

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 723 179**

51 Int. Cl.:

**H04W 72/12** (2009.01)

**H04W 28/22** (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.09.2012 PCT/US2012/055282**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.04.2013 WO13052255**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.09.2012 E 12768956 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2019 EP 2764750**

54 Título: **Mejora de la calidad de vídeo de envío por flujo continuo adaptativo optimizando la asignación de recursos**

30 Prioridad:

**05.10.2011 US 201113253368**

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

**22.08.2019**

73 Titular/es:

**ALCATEL LUCENT (100.0%)  
Site Nokia Paris Saclay, Route de Villejust  
91620 Nozay, FR**

72 Inventor/es:

**VISWANATHAN, HARISH;  
GOPALAKRISHNAN, NANDU;  
CLOUGHERTY, MARK, M.;  
BECK, ANDRE;  
LI, GANG;  
DE VLEESCHAUWER, DANNY;  
BENNO, STEVE, A. y  
RUDRAPATNA, ASHOK, N.**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**Observaciones:**

**Véase nota informativa (Remarks, Remarques o Bemerkungen) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes**

ES 2 723 179 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

Mejora de la calidad de vídeo de envío por flujo continuo adaptativo optimizando la asignación de recursos

5 **Antecedentes**1. Campo

Las realizaciones de ejemplo se refieren en general a asignación de recursos en redes inalámbricas.

10

2. Descripción de la técnica relacionada

Envío por flujo continuo adaptativo de HTTP (HAS) está emergiendo como un enfoque conocido para enviar por flujo continuo vídeo bajo demanda y contenido en tiempo real. HAS es adaptativo en el sentido que la calidad de vídeo puede ajustarse basándose en el ancho de banda o tasa de datos disponible entre el servidor y el cliente. Sin embargo, cada cliente adapta de manera individual su calidad de vídeo independientemente de otros usuarios de vídeo que comparten los mismos recursos.

15

En sistemas convencionales, el envío por flujo continuo de HAS a través de inalámbrico móvil está basado en una asignación de recursos de mejor esfuerzo. La estación base normalmente emplea un planificador equitativo proporcional que no tiene conocimiento del flujo de HAS y trata HAS y otros flujos por igual. Adicionalmente puede establecerse una tasa de bits garantizada (GBR) y puede garantizarse caudal para un flujo particular. Una tasa de bits garantizada (GBR) establecida igual a la tasa de códec de fuente fijada de envío por flujo continuo tradicional (descarga progresiva de RTP/UDP o HTTP/TCP) se sabe que mejora la calidad de experiencia (QoE) a través de tasa ofrecida estática a medida que varían el canal y la carga.

20

25

La Solicitud de Patente de Estados Unidos US 2006/0023629 A1 desvela un método para realizar transmisión autónoma en un sistema de comunicación móvil para soportar un canal especializado de enlace ascendente mejorado.

30

La Solicitud de Patente de Estados Unidos US 2006/0182065 A1 se refiere a un método para proporcionar mediciones en una tasa de bits proporcionada a datos planificados que tienen una tasa de bits garantizada para realizar control de congestión para transmisiones de enlace ascendente que tienen una tasa de bits garantizada.

35 **Sumario**

Las realizaciones de la invención se refieren a un método operado en un elemento de red de acuerdo con la reivindicación 1 y a un aparato de red de acuerdo con la reivindicación 6. Se definen realizaciones adicionales en las reivindicaciones dependientes. Las realizaciones de ejemplo se refieren a un método y aparato para mejorar calidad de vídeo de envío por flujo continuo adaptativo optimizando asignación de recursos.

40

De acuerdo con al menos una realización de ejemplo, un método de asignación de recursos para transmitir contenido de un elemento de red en una red de comunicaciones a uno o más dispositivos móviles cada uno en comunicación con el elemento de red puede incluir recibir, en el elemento de red, información característica que corresponde a cada uno del uno o más dispositivos móviles; y generar uno o más valores de tasa de bits garantizada adaptativa (AGBR) en el elemento de red que corresponde a cada uno del uno o más dispositivos móviles, respectivamente. Los valores de AGBR pueden ser valores de GBR generados para cada uno del uno o más dispositivos móviles basándose en la correspondiente información característica. Un primer algoritmo de planificación puede ejecutarse en el elemento de red basándose en el uno o más valores de AGBR; y pueden asignarse recursos al uno o más dispositivos móviles basándose en una salida del algoritmo de planificación.

45

50

De acuerdo con al menos una realización de ejemplo, un aparato de red puede estar configurado para asignar recursos para transmitir contenido del aparato de red a uno o más dispositivos móviles cada uno en comunicación con el aparato de red. El aparato de red puede incluir una unidad de recepción configurada para recibir datos; una unidad de transmisión configurada para transmitir datos; una unidad de memoria configurada para almacenar parámetros que corresponden con características del uno o más dispositivos móviles; y una unidad de procesamiento acoplada a la unidad de transmisión, la unidad de recepción, y la unidad de memoria y configurada para controlar operaciones asociadas con asignar recursos al uno o más dispositivos móviles. Las operaciones pueden incluir recibir, en el elemento de red, información característica que corresponde a cada uno del uno o más dispositivos móviles, generar uno o más valores de tasa de bits garantizada adaptativa (AGBR) en el elemento de red que corresponde a cada uno del uno o más dispositivos móviles, respectivamente, siendo los valores de AGBR valores de GBR generados por cada uno del uno o más dispositivos móviles basándose en la correspondiente información característica, ejecutando en el elemento de red un primer algoritmo de planificación basándose en el uno o más valores de AGBR, y asignando recursos al uno o más dispositivos móviles basándose en una salida del algoritmo de planificación.

55

60

65

**Breve descripción de los dibujos**

Las realizaciones de ejemplo se entenderán más completamente a partir de la descripción detallada proporcionada a continuación y los dibujos adjuntos, en los que elementos similares se representan por números de referencia  
5 similares, que se proporcionan por medio de ilustración únicamente y por lo tanto no limitan las realizaciones de ejemplo y en los que:

La Figura 1A es un diagrama que ilustra una porción de una red de comunicaciones.

La Figura 1B es un diagrama que ilustra una estructura de ejemplo de un elemento de red.

La Figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra un método para mejorar asignación de recursos para su uso con  
10 envío por flujo adaptativo.

**Descripción detallada de realizaciones de ejemplo**

15 Se describirán ahora más completamente diversas realizaciones de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos en los que hay algunas realizaciones de ejemplo.

Se desvelan en el presente documento realizaciones ilustrativas detalladas. Sin embargo, los detalles estructurales y funcionales específicos desvelados en el presente documento son meramente representativos para los fines de  
20 describir realizaciones de ejemplo. Las realizaciones de ejemplo pueden realizarse, sin embargo, en muchas formas alternativas y no deberían interpretarse como limitadas a únicamente las realizaciones expuestas en el presente documento.

Por consiguiente, mientras que las realizaciones de ejemplo son aptas de diversas modificaciones y formas  
25 alternativas, las realizaciones de las mismas se muestran a modo de ejemplo en los dibujos y se describirán en el presente documento en detalle. Debería entenderse, sin embargo, que no hay intento de limitar las realizaciones de ejemplo a las formas particulares desveladas, sino por el contrario, las realizaciones de ejemplo son para cubrir todas las modificaciones, equivalentes, y formas alternativas que caen dentro del alcance de realizaciones de ejemplo. Números de referencia similares se refieren a elementos similares a lo largo de toda la descripción de las  
30 figuras. Como se usa en el presente documento, el término "y/o" incluye cualesquiera y todas las combinaciones de uno o más de los elementos enumerados asociados.

Se entenderá que cuando un elemento se hace referencia como que está "conectado" o "acoplado" a otro elemento, puede estar directamente conectado o acoplado al otro elemento o pueden estar presentes elementos intermedios.  
35 En contraste, cuando un elemento se hace referencia como que está "directamente conectado" o "directamente acoplado" a otro elemento, no hay elementos intermedios presentes. Otras palabras usadas para describir la relación entre elementos deberían interpretarse de una manera similar (por ejemplo, "entre" frente a "directamente entre", "adyacente" frente a "directamente adyacente", etc.).

La terminología usada en el presente documento es para el fin de describir realizaciones particulares únicamente y no se pretende que sea limitante de las realizaciones de ejemplo. Como se usa en el presente documento, las formas singulares "un", "una" y "el", "la" se pretende que incluyan las formas plurales también, a menos que el contexto lo indique claramente de otra manera. Se entenderá adicionalmente que los términos "comprende", "que comprende", "incluye" y/o "que incluye", cuando se usan en el presente documento, especifican la presencia de  
45 características establecidas, elementos integrantes, etapas, operaciones, elementos, y/o componentes, pero no excluyen la presencia o adición de una o más otras características, elementos integrantes, etapas, operaciones, elementos, componentes, y/o grupos de los mismos.

