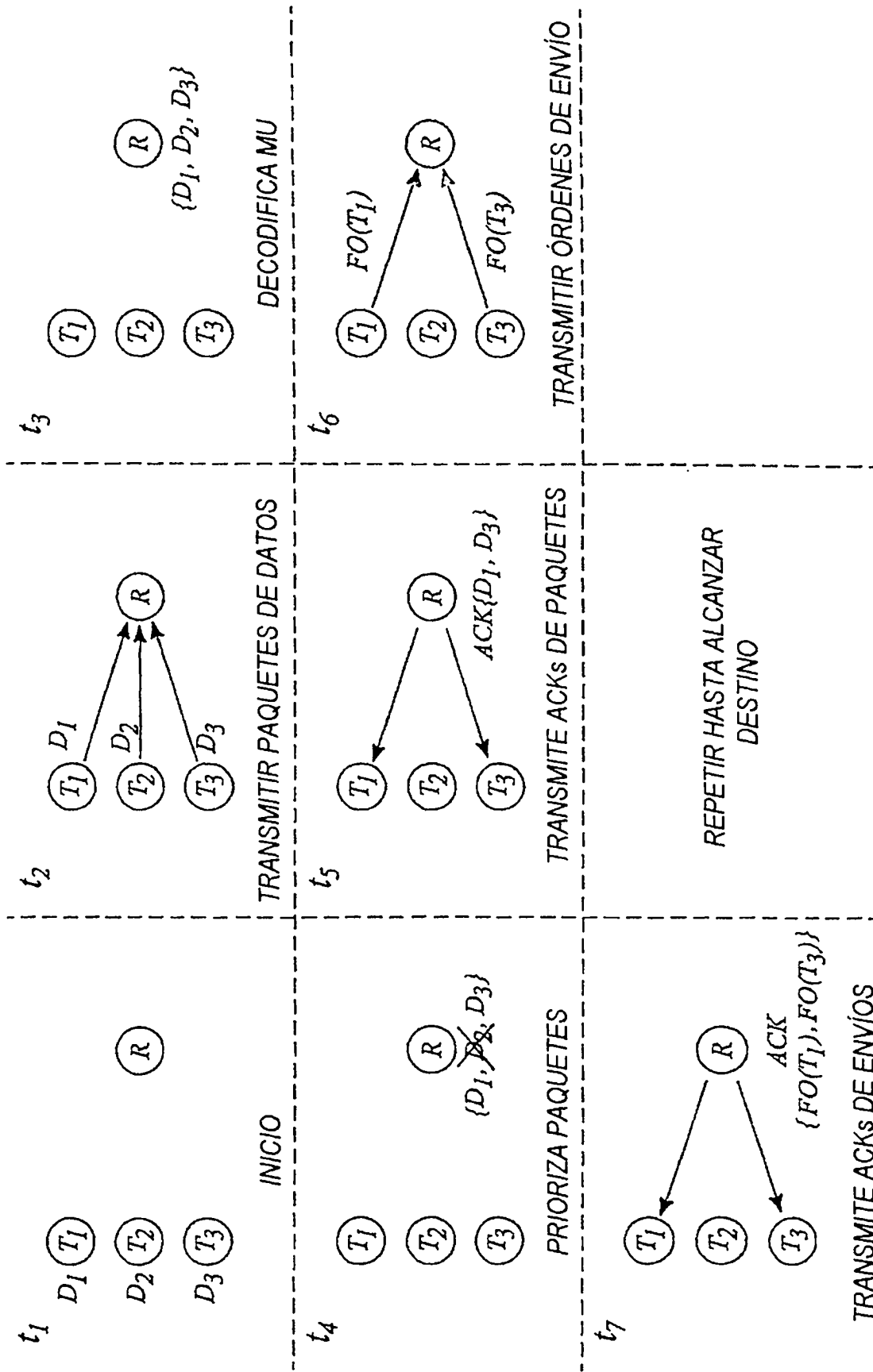


Fig. 3

