

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 701 858**

51 Int. Cl.:

**H04L 12/801** (2013.01)

**H04L 29/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.02.2014 PCT/US2014/019031**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.09.2014 WO14134309**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.02.2014 E 14756635 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.09.2018 EP 2962435**

54 Título: **Adaptación de la transmisión continua sensible al enlace**

30 Prioridad:

**01.03.2013 US 201361771698 P**

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

**26.02.2019**

73 Titular/es:

**INTEL IP CORPORATION (100.0%)  
2200 Mission College Boulevard  
Santa Clara, CA 95054, US**

72 Inventor/es:

**RAMAMURTHI, VISHWANATH y  
OYMAN, OZGUR**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 701 858 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**

Adaptación de la transmisión continua sensible al enlace

Solicitudes relacionadas

5 Esta solicitud reivindica el beneficio de la solicitud de patente provisional de los Estados Unidos nº de serie 61/771.698, presentada el 1 de marzo de 2013, con una serie de expediente de abogado P54838Z.

Antecedentes

10 El crecimiento de los servicios multimedia, incluidos los servicios de transmisión continua y de conversación, es uno de los principales impulsores de la evolución a nuevas tecnologías y estándares de banda ancha móvil. El contenido de vídeo digital se consume cada vez más en dispositivos móviles. Hay muchas aplicaciones de vídeo ampliamente utilizadas en dispositivos móviles en la vida diaria. Por ejemplo, la transmisión de vídeos en línea incluye servicios populares como YouTube y Hulu. La grabación de vídeo y la videoconferencia incluyen servicios como Skype y Google Hangout. En 2011, YouTube tuvo más de 1 billón de visitas globales. Se accedió al diez por ciento de las vistas a través de teléfonos móviles o tabletas. A medida que se adquieran más teléfonos inteligentes, tabletas y otros dispositivos informáticos móviles, su utilización para la grabación de vídeo y la videoconferencia aumentará drásticamente. Con tal gran demanda de consumidores de servicios multimedia junto con desarrollos en compresión de medios e infraestructuras de redes inalámbricas, es interesante mejorar las capacidades del servicio multimedia de los futuros sistemas de banda ancha celulares y móviles y entregar una calidad de experiencia (QoE) alta a los consumidores, asegurando así el acceso ubicuo a contenido y servicios de vídeo desde cualquier ubicación, en cualquier momento, con cualquier dispositivo y tecnología. El documento US2012278496 representa la técnica anterior pertinente.

Breve descripción de los dibujos

Las características y ventajas de la divulgación serán evidentes a partir de la descripción detallada que sigue, tomada en conjunción con los dibujos adjuntos, que juntos ilustran a modo de ejemplo las características de la divulgación, y en los que:

25 La FIG. 1 ilustra un diagrama de bloques de una configuración de archivo de metadatos de descripción de presentación de medios (MPD) según un ejemplo;

la FIG. 2 ilustra un diagrama de bloques de la transmisión continua del protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP) según un ejemplo;

30 la FIG. 3 ilustra un diagrama de bloques de una arquitectura de red de acceso de radio (RAN) para la transmisión continua adaptativa sensible al enlace basada en el protocolo de transferencia de hipertexto (basado en HTTP) según un ejemplo;

la FIG. 4 ilustra un diagrama de los niveles de trama utilizados por un cliente para calcular un número de tramas y niveles de representación según un ejemplo;

35 la FIG. 5 ilustra un diagrama de los estados del reproductor cliente durante la transmisión continua adaptativa sensible al enlace según un ejemplo;

la FIG. 6 ilustra un diagrama de flujo de la adaptación de la tasa sensible al enlace según un ejemplo;

la FIG. 7 representa un diagrama de flujo de arranque optimizado con calidad limitada por el retraso según un ejemplo;

40 la FIG. 8 representa la funcionalidad de la circuitería informática de un dispositivo móvil operable para recibir transmisión continua adaptativa (HAS) sobre protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP) según un ejemplo;

la FIG. 9 representa un diagrama de flujo de un procedimiento para recibir transmisión continua adaptativa sobre protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP) en un dispositivo móvil según un ejemplo;

la FIG. 10 representa la funcionalidad de la circuitería informática de un equipo de usuario (UE) operable para realizar una adaptación de la transmisión continua sensible al enlace según un ejemplo; y

45 la FIG. 11 ilustra un diagrama de un dispositivo inalámbrico (por ejemplo, un UE) según un ejemplo.

Ahora se hará referencia a las realizaciones de ejemplo ilustradas y al lenguaje específico que se utilizará en el presente documento para describir las mismas. Sin embargo, se entenderá que por la presente no se pretende una limitación del alcance de la invención.

Descripción detallada

La invención se define en las reivindicaciones. Antes de que se dé a conocer y describa la presente invención, debe entenderse que esta invención no se limita a las estructuras, etapas de proceso o materiales particulares dados a conocer en el presente documento, sino que se extiende a equivalentes de los mismos, como se reconocerá por los expertos en la materia. También debe entenderse que la terminología empleada en el presente documento se utiliza solamente con el fin de describir ejemplos particulares y no pretende ser limitativa. Los mismos números de referencia en diferentes dibujos representan el mismo elemento. Los números proporcionados en los diagramas de flujo y procedimientos se proporcionan por claridad al ilustrar las etapas y operaciones y no necesariamente indican un orden o secuencia particular.

#### Realizaciones de ejemplo

10 A continuación, se proporciona una visión general inicial de las realizaciones de la tecnología y luego, más adelante, se describen realizaciones de tecnología específica con mayor detalle. Este compendio inicial está destinado a ayudar a los lectores a entender la tecnología más rápidamente, pero no tiene la intención de identificar las características clave o características esenciales de la tecnología, ni está destinado a limitar el alcance de la materia objeto reivindicada.

15 La transmisión continua adaptativa (HAS) sobre protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP) se puede utilizar como una forma de entrega multimedia de vídeo por Internet. La entrega basada en HTTP puede proporcionar fiabilidad y simplicidad de implementación debido a una amplia adopción de protocolos HTTP y HTTP subyacentes, incluido el protocolo de control de transmisión (TCP)/protocolo de internet (IP). La entrega basada en HTTP puede habilitar servicios de transmisión continua simplificados al evitar la traducción de direcciones de red (NAT) y problemas de cruce de cortafuegos. La entrega o transmisión continua basada en HTTP también puede proporcionar la capacidad de utilizar servidores y cachés HTTP estándar en lugar de servidores de transmisión continua especializados. La entrega basada en HTTP puede proporcionar escalabilidad debido a la información de estado mínima o reducida en el lado del servidor.

25 Cuando se utiliza HAS para entregar contenido multimedia de Internet, un cliente de vídeo que opera en un dispositivo móvil puede configurarse para desempeñar el papel principal en la adaptación de la tasa al elegir y solicitar los niveles de representación de vídeo adecuados desde un servidor de vídeo que utiliza un comando GET HTTP o GET parcial para recuperar los datos de un recurso específico, como puede ser un servidor multimedia. El cliente de vídeo inicialmente crea un búfer a un cierto nivel antes de comenzar a reproducir la transmisión continua del contenido multimedia, por ejemplo, audio o vídeo. Esta fase se denomina la fase de arranque. Después, el cliente comienza la reproducción del contenido multimedia almacenado en el búfer.

30 La calidad y la resolución de la reproducción multimedia en el dispositivo cliente dependen del ancho de banda del enlace disponible. Normalmente, el cliente de vídeo calcula el ancho de banda del enlace disponible solo en base a estimaciones de rendimiento de la capa superior, como el rendimiento de transmisión de vídeo en continuo a nivel HTTP, o el rendimiento del protocolo de control de transmisión (TCP). Dicho planteamiento tiene limitaciones en el seguimiento de las variaciones rápidas de las condiciones del canal que se producen en las redes inalámbricas. Estas limitaciones en el seguimiento de las variaciones pueden limitar la capacidad de los algoritmos de adaptación de la tasa para adaptarse a las variaciones de las condiciones del enlace. Además, el uso de estimaciones de rendimiento de la capa superior para estimar el ancho de banda del enlace disponible no está disponible antes de que se reciban las primeras tramas de vídeo.

35 Según una realización de la presente invención, se puede proporcionar una mejor estimación del ancho de banda disponible para HAS en una red inalámbrica utilizando un planteamiento de adaptación de vídeo sensible a la capa física para sistemas HAS, tales como los sistemas configurados para usar la transmisión continua adaptativa dinámica sobre HTTP (DASH) estándar. Este planteamiento es especialmente adecuado para los enlaces inalámbricos cuyas características fluctúan con el tiempo, en función del entorno físico y de la carga en el sistema.

40 En una realización, la información del ancho de banda del enlace disponible puede estimarse a partir de la información de rendimiento de la capa física como un complemento de las estimaciones de capa superior en las capas de transporte o de aplicación. En un escenario celular, dicha información es proporcionada por el radio del equipo de usuario (UE) al módulo de adaptación de vídeo de un cliente HAS.

45 El uso de la información del ancho de banda del enlace se puede usar como una característica opcional en HAS, en el que el rendimiento de la capa PHY se puede usar para la adaptación de la tasa de vídeo solo cuando se cumplen ciertas condiciones relacionadas con las condiciones del enlace, el estado del búfer u otros criterios deseados. Por ejemplo, el rendimiento de la capa PHY se puede utilizar cuando no está disponible una buena estimación de los rendimientos de la capa superior. Las estimaciones de rendimiento de la capa superior pueden tener una exactitud limitada al comienzo de la sesión de la transmisión continua. También se puede utilizar el rendimiento de la capa PHY cuando las condiciones del canal inalámbrico varían de manera relativamente rápida. Se puede establecer un umbral para determinar la cantidad de variación de las condiciones del canal inalámbrico que hace que se use la medición del rendimiento útil de la capa física en lugar de la estimación del rendimiento de la capa superior. El nivel de umbral puede variar según el diseño y uso del sistema. En una realización, si la estimación del rendimiento de la capa superior reduce el rendimiento real de un número de tramas de vídeo de la HAS en más de un porcentaje

seleccionado en relación con el uso del rendimiento útil de la capa física, entonces se puede usar el rendimiento útil de la capa física. El umbral puede variar desde un pequeño porcentaje, como el 0,1 por ciento, hasta un porcentaje relativamente alto, como el 20 por ciento o más, en función del tipo de sistema en el que opera el dispositivo inalámbrico.

- 5 Cuando hay cambios frecuentes en las condiciones del canal, por ejemplo, cuando un dispositivo inalámbrico se mueve, las estimaciones del rendimiento de la capa superior tardan a seguir el cambio en las condiciones del enlace inalámbrico. Las variaciones rápidas del canal inalámbrico se pueden inferir observando la tendencia del rendimiento de la capa física a lo largo del tiempo. La capacidad de utilizar las estimaciones de rendimiento de la capa física permite que un reproductor multimedia se adapte oportunamente a las fluctuaciones del canal y mejore la calidad de experiencia (QoE) del usuario ya que aborda métricas de rendimiento clave del porcentaje de realmacenamiento y la calidad de vídeo del usuario.