Debería observarse también que en algunas implementaciones alternativas, las funciones/actos indicados pueden tener lugar fuera del orden indicado en las figuras. Por ejemplo, dos figuras mostradas en serie pueden de hecho ejecutarse sustancialmente de manera concurrente o en ocasiones pueden ejecutarse en el orden inverso,  
50 dependiendo de la funcionalidad/actos implicados.

Como se usa en el presente documento, la expresión unidad móvil puede considerarse sinónima a, y puede posteriormente denominarse de manera ocasional, como un terminal, terminal de acceso (AT), estación móvil, usuario móvil, equipo de usuario (UE), abonado, usuario, estación remota, receptor, etc., y puede describir un usuario remoto de recursos inalámbricos en una red de comunicación inalámbrica. La expresión estación base puede considerarse sinónima a y/o denominarse como una estación transceptora base (BTS), Nodo B, Nodo B mejorado (eNB), femto célula, punto de acceso, etc., y puede describir equipo que proporciona las funciones de  
60 banda base de radio para conectividad de datos y/o voz entre una red y uno o más usuarios.

Las realizaciones a modo de ejemplo se analizan en el presente documento como que se implementan en un entorno informático adecuado. Aunque no se requiere, se describirán realizaciones a modo de ejemplo en el contexto general de instrucciones ejecutables por ordenador, tales como módulos de programa o procesos  
65 funcionales, que se ejecutan por uno o más procesadores informáticos o CPU. En general, los módulos de programa o procesos funcionales incluyen rutinas, programas, objetos, componentes, estructuras de datos, etc., que realizan

tareas particulares o implementan tipos de datos abstractos particulares. Los módulos de programa y procesos funcionales analizados en el presente documento pueden implementarse usando hardware existente en redes de comunicación existentes. Por ejemplo, los módulos de programa y procesos funcionales analizados en el presente documento pueden implementarse usando hardware existente en elementos de red o nodos de control existentes (por ejemplo, una pasarela de servicio (SGW) o estación base (BS) mostrados en la Figura 1). Tal hardware existente puede incluir uno o más procesadores de señales digitales (DSP), circuitos integrados específicos de la aplicación, campos de matrices de puertas programables (FPGA) ordenadores o similares.

En la siguiente descripción, se describirán realizaciones ilustrativas con referencia a actos y representaciones de operaciones simbólicas (por ejemplo, en forma de diagramas de flujo) que se realizan por uno o más procesadores, a menos que se indique de otra manera. Como tal, se entenderá que tales actos y operaciones, que a veces se denomina como que se ejecutan por ordenador, incluyen la manipulación por el procesador de señales eléctricas que representan datos en una forma estructurada. Esta manipulación transforma los datos o los mantiene en localizaciones en el sistema de memoria del ordenador, que reconfigura o modifica de otra manera la operación del ordenador de una manera bien entendida por los expertos en la materia.

#### Vista general de arquitectura de red

La Figura 1 ilustra una porción de una red de comunicaciones inalámbricas 100. Haciendo referencia a la Figura 1, la red de comunicaciones inalámbricas 100 incluye una pasarela de servicio (SGW) 101, y una estación base (BS) 105, y una pluralidad de dispositivos móviles que incluyen del primer a cuarto dispositivos móviles 110~125. La BS 105 está conectada a la SGW 101. La red inalámbrica 100 puede tener múltiples BS que comunican con la SGW 101, sin embargo, únicamente se muestra una por claridad. La SGW 101 puede encaminar y reenviar paquetes de datos de usuario de dispositivos móviles conectados a la BS 105. Además, aunque no se ilustra para el fin de simplicidad, la SGW 101 puede proporcionar acceso para la BS 105 a una pasarela de red de datos de paquetes (PDN). Además, la BS 105 puede conectarse al primer a cuarto dispositivos móviles 110~125, cada uno de los cuales puede comunicar inalámbricamente con la BS 105. Aunque, para el fin de claridad, únicamente se ilustran cuatro dispositivos móviles, cualquier número de dispositivos móviles pueden conectarse a la BS 105.

Aunque, en el ejemplo ilustrado en la Figura 1, la red de comunicaciones inalámbricas 100 se ilustra como que incluye una SGW y una BS, de acuerdo con realizaciones de ejemplo, la red de comunicaciones inalámbricas 100 puede incluir cualquier tipo de tecnología de acceso de radio que pueda soportar asignación de recursos compartidos a través de múltiples usuarios a través de planificación. Ejemplos incluyen, pero sin limitación, tecnología de acceso de radio de LTE y EVDO.

La BS 105 puede incluir un planificador real 106 que incluye software y/o hardware que pueden implementar un algoritmo de planificación para asignar recursos a usuarios conectados a la BS 105. Los usuarios conectados a la BS 105, por ejemplo cualquiera del primer al cuarto dispositivos móviles 110~125, puede cada uno estar usando aplicaciones que emplean envío por flujo continuo adaptativo de tasa donde cada usuario analiza la cantidad de ancho de banda asignado al usuario por la BS 105 y solicita una cierta tasa de codificación del contenido que se está enviando por flujo continuo basándose en el ancho de banda. Un ejemplo de este envío por flujo continuo adaptativo de tasa es el envío por flujo continuo adaptativo de HTTP (HAS) usado para enviar por flujo continuo datos de vídeo, donde los datos de vídeo tienen un nivel de calidad que puede variarse. Por ejemplo, si el planificador real 106 asigna una cantidad relativamente alta de ancho de banda a través de una portadora entre el usuario y la BS 105, el usuario puede detectar el alto nivel de ancho de banda y solicitar vídeo de un alto nivel de calidad solicitando, por ejemplo, vídeo codificado con una alta resolución. Si el planificador real 106 reduce la cantidad de ancho de banda asignado al usuario, el usuario puede solicitar vídeo de un nivel de calidad inferior solicitando, por ejemplo, vídeo codificado con una resolución inferior. Aunque los datos de tasa de vídeo variable se han analizado anteriormente, de acuerdo con realizaciones de ejemplo, los usuarios dentro de la red de comunicaciones 100 pueden enviar por flujo continuo cualquier tipo de datos de tasa adaptativa incluyendo, por ejemplo, audio de calidad variable.

La red de comunicaciones 100 puede incluir tanto usuarios especiales y como de mejor esfuerzo (BE). Los usuarios especiales pueden cada uno tener una tasa de bits garantizada (GBR) asociada mientras que los usuarios de mejor esfuerzo pueden no tener una GBR. Los usuarios especiales generalmente disfrutan de una cierta cantidad de prioridad sobre usuarios BE con respecto asignación de recursos por la BS 105. En el ejemplo ilustrado en la Figura 1, del primer a cuarto dispositivos móviles 110~125 representan usuarios especiales.

El algoritmo de planificación implementado por el planificador real 106 puede ser, por ejemplo, cualquier planificador de equidad proporcional (PF) conocido que pueda usar tasas de bits garantizadas (GBR) para hacer decisiones de planificación. Un ejemplo del algoritmo de planificación implementado por el planificador real es el algoritmo de Equidad Proporcional con Tasa Mínima (PFMR) conocido. Por ejemplo, el planificador real 106 puede recibir valores de GBR para cada uno de uno o más usuarios conectados a la BS 105 desde, por ejemplo, una correspondiente interfaz de programación de aplicación (API). De acuerdo con métodos conocidos, el planificador 106 puede ejecutar un algoritmo de planificación de manera continua a través de cada uno de una pluralidad de intervalos y, para cada intervalo, asignar recursos a los usuarios basándose en información que incluye, por ejemplo, una tasa de datos conseguible, una tasa de datos promedio y un valor de GBR de cada usuario.

Como se ha analizado anteriormente, de acuerdo con realizaciones de ejemplo, además del planificador real 106, la BS 105 incluye un planificador virtual 107. El planificador virtual 107 puede determinar valores de GBR adaptativos para su uso por el planificador real 106 al hacer decisiones de asignación de recursos para usuarios conectados a la BS 105. Como se analizará en mayor detalle a continuación, el planificador virtual 107 determina valores de GBR adaptativos ejecutando un algoritmo de ajuste de GBR de acuerdo con realizaciones de ejemplo. El planificador virtual 107 puede ejecutar el algoritmo de ajuste de GBR basándose en información con respecto una red y/o características específicas del usuario.