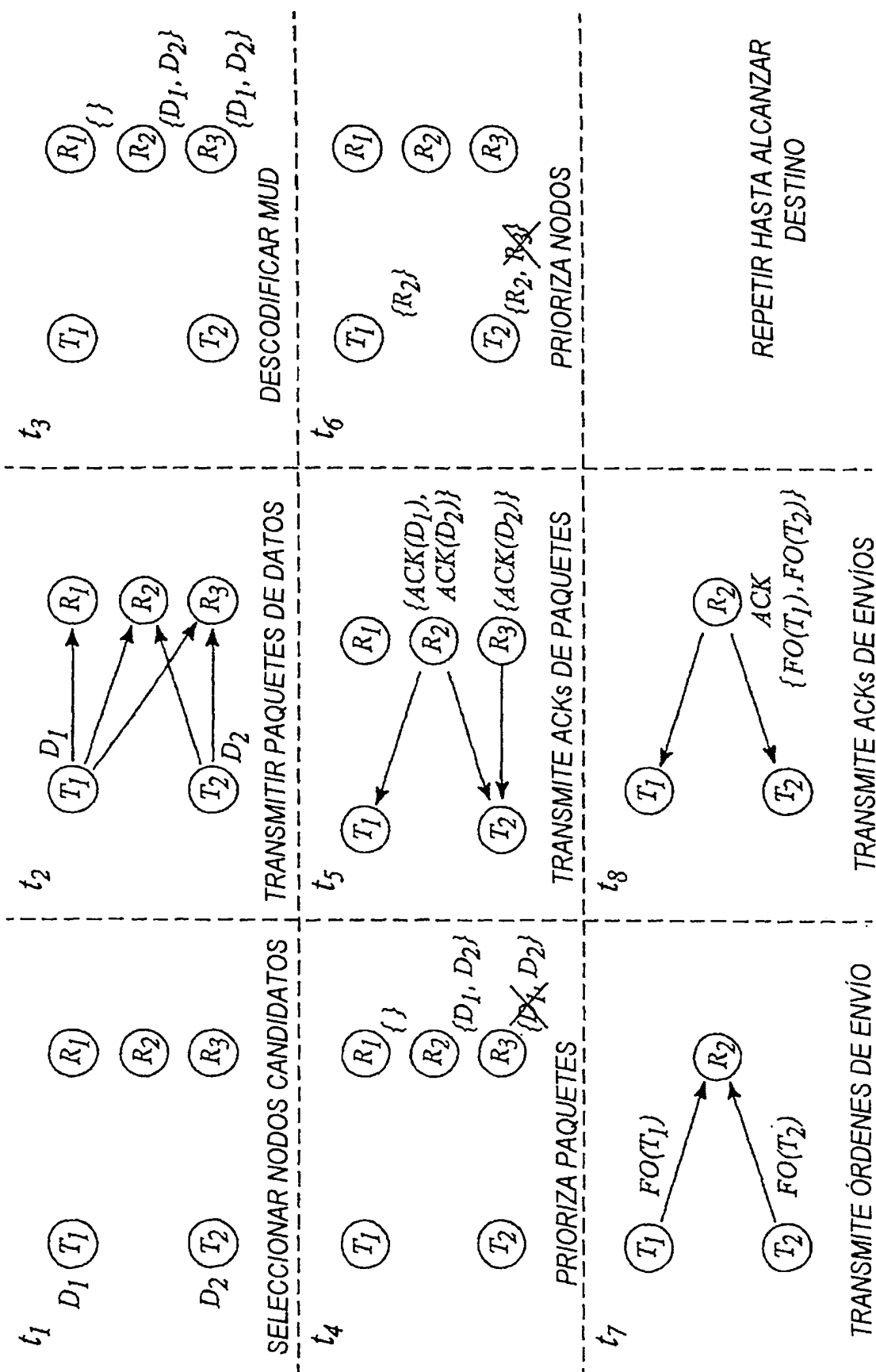


Fig. 4