- 10 En una realización, el uso de algoritmos de adaptación de la tasa de vídeo que adaptan oportunamente la tasa del vídeo en función de las condiciones del enlace de la capa física y el estado del búfer se pueden usar para mejorar la calidad del vídeo de arranque bajo un retraso de arranque tolerable y para reducir el realmacenamiento durante la reproducción de vídeo. Por consiguiente, la QoE para el usuario puede mejorarse significativamente. Este punto será analizado más a fondo en los párrafos que siguen.

#### Estándares multimedia inalámbricos

- 20 Se han desarrollado un número de estándares multimedia para permitir que los multimedia se comuniquen a, desde o entre dispositivos informáticos móviles. Por ejemplo, en transmisión de vídeo, el proyecto de asociación de tercera generación (3GPP) ha desarrollado la especificación técnica (TS) 26.234 (p. ej., versión 11.0.0) que describe los servicios de transmisión por paquetes conmutados (PSS) que se basan en el protocolo de transmisión en tiempo real (RTSP) para transmisión unidifusión de contenido bajo demanda o en directo. Además, los servicios de transmisión continua basados en el protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP), que incluyen la descarga progresiva y la transmisión continua adaptativa dinámica sobre HTTP (DASH), se describen en la TS 26.247 (p. ej., versión 11.0.0) de 3GPP. La especificación TS 26.346 (p. ej., versión 11.0.0) de servicios de difusión y multidifusión multimedia (MBMS) basados en 3GPP, especifica las técnicas de transmisión continua y descarga para la distribución de contenido multidifusión/difusión. Como tales, los dispositivos informáticos móviles basados en DASH/PSS/MBMS, tales como los equipos de usuario (UE), decodifican y procesan vídeos transmitidos continuamente en los dispositivos de UE. El soporte para el formato de archivo 3GP en la TS 26.244 (p. ej., la versión 11.0.0) de 3GPP es obligatorio en todas estas especificaciones para soportar los casos de utilización de descarga de archivos y de transmisión continua basada en HTTP.

- 35 Un ejemplo de un estándar para la comunicación de vídeo conversacional, tal como la videoconferencia, se proporciona en la TS 26.114 (p. ej., 11.0.0) de 3GPP. El estándar describe los servicios de telefonía multimedia a través de IMS (MTSI) que permite la entrega de servicios de conversación multimedia avanzados y contenido a través de redes basadas en subsistemas multimedia de protocolo de internet (IP) (IMS). El IMS está estandarizado en la TS 26.140 (p. ej., ver. 11.0.0) de 3GPP. Un terminal de UE transmisor basado en MTSI puede capturar y grabar vídeo, y luego transferir el vídeo a un terminal de UE receptor basado en MTSI a través de una red 3GPP. El terminal de UE receptor puede decodificar y representar el vídeo. La TS 26.140 de 3GPP también permite la participación de vídeo utilizando servicios de participación multimedia (MMS), en los que se proporciona soporte para el formato de archivo 3GP.

Los estándares descritos anteriormente se proporcionan como ejemplos de estándares multimedia inalámbricos que se pueden utilizar para comunicar archivos multimedia a, desde y/o entre dispositivos multimedia. Los ejemplos no están destinados a ser limitantes. Se pueden utilizar estándares adicionales para proporcionar transmisión de vídeo, vídeo conversacional o compartir vídeos.

- 45 Estándares de medios de transmisión continua

- En el presente documento se proporciona una explicación más detallada de la transmisión continua HTTP y, más particularmente, el estándar DASH, en contexto con las realizaciones de la presente invención. La explicación detallada no pretende ser limitante. Como se explicará adicionalmente en los párrafos precedentes, las realizaciones de la presente invención se pueden utilizar para comunicar multimedia a, desde y/o entre dispositivos móviles de manera eficaz, permitiendo a los dispositivos móviles o a los servidores en comunicación con los dispositivos móviles, seleccionar y/o comunicar multimedia que tiene una caracterización de energía deseada. Los multimedia se pueden comunicar utilizando un esquema de comunicación estandarizado o no estandarizado.

- 55 La transmisión continua de protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP) puede utilizarse como una forma de entrega de multimedia de vídeo de Internet. En la transmisión continua HTTP, un archivo multimedia puede particionarse en uno o más segmentos y entregarse a un cliente utilizando el protocolo HTTP. La entrega basada en HTTP puede proporcionar fiabilidad y simplicidad de implementación debido a una amplia adopción de protocolos HTTP y HTTP subyacentes, incluido el protocolo de control de transmisión (TCP)/protocolo de internet (IP). La entrega basada en HTTP puede habilitar servicios de transmisión continua simplificados al evitar la traducción de

direcciones de red (NAT) y problemas de cruce de cortafuegos. La entrega o transmisión continua basada en HTTP también puede proporcionar la capacidad de utilizar servidores y cachés HTTP estándar en lugar de servidores de transmisión continua especializados. La entrega basada en HTTP puede proporcionar escalabilidad debido a la información de estado mínima o reducida en el lado del servidor. Ejemplos de tecnologías de transmisión continua HTTP pueden incluir Microsoft IIS Smooth Streaming, Apple HTTP Live Streaming y Adobe HTTP Dynamic Streaming.

DASH es un protocolo de transmisión continua HTTP estandarizado. Como se ilustra en la FIG. 1, DASH puede especificar diferentes formatos para un archivo de metadatos 102 de descripción de presentación de medios (MPD) que proporciona información sobre la estructura y las diferentes versiones de las representaciones de contenido de medios almacenadas en el servidor, así como los formatos de segmento. El archivo de metadatos MPD contiene información sobre la inicialización y segmentos de medios para un reproductor multimedia (p. ej. el reproductor puede examinar el segmento de inicialización para determinar un formato del contenedor e información de sincronización de medios) para asegurar la asignación de segmentos en una línea de tiempo de presentación de medios para la conmutación y presentación sincrónica con otras representaciones. La tecnología DASH también ha sido estandarizada por otras organizaciones, como Moving Picture Experts Group (MPEG), Open IPTV Forum (OIPF) y Hybrid Broadcast Broadband TV (HbbTV).

Un cliente DASH puede recibir contenido multimedia descargando los segmentos a través de una serie de transacciones de solicitud-respuesta HTTP. DASH puede proporcionar la capacidad de conmutar dinámicamente entre diferentes representaciones de tasas de bits del contenido multimedia a medida que cambia el ancho de banda disponible para un dispositivo móvil. Por lo tanto, DASH puede permitir una adaptación rápida a condiciones de red y de enlace inalámbrico cambiantes, preferencias del usuario y capacidades del dispositivo, tal como la resolución de pantalla, el tipo de unidad central de procesamiento (CPU) empleada, los recursos de memoria disponibles, y así sucesivamente. La adaptación dinámica de DASH puede proporcionar una mejor calidad de experiencia (QoE) para un usuario, con retrasos de arranque más cortos y menos eventos de recarga en búfer que otros protocolos de transmisión continua.

En DASH, los metadatos 102 de descripción de presentación de medios (MPD) pueden proporcionar información sobre la estructura y las diferentes versiones de las representaciones de contenido de medios almacenadas en un servidor web/de medios 212, como se ilustra en la FIG. 2. En el ejemplo ilustrado en la FIG. 1, los metadatos MPD se dividen temporalmente en períodos que tienen una longitud predeterminada, tal como 60 segundos en este ejemplo. Cada uno de los períodos puede incluir una pluralidad de conjuntos de adaptación 104. Cada uno de los conjuntos de adaptación puede proporcionar información sobre uno o más componentes de medios con un número de alternativas codificadas. Por ejemplo, el conjunto de adaptación 0 en este ejemplo podría incluir una variedad de alternativas de audio codificadas de manera diferente, tales como diferentes tasas de bits, mono, estéreo, sonido envolvente, y así sucesivamente. Además de ofrecer audio de calidad diferente para una presentación multimedia durante la ID del período, el conjunto de adaptación también puede incluir audio en diferentes idiomas. Las diferentes alternativas ofrecidas en el conjunto de adaptación se conocen como representaciones 106.

En la FIG. 1 se ilustra el conjunto de adaptación 1 como ofreciendo vídeo a diferentes tasas de bits, tal como 5 megabits por segundo (Mbps), 2 Mbps, 500 kilobits por segundo (kbps) o un control de movimiento. El control de movimiento puede utilizarse para buscar, avanzar, retroceder u otros cambios en la posición en el archivo de transmisión continua multimedia. Además, el vídeo también puede estar disponible en diferentes formatos, tal como vídeo bidimensional (2D) o tridimensional (3D). Cada una de las representaciones 106 puede incluir información de segmento 108. La información de segmento puede incluir información de la inicialización 110 y los datos del segmento de medios 112 reales. En este ejemplo, se transmite un archivo MPEG 4 (MP4) desde un servidor a un dispositivo móvil. Mientras que se utiliza MP4 en este ejemplo, se pueden utilizar una gran variedad de códecs diferentes, como se ha mencionado previamente.

Los multimedia en el conjunto de adaptación se pueden dividir además en segmentos más pequeños. En el ejemplo de la FIG. 1, el segmento de vídeo de 60 segundos del conjunto de adaptación 1 se divide además en cuatro subsegmentos 112 de 15 segundos cada uno. Estos ejemplos no están destinados a ser limitantes. La longitud real del conjunto de adaptación y de cada uno de los segmentos o subsegmentos de medios es dependiente del tipo de medios, los requisitos del sistema, los posibles tipos de interferencia, y así sucesivamente. Los segmentos de medios o subsegmentos reales pueden tener una longitud que es de menos de un segundo a varios minutos de duración.

Como se muestra en la FIG. 2, la información de metadatos MPD se puede comunicar a un cliente 220, como un dispositivo móvil. Un dispositivo móvil puede ser un dispositivo inalámbrico configurado para recibir y visualizar medios de transmisión continua. En una realización, el dispositivo móvil puede realizar solo parte de esta función, tal como recibir el medio de transmisión continua y luego comunicarlo a otro dispositivo o a un dispositivo de visualización para su representación. El dispositivo móvil puede configurarse para que se ejecute un cliente 220. El cliente puede solicitar los segmentos utilizando un mensaje HTTP GET 240 o una serie de mensajes GET parciales. El cliente puede controlar la sesión de transmisión continua, tal como administrar una solicitud puntual y reproducir suavemente una secuencia de segmentos, o ajustar potencialmente las tasas de bits u otros atributos, para reaccionar ante los cambios de un enlace inalámbrico, un estado del dispositivo o una preferencia de usuario.

La FIG. 2 ilustra un entorno de transmisión continua basado en DASH. Un codificador de medios 214 en el servidor web/de medios 212 puede codificar un medio de entrada a partir de una entrada de audio/vídeo 210 en un formato para almacenamiento o transmisión. Puede utilizarse un segmentador de medios 216 para dividir los medios de entrada en una serie de segmentos 232, los cuales pueden proporcionarse a un servidor web 218. El cliente 220 puede solicitar nuevos datos en segmentos utilizando mensajes HTTP GET 234 enviados al servidor web (p. ej., servidor HTTP).