Vista general del método y aparato para mejorar asignación de recursos para su uso con envío por flujo continuo adaptativo

Con respecto a métodos convencionales para manejar envío por flujo continuo adaptativo en redes de comunicaciones inalámbricas, teniendo cada cliente que adaptar su calidad de vídeo de manera individual, independientemente de otros usuarios de vídeo que comparten los mismos recursos, puede dar como resultado calidad de experiencia no equitativa a través de un conjunto de usuarios que ven vídeo de diferente complejidad a través de dispositivos que experimentan diferentes factores específicos de usuario tal como diferentes tamaños de pantalla, condiciones de radio o localizaciones con relación a la estación base que sirve el vídeo. Empleando un planificador equitativo proporcional que usa valores de GBR pero que no tiene conocimiento de flujos de HAS y trata HAS y otros flujos por igual, como en sistemas convencionales, puede no proporcionar una solución óptima a este problema debido a los factores específicos de usuario analizados anteriormente pueden aún no tenerse en cuenta de una manera adecuada para obtener calidad agregada mejorada u óptima entre múltiples usuarios.

Adicionalmente, los esquemas de asignación de recursos convencionales no tienen en cuenta específicamente que HAS puede experimentar calidad de contenido degradada cuando hay variaciones de cantidad de tasa de datos rápidas o sustanciales introducidas por variaciones de carga en la red o debido a calidad de canal.

En vista de lo anterior, puede ser beneficioso asegurar que haya una asignación equitativa de recursos a través de los diferentes usuarios que dará como resultado maximización de calidad de experiencia agregada a través de los usuarios, mientras que también asegura que se reduce o evitan variaciones de tasa de datos rápidas o sustanciales que puede degradar calidad.

Teniendo en cuenta factores de red como carga de célula fijada (por ejemplo, usuarios competidores) y capacidad; y factores específicos de usuario tales como localización de un usuario (por ejemplo, buena SINR promedio frente a mala); clase de servicio (por ejemplo, especial frente a mejor esfuerzo (BE)); complejidad de vídeo (baja: 'rostro que habla' frente a alta: acción); tamaño de pantalla/ resolución de imagen (por ejemplo, 1024 x 768 iPad frente a 480 x 320 iPhone), los recursos pueden asignarse de una manera que aumenta u optimiza calidad de experiencia agregada entre múltiples usuarios.

Además, pueden asignarse recursos de tal manera que se evita la degradación de calidad resultante de una frecuencia excesiva o magnitud de cambios de tasa de datos. Un método y aparato para mejorar la asignación de recursos para su uso con envío por flujo continuo adaptativo se analizará ahora en mayor detalle a continuación con respecto a las Figuras 1B y 2.

La Figura 1B es un diagrama que ilustra una estructura de ejemplo de un elemento de red 151. De acuerdo con al menos una realización de ejemplo, la BS 105 puede tener la estructura y operación del elemento de red 151 descrito a continuación. Haciendo referencia a la Figura 1B, el elemento de red 151 puede incluir, por ejemplo, un bus de datos 159, una unidad de transmisión 152, una unidad de recepción 154, una unidad de memoria 156, y una unidad de procesamiento 158.

La unidad de transmisión 152, la unidad de recepción 154, la unidad de memoria 156, y la unidad de procesamiento 158 pueden enviar datos a y/o recibir datos entre sí usando el bus de datos 159. La unidad de transmisión 152 es un dispositivo que incluye hardware y cualquier software necesario para transmitir señales inalámbricas que incluyen, por ejemplo, señales de datos, señales de control, e información de intensidad/calidad de señal mediante una o más conexiones inalámbricas a otros elementos de red en la red de comunicaciones 100.

La unidad de recepción 154 es un dispositivo que incluye hardware y cualquier software necesario para recibir señales inalámbricas que incluyen, por ejemplo, señales de datos, señales de control, e información de intensidad/calidad de señal mediante una o más conexiones inalámbricas a otros elementos de red en la red de comunicaciones 100.

La unidad de memoria 156 puede ser cualquier dispositivo que pueda almacenar datos incluyendo almacenamiento magnético, almacenamiento flash, etc.

La unidad de procesamiento 158 puede ser cualquier dispositivo que pueda procesar datos incluyendo, por ejemplo, un microprocesador configurado para llevar a cabo operaciones específicas basándose en datos de entrada, o que pueda ejecutar instrucciones incluidas en código legible por ordenador.

Por ejemplo, la unidad de procesamiento 158 puede implementar las operaciones del planificador real 106. Por ejemplo, la unidad de procesamiento 158 puede realizar cálculos necesarios para ejecutar un algoritmo de planificación de equidad proporcional (PF) que usa valores de GBR para asignar recursos de acuerdo con métodos conocidos.

5 Como otro ejemplo, la unidad de procesamiento 158 puede implementar las operaciones del planificador virtual 107. Por ejemplo, la unidad de procesamiento 158 puede realizar cálculos necesarios para ejecutar el algoritmo de ajuste de GBR que produce valores de GBR adaptativos para su uso por el planificador real 106.

10 Aunque, para el fin de simplicidad, se han descrito anteriormente únicamente la estructura y operación del elemento de red 151 con referencia a una implementación de la BS 105, de acuerdo con al menos una realización de ejemplo, cualquiera o todas las demás BS en la red de comunicaciones 100 pueden tener la misma estructura y operación que el elemento de red 105.

15 El algoritmo de ajuste de tasa de bits garantizada realizado por el planificador virtual 107 de la BS 105 de acuerdo con realizaciones de ejemplo se analizará ahora en mayor detalle a continuación.

Descripción del algoritmo de ajuste de tasa de bits garantizada

20 Supóngase que  $i = 1, 2, \dots, N$  usuarios han sido admitidos para servicio de vídeo especial. El problema a resolverse es determinar tasas promedio  $A_i$  sometidas a recursos disponibles para maximizar un objetivo. Sea  $Q_i(A_i)$  el nivel de calidad conseguido para el flujo  $i$  con la tasa  $A_i$ . Sea  $\Omega_i(A_i)$  que indique la fracción de recurso requerida para conseguir la tasa promedio  $A_i$ . A continuación el problema generado a resolver puede representarse por:

$$\begin{aligned} & \underset{\{A_i\}}{\text{maximizar}} \quad f(Q_1, Q_2, \dots, Q_N) \\ & \text{sometido a} \quad \sum_{i=1}^N \Omega_i(A_i) \leq \Pi(N), \quad A_i^{\max} \geq A_i \geq A_i^{\min} \end{aligned} \tag{1}$$

25 donde  $\pi$  es la cantidad total de recursos disponibles para la clase de usuario especial (la restricción es para evitar el agotamiento de clase de usuario de mejor esfuerzo) y depende del número de usuarios que están admitidos en la clase de usuario especial. Los valores  $A_i^{\min}$  y  $A_i^{\max}$  son tasas promedio mínima y máxima para el usuario  $i$  y estos límites podrían surgir debido a:

- 30 a. límites de tasa nominal en el códec de HAS establecido especificado en el fichero de “manifiesto”; y/o
- b. saturación de calidad.

La saturación de calidad puede hacer referencia a un intervalo de valores de tasa de datos fuera del cual no hay beneficio adicional asociado con el valor de tasa. Por ejemplo, la tasa de datos mínima  $A^{\min}$  puede representar una  
 35 tasa de datos por debajo de la cual un correspondiente nivel de calidad de contenido no es suficientemente elevado para el contenido a experimentarse apropiadamente por un usuario. Por consiguiente, no hay beneficio en proporcionar una tasa de este tipo. Además, la tasa de datos máxima  $A^{\max}$  puede representar una tasa de datos que corresponde a un nivel de calidad máximo del contenido. Por consiguiente, no hay beneficio en proporcionar una tasa de datos por encima de  $A^{\max}$ , puesto que no se experimentará mejora de calidad adicional por el usuario. Por  
 40 consiguiente, el nivel de calidad anteriormente descrito puede modelarse aproximadamente como una función de calidad de ‘línea plana’ fuera del intervalo de las tasas promedio  $[A_i^{\min}, A_i^{\max}]$ . Por ejemplo, puede usarse el siguiente modelo lineal por puntos sencillo para la función de calidad:

$$Q_i(A_i) = \begin{cases} c_i A_i, & A_i^{\min} \leq A_i \leq A_i^{\max} \\ 0, & A_i < A_i^{\min} \\ c_i A_i^{\max}, & A_i \geq A_i^{\max} \end{cases} \tag{2}$$

45 Los parámetros constantes dependientes del usuario ( $c_i, A_i^{\min}, A_i^{\max}$ ) que influyen el mapeo de tasa a calidad dependen de, por ejemplo, complejidad de vídeo de la escena/clip que se está visualizando y para una resolución de imagen original dada, el tamaño de pantalla/resolución en uso. Como un ejemplo, puede suponerse que una escena de acción intensa requiere el doble de cantidad de una tasa de datos nominal que un clip de noticias de variedades de un “rostro que habla” para calidad percibida similar. Siguiendo este ejemplo, un usuario  $i$  que visualiza un clip de noticias y usuario  $j$  que observa acción de deportes,  $A_i^{\max} \approx 2A_j^{\max}$ .