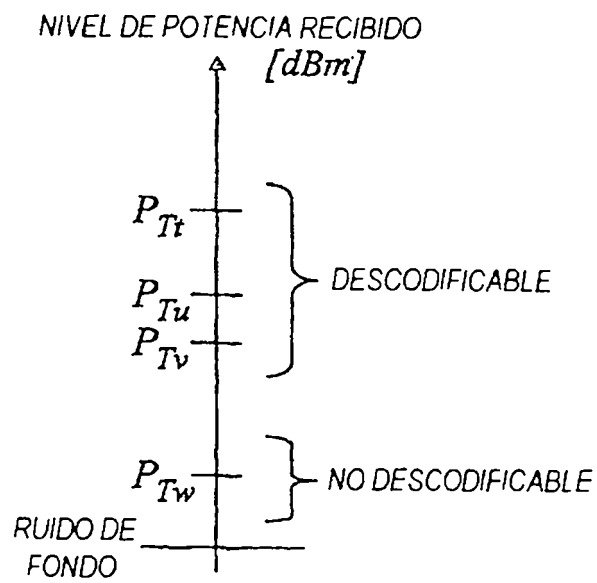


Fig. 5

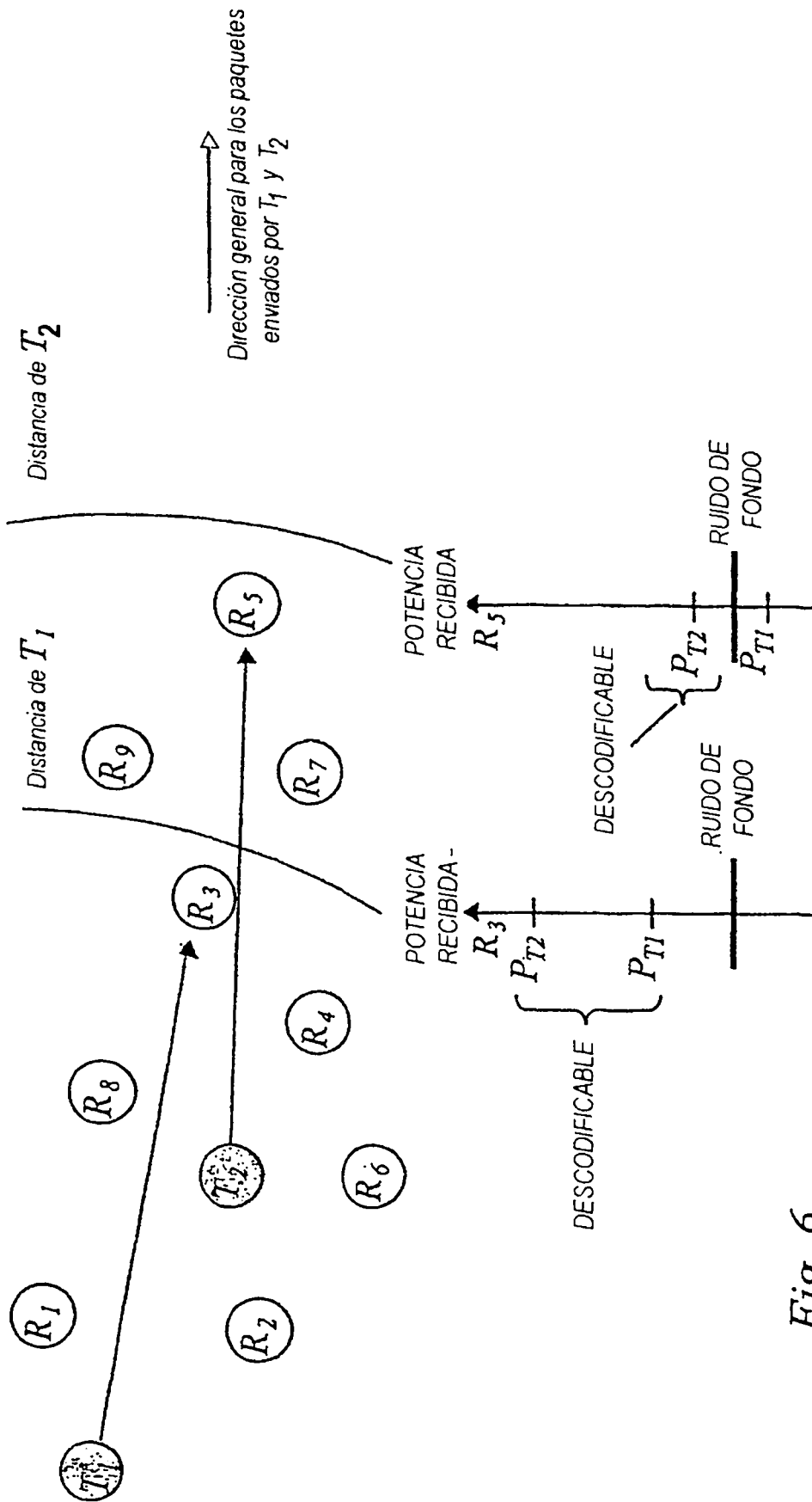