Por ejemplo, un navegador web 222 del cliente 220 puede solicitar contenido multimedia utilizando un mensaje HTTP GET 240. El servidor web 218 puede proporcionar al cliente un MPD 242 para el contenido multimedia. El MPD puede utilizarse para transportar el índice de cada uno de los segmentos y las posiciones correspondientes del segmento como se muestra en la información de metadatos 252 asociada. El navegador web puede extraer medios del servidor segmento por segmento según el MPD 242 como se muestra en 236. Por ejemplo, el navegador web puede solicitar un primer segmento utilizando un HTTP GET URL (frag 1 req) 244. Puede utilizarse un localizador de recursos uniforme (URL) o un localizador de recursos universal para indicar al servidor web qué segmento debe solicitar el cliente 254. El servidor web puede proporcionar el primer fragmento (es decir, el segmento 1 246). Para los segmentos subsiguientes, el navegador web puede solicitar un segmento  $i$  utilizando un HTTP GET URL (frag  $i$  req) 248, donde  $i$  es un índice entero del segmento. Como resultado, el servidor web puede proporcionar un segmento  $i$  250. Los segmentos pueden presentarse al cliente a través de un decodificador/reproductor de medios 224.

La FIG. 3 ilustra un flujo de contenido multimedia 312 entre un servidor HTTP 310 que proporciona el contenido multimedia a un cliente 3GPP 338 que opera en un dispositivo móvil, tal como un UE 336. El servidor HTTP puede interconectar con una red pública o privada 322 (o Internet) en comunicación con una red troncal 324 de una red de área amplia inalámbrica (WWAN). En una realización, la WWAN puede ser una red basada en LTE 3GPP o una red basada en IEEE 802.16 (es decir, 802.16-2009). La red troncal puede acceder a una red inalámbrica 330, tal como un sistema de paquetes evolucionado (EPS) a través de una red de acceso de radio (RAN) 332. La RAN puede proporcionar el contenido multimedia al cliente que opera en el UE a través de un nodo (p. ej., un nodo B evolucionado (eNB) 334).

#### Adaptación de la transmisión continua sensible al enlace

Según una realización, se describe un sistema con múltiples usuarios de vídeo inalámbricos que están siendo atendidos por una estación base. Aunque el sistema contiene múltiples clientes de vídeo, cada uno de los clientes puede actuar independientemente de otros clientes. Las diferentes representaciones de un vídeo solicitado por un cliente representativo se pueden indexar utilizando la letra  $k$ . El valor  $k = 1$  se puede configurar para representar el nivel de representación de la tasa de bits más baja y  $k = N$  puede representar el nivel de representación más alto. La variable  $b_k$  puede representar la tasa de bits de vídeo codificado del nivel de representación  $k$ , donde  $b_1 \leq b_2 \leq b_3 \leq \dots \leq b_N$ .

Las tasas de bits de los diferentes niveles de representación de vídeo en un MPD se pueden comunicar al cliente mediante el servidor en el MPD. Esto tiene lugar antes del comienzo de la transmisión continua de los multimedia. El procedimiento de reproducción y la adaptación de la tasa pueden tener lugar en la granularidad temporal de la duración de la trama de vídeo  $\tau$ . La duración de la trama de vídeo  $\tau$  es el recíproco de la tasa de la trama de vídeo  $F_r$ , es decir,  $\tau = 1/F_r$ . Una cierta duración de la trama de vídeo se llama intervalo de trama. Cada intervalo de trama puede ser indexado con la letra  $i$ .

#### Rendimiento útil de la capa física

Para permitir que el algoritmo de adaptación de la tasa de vídeo se adapte oportunamente a las fluctuaciones del rendimiento del enlace de radio, se puede realizar una estimación del rendimiento de la capa física y utilizarla para la adaptación de la tasa de vídeo. El rendimiento útil es el rendimiento a nivel de aplicación. El rendimiento es el número de bits de información útiles entregados por la red a un determinado destino, como un UE, por unidad de tiempo. Los datos de rendimiento excluyen los bits de sobrecarga del protocolo así como los paquetes de datos retransmitidos.

Si  $X_i$  es el número de bits recibidos correctamente en el intervalo de trama de vídeo  $i$ , el rendimiento útil de la capa física en el intervalo de trama  $i$  viene dado por:

$$R_i^{\text{PHY}} = \frac{X_i}{\tau}$$

El promedio de rendimiento útil físico en el intervalo de trama  $i$  es el promedio del rendimiento útil de la capa física en los últimos  $T$  intervalos de trama, es decir,

$$R_i^{\text{PHY-Prom}} = \frac{1}{T} \sum_{t=0}^{T-1} R_{i-t}^{\text{PHY}}$$

5 La estimación del rendimiento útil promedio de la capa física puede utilizar la colaboración con la capa física de un enlace de radio para determinar el número de bits descargados correctamente en cada uno de los intervalos de trama. Dado que solo se utilizan correctamente los bits recibidos para determinar el rendimiento útil de la capa física, el efecto de las solicitudes híbridas de repetición automática (HARQ) y las retransmisiones de la capa TCP en la estimación del rendimiento se contabiliza en la estimación del rendimiento útil de la capa física. Además, el rendimiento útil de la capa física en un intervalo de trama está estrechamente relacionado con la evolución de los búferes de servidor y el cliente de vídeo.

Medición de rendimiento utilizando las capas superiores

10 Tradicionalmente, las estimaciones de rendimiento de la capa superior en el TCP o las capas de aplicación se han utilizado para estimar el ancho de banda del enlace disponible para la adaptación de la tasa de vídeo en un HAS. En los párrafos siguientes se proporcionan ejemplos de estimaciones de rendimiento de la capa superior.

Rendimiento promedio de fragmentos de vídeo

15 Un fragmento de vídeo promedio es el rendimiento promedio experimentado al descargar fragmentos de vídeo, como se ilustra en la siguiente ecuación:

$$R_i^{\text{Fragmento}} = \frac{1}{F} \sum_{j=L_F-F+1}^{L_F} \frac{S_{\text{frag}}(j)}{T_{\text{descg}}^{\text{frag}}(j) - T_{\text{obtn}}^{\text{frag}}(i)}$$

donde  $S_{\text{frag}}(j)$ ,

$$T_{\text{descg}}^{\text{frag}}(j)$$

y

$$T_{\text{obtn}}^{\text{frag}}(i)$$

20 son el tamaño, tiempo de descarga y tiempo de obtención del fragmento de vídeo solicitado  $j$ , respectivamente. La variable  $L_F$  es el fragmento solicitado más reciente, y  $F$  es el número de segmentos utilizados para promediar. Esta es una estimación conservadora del ancho de banda. Debido a que esta estimación de rendimiento implica promediar los fragmentos, la estimación puede no seguir las variaciones del ancho de banda del enlace inalámbrico con el tiempo. Así mismo, el rendimiento promedio de fragmentos de vídeo no está disponible hasta después de que se descargan los primeros fragmentos de vídeo.

Rendimiento de TCP

Otro planteamiento de capa superior es utilizar la estimación de TCP del ancho de banda del enlace disponible que viene dado por:

$$R_i^{\text{TCP}} = \frac{C_{\text{vent}}}{\text{RTT}},$$

30 donde  $C_{\text{vent}}$  es la llamada ventana de congestión de TCP y RTT es el tiempo de ida y vuelta estimado de una señal. La variable  $C_{\text{vent}}$  es la estimación actual de TCP del ancho de banda del enlace disponible. Por lo general,  $C_{\text{vent}}$  aumenta al recibir acuses de recibo (ACKS), ya que es una indicación de que la red puede soportar un mayor ancho de banda y disminuye cuando percibe pérdidas (percibidas a través de un tiempo límite o ACK duplicados) ya que asume que las pérdidas son debidas a la congestión. Hay una fase de arranque lento en la que la  $C_{\text{vent}}$  se incrementa exponencialmente al recibir los acuses de recibo y hay una fase de evitación de la congestión en la que se incrementa linealmente con los acuses de recibo.

Sin embargo, el TCP fue diseñado para redes cableadas y para aplicaciones masivas que envían datos continuamente. No fue diseñado para redes inalámbricas ni para aplicaciones de tasa limitada como la transmisión continua adaptativa sobre HTTP. El uso de TCP para estimar el rendimiento tiene al menos dos problemas. Primero, el uso de la estimación de TCP supone que las pérdidas inalámbricas también son congestión. Esta suposición disminuye innecesariamente el tamaño de la ventana incluso cuando el rendimiento real no requiere la disminución. En segundo lugar, la estimación de TCP aumenta innecesariamente la  $C_{vent}$  incluso en los casos de aplicaciones con tasa limitada. Por lo tanto, la estimación del ancho de banda de  $C_{vent}$  puede llegar a ser mucho mayor que el número de paquetes TCP que la aplicación envía dentro de un período de RTT. Cuando la aplicación envía menos paquetes de los permitidos por la estimación del ancho de banda de  $C_{vent}$ , el TCP no puede probar correctamente el ancho de banda de la red disponible. Por lo tanto, la estimación del ancho de banda de  $C_{vent}$  ya no refleja el ancho de banda de red disponible actualmente. Por estas razones, el uso de una estimación de ancho de banda basada en TCP no es muy adecuado para su utilización en la adaptación de la tasa en HAS con escenarios inalámbricos.

#### Ventajas del rendimiento útil de la capa de enlace

Según una realización, el valor de la capa de enlace se puede utilizar como complemento de las estimaciones de la capa superior. El rendimiento útil de la capa de enlace puede seguir las variaciones de rendimiento del enlace a lo largo del tiempo, lo que proporciona un mayor alcance para la adaptación oportuna de la tasa de vídeo y la acumulación del búfer para mejorar la QoE del usuario. El uso de la capa de enlace representa el rendimiento útil actual real obtenido por el usuario, a diferencia de las estimaciones de capa superior que pueden estar desactualizadas. El valor de la capa de enlace puede cambiar drásticamente en períodos de tiempo relativamente cortos. Sin embargo, el rendimiento útil de la capa de enlace se puede promediar a lo largo del tiempo para presentar una estimación suave, evitando así variaciones drásticas mientras que se captura la tendencia general del enlace inalámbrico. Además, el uso del rendimiento útil de la capa de enlace evita algunas de las desventajas que tiene una estimación de ancho de banda basada en TCP para aplicaciones de tasa limitada en canales inalámbricos. Además, el rendimiento útil de la capa de enlace está disponible desde el primer segmento de vídeo de la sesión de transmisión continua en lugar de después de la descarga de los primeros segmentos de vídeo.

Por consiguiente, el rendimiento útil de la capa de enlace puede proporcionar un conocimiento más rápido y exacto del rendimiento real en una transmisión continua adaptativa sobre HTTP. Este conocimiento se puede usar para descargar proactivamente tramas adicionales para construir el búfer cuando hay ancho de banda adicional disponible debido a cambios en el enlace inalámbrico. Además, un conocimiento exacto del rendimiento útil al comienzo de una sesión HAS permite un arranque más rápido y una mejor resolución de la pantalla.