La expresión (1) representa una forma general de la función objetivo usada por el algoritmo de ajuste de GBR de acuerdo con realizaciones de ejemplo. De acuerdo con realizaciones de ejemplo, la expresión (1) puede  
 55 implementarse por cualquiera de un número de funciones específicas. Se analizarán ahora dos ejemplos para la

función objetivo.

En primer lugar, se analizará una versión de la función objetivo para la que un objetivo es aumentar o maximizar la calidad agregada de acuerdo con algunas reglas lógicas que pueden representarse como:

$$f(Q_1, \dots, Q_N) = \sum_{i=1}^N \frac{\bar{R}_i}{\bar{R}_{sector}} Q_i, \quad (3)$$

5 donde  $Q_i = m$  si  $A_i = R_m^{video}$  siendo  $R_m^{video}$  una tasa de orden  $m$  en el fichero de manifiesto asociado con el contenido de HAS,  $\bar{R}_i$  es el promedio de la información de calidad de canal (CQI) recibida del usuario  $i$ , y  $\bar{R}_{sector}$  sector es el promedio de tales informes de CQI a través de todo el sector.

10 En segundo lugar, se analizará una versión de la función objetivo para la que un objetivo es aumentar un grado al que se proporcionan iguales recursos para todos los usuarios  $i$  de acuerdo con algunas reglas lógicas que pueden representarse como:

$$f(Q_1, \dots, Q_N) = \sum_{i=1}^N \log(Q_i) \quad (4)$$

15 Haciendo referencia a la versión de la función objetivo representada por la expresión (4), dada la función de tasa a calidad lineal por puntos analizada anteriormente con referencia a la expresión (2) analizada anteriormente, el proceso de resolver la función objetivo puede expresarse como, por ejemplo:

$$\begin{aligned} & \underset{\{A_i\}}{\text{maximizar}} \sum_{i=1}^N \log(A_i) \\ & \text{sometido a } \sum_{i=1}^N \Omega_i(A_i) \leq \Pi(N), A_i^{\max} \geq A_i \geq A_i^{\min} \end{aligned} \quad (5)$$

20 Las optimizaciones anteriores pueden resolverse iterativamente como se describe en la sección de realizaciones específicas.

25 De acuerdo con realizaciones de ejemplo, el valor óptimo  $A_i$  para el usuario  $i$  obtenido de la forma anteriormente descrita con referencia a la expresión (5) puede usarse para establecer la GBR usada con respecto al usuario  $i$  por el planificador real 106. Por ejemplo,  $GBR_i = A_i^*$  sometido a  $GBR_i \geq GBR_i^{base}$ , donde  $GBR_i^{base}$  es el valor de GBR de base negociado para el usuario o portadora y obtenido desde, por ejemplo, la API. La GBR de base puede obtenerse por la BS 105 usando métodos conocidos. La BS 105 puede obtener la GBR de base asociada con un usuario o portadora particular  $i$  basándose en un mensaje de señalización recibido en la BS 105 que incluye un identificador de clase (QCI) de calidad de servicio (QoS) u otro campo de mensaje de señalización que referencie el usuario o portadora  $i$ .

30 Los tamaños de paso o recursos incrementales (en enfoques de planificación virtuales descritos a continuación) deberían ser suficientemente pequeños que la respuesta de GBR adaptativa es suficientemente lenta para filtrar entradas con picos (por ejemplo, flujo o flujos competidores, especial o BE, encendiendo y apagando rápidamente) y lo suficientemente rápido para adaptar a variaciones a más largo plazo. Aún habrá una ventana de variaciones de entrada que podrían provocar la respuesta de GBR adaptativa para oscilar significativamente suficiente para afectar de manera adversa la QoE. Por lo tanto, de acuerdo con al menos algunas realizaciones de ejemplo, para proporcionar variaciones reducidas en la calidad ante los cambios de carga en la red 100, puede aplicarse una tasa de bits máxima (MBR). Pero establecer  $MBR = GBR$  puede ser demasiado restrictivo. Como alternativa, puede tomarse un enfoque más relajado estableciendo la MBR de manera que  $MBR_i \geq GBR_i$  asegurando  $MBR_i \leq MBR_i^{base}$ , donde  $MBR_i^{base}$  puede obtenerse, por ejemplo, a partir de la API de AE. De acuerdo con realizaciones de ejemplo,  $MBR_i$  puede ajustarse basándose en una puntuación de calidad derivada del mapeo de las variaciones de tasa observadas de un usuario especial particular a una puntuación de opinión media (MOS) calculada de la fórmula. Puede ser deseable implementar la MBR (de una manera específica de aplicación de vídeo de HAS especial) controlando el flujo de paquetes localmente (ya que la MBR es adaptativa) en el planificador. Por ejemplo, la MBR puede establecerse a un valor posible más alto inicialmente y adaptado dependiendo del nivel de variaciones de tasa de descarga observado.

50 Debería observarse que si una aplicación específica una  $GBR_i^{base}$  (indicado por  $GBR_i^{base}$ ) y MBR (indicado por  $MBR_i^{base}$ ) entonces esto deberá tenerse en cuenta asegurando que

$$A_i^{min} \geq GBR_i^{base}, A_i^{max} \leq MBR_i^{base} \quad (6)$$

5 El algoritmo anterior necesita tener en cuenta cualesquiera capas impuestas por el planificador que evita conseguir el valor de GBR establecido. Una indicación tal como la que puede tenerse en cuenta no aumentando más la GBR de tales usuarios.

10 De acuerdo con al menos una realización de ejemplo del esquema de enfoque general anterior, supondremos que  $\Omega_i(A) = \omega_i A$  para toda  $i$ . En otras palabras, la cantidad de recursos que serán necesarios para conseguir una tasa promedio sea lineal en la tasa, con el factor de proporcionalidad proporcionado por la geometría del usuario. En particular, invocaremos la capacidad de Shannon ideal para el canal de ruido gaussiano blanco adaptativo (AWGN),  $\omega_i = [\log_2(1 + SINR)]^{-1}$  El problema de optimización general puede resolverse a continuación usando uno de los dos enfoques de optimización en línea analizados a continuación.

### 15 Enfoque de planificación virtual I

En este enfoque, el planificador virtual 107 actualiza las tasas  $A_i$  en cada paso aunque se esté realizando una planificación real similar a un planificador equitativo proporcional que se implemente por el planificador real 106. Basándose en los valores  $A_i$  generados por el planificador virtual 107, los valores de GBR para el planificador real 106 se actualizan periódicamente basándose en cómo las tasas  $A_i$  evolucionan en el planificador virtual. De acuerdo con al menos una realización de ejemplo, una modificación al algoritmo de planificación virtual usado por el planificador virtual 107 con relación al usado por un planificador convencional es que el planificador virtual 107 tiene en cuenta la restricción sobre los recursos. Las restricciones sobre los recursos pueden tenerse en cuenta por, por ejemplo, en cada intervalo que asigna recursos  $a$ , y por lo tanto actualizando el valor  $A_i$  de, el usuario  $I$  con el valor positivo más grande:

$$\max_i \frac{\partial f}{\partial A_i} - R \omega_i \quad (7)$$

donde  $R$  se actualiza de acuerdo con

$$R \leftarrow R + \sum_{i=1}^N \Omega(A_i) - \Pi(N) \quad (8)$$

35 El término  $R$  es el término adicional con relación a la planificación convencional que, de acuerdo con al menos una realización de ejemplo, puede usarse para aplicar un tope acumulativo en los recursos. Los valores de tasa  $A_{min}$  y  $A_{max}$  pueden aplicarse de acuerdo con el algoritmo de planificación convencional.

Los nuevos valores de GBR pueden establecerse de acuerdo con cómo los valores  $A_i$  cambian en cada periodo.