Fig. 6

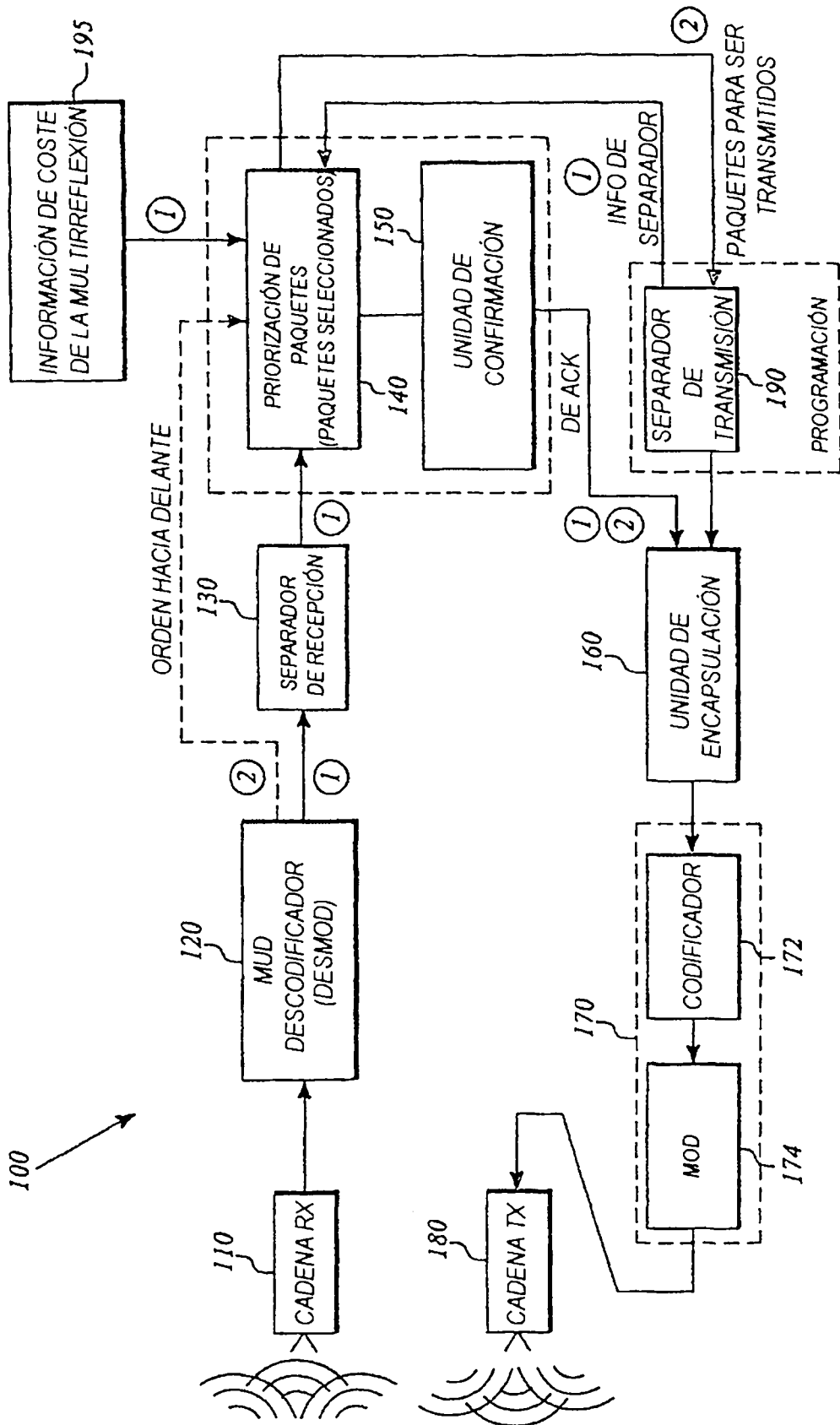