#### Rendimiento seleccionado

En una realización, el rendimiento promedio de la capa de enlace se puede utilizar junto con un rendimiento de la capa superior como el rendimiento del fragmento de vídeo. El rendimiento que se selecciona para la adaptación de la tasa de vídeo puede estar basado en la evolución de los cambios en las condiciones del enlace inalámbrico, así como en el nivel de búfer del cliente HAS. El rendimiento seleccionado que se utiliza para la adaptación de la tasa por un usuario representativo en el intervalo de trama  $i$  puede indicarse por  $R_i^{sel}$ .

En una realización, se puede determinar una estimación conservadora en base al rendimiento útil de PHY y el rendimiento del segmento de la siguiente manera:

$$R_i^{sel} = \begin{cases} R_i^{phy} & \text{si } R_i^{seg} > (1+\beta) R_i^{phy} \\ R_i^{seg} & \text{en caso contrario} \end{cases},$$

donde la constante  $\beta$  evita que las variaciones de las condiciones del enlace a corto plazo cambien la adaptación de la tasa. Este procedimiento conservador se puede utilizar en el estado estacionario porque, típicamente, el rendimiento útil de PHY responde rápidamente a las variaciones del enlace inalámbrico, mientras que el rendimiento del segmento responde mucho más lentamente a las variaciones del enlace.

En la fase de arranque de una sesión HAS, se puede utilizar la relación

$$R_i^{sel} = \chi R_i^{phy}$$

para obtener una mejor calidad de vídeo. La variable  $\chi$  es menor o igual que uno y es un factor de escala que se puede utilizar para obtener una compensación de diseño entre la calidad de vídeo de arranque y el retraso de arranque. El valor de  $\chi$  se puede establecer según las preferencias de QoE del usuario. Estos son solo ejemplos representativos y otras condiciones generalizadas basadas en el estado del búfer del cliente y las condiciones de enlace se pueden utilizar para determinar el rendimiento seleccionado para la adaptación de la tasa de vídeo HAS.

Seguimiento y evolución del búfer

5 Para solicitar el nivel de representación adecuado, el cliente puede realizar un seguimiento de las tramas solicitadas, recibidas, almacenadas y reproducidas. La FIG. 3 muestra el seguimiento de las tramas realizado por el cliente UE.  $N_i$  y  $Q_i$  respectivamente representan el número de tramas y el nivel de representación solicitado en el intervalo de trama  $i$ , es decir, al final de cada intervalo de trama  $i$  el cliente solicita al servidor  $N_i$  tramas al nivel de representación  $Q_i$  según haya determinado el algoritmo de adaptación de la tasa. El cliente se inclinó por  $N_i$  y  $Q_i$  basándose en el nivel de rendimiento útil de la capa física, así como en los diversos niveles de trama.

10 La FIG. 4 proporciona una ilustración de ejemplo del seguimiento de tramas de vídeo. Las variables  $A_i$ ,  $B_i$ ,  $C_i$ , y  $E_i$  representan los diversos niveles de trama que el cliente utilizar en el cálculo de  $N_i$  y  $Q_i$ . La variable  $A_i$  representa el número total de tramas de vídeo recibidas por el cliente antes de que el cliente realice su solicitud en el intervalo de trama  $i$ . La variable  $B_i$  representa el número de tramas en el búfer del cliente que están disponibles para la reproducción y  $C_i$  representa el número de tramas solicitadas por el cliente:

$$C_i = \sum_{j=1}^{i-1} N_j .$$

15 La variable  $E_i$  representa el número de tramas de vídeo solicitadas, pero no recibidas, por el cliente. El cliente puede estimar  $E_i$  basándose en el total de tramas solicitadas y recibidas. Por ejemplo:

$$E_i = C_i - A_i .$$

La evolución del búfer está estrechamente relacionada con el rendimiento útil de PHY experimentado por el usuario. Asignemos que  $b_{i,k}$  representa la tasa del nivel de representación de vídeo descargado en el intervalo de trama  $i$ . Entonces, el número de tramas que entran al búfer del cliente en el intervalo de trama  $i$  es:

20 
$$\beta_i = \frac{R_i}{b_{i,k}} ,$$

donde  $\beta_i$  es la relación entre el rendimiento útil de la capa de enlace y la tasa del nivel de representación de vídeo. Representa la tasa a la que se llena el búfer del cliente.

Estados del cliente

25 1. La inteligencia central en la transmisión continua adaptativa sobre HTTP (HAS) reside en el cliente en lugar del servidor. El nivel de adaptación del segmento de vídeo a descargar lo determina el cliente y se comunica al servidor periódicamente dentro de la sesión de transmisión continua adaptativa. En función de los niveles de trama, el funcionamiento del reproductor cliente en nuestro entorno de transmisión continua adaptativa sensible al enlace puede caracterizarse en cuatro modos o estados, como se ilustra en la FIG. 5: i) arranque; ii) un estado transitorio;

30 2. El modo de arranque representa el modo de almacenamiento inicial, durante el cual el cliente almacena las tramas de vídeo hasta un cierto límite antes de comenzar a reproducir el vídeo o el audio entregado por HAS. El estado estacionario representa el estado en el que el nivel de búfer del UE está por encima de un cierto umbral. El estado transitorio es el estado en el que el nivel de búfer del UE cae por debajo de un cierto límite después de comenzar a reproducir. El estado de realmacenamiento es el estado en el que el cliente entra cuando el nivel del búfer se vuelve cero después de comenzar a reproducir y permanece en ese estado hasta que vuelve a reconstruir su nivel de búfer a un nivel satisfactorio para comenzar nuevamente la reproducción. Cabe señalar que el cliente no reproduce los multimedia solamente en los modos de arranque y realmacenamiento.

35 3. Se puede usar una variable de estado  $S_i$  para indicar el estado del cliente según se determina en el intervalo de trama  $i$ . Los valores asignados a  $S_i$  corresponden a diferentes estados que son los siguientes:

40 4.

$S_i = -1$  para el estado de arranque

$S_i = 0$  para el estado de realmacenamiento

$S_i = 1$  para el estado transitorio

$S_i = 2$  para el estado estacionario.

En una realización, el estado del cliente se puede establecer en función del número de tramas  $A_i$  recibidas y el número de tramas disponibles para la reproducción en el búfer UE  $B_i$  utilizando el siguiente algoritmo:

Si ( $A_i \leq A_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}}$ )  
 Si = -1 //Estado arranque  
 sino si ( $B_i = 0$ )  
 Si = 0 // Estado de realmac.  
 sino si ( $(S_{i-1}=0)$  y  $B_i \leq B_{\text{realmac.}}^{\text{Umbral}}$ )  
 Si = 0 // Estado de realmac.  
 sino si ( $B_i < B_{\text{estac.}}^{\text{Umbral}}$ )  
 Si = 1 //Estado transitorio  
 sino si ( $B_i \geq B_{\text{estac.}}^{\text{Umbral}}$ )  
 Si = 2 // Estado estacionario

fin

5 La definición de estos diferentes estados permite que la adaptación de la tasa se diseñe no solo en función del rendimiento útil de la capa física, sino también en el estado del cliente usuario.

Señalización MBR/GBR

10 La red también puede señalar parámetros de calidad de servicio (QoS) en forma de una tasa de bits máxima (MBR) y una tasa de bits garantizada (GBR) al UE cuando se establece o se modifica un portador de QoS en una red sensible a QoS, como la LTE 3GPP. El cliente HAS puede usar esta información junto con diferentes estimaciones de rendimiento para elegir el nivel de representación de los segmentos de vídeo que el cliente solicita del servidor HAS. El cliente HAS puede usar el MBR para limitar el máximo nivel de representación de vídeo que puede elegir y el cliente HAS puede usar el GBR para al menos elegir un nivel de representación cuya tasa de bits promedio sea mayor que el GBR señalado por la red. La mejor representación de vídeo se selecciona de la siguiente manera basándose en el rendimiento seleccionado y el MBR/GBR señalado de la siguiente manera:

$$Q_i^{\text{sup}} = \arg \max_k b_k ;$$

$$15 \text{ s.t. } b_k \leq \max \left( \text{GBR}, \min \left( R_i^{\text{Sel}}, \text{MBR} \right) \right); k = 1, 2, \dots, N$$

Entorno de adaptación de la tasa sensible al enlace

Según una realización, el cliente que opera en un dispositivo inalámbrico puede determinar el número de tramas  $N_i$  y el nivel de representación de vídeo  $Q_i$  en cada intervalo de trama  $i$ . Un ejemplo de un algoritmo de adaptación de la tasa sensible al enlace se ilustra en el diagrama de flujo de la FIG. 6.

20 Entorno de adaptación de la tasa de vídeo sensible al enlace Para cada intervalo de trama  $i$

1. El rendimiento útil promedio de PHY

### $R_i^{\text{PHY-Prom.}}$

en el intervalo de trama  $i$  se determina en función de la colaboración entre capas, además de las estimaciones de capas superiores disponibles.

2. Los niveles de tramas  $A_i$ ,  $B_i$ ,  $C_i$ , y  $E_i$  se actualizan
- 5 3. El mejor nivel de representación de vídeo posible.

### $Q_i^{\text{sup}}$

se selecciona en función del rendimiento del fragmento de vídeo, el rendimiento útil estimado de la capa PHY y el MBR/GBR señalizado de la siguiente manera:

$$Q_i^{\text{sup}} = \arg \max_k b_k ;$$

$$10 \quad \text{s.t. } b_k \leq \max \left( \text{GBR}, \min \left( R_i^{\text{Sel}}, \text{MBR} \right) \right); k = 1, 2, \dots, N$$

4. Entonces el estado  $S_i$  del cliente se determina en función de la monitorización de los niveles de trama
5. El par  $(N_i, Q_i)$  que representa el número de tramas  $N_i$  y el nivel de representación  $Q_i$  se determina en función del algoritmo particular utilizado en ese estado particular del cliente

Adaptación de la tasa de arranque

- 15 El modo de arranque representa el modo de almacenamiento inicial en el que el cliente almacena las tramas en un cierto umbral de tiempo de reproducción antes de que comience la reproducción. El modo de arranque empieza al comienzo de la sesión de transmisión continua después de la fase MPD y continúa hasta que el número total de tramas recibidas supera un cierto umbral, es decir, hasta que se cumple la siguiente condición:

$$A_i \leq A_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}} = \text{ceil} \left( t_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}} \cdot \tau \right)$$

- 20 En las opciones que no son sensibles a enlace, el primer segmento de vídeo siempre se solicita en el nivel de representación más bajo de modo que el cliente pueda obtener una estimación rápida del rendimiento útil de la capa física en el siguiente intervalo de trama, es decir,  $N_1 = S_{\text{seg}}$  y  $Q_1 = 1$ . Este requisito se puede relajar si el cliente tiene una estimación del rendimiento útil de la capa física antes de comenzar la sesión HAS, lo que permite que los multimedia se visualicen durante el arranque con una calidad superior.

- 25 A continuación, se presentan varias realizaciones para la adaptación del enlace en el modo de arranque. El modo de arranque es el modo hasta que se haya recibido un número seleccionado de tramas de vídeo en el HAS. El valor real puede depender del diseño del sistema, la operación de la red u otros parámetros deseados.