40 Aunque el enfoque de planificación virtual I se ha analizado anteriormente como usando un término  $R$  para ayudar a aplicar un tope acumulativo en los recursos, de acuerdo con al menos una realización de ejemplo, el término  $R$  y la actualización mostrada anteriormente en la expresión (8) puede no ser necesario si el tope requerido en los recursos no es acumulativo sino intervalo a intervalo. Obsérvese que la actualización representada por la expresión (8) anteriormente puede usarse de modo que la restricción de recursos total se aplica de promedio y no de manera instantánea. En canales estáticos (de un conjunto de usuarios dado), tal flexibilidad de imponer un tope acumulativo puede no generar ganancias. En casos donde los usuarios llegan y marchan y/o las SNR varían lentamente en el tiempo debido a la movilidad de usuario, el enfoque de tope acumulativo puede dar como resultado un conjunto diferente de GBR adaptativas.

50 El enfoque de planificación virtual I se explicará ahora en mayor detalle con referencia a un ejemplo en el que la función objetivo anteriormente explicada con referencia a las expresiones (4) y (5) se aplica a la expresión (7). Además, para el fin de simplicidad, el ejemplo analizado a continuación se analizará con referencia al caso donde no se usa el término adicional  $R$ , analizado anteriormente con referencia a la expresión (8).

55 Sea el conjunto de todos los usuarios de vídeo especiales (GBR adaptativa) en el índice de intervalo  $n$   $A(n)$  de tamaño  $N(n)$ . Considérese una unidad atómica de recurso: un intervalo de tiempo virtual a asignarse se modela como una gota de fluido cuyo volumen total está restringido. La GBR adaptativa  $A_i(n)$  puede calcularse basándose en la condición de canal  $\omega^{-1}(n)$ , los límites de tasa basados en calidad ( $A_i^{min}$ ,  $A_i^{max}$ ) y la restricción de recursos  $\Pi(N(n))$  de acuerdo con el siguiente algoritmo parcial:

```

Begin:
Inicializar  $A_i(0)=0$ ;  $X_i(0)= Y_i(0) =0 \forall i$ ;
For  $n = \{1 \text{ a Siempre}\}$  do:
Planificar de manera virtual


$$i^* = \arg \max_{i \in A(n)} \left( W_i(n) \frac{\omega_i^{-1}(n)}{\left( \frac{A_i(n)}{A_i^{min}} \right)^\alpha} \right), \quad (9)$$


```

donde el valor  $\alpha$  representa un criterio de equidad. Cuando el criterio  $\alpha = 1$ , la ecuación en algoritmo parcial (9) representa la aplicación del caso especial de la función de utilidad logarítmica anteriormente mencionada con referencia a las expresiones (4) y (5) a la expresión (7). Un segundo algoritmo de planificador virtual “más rápido” adaptado a este caso especial se analizará en mayor detalle a continuación con referencia a los algoritmos parciales (14) y (15).

Los pesos se proporcionan por, por ejemplo:

$$W_i(n) = \min(Y_i(n), \max(X_i(n), 1, 0))$$

$$X_i(n) = \exp\left(\gamma \max(n_{max}, (n - n_i^{start})) \frac{A_i^{min} - A_i(n)}{A_i^{min}}\right); Y_i(n) = \exp\left(\gamma \max(n_{max}, (n - n_i^{start})) \frac{A_i^{max} - A_i(n)}{A_i^{max}}\right), \quad (10)$$

donde  $n_i^{start}$  es el índice de intervalo de tiempo cuando se inició la sesión del usuario  $i$  y  $n_{max}$  es una constante grande adecuada que impone un límite máximo en los pesos. Un valor de ejemplo para  $n_{max}$  es 100. El valor  $\gamma$  representa el factor de escala o factor de tiempo que puede ajustarse para ampliar o disminuir la tasa en la que  $A_i$  cambia. Por ejemplo, si  $n_{max} = 100$ , un valor deseable para  $\gamma$  sería 0,1. En valores más grandes generales para  $\gamma$  corresponden a cambios más rápidos en  $A_i$ , mientras que valores más pequeños de  $\gamma$  corresponden a cambios más lentos en  $A_i$ .

Usando el algoritmo parcial (9) analizado anteriormente, pueden actualizarse GBR adaptativas para cada intervalo de tiempo  $n$  como sigue:

$$A_i(n + 1) = \eta A_i(n) + (1 - \eta) \omega_i^{-1} \Pi(N(n))$$

$$A_i(n + 1) = \eta A_i(n) \forall i \neq i^* \quad (11)$$

donde  $i^*$  representa el usuario o portadora que consigue el valor máximo con respecto a la expresión analizada anteriormente con referencia al algoritmo parcial (9). Durante un intervalo de tiempo particular  $n$ ,  $i$  representa usuarios no elegidos durante el intervalo de tiempo  $n$ . Además, el valor  $\eta$  representa un factor de olvido apropiado ( $0 < \eta < 1$ ), como se usa en el filtro de IIR de Planificador de PF 1xEVDO conocido, que representa esencialmente un intervalo de promedio a través de un periodo precedente donde la SNR promediada de desvanecimiento rápido del usuario es esencialmente constante, por ejemplo, 1 o 2 segundos. Un valor típico para  $\eta$  puede ser, por ejemplo, 0,999 que representa del orden de a 1000 intervalos cada uno de duración de 1 ms como el tiempo promedio.

El procedimiento de actualización de GBR adaptativa anteriormente descrito con referencia a la expresión (11) implica un factor que asegura que un único intervalo/bloque de recursos representa un máximo de  $\Pi(N(n))$  símbolos disponibles, es decir, la restricción de recursos se trata como una restricción de ancho de banda pico en cada instante de planificación.

Con respecto a proporcionar los valores de GBR adaptativos  $A_i$  al planificador real 106 para su uso en recursos de asignación, para evitar cambios excesivamente frecuentes en los valores de GBR usados por el planificador real 106, las GBR adaptativas  $A_i$  pueden proporcionarse desde el planificador virtual 107 al planificador real 106 de una manera escalonada. Por ejemplo, pueden proporcionarse valores de GBR adaptativos  $A_i$  al planificador real 106 de acuerdo con las etapas restantes del algoritmo parcial (9) que puede representarse como sigue:

```

For  $i = \{1 \text{ to } N\}$  do
If  $n \bmod \text{NumVirtualSlotsBlocks} = \text{stagger}$ 
Return( $A_i(n)$ ); // Devolver GBR adaptativa para usuario  $i$  a planificador real
Endif

```

```
Endfor // bucle sobre índice de usuario i
Endfor // bucle sobre índice de tiempo virtual n
End // planificador virtual 1. (12)
```

El valor,  $stagger_i$  puede representar un desplazamiento de índice de tiempo específico de usuario elegido en el intervalo  $[0, NumVirtualSlotsBlocks-1]$ . El valor  $NumVirtualSlotsBlocks$  puede representar el número de elementos de recursos secuencialmente disponibles para planificador virtual para calcular GBR adaptativas "convergentes". Por ejemplo,  $NumVirtualSlotsBlocks$  puede representar el número de iteraciones de planificador virtual por actualización de GBR en el planificador real. El valor típico para  $NumVirtualSlotsBlocks$  podría ser 2000 intervalos. Por lo tanto, de acuerdo con el algoritmo anteriormente explicado con referencia a los algoritmos parciales (9) y (12), los valores de GBR adaptativos  $A_i$  pueden proporcionarse únicamente por el planificador virtual 107 al planificador real 106 cada 2000 intervalos.

10 Enfoque de planificación virtual II:

Ahora se analizará un enfoque de planificador virtual más sencillo alternativo que aprovecha la "estructura" específica a la función de utilidad logarítmica - prefiriendo la asignación de equidad no restringida la actualmente menos asignada o, sino, asignación no restringida mínimamente no equitativa. Este enfoque se asemeja al enfoque de planificación virtual I anteriormente analizado en el sentido de que la asignación de recursos es incremental, pero también aprovecha el hecho de que la asignación igual (sometida a las condiciones de límite de GBR y MBR) es óptima. El enfoque de planificación virtual I no tiene en cuenta esta propiedad especial cuando asigna de manera incremental recursos, pero deja que el objetivo lo conduzca, y por lo tanto se espera que implique más cálculo y tiempo para converger.

En el primer planificador de PF virtual ( $\alpha = 1$ ) sobre canales de AWGN,  $max_i \left( W_i(n) \frac{\omega_i^{-1}(n)}{A_i(n)} \right)$ ; la eficacia espectral de canal (SE),  $\omega_i^{-1}(n) = \log_2(1 + SINR_i(n))$ , a través de toda  $A_i(n) = f_i(n) \log_2(1 + SINR_i(n))$  donde  $f_i(n)$  es el número promedio de símbolos asignados hasta ahora a  $i$ ; el término SE en el numerador y denominador se cancela y allí también la operación de módulo del peso  $W_i(n)$ , estamos asignando ese recurso incremental al usuario con la asignación más baja. Sin embargo, el proceso de hallar  $W_i(n)$  (controlado por errores a tasas  $A_i^{min}$  y  $A_i^{max}$ ) es un bit menos dirigido y será más lento para converger a diferencia del siguiente nuevo esquema que conoce qué usuarios o portadoras  $i$  no sobre-asignar o infra-asignar (basándose en los estados  $A_i^{min}$  y  $A_i^{max}$ ) en cada etapa.