Fig. 7

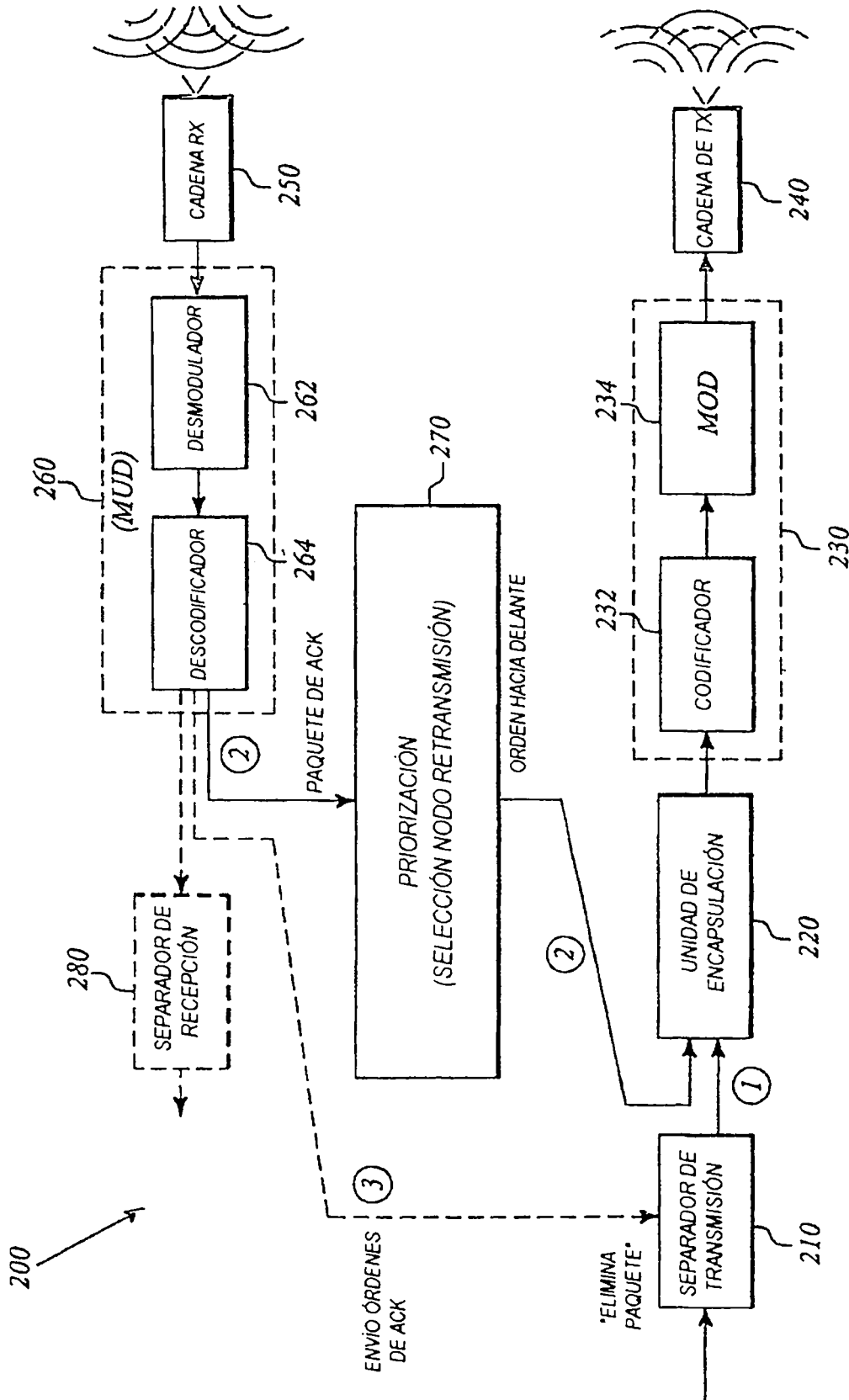


Fig. 8