Adaptación de tasa básica/tradicional durante el arranque

- 30 En esta realización, una parte fija de las  $S_{\text{seg}}$  tramas (equivalentes a 1 segmento) se pueden solicitar al final de cada uno de los intervalos de trama:

$$\left. \begin{array}{l} Q_i = 1 \\ N_i = S_{\text{seg}} \end{array} \right\} \forall i \text{ s.t. } A_i \leq A_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}}$$

Arranque con calidad optimizada (Cal Opt)

- 35 En esta realización, la calidad del vídeo se optimiza si las condiciones del enlace lo permiten. Se puede utilizar un planteamiento de calidad incremental, en el que se elige la siguiente tasa de adaptación de vídeo disponible si hay suficiente ancho de banda disponible que permite dicha tasa. Con esta finalidad se define la relación  $\delta_i$  de la siguiente manera:

$$\delta_i = \frac{R_i^{\text{PHY-Prom.}}}{b_{\min(Q_{i-1}+1, Q_i^{\text{sup}})}}$$

Esta relación representa la relación entre el rendimiento promedio estimado promedio de la capa física y el siguiente nivel de representación de vídeo que es posible. Entonces, el par  $(N_i, Q_i)$  para esta opción se selecciona de la siguiente manera:

$$\left. \begin{aligned} Q_i &= \min(Q_{i-1}+1, Q_i^{\text{sup}}) \quad \text{si } (\delta_i \geq (1+\alpha)) \\ Q_i &= \min(Q_{i-1}, Q_i^{\text{sup}}) \quad \text{en caso contrario} \\ N_i &= S_{\text{seg}} \end{aligned} \right\} \text{ s.t. } A_i \leq A_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}}$$

Arranque con retraso optimizado

En esta realización, el retraso de arranque se minimiza al mismo tiempo que se mantiene la calidad del vídeo en el nivel de representación más bajo:

$$\left. \begin{aligned} Q_i &= 1 \\ N_i &= N_{i-1} + S_{\text{scg}} \quad \text{si } (\beta_i \geq (1+\alpha)) \\ N_i &= \max(N_{i-1} - S_{\text{seg}}, S_{\text{seg}}) \quad \text{en caso contrario} \end{aligned} \right\} \text{ s.t. } A_i \leq A_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}}$$

10 Optimización con calidad limitada por el retraso

En esta opción, la calidad del vídeo se optimiza sujeto a una restricción en el retraso. Se establece un tiempo objetivo.

$T_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}}$

15 Durante el tiempo objetivo, la fase de arranque debe completarse mediante la descarga de todas las tramas necesarias para el arranque. Dentro de esta restricción, se intenta optimizar la calidad del vídeo durante la fase de arranque. El algoritmo se puede resumir utilizando el diagrama de flujo de la FIG. 7. Los detalles del algoritmo se pueden resumir de la siguiente manera:

Optimización con calidad limitada por el retraso: En cada intervalo de trama  $i$

1. Determinar la tasa mínima de descarga de tramas requerida:

$$20 \quad f_i^{\text{mín}} = \frac{\# \text{ Tramas requeridas}}{\text{Tiempo disponible}} = \frac{B_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}} - B_i}{\max(T_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}} - i \cdot \tau, \tau)}$$

donde  $B_i$  es el nivel de búfer actual en términos de tramas de vídeo y

$B_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}}$

es el número umbral de tramas necesarias en el búfer para iniciar la reproducción.

25 2. Calcular la tasa de descarga de tramas para todos los niveles de representación de vídeo en las condiciones actuales del enlace. La tasa de descarga de tramas para el nivel de representación de vídeo con tasa  $b_k$  viene dada por:

$$f_k = \frac{R_i^{\text{PHY-Prom.}}}{b_k \cdot \tau}$$

Obsérvese que la descarga de tramas para un nivel de representación es directamente proporcional al rendimiento útil PHY e inversamente proporcional a la tasa del nivel de representación de vídeo.

3. Seleccionar el mejor nivel de representación de vídeo de modo que

$$f_k \geq F_i^{\min}$$

es decir,

$$Q_i = \arg \max_k b_k ; f_k \leq F_i^{\min} \text{ para } k = 1, 2, \dots, N$$

$$N_i = 1$$

5 La FIG. 7 proporciona un diagrama de flujo que ilustra un arranque optimizado con calidad limitada por el retraso. Para cada uno de los intervalos de trama, se puede determinar la tasa de trama mínima requerida para satisfacer una restricción del retraso. Las tasas de descarga de tramas se pueden determinar para cada uno de los niveles de representación en función de las condiciones del enlace. Se puede elegir el mejor nivel de representación que satisfaga el umbral mínimo. El umbral

10  $B_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}}$

y

$T_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}}$

se pueden ajustar para obtener una compensación entre la calidad del vídeo y el retraso de arranque (almacenamiento).

15 Adaptación de la tasa de estado estacionario (sensible a enlace)

Adaptación básica/tradicional de la tasa de estado estacionario

20 En el modo de estado estacionario, el nivel de búfer en el cliente está por encima de un cierto nivel. En el algoritmo tradicional del estado estacionario, el objetivo es mantener el nivel de búfer sin comprometer la calidad del vídeo. Esto se hace normalmente solicitando periódicamente un segmento de tramas para cada duración de segmento en el estado estacionario. Con esta finalidad, se mantiene una variable de estado  $t_{\text{estacionario}}$  que indica el tiempo en estado estacionario en términos de un número de intervalos de tramas en la invocación del estado estacionario actual desde una última transmisión de segmento. La variable de estado  $t_{\text{estacionario}}$  se inicializa a cero en el primer intervalo de trama al entrar en el estado estacionario desde cualquier otro estado. Posteriormente, la variable de estado  $t_{\text{estacionario}}$  se incrementa de la siguiente manera para los siguientes intervalos de tramas en estado estacionario:

$$t_{\text{Estac.}} = \text{mod}(t_{\text{Estac.}} + 1, S_{\text{seg}}),$$

donde  $S_{\text{seg}}$  es el número de tramas en un segmento de vídeo y también representa el número de intervalos de tramas en una duración de segmento.

30 En el algoritmo básico de estado estacionario, el par  $(N_i, Q_i)$  para el intervalo de trama  $i$  se determina de la siguiente manera:

$$Q_i = Q_i^{\text{sup}},$$

$$N_i = S_{\text{seg}} \text{ si } t_{\text{Estac.}} = 0$$

$$N_i = 0 \text{ si } t_{\text{Estac.}} \neq 0$$

Estado estacionario sensible al enlace

Según una realización, se describe un modo de estado estacionario sensible al enlace, en el cual el cliente sondea el enlace buscando un ancho de banda adicional para descargar las tramas de vídeo más rápido sin comprometer la calidad. El ancho de banda adicional disponible está determinado por la relación del rendimiento promedio de la capa física

5

$$R_i^{\text{PHY-Prom.}}$$

y el nivel de representación elegido

$$Q_i^{\text{sup}}$$

es decir,

$$\gamma_i = \frac{R_i^{\text{PHY-Prom.}}}{b_{Q_i^{\text{sup}}}}$$

10

Si hay ancho de banda del enlace adicional disponible, se puede solicitar más de un segmento por duración de segmento de modo que se pueda construir el búfer para evitar futuros realmacenamientos. Para conseguir esto,  $\gamma_i$  se puede establecer para superar un cierto umbral, es decir,  $\gamma_i \geq 1 + \alpha$ ,

15

donde redondeamiento( $\gamma_i$ ) representa el número posible de segmentos que se pueden descargar en el siguiente intervalo de trama con la tasa de adaptación actual y las condiciones del enlace. Al mismo tiempo, si se solicita un mayor número de segmentos y las condiciones del enlace inalámbrico empeoran, entonces la adaptación de la tasa de vídeo es redundante. Por consiguiente, se pueden establecer condiciones adicionales para solicitar segmentos de vídeo adicionales durante el estado estacionario. En primer lugar, se puede determinar que el rendimiento del enlace está en una fase creciente y no en una fase decreciente:

20

$$R_i^{\text{PHY-Prom.}} \geq R_{i-1}^{\text{PHY-Prom.}}$$

En segundo lugar, se puede proporcionar una opción para poner un límite en el número total de tramas de vídeo solicitadas que aún no se han recibido, es decir, podemos limitar  $E_i$  de modo que no solicitemos demasiados segmentos de vídeo sin recibirlos, es decir,

$$N_i + E_i \leq E_{\text{máx}},$$

25

donde  $E_{\text{máx}}$  representa un límite superior que se establece en  $E_i$ .

Entonces el par  $(N_i, Q_i)$  solicitado al final del intervalo de trama  $i$  en el estado estacionario sensible al enlace se puede determinar de la siguiente manera:

Algoritmo de estado estacionario sensible al enlace

```

Qi = Qisup // la mejor calidad posible se puede elegir en estado estacionario
si (Si-1 ≠ 2) //si el estado anterior no es estado estacionario
    Ni = min(Emax - Ei , Sseg )
    tEstac. = 0
sino si (Si-1 = 2) //si el estado del intervalo de trama anterior también es
    estacionario
    tEstac. = mod(tEstac.+1,Sseg)
    si (tEstac. = 0)
        si (( RiPHY-Prom ≥ Ri-1PHY-Prom ) y (γi ≥ 1 + α))
            Ni = min( Emax - Ei , redond.(γi) Sseg )
        sino
            Ni = min(Emax - Ei , Sseg )
    fin
sino
    Ni = 0
fin

```

Adaptación en los estados transitorios y de realmacenamiento sensibles al enlace

Los estados transitorios y de realmacenamiento representan estados en los que el nivel de búfer del cliente es bajo. El objetivo es construir el nivel del búfer hasta que el cliente opere en estado estacionario. Por consiguiente, los mismos conceptos utilizados para la adaptación de la tasa de arranque se pueden usar con diferentes umbrales en los niveles de trama y los requisitos de retraso para conseguir los estados transitorios y realmacenamiento deseados. El uso de la información del rendimiento útil de la capa física puede permitir solicitudes más exactas desde el dispositivo móvil al servidor web para segmentos de vídeo. Cuanto más exacto sea el rendimiento de nivel de enlace real proporcionado por la información del rendimiento útil de la capa física puede permitir que el búfer del cliente se llene a un nivel deseado más rápidamente de lo que puede ser posible con solo información del rendimiento de la capa superior.

Dispositivo de transmisión continua adaptativa sobre HTTP

1. Otro ejemplo proporciona la funcionalidad 800 de la circuitería informática de un dispositivo móvil operable para recibir transmisión continua adaptativa (HAS) sobre protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP), como se muestra en el diagrama de flujo en la FIG. 8. La funcionalidad puede implementarse como un procedimiento o la funcionalidad puede ejecutarse como instrucciones en una máquina, donde las instrucciones se incluyen en al menos un medio legible por ordenador o un medio de almacenamiento no transitorio legible por máquina. La circuitería informática se puede configurar para recibir un archivo de manifiesto para una transmisión continua adaptativa sobre HTTP desde un nodo, como en el bloque 810. La circuitería informática también se puede configurar para determinar el rendimiento útil de la capa física del dispositivo móvil con el nodo, como en el bloque 820. La circuitería informática puede configurarse además para seleccionar una representación en el archivo de manifiesto para un período seleccionado basándose, al menos en parte, en el rendimiento útil de la capa física, como en el bloque 830. La representación en el archivo de manifiesto se puede seleccionar basándose en el rendimiento útil de la capa física o las estimaciones de rendimiento de la capa superior, según las condiciones del canal, las condiciones del búfer u otras condiciones que se midan. Por ejemplo, al arranque del HAS, o cuando las condiciones del canal varían relativamente rápido, puede ser beneficioso utilizar la estimación del rendimiento útil de la capa física de un enlace de radio entre el dispositivo móvil y el nodo. Después del arranque, cuando las condiciones del canal son relativamente estables, o cuando el búfer está sustancialmente lleno, las estimaciones del

rendimiento de la capa superior se pueden usar en lugar del rendimiento útil de la capa física, como se ha analizado previamente.