En enfoque de planificación virtual II, la GBR adaptativa  $A_i(n)$  se calcula de manera alternativa basándose en la condición de canal  $\omega_i^{-1}(n)$ , los límites de tasa basados en calidad ( $A_i^{min}$ ,  $A_i^{max}$ ) y restricción de recursos  $\Pi(N(n))$  como sigue:

```
Begin:
Inicializar  $A_i(n) = 0 \forall i$ 
For  $n = \{1 \text{ a Siempre}\}$  do: // bucle de tiempo virtual Construir conjunto  $U = \{i : A_i(n) < A_i^{min}\}$  // el conjunto no
satisfecho
If  $U \neq \emptyset$ , asignar intervalo (o bloque) a  $i^* = arg \max_U \left( \frac{(A_i^{min} - A_i(n))}{A_i^{min}} \right)$ ;
/* asignar de manera incremental al usuario en conjunto insatisfecho con el error GBR de porcentaje mínimo;
como alternativa podríamos haber asignado recientemente al usuario en  $U$  con  $A_i(n)$ , más baja es decir,  $i^* =
arg \min_U A_i(n)$ ; la primera alternativa estará más equilibrada especialmente cuando no hay solución al problema,
es decir,  $U$  está no vacía de manera perenne) */
Else // (exceso de asignación de recursos):
Construir conjunto  $O = \{i : A_i(n) > A_i^{max}\}$  // el conjunto sobre-satisfecho
If  $(A(n) - O) \neq \emptyset$ , asignar intervalo (o bloque) a  $i^* = arg \min_{A(n) - O} A_i(n)$ ;
/* excluir los usuarios sobre-satisfechos y no satisfechos y de entre aquellos restantes,
asignar al usuario con la mínima fracción de asignación hasta ahora. *(13)
```

Usando el algoritmo parcial (13) analizado anteriormente, pueden actualizarse GBR adaptativas para cada intervalo de tiempo  $n$  como sigue:

$$A_i(n + 1) = \eta A_i(n) + (1 - \eta) \omega_i^{-1} \Pi(N(n))$$

$$A_i(n + 1) = \eta A_i(n) \forall i \neq i^* \quad , \quad (14)$$

donde  $i^*$  representa el usuario o portadora elegidos para asignación de recursos durante un intervalo de tiempo particular  $n$ , e  $i$  representa usuarios no elegidos durante el intervalo de tiempo  $n$ . Además, el valor  $\eta$  representa un factor de olvido apropiado ( $0 < \eta < 1$ ), como se usa en el filtro de IRR de Planificador PF 1xEVDO conocido, que

representa esencialmente un intervalo de promedio a través de un periodo precedente donde la SNR promediada de desvanecimiento rápido del usuario es esencialmente constante, por ejemplo, 1 o 2 segundos. La elección  $\eta = (1 - 1/n)$  es aplicable únicamente en el caso estrictamente estático.

5 Con respecto a proporcionar los valores de GBR adaptativos  $A_i$  al planificador real 106 para su uso en recursos de asignación, para evitar cambios excesivamente frecuentes en los valores de GBR usados por el planificador real 106, las GBR adaptativas  $A_i$  pueden proporcionarse desde el planificador virtual 107 al planificador real 106 de una manera escalonada. Por ejemplo, los valores de GBR adaptativos  $A_i$  pueden proporcionarse al planificador real 106 de acuerdo con las etapas restantes del algoritmo parcial (13) que puede representarse como sigue:

10 Como se ha analizado anteriormente con referencia al algoritmo representado por los algoritmos parciales (9) y (12), el valor,  $stagger_i$  puede

```

For  $i = \{1 \text{ a } N\}$  do
If  $n \bmod NumVirtualSlotsBlocks = stagger_i$ 
Return( $A_i(n)$ ); // Devolver GBR adaptativa para el usuario  $i$  al
planificador
Endif
Endfor // bucle sobre índice de usuario  $i$ 
Endfor // bucle sobre índice de tiempo virtual  $n$ 
End // planificador virtual II. (15)
```

15 representa un desplazamiento de índice de tiempo específico del usuario elegido en el intervalo  $[0, NumVirtualSlotsBlocks-1]$ . El valor  $NumVirtualSlotsBlocks$  puede representar el número de elementos de recursos secuencialmente disponibles para planificador virtual para calcular GBR adaptativas "convergentes". Por ejemplo,  $NumVirtualSlotsBlocks$  puede representar el número de iteraciones de planificador virtual por actualización de GBR en el planificador real 106. El valor típico para  $NumVirtualSlotsBlocks$  podría ser 2000 intervalos. Por lo tanto, de acuerdo con el algoritmo anteriormente explicado con referencia a los algoritmos parciales (13) y (15), los valores de GBR adaptativos  $A_i$  pueden proporcionarse únicamente por el planificador virtual 107 al planificador real 106 cada 2000 intervalos.

25 Quantificar las salidas del planificador virtual

Para evitar cambios abruptos a tasas de usuario (y calidades experimentadas por usuarios), de acuerdo con realizaciones de ejemplo, los efectos de variaciones de carga pueden amortiguarse a medida que los usuarios llegan y salen. Por ejemplo, una salida del planificador virtual 107 puede cuantificarse de manera que los cambios en una GBR actualmente usada por el planificador real 106 tienen lugar únicamente moviendo arriba o abajo en un tamaño de paso, o no cambiando en absoluto, para cada usuario que dependa de la GBR adaptativa  $A_i$  generada por el planificador virtual 107 para cada usuario o portadora  $i$ .

Dado  $A_i(k)$ , la GBR adaptativa generada por el planificador virtual 107 en algún índice de tiempo apropiado  $k$  de actualización de la GBR del usuario  $i$ , sea  $A_i^{actual}(k-1)$  la correspondiente GBR usada por el planificador real 106 para el usuario  $i$  justo antes de la actualización. A continuación la actualización por componentes de la GBR puede proporcionarse por:

$$A_i^{real}(k) = A_i^{real}(k-1) \times \delta \tag{16}$$

donde

$$\delta = \begin{cases} 1, & \text{si } 0,5 \leq \frac{A_i(k)}{A_i^{real}(k-1)} \leq 1,5 \\ 1,5, & \frac{A_i(k)}{A_i^{real}(k-1)} > 1,5 \\ 0,5, & \frac{A_i(k)}{A_i^{real}(k-1)} < 0,5 \end{cases} \tag{17}$$

Además, para el caso donde  $\delta = 1$  la GBR usada por el planificador real 106 puede definirse adicionalmente como sigue:

$$\text{Si } A_i = A_{\min}, \text{ entonces } A_i^{\text{real}} = A_{\min} \quad (18)$$

$$\text{Si } A_i = A_{\max}, \text{ entonces } A_i^{\text{real}} = A_{\max} \quad (19)$$

El tamaño de paso es una función con tres valores cuyo valor se determina basándose en el valor actual de la GBR real y si cae cerca/supera/permanece dentro del mismo intervalo de  $A_i(k)$ . Por lo tanto, como se ha descrito anteriormente con referencia a las expresiones (16) -(19), de acuerdo con al menos una realización de ejemplo, un valor de GBR adaptativa actual proporcionada por el planificador virtual 107 para su uso por el planificador real 106 se cuantificará como uno de una reducción del 50 %, un aumento del 50 % o 0 cambio con respecto a un valor de GBR real anterior usado por el planificador real 106. Por consiguiente, pueden evitarse cambios abruptos a tasas de usuario y/o calidades experimentadas por usuarios.

10 Método de ejemplo para mejorar la asignación de recursos para su uso con envío por flujo continuo adaptativo

La Figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra un método para mejorar asignación de recursos para su uso con envío por flujo adaptativo.