2. En una realización, la circuitería informática del dispositivo móvil puede configurarse además para solicitar un número seleccionado de segmentos desde el nodo que están en la representación, basados, al menos en parte, en el rendimiento útil de la capa física. La circuitería informática puede seleccionar la representación para el período seleccionado basándose, al menos en parte, en uno de la estimación del rendimiento o el rendimiento útil de la capa física desde una capa de transporte o una estimación del rendimiento desde una capa de aplicación. La circuitería informática puede configurarse para determinar un rendimiento útil promedio de la capa física sobre un número seleccionado de intervalos de trama recibidos previamente; y solicitar un número seleccionado de segmentos a descargar desde el nodo dentro de un período predeterminado basándose en el rendimiento útil promedio de la capa física.

3. La circuitería informática del dispositivo móvil puede configurarse además para recibir parámetros de calidad de servicio (QoS) desde el nodo, incluida una tasa de bits máxima (MBR) y una tasa de bits garantizada (GBR); y solicitar un número seleccionado de segmentos del nodo basándose, al menos en parte, en el nivel de rendimiento útil de la capa física, el MBR y el GBR.

4. En otra realización, la circuitería informática del dispositivo móvil puede configurarse además para seleccionar, en un arranque de la transmisión continua adaptativa sobre HTTP: un número predeterminado de segmentos para llenar un búfer antes de operar la transmisión en el dispositivo móvil, basándose, al menos, en parte, en el rendimiento útil de la capa física; una representación para el período seleccionado y un número predeterminado de segmentos para proporcionar una calidad deseada de la transmisión continua adaptativa sobre HTTP en el dispositivo móvil, basándose, al menos en parte, en un rendimiento útil promedio de la capa física; una representación para el período seleccionado y un número predeterminado de segmentos para proporcionar un retraso de arranque minimizado en el dispositivo móvil basándose, al menos en parte, en el rendimiento útil promedio de la capa física; o una representación para el período seleccionado y un número predeterminado de segmentos para proporcionar una optimización de la calidad limitada por el retraso en el dispositivo móvil basándose, al menos en parte, en el rendimiento útil promedio de la capa física.

5. En otra realización, la circuitería informática del dispositivo móvil puede configurarse además para seleccionar la representación y solicitar un número seleccionado de segmentos durante una reproducción en estado estacionario de la transmisión continua adaptativa sobre HTTP mediante: la determinación de la relación del rendimiento útil promedio de la capa física y la representación seleccionada; y solicitar que se entregue más de un segmento por duración de segmento para construir un número de segmentos en un búfer del dispositivo móvil cuando el ancho de banda del enlace adicional esté disponible durante la reproducción en estado estacionario, basándose, al menos en parte, en el rendimiento útil promedio de la capa física.

6. La circuitería informática puede configurarse aún más para determinar que el rendimiento útil promedio de la capa física está aumentando antes de solicitar que se entregue más de un segmento por duración de segmento; y seleccionar el límite de un número de segmentos que se entregarán por duración de segmento durante la reproducción en estado estacionario.

7. El archivo de manifiesto para la transmisión continua adaptativa sobre HTTP puede ser una descripción de presentación de medios para un conjunto de adaptación de transmisión continua adaptativa dinámica sobre HTTP (DASH); o un metadatos integrado en un formato de archivo 3GP.

8. Procedimiento para recibir una transmisión continua adaptativa sobre HTTP

Otro ejemplo proporciona un procedimiento 900 para recibir la transmisión continua adaptativa sobre protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP) en un dispositivo móvil, tal como se muestra en el diagrama de flujo de la FIG. 9. El procedimiento puede ejecutarse como instrucciones en una máquina, circuitería informática, o un procesador para el dispositivo móvil (por ejemplo, UE), donde las instrucciones se incluyen en al menos un medio legible por ordenador o un medio de almacenamiento no transitorio legible por máquina. El procedimiento incluye la operación de recibir un archivo de manifiesto para una transmisión continua adaptativa sobre HTTP (HAS) desde un nodo, como en el bloque 910. Una operación adicional del procedimiento es determinar el rendimiento útil de la capa física del dispositivo móvil con el nodo, como en el bloque 920. El rendimiento útil de la capa física se puede medir en uno o más enlaces de radio que el dispositivo móvil utiliza para recibir la transmisión continua adaptativa sobre HTTP. Típicamente, se puede usar un único enlace de radio. Además, se puede usar la agregación de portadora en la que se pueden agregar dos o más enlaces de radio para proporcionar un ancho de banda adicional en la transmisión continua adaptativa sobre HTTP. En el caso de la agregación de portadora, se puede agregar el rendimiento útil de dos o más enlaces de radio. Una operación adicional del procedimiento es determinar una tasa de bits para solicitar el HAS o un nivel de calidad deseado para proporcionar el HAS basándose, al menos en parte, en el rendimiento útil de la capa física, como en el bloque 930.

La operación de determinar la tasa de bits en el procedimiento 900 puede comprender además la selección de una representación en el archivo de manifiesto para un período seleccionado basándose, al menos en parte, en el

rendimiento útil de la capa física; o solicitar un número seleccionado de segmentos del nodo que están en la representación, basándose, al menos en parte, en el rendimiento útil de la capa física. La operación de solicitar el número de segmentos desde el nodo puede comprender además el envío de una solicitud de obtención de HTTP desde el dispositivo móvil a un servidor web, en el que se selecciona una frecuencia de solicitudes de obtención de HTTP basándose, al menos en parte, en el rendimiento útil de la capa física.

El procedimiento 900 puede comprender además determinar un rendimiento útil promedio de capa física sobre un número seleccionado de intervalos de trama recibidos previamente; y solicitar un número adicional de segmentos que se van a entregar al dispositivo móvil por duración de segmento para construir un número de segmentos en un búfer del dispositivo móvil cuando el rendimiento útil promedio de la capa física está aumentando.

En otra realización, el procedimiento 900 comprende, además, utilizar la capa de transporte o la información del rendimiento de la capa de aplicación en lugar del rendimiento útil de la capa física para determinar la tasa de bits a solicitar en el HAS o el nivel de calidad deseado para proporcionar en el HAS basándose en una condición de enlace de un enlace de radio entre el dispositivo móvil y el nodo; un nivel de congestión de red del nodo; un estado del cliente; o una tasa a la que se llena un búfer del dispositivo móvil con el HAS.

Como se ha mencionado anteriormente, la información del rendimiento de la capa superior, por ejemplo, la capa de transporte o la información del rendimiento de la capa de aplicación, se puede utilizar después del arranque y cuando el enlace de radio es bastante estable. La red puede establecer los parámetros de QoS MBR/GBR basándose en los niveles de congestión de la red. La información del rendimiento de la capa física se puede utilizar cuando un aumento de un número de segmentos recibidos en el dispositivo móvil puede incrementarse en una cantidad umbral relativa al uso de la información de rendimiento de la capa superior.

En una realización, la información del rendimiento útil de la capa física se puede recibir periódicamente en un cliente que opera en el dispositivo móvil desde una interfaz de programación de aplicaciones (API) con un componente de radio del dispositivo móvil.

En otra realización, el procedimiento 900 puede comprender además la recepción de unos parámetros de calidad de servicio (QoS) desde el nodo, que incluyen una tasa de bits máxima (MBR) y una tasa de bits garantizada (GBR); y solicitar un número seleccionado de segmentos desde el nodo basándose, al menos en parte, en el rendimiento útil de la capa física, el MBR y el GBR.

El procedimiento 900 puede implementarse en al menos un medio de almacenamiento no transitorio legible por máquina que comprende una pluralidad de instrucciones que están adaptadas para ejecutarse para implementar el procedimiento.

Otro ejemplo proporciona la funcionalidad 1000 de la circuitería informática de un equipo de usuario (UE) operable para realizar la adaptación de transmisión continua sensible al enlace, como se muestra en el diagrama de flujo en la FIG. 10. La funcionalidad puede implementarse como un procedimiento o la funcionalidad puede ejecutarse como instrucciones en una máquina, donde las instrucciones se incluyen en al menos un medio legible por ordenador o un medio de almacenamiento no transitorio legible por máquina. La circuitería informática puede configurarse para determinar una estimación del rendimiento útil de capa física y del rendimiento de la capa superior para un enlace de datos del UE con un servidor web, como en el bloque 1010. La circuitería informática puede configurarse para recibir un archivo de manifiesto en una transmisión continua adaptativa sobre HTTP (HAS) del servidor web, como en el bloque 1020. La circuitería informática puede configurarse además para determinar si se debe utilizar la estimación del rendimiento útil de la capa física o del rendimiento de la capa superior basándose en las condiciones de enlace de radio del enlace de datos como en el bloque 1030. La circuitería informática puede configurarse además para seleccionar un número de tramas y un nivel de representación en el HAS, basándose en el rendimiento útil de la capa física seleccionada o la estimación del rendimiento de la capa superior, en el que  $N_i$  y  $Q_i$  respectivamente, representan el número de tramas y el nivel de representación solicitado, como en el bloque 1040.

La circuitería informática de la FIG. 10 puede configurarse aún más para realizar un arranque con calidad optimizada seleccionando la tasa de adaptación del siguiente vídeo disponible cuando haya suficiente ancho de banda disponible basándose en el rendimiento útil de la capa física. En una realización, la circuitería informática se puede configurar para seleccionar el número de tramas  $Q_i$ , y el nivel de representación  $N_i$  para optimizar la calidad del HAS durante el arranque, utilizando:

$$\left. \begin{aligned} Q_i &= \min(Q_{i-1} + 1, Q_i^{\text{sup}}) && \text{si } (\delta_i \geq (1 + \alpha)) \\ Q_i &= \min(Q_{i-1}, Q_i^{\text{sup}}) && \text{en caso contrario} \\ N_i &= S_{\text{seg}} \end{aligned} \right\} \text{s.t. } A_i \leq A_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}}$$

donde

$$\delta_i = \frac{R_i^{\text{PHY-Prom.}}}{b_{\min(Q_{i-1}+1, Q_i^{\text{sup}})}}, R_i^{\text{PHY-Prom.}} = \frac{1}{T} \sum_{t=0}^{T-1} R_{i-t}^{\text{PHY}}, R_i^{\text{PHY}} = \frac{X_i}{\tau},$$

$X_i$  es el número de bits recibidos correctamente en un intervalo de trama de vídeo  $i$ ;  $\tau$  es la duración de una trama de vídeo,  $T$  es el número de intervalos de tramas;  $S_{\text{seg}}$  es el número de tramas en un segmento;  $b$  es la tasa de descarga del nivel de representación de vídeo;  $A_i$  es el número total de tramas de vídeo recibidas por el UE antes de que el UE realice una solicitud en el intervalo de trama  $i$ ;

$A_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}}$

es el número umbral de tramas de vídeo que se recibirán antes de que se visualice el HAS;  $\delta_i$  representa una relación entre el rendimiento promedio estimado de la capa física y la tasa del siguiente nivel de representación de vídeo posible, y  $\alpha > 0$  es un parámetro de diseño utilizado para establecer un umbral  $(1+\alpha)$  en la relación  $\delta_i$ .

La circuitería informática de la FIG. 10 se puede configurar además para seleccionar el número de tramas  $Q_i$ , y el nivel de representación,  $N_i$ , para limitar un retraso del HAS con un nivel de calidad seleccionado en el arranque, utilizando:

$$Q_i = \arg \max_k b_k ; f_k \leq F_i^{\min} \quad \text{para } k=1,2,\dots,N$$

$$N_i = 1$$

donde  $b_k$  es una tasa de bits de representación a  $k$  del HAS,

$$f_k = \frac{R_i^{\text{PHY-Prom.}}}{b_k \cdot \tau}, R_i^{\text{PHY-Prom.}} = \frac{1}{T} \sum_{t=0}^{T-1} R_{i-t}^{\text{PHY}}, R_i^{\text{PHY}} = \frac{X_i}{\tau},$$

$X_i$  es el número de bits recibidos correctamente en un intervalo de trama de vídeo  $i$ ,  $\tau$  es la duración de una trama de vídeo,  $T$  es el número de intervalos de tramas,

$$F_i^{\min} = \frac{\# \text{Tramas requeridas}}{\text{Tiempo disponible}} = \frac{B_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}} - B_i}{\max(T_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}} - i \cdot \tau, \tau)},$$

$B_i$  es el nivel de búfer de la trama de vídeo actual,

$B_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}}$

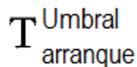
es el número umbral de tramas para iniciar la reproducción del HAS, y

$T_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}}$

es el tiempo objetivo para iniciar la reproducción. Los valores umbral

$B_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}}$

y



pueden seleccionarse para obtener una compensación entre la calidad de vídeo y un retraso del arranque.

La FIG. 11 proporciona una ilustración de ejemplo del dispositivo móvil, como puede ser un equipo de usuario (UE), una estación móvil (MS), un dispositivo móvil inalámbrico, un dispositivo de comunicación móvil, una tableta, un auricular telefónico u otro tipo de dispositivo inalámbrico. El dispositivo inalámbrico puede incluir una o más antenas configuradas para comunicarse con una estación de transmisión continua, como una estación base (BS), un nodo B evolucionado (eNB), una unidad de banda base (BBU), un cabezal de radio remoto (RRH), un equipo de radio remoto (RRE), una estación retransmisora (RS), un equipo de radio (RE), una unidad de radio remota (RRU), un módulo de procesamiento central (CPM) u otro tipo de punto de acceso a la red de área amplia inalámbrica (WWAN). El dispositivo inalámbrico puede configurarse para comunicarse mediante, al menos, un estándar de comunicación inalámbrica que incluye LTE 3GPP, WiMAX, acceso de paquetes a alta velocidad (HSPA), Bluetooth y WiFi. El dispositivo inalámbrico puede comunicarse mediante antenas separadas para cada estándar de comunicación inalámbrica o antenas compartidas para múltiples estándares de comunicación inalámbrica. El dispositivo inalámbrico puede comunicarse en una red inalámbrica de área local (WLAN), una red de área personal inalámbrica (WPAN) y/o una WWAN.

La FIG. 11 también proporciona una ilustración de un micrófono y uno o más altavoces que pueden utilizarse para la entrada y salida de audio desde el dispositivo inalámbrico. La pantalla de visualización puede ser una pantalla de pantalla de cristal líquido (LCD) u otro tipo de pantalla como una pantalla de diodo emisor de luz orgánico (OLED). La pantalla de visualización se puede configurar como una pantalla táctil. La pantalla táctil puede usar tecnología capacitiva, resistiva u otro tipo de tecnología de pantalla táctil. Un procesador de aplicaciones y un procesador de gráficos se pueden acoplar a la memoria interna para proporcionar capacidades de procesamiento y visualización. Un puerto de memoria no volátil también se puede usar para proporcionar opciones de entrada/salida de datos a un usuario. El puerto de memoria no volátil también puede usarse para ampliar las capacidades de memoria del dispositivo inalámbrico. Un teclado puede integrarse con el dispositivo inalámbrico o conectarse de forma inalámbrica con el dispositivo inalámbrico para proporcionar una entrada de usuario adicional. También se puede proporcionar un teclado virtual mediante la pantalla táctil.

Varias técnicas, o ciertos aspectos o partes de las mismas, pueden tomar la forma de código de programa (es decir, instrucciones) materializadas en medios tangibles, como disquetes, disco compacto-memoria de solo lectura (CD-ROM), discos duros, medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio, o cualquier otro medio de almacenamiento legible por máquina en el que, cuando el código de programa se carga y ejecuta por una máquina, tal como un ordenador, la máquina se convierte en un aparato que pone en práctica las diversas técnicas. La circuitería puede incluir hardware, firmware, código de programa, código ejecutable, instrucciones de ordenador y/o software. Un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio puede ser un medio de almacenamiento legible por ordenador que no incluye señal. En el caso de que la ejecución de código de programa en ordenadores programables, el dispositivo informático puede incluir un procesador, un medio de almacenamiento legible por el procesador (que incluye elementos de memoria y/o almacenamiento volátiles y no volátiles), al menos un dispositivo de entrada y al menos un dispositivo de salida. La memoria volátil y no volátil y/o los elementos de almacenamiento pueden ser una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura programable borrable (EPROM), una unidad flash, una unidad óptica, una unidad de disco duro magnética, una unidad de estado sólido u otro medio para el almacenamiento de datos electrónicos. El nodo y el dispositivo inalámbrico también pueden incluir un módulo transceptor (es decir, un transceptor), un módulo contador (es decir, un contador), un módulo de procesamiento (es decir, un procesador) y/o un módulo de reloj (es decir, un reloj) o un módulo temporizador (es decir, temporizador). Uno o más programas que pueden implementar o utilizar las diversas técnicas descritas en la presente memoria pueden usar una interfaz de programación de aplicaciones (API por sus siglas en inglés), controles reutilizables y similares. Dichos programas pueden ser implementados en un lenguaje de programación de procedimientos de alto nivel u orientado a objetos que se comunica con un sistema informático. Sin embargo, los programas se pueden implementar en el lenguaje ensamblador o máquina, si se desea. En cualquier caso, el lenguaje puede ser un lenguaje compilado o interpretado, y combinado con implementaciones de hardware.

Debe entenderse que muchas de las unidades funcionales descritas en esta memoria descriptiva se han etiquetado como módulos a fin de enfatizar más particularmente la independencia de su implementación. Por ejemplo, un módulo puede implementarse como un circuito de hardware que comprende circuitos de integración a escala muy grande (VLSI) personalizados o matrices de compuertas, semiconductores comerciales tales como chips lógicos, transistores u otros componentes discretos. Un módulo también puede implementarse en dispositivos de hardware programable tal como las matrices de puertas programables por campo, lógica de matriz programable, dispositivos lógicos programables o similares.

Los módulos también pueden implementarse en software para su ejecución por diversos tipos de procesadores. Un módulo identificado de código ejecutable puede, por ejemplo, comprender uno o más bloques físicos o lógicos de instrucciones para ordenador que pueden, por ejemplo, organizarse como un objeto, procedimiento o función. Sin embargo, los ejecutables de un módulo identificado no necesitan estar físicamente ubicados juntos, sino que pueden

comprender instrucciones dispares almacenadas en diferentes ubicaciones que, cuando se unen lógicamente entre sí, comprenden el módulo y consiguen el propósito establecido para el módulo.

5 De hecho, un módulo de código ejecutable puede ser una única instrucción, o muchas instrucciones, e incluso se puede distribuir en diversos segmentos de código diferentes, entre diferentes programas y en diversos dispositivos de memoria. De manera similar, los datos operativos pueden identificarse e ilustrarse en la presente memoria dentro de módulos, y pueden materializarse de cualquier forma adecuada y organizarse dentro de cualquier tipo adecuado de estructura de datos. Los datos operativos pueden recopilarse como un solo conjunto de datos, o pueden distribuirse en diferentes ubicaciones, incluso en diferentes dispositivos de almacenamiento, y pueden existir, al menos parcialmente, meramente como señales electrónicas en un sistema o red. Los módulos pueden ser pasivos o 10 activos, incluidos los agentes operativos que ejecutan las funciones deseadas.

Las referencias en esta memoria descriptiva a "un ejemplo" o "ejemplar" significa que una función, estructura o característica particular descrita en relación con el ejemplo se incluye en, al menos, una realización de la presente invención. Así, cuando aparecen frases como "en un ejemplo" o la palabra "ejemplar" en diversos lugares de esta memoria descriptiva, no se refieren todas necesariamente a la misma realización.

15 Como se emplea en esta memoria, una pluralidad de puntos, elementos estructurales, elementos de composición y/o materiales se pueden presentar en una lista común por conveniencia. Sin embargo, estas listas deben interpretarse como si cada componente de la lista se identifica individualmente como un componente separado y único. Por lo tanto, ningún componente individual de dicha lista debe interpretarse como un equivalente de facto de ningún otro componente de la misma lista basándose solamente en su presentación en un grupo común sin 20 indicaciones contrarias. Además, se pueden hacer referencia a diversas realizaciones y ejemplos de la presente invención en la presente memoria junto con alternativas para los diversos componentes de las mismas. Se entiende que dichas realizaciones, ejemplos y alternativas no deben interpretarse como equivalentes de facto entre sí, sino que se deben considerar como representaciones separadas y autónomas de la presente invención.