15 El método ilustrado en la Figura 2 se analizará a continuación con referencia a un ejemplo donde del primer a cuarto dispositivos móviles 110~125 están usando actualmente HAS para enviar por flujo continuo contenido de vídeo de tasa variable a través de una pluralidad de portadoras (portadoras 1-4) conectadas entre cada uno del primer a cuarto dispositivos móviles 110~125 y la BS 105, respectivamente. Además, en el ejemplo a continuación, el planificador virtual 107 está implementando el algoritmo de ajuste de GBR de acuerdo con el enfoque de planificación virtual I analizado anteriormente con referencia a las expresiones (7)-(12). Aunque, el enfoque de planificación virtual I se usa como un ejemplo, de acuerdo con realizaciones de ejemplo, el planificador virtual 107 puede implementar el algoritmo de ajuste de GBR basándose en cualquier algoritmo que pueda proporcionar las tasas  $A_i$  de manera que un valor de calidad  $Q_i$  agregado para una pluralidad de usuarios de GBR  $i$  se aumenta u optimiza, por ejemplo, de la manera anteriormente analizada con respecto a la expresión (1). Por ejemplo, el planificador virtual 107 puede implementar el algoritmo de ajuste de GBR basándose en enfoque de planificación virtual II analizado anteriormente con referencia a las expresiones (13)-(15).

Además, de acuerdo con al menos una realización de ejemplo, cada una de las operaciones ilustradas en, o descritas con respecto a, la Figura 2 como que se realiza por una BS puede realizarse por, por ejemplo, una o más BS que tienen la estructura del elemento de red 151 como se ilustra en la Figura 1B. Por ejemplo, la unidad de memoria 156 puede almacenar instrucciones ejecutables que corresponden a cada una de las operaciones descritas a continuación con referencia a la Figura 2. Además, la unidad de procesador 158 puede estar configurada para realizar cada una de las operaciones descritas a continuación con respecto a la Figura 2. Además, de acuerdo con al menos una realización de ejemplo, datos transmitidos y/o señales de control pueden transmitirse a través de la unidad de transmisión 152, y datos recibidos y/o señales de control pueden recibirse a través de la unidad de recepción 154.

Haciendo referencia a la Figura 2, en la etapa S210, la BS 105 recibe información característica que corresponde a cada uno del primer a cuarto dispositivos móviles 110~125. La información característica puede incluir, por ejemplo, información de QCI para cada portadora correspondiente del primer a cuarto dispositivos móviles 110~125. La información de QCI puede entregarse a la BS 105 por métodos conocidos. Además, la información característica para cada uno del primer a cuarto dispositivos móviles 110~125 puede incluir información con respecto a localización/calidad de señal del dispositivo móvil (por ejemplo, buena SINR promedio frente a mala); una clase de servicio del dispositivo móvil (por ejemplo, especial frente a mejor esfuerzo (BE)); una complejidad de contenido asociado con el dispositivo móvil (por ejemplo, para contenido de video, bajo: vídeo de rostro que habla frente a alto: vídeo de acción); y tamaño de pantalla/ resolución de imagen del dispositivo móvil (por ejemplo, 1024 x 768 teléfono inteligente frente a 480 x 320 dispositivo de tableta). La información característica puede proporcionarse a la BS 105, por ejemplo, por medio de la SGW 101.

50 Por ejemplo, la información característica puede proporcionarse a la BS 105 de acuerdo con un ejemplo sistema y método descritos en A METHOD AND SYSTEM FOR RATE ADAPTIVE ALLOCATION OF RESOURCES, por C. Kahn, H. Viswanathan, M. Clougherty, y Andre Beck, n.º de serie 13/253.393, presentada el 5 de octubre de 2011, en la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos (USPTO).

55 La información característica puede usarse por la BS 105 para generar información de mapeo de calidad para cada correspondiente portadora del primer a cuarto dispositivos móviles 110-125. La información de mapeo de calidad puede ser del mismo tipo anteriormente descrito con referencia a la expresión (2). La información de mapeo de calidad puede definir relaciones de calidad a tasa y valores constantes para cada una de las portadoras 1-4. Usando la portadora 1 entre el primer dispositivo móvil 110 y la BS 105 como un ejemplo, la información de mapeo de calidad puede definir una relación de calidad a tasa entre un valor de calidad  $Q_1$  y una tasa  $A_1$  para la portadora 1; la información de mapeo de calidad puede definir valores constantes que incluyen  $c_1$ , y valores de tasa máxima y

mínima  $A_1^{\max}$  y  $A_1^{\min}$  para la portadora 1.

5 En la etapa S220, la BS 105 genera valores de GBR adaptativos ejecutando un algoritmo de ajuste de GBR en el planificador virtual 107. Por ejemplo, el planificador virtual 107 puede implementar el algoritmo anteriormente descrito con referencia a algoritmos parciales (9) y (12) actualizando, de acuerdo con la expresión (11), las GBR adaptativas  $A_i$  (donde  $i=1, 2,3,4$ ) en cada intervalo de tiempo  $n$ .

10 En la etapa S230, se proporcionan los valores de GBR adaptativos desde el planificador virtual 107 al planificador real 106. Por ejemplo, como se ha descrito anteriormente con referencia al algoritmo parcial (12), después de cada conjunto de intervalos igual al valor *NumVirtualSlotsBlocks*, que puede ser, por ejemplo, 2000 intervalos, las GBR adaptativas  $A_1, A_2, A_3$  y  $A_4$  (que corresponden a las portadoras 1, 2, 3 y 4 de la primera a cuarta unidades móviles 110- 125) generadas por el planificador virtual 107 pueden proporcionarse al planificador real 106. Además, de acuerdo con al menos una realización de ejemplo, antes de que las GBR adaptativas  $A_1, A_2, A_3$  y  $A_4$  se proporcionen al planificador real 106, el planificador virtual 107 puede cuantificar las GBR adaptativas  $A_1, A_2, A_3$  y  $A_4$  de la manera anteriormente analizada con referencia a las expresiones (16) y (17).

20 En la etapa S240, la BS 105 puede asignar recursos a la pluralidad de portadoras 1-4 ejecutando un algoritmo de planificación de PF en el planificador real 106 donde el algoritmo PF usa, como valores de GBR para las portadoras 1-4, los valores de GBR adaptativos proporcionados por el planificador virtual 107 en la etapa S230.

Una vez que se han asignado los recursos a la pluralidad de portadoras 1-4, los datos pueden transmitirse al primer a cuarto dispositivos móviles 110- 125, mediante las portadoras 1- 4, de acuerdo con la asignación de recursos.

25 De acuerdo con realizaciones de ejemplo, pueden asignarse recursos a una pluralidad de usuarios que incluyen usuarios que ejecutan la aplicación que usa flujos de HAS. Pueden garantizarse tasas de bits ante el contenido para recursos de otros usuarios para mantener la calidad de vídeo estable. Además, las variaciones en calidad debido a cambios de carga en la red provocados por eventos tales como usuarios que entran o dejan el sistema puede reducirse por adaptación lenta de la tasa de bits entregada. Además, si están disponibles indicadores de calidad, entonces puede optimizarse la calidad agregada a través de los diferentes usuarios. Adicionalmente, de acuerdo con al menos una realización de ejemplo, puede conseguirse igual asignación de recursos.