25 Por otro lado, las funciones, estructuras o características descritas pueden combinarse de cualquier manera adecuada en una o más realizaciones. En la siguiente descripción, se proporcionan numerosos detalles concretos, tales como ejemplos de diseños, distancias, ejemplos de redes, etc. que proporcionan una comprensión completa de las realizaciones de la invención. Una persona experta en la técnica pertinente, sin embargo, reconocerá fácilmente que la invención puede ponerse en práctica sin uno o más de los detalles concretos o con otros procedimientos, componentes, diseños, etc. En otros casos, las estructuras, materiales u funcionamientos bien conocidas no se muestran o se describen en detalle para evitar la ocultación de aspectos de la invención. 30

Aunque los ejemplos anteriores son ilustrativos de los principios de la presente invención, en una o más aplicaciones particulares, será evidente para las personas con experiencia ordinaria en la técnica que se pueden hacer numerosas modificaciones en la forma, el uso y los detalles de la implementación sin el ejercicio de facultades inventivas, y sin apartarse de los principios y conceptos de la invención. Por consiguiente, no se pretende que la invención esté limitada, excepto por las reivindicaciones que se exponen a continuación. 35

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo móvil operable para recibir transmisión continua adaptativa sobre protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP), HAS, que tiene circuitería informática configurada para:
- 5 recibir un archivo de manifiesto para una transmisión continua adaptativa sobre HTTP desde un nodo, en el que el archivo de manifiesto es una descripción de presentación de medios para transmisión continua adaptativa sobre HTTP, DASH, un conjunto de adaptación o un metadatos integrado en un formato de archivo;
- 10 seleccionar una tasa correspondiente a un rendimiento útil de la capa física del dispositivo móvil con el nodo, si una tasa determinada a partir de la información del segmento es mayor que dicha tasa correspondiente al rendimiento útil de la capa física, y seleccionar dicha tasa determinada a partir de la información del segmento en caso contrario, en el que la información de segmento Incluye información de inicialización y datos reales del segmento de medios.
2. La circuitería informática de la reivindicación 1, en la que la circuitería informática está configurada además para:
- solicitar un número seleccionado de segmentos del nodo que estén en la representación, basándose, al menos en parte, en el rendimiento útil de la capa física; o
- 15 seleccionar la representación para el período seleccionado basándose, al menos en parte, en uno de la estimación del rendimiento o el rendimiento útil de la capa física desde la capa de transporte o una estimación del rendimiento a partir desde una capa de aplicación.
3. La circuitería informática de la reivindicación 1, en la que la circuitería informática está configurada además para:
- determinar un rendimiento útil promedio de la capa física sobre un número seleccionado de intervalos de trama recibidos previamente; y
- 20 solicitar la descarga de un número seleccionado de segmentos desde el nodo dentro de un período predeterminado basándose en el rendimiento útil promedio de la capa física.
4. La circuitería informática de la reivindicación 1, en la que la circuitería informática está configurada además para:
- recibir los parámetros calidad de servicio, QoS, desde el nodo, incluida una tasa de bits máxima, MBR y una tasa de bits garantizada, GBR; y
- 25 solicitar un número seleccionado de segmentos del nodo basándose, al menos en parte, en el rendimiento útil de la capa física, el MBR y el GBR.
5. La circuitería informática de la reivindicación 1 en el que la circuitería informática está configurada para:
- seleccionar, en un arranque de la transmisión continua adaptativa sobre HTTP:
- 30 un número predeterminado de segmentos para llenar un búfer antes de operar la transmisión continua en el dispositivo móvil, basándose, al menos en parte, en el rendimiento útil de la capa física;
- una representación para el período seleccionado y un número predeterminado de segmentos para proporcionar una calidad deseada de la transmisión continua adaptativa sobre HTTP en el dispositivo móvil, basándose, al menos en parte, en un rendimiento útil promedio de la capa física;
- 35 una representación para el período seleccionado y un número predeterminado de segmentos que proporcionan un retraso de arranque minimizado en el dispositivo móvil basándose, al menos en parte, en el rendimiento útil promedio de la capa física; o
- una representación para el período seleccionado y un número predeterminado de segmentos que proporcionan una optimización con calidad limitada por el retraso en el dispositivo móvil basándose, al menos en parte, en el rendimiento útil promedio de la capa física.
- 40 6. La circuitería informática de la reivindicación 1 en el que la circuitería informática está configurada además para:
- seleccionar la representación y solicitar un número seleccionado de segmentos durante una reproducción en estado estacionario de la transmisión continua adaptativa sobre HTTP:
- determinando una relación de un promedio del rendimiento útil de la capa física y la representación seleccionada; y
- 45 solicitando que se entregue más de un segmento por duración de segmento para construir un número de segmentos en un búfer del dispositivo móvil cuando está disponible ancho de banda del enlace adicional durante la reproducción en estado estacionario, basándose, al menos en parte, en el rendimiento útil promedio de la capa física.

7. La circuitería informática de la reivindicación 1 a 5, en la que la circuitería informática está configurada además para:
- determinar que el rendimiento útil promedio de la capa física está aumentando antes de solicitar que se entregue más de un segmento por segmento de duración; y
- 5 seleccionar un límite en un número de segmentos que se van a entregar por duración del segmento durante la reproducción en estado estacionario.
8. Un procedimiento para recibir transmisión continua adaptativa sobre protocolo de transferencia de hipertexto, HTTP, en un dispositivo móvil, que comprende:
- 10 recibir un archivo de manifiesto para una transmisión continua adaptativa sobre HTTP (HAS) desde un nodo, en el que el archivo de manifiesto es una descripción de presentación de medios para transmisión continua adaptativa sobre HTTP, DASH, un conjunto de adaptación o un metadatos integrado en un formato de archivo;
- determinar un rendimiento útil de la capa física del dispositivo móvil con el nodo; y
- 15 seleccionar una tasa correspondiente al rendimiento útil de la capa física del dispositivo móvil con el nodo, si una tasa determinada a partir de la información del segmento es mayor que dicha tasa correspondiente al rendimiento útil de la capa física, y seleccionar dicha tasa determinada a partir de la información del segmento en caso contrario, incluida la información de inicialización y los datos del segmento de medios reales;
- determinar una tasa de bits para solicitar el HAS o un nivel de calidad deseado para proporcionar el HAS basándose, al menos en parte, en el rendimiento útil de la capa física.
9. El procedimiento de la reivindicación 8 en el que determinar la tasa de bits además comprende:
- 20 seleccionar una representación en el archivo de manifiesto para un período seleccionado basándose, al menos en parte, en el rendimiento útil de la capa física.
- solicitar un número seleccionado de segmentos del nodo que estén en la representación, basándose, al menos en parte, en el rendimiento útil de la capa física,
- 25 en el que la solicitud del número de segmentos desde el nodo puede comprender además el envío de una solicitud de obtención de HTTP desde el dispositivo móvil a un servidor web, en el que se selecciona una frecuencia de solicitudes de obtención de HTTP basándose, al menos en parte, en el rendimiento útil de la capa física.
10. El procedimiento de la reivindicación 8 que además comprende:
- determinar un rendimiento útil promedio de la capa física sobre un número seleccionado de intervalos de trama recibidos previamente; y
- 30 solicitar un número adicional de segmentos que se van a entregar al dispositivo móvil por duración de segmento para construir un número de segmentos en un búfer del dispositivo móvil cuando el rendimiento útil promedio de la capa física aumenta
11. El procedimiento de la reivindicación 8 que además comprende:
- 35 recibir periódicamente la información del rendimiento útil de la capa física en un cliente que opera en el dispositivo móvil desde una interfaz de programación de aplicaciones, API, con un componente de radio del dispositivo móvil; o
- utilizar la capa de transporte o la información del rendimiento de la capa de aplicación en lugar del rendimiento útil de la capa física para determinar la tasa de bits a solicitar en el HAS o el nivel de calidad deseado para proporcionar el HAS basándose en:
- una condición de enlace entre el dispositivo móvil y el nodo;
- 40 un nivel de congestión de red del nodo;
- un estado del cliente; o
- una tasa a la que se llena un búfer del dispositivo móvil con el HAS.
12. El procedimiento de las reivindicaciones 8 a 11 que además comprende:
- 45 recibir los parámetros calidad de servicio, QoS, desde el nodo, incluida una tasa de bits máxima, MBR y una tasa de bits garantizada, GBR; y

solicitar un número seleccionado de segmentos del nodo basándose, al menos en parte, en el rendimiento útil de la capa física, el MBR y el GBR.

13. Un equipo de usuario, UE, operable para realizar una adaptación de la transmisión continua sensible al enlace, que tiene circuitería informática configurada para:

- 5 determinar un rendimiento útil de capa física y una estimación de rendimiento de la capa superior para un enlace de datos del UE con un servidor web;

recibir un archivo de manifiesto para una transmisión continua adaptativa sobre HTTP, HAS, desde el servidor web;

- 10 seleccionar una tasa correspondiente al rendimiento útil de la capa física del dispositivo móvil con el nodo, si una tasa determinada a partir de la información del segmento es mayor que dicha tasa correspondiente al rendimiento útil de la capa física, y

seleccionar dicha tasa determinada a partir de la información de segmento de lo contrario, en el que la información de segmento incluye información de inicialización y los datos del segmento de medios reales.

14. La circuitería informática de la reivindicación 13 en la que la circuitería informática está además configurada para:

- 15 realizar un arranque con calidad optimizada seleccionando la tasa de adaptación del siguiente vídeo disponible cuando haya suficiente ancho de banda disponible basándose en el rendimiento útil de la capa física; o

seleccionar el número de tramas  $Q_i$ , y el nivel de representación  $N_i$  para optimizar la calidad del HAS durante el arranque, utilizando:

$$\left. \begin{aligned} Q_i &= \min(Q_{i-1} + 1, Q_i^{\text{sup}}) && \text{si } (\delta_i \geq (1 + \alpha)) \\ Q_i &= \min(Q_{i-1}, Q_i^{\text{sup}}) && \text{en caso contrario} \\ N_i &= S_{\text{seg}} \end{aligned} \right\} \text{ s.t. } A_i \leq A_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}}$$

20 donde

$$\delta_i = \frac{R_i^{\text{PHY-Prom.}}}{b \cdot \min(Q_{i-1} + 1, Q_i^{\text{sup}})}, \quad R_i^{\text{PHY-Prom.}} = \frac{1}{T} \sum_{t=0}^{T-1} R_{i-t}^{\text{PHY}}, \quad R_i^{\text{PHY}} = \frac{X_i}{\tau},$$

25  $X_i$  es el número de bits recibidos correctamente en un intervalo de trama de vídeo  $i$ ,  $\tau$  es la duración de la trama de vídeo,  $T$  es el número de intervalos de tramas,  $S_{\text{seg}}$  es el número de tramas en un segmento,  $b$  es la tasa de descarga del nivel de representación de vídeo,  $A_i$  es el número total de tramas de vídeo recibidas por el UE antes de que el UE realice una solicitud en el intervalo de trama  $i$ ,

$A_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}}$

es el número umbral de tramas de vídeo que se recibirán antes de que se visualice el HAS,  $\delta_i$  representa una relación entre el rendimiento promedio estimado de la capa física y la tasa del siguiente nivel de representación de vídeo posible, y  $\alpha > 0$  es un parámetro de diseño utilizado para establecer un umbral  $(1 + \alpha)$  en la relación  $\delta_i$ .

- 30 15. La circuitería informática de la reivindicación 13, configurado además para seleccionar un número de tramas  $Q_i$ , y el nivel de representación  $N_i$ , para limitar un retraso del HAS con un nivel de calidad seleccionado en el arranque, utilizando:

$$Q_i = \arg \max_k b_k ; f_k \leq F_i^{\text{mín}} \quad \text{para } k = 1, 2, \dots, N$$

$$N_i = 1$$

donde  $b_k$  es una tasa de bits de representación  $k$  del HAS,

$$f_k = \frac{R_i^{\text{PHY-Prom.}}}{b_k \cdot \tau}, \quad R_i^{\text{PHY-Prom.}} = \frac{1}{T} \sum_{t=0}^{T-1} R_{i-t}^{\text{PHY}}, \quad