## REIVINDICACIONES

1. Un método de asignación de recursos para transmitir contenido de un elemento de red (105) en una red de comunicaciones (100) a uno o más dispositivos móviles (110~125) cada uno en comunicación con el elemento de red (105), comprendiendo el método:
- 5 recibir, en el elemento de red (105), información característica que corresponde a cada uno del uno o más dispositivos móviles (110~125);  
 10 generar uno o más valores de tasa de bits garantizada adaptativa (AGBR) en el elemento de red (105) que corresponde a cada uno del uno o más dispositivos móviles (110~125), respectivamente, siendo los valores de AGBR valores de GBR generados por cada uno del uno o más dispositivos móviles (110~125) basándose en la correspondiente información característica;  
 15 ejecutar en el elemento de red (105) un primer algoritmo de planificación basándose en el uno o más valores de AGBR; y  
 asignar recursos en el elemento de red (105) a cada uno del uno o más dispositivos móviles (110~125) basándose en una salida del algoritmo de planificación.
2. El método de la reivindicación 1, en el que el primer algoritmo de planificación es un algoritmo de planificación de equidad proporcional (PF).
- 20 3. El método de la reivindicación 1, en el que, para cada uno del uno o más dispositivos móviles (110~125), la correspondiente información característica incluye información que indica al menos una de una calidad de señal de enlace descendente del dispositivo móvil, un tamaño de pantalla asociado al dispositivo móvil, una resolución de pantalla del dispositivo móvil, una clase de abonado asociada al dispositivo móvil y una complejidad del contenido que se está transmitiendo desde el elemento de red (105) al dispositivo móvil.
- 25 4. El método de la reivindicación 1, en el que generar el uno o más valores de AGBR incluye ejecutar un algoritmo de planificación virtual en el elemento de red (105),  
 30 determinando, para cada uno del uno o más dispositivos móviles (110~125), un mapa de calidad que mapea una relación entre una tasa a la que se transmite el contenido al dispositivo móvil y una calidad resultante del contenido transmitido al dispositivo móvil, determinándose el mapa de calidad basándose en la información característica que corresponde al dispositivo móvil,  
 35 generar el uno o más valores de AGBR basándose en el uno o más mapas de calidad, y  
 emitir el uno o más valores de AGBR generados para su uso por el primer algoritmo de planificación.
5. El método de la reivindicación 4, en el que ejecutar el algoritmo de planificación virtual incluye adicionalmente generar los valores de AGBR para cada uno del uno o más dispositivos móviles (110~125) de manera que se optimiza una salida de una función objetivo, siendo la función objetivo una representación de una calidad agregada del contenido respectivamente transmitido a cada uno del uno o más dispositivos móviles (110~125).
- 40 6. Un aparato de red (105) configurado para asignar recursos para transmitir contenido del aparato de red (105) a uno o más dispositivos móviles (110~125) cada uno en comunicación con el aparato de red (105), comprendiendo el aparato:
- 45 una unidad de recepción (154) configurada para recibir datos;  
 una unidad de transmisión (152) configurada para transmitir datos;  
 una unidad de memoria (156) configurada para almacenar parámetros que corresponden a características del uno o más dispositivos móviles; y  
 50 una unidad de procesamiento (158) acoplada a la unidad de transmisión, la unidad de recepción y la unidad de memoria y configurada para controlar operaciones asociadas a la asignación de recursos al uno o más dispositivos móviles, incluyendo las operaciones,  
 55 recibir, en el aparato de red (105), información característica que corresponde a cada uno del uno o más dispositivos móviles (110~125),  
 generar uno o más valores de tasa de bits garantizada adaptativa (AGBR) en el aparato de red (105) que corresponde a cada uno del uno o más dispositivos móviles (110~125), respectivamente, siendo los valores de AGBR valores de GBR generados por cada uno del uno o más dispositivos móviles (110~125) basándose en la correspondiente información característica,  
 60 ejecutar en el aparato de red (105) un primer algoritmo de planificación basándose en el uno o más valores de AGBR, y  
 asignar recursos en el aparato de red (105) a cada uno del uno o más dispositivos móviles (110~125) basándose en una salida del algoritmo de planificación.
- 65 7. El aparato de red (105) de la reivindicación 6, en el que el primer algoritmo de planificación es un algoritmo de planificación de equidad proporcional (PF).

- 5 8. El aparato de red (105) de la reivindicación 6, en el que, para cada uno del uno o más dispositivos móviles (110~125), la correspondiente información característica incluye información que indica al menos uno de una calidad de señal de enlace descendente del dispositivo móvil, un tamaño de pantalla asociado al dispositivo móvil, una resolución de pantalla del dispositivo móvil, una clase de abonado asociada al dispositivo móvil y una complejidad del contenido que se está transmitiendo desde el aparato de red (105) al dispositivo móvil.
- 10 9. El aparato de red de la reivindicación 6, en el que la unidad de procesamiento (158) está configurada de manera que generar el uno o más valores de AGBR incluye ejecutar un algoritmo de planificación virtual en el aparato de red (105)
- 15 determinando, para cada uno del uno o más dispositivos móviles (110~125), un mapa de calidad que mapea una relación entre una tasa a la que se transmite el contenido al dispositivo móvil y una calidad resultante del contenido transmitido al dispositivo móvil, determinándose el mapa de calidad basándose en la información característica que corresponde al dispositivo móvil,
- 20 generar el uno o más valores de AGBR basándose en el uno o más mapas de calidad, y emitir el uno o más valores de AGBR generados para su uso por el primer algoritmo de planificación.
10. El aparato de red de la reivindicación 9, en el que la unidad de procesamiento (158) está configurada de manera que ejecutar el algoritmo de planificación virtual incluye adicionalmente generar los valores de AGBR para cada uno del uno o más dispositivos móviles (110~125) de manera que se optimiza una salida de una función objetivo, siendo la función objetivo una representación de una calidad agregada del contenido respectivamente transmitido a cada uno del uno o más dispositivos móviles (110~125).

FIG. 1A

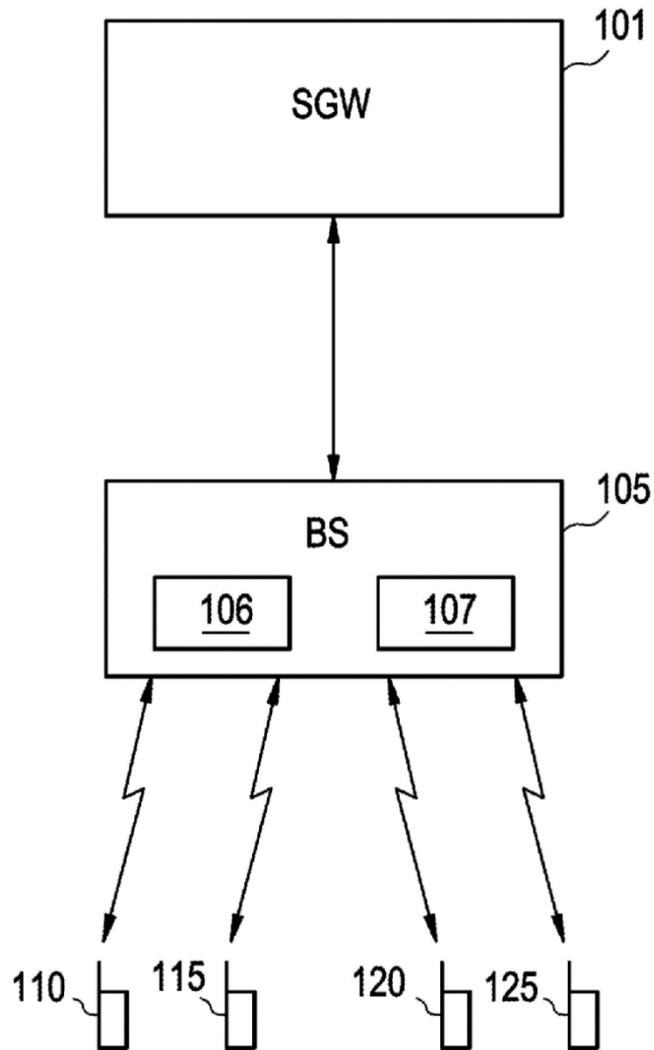


FIG. 1B

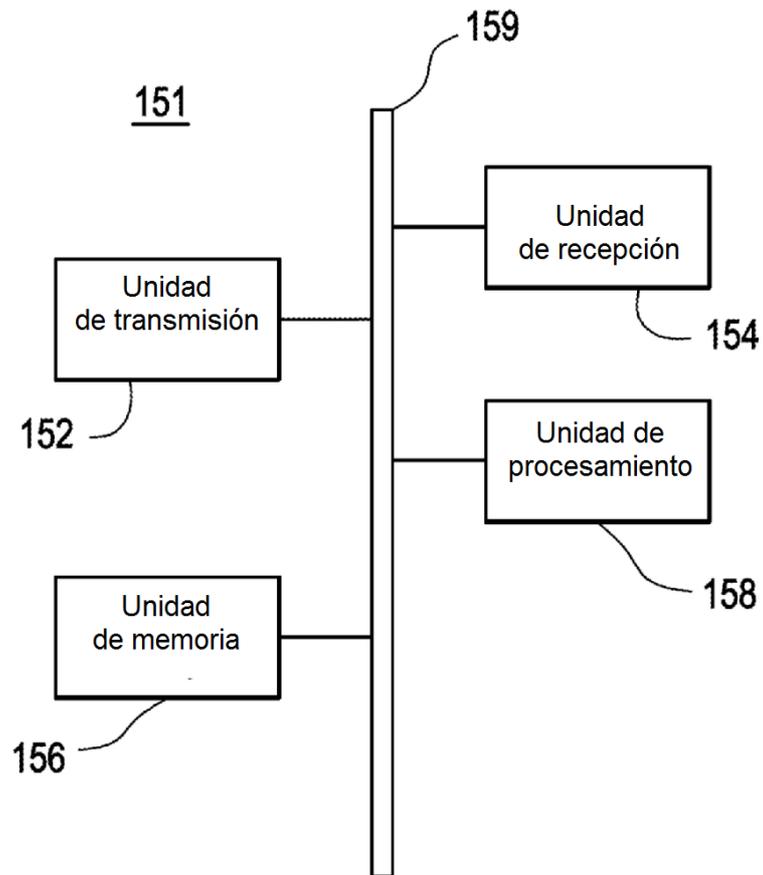


FIG. 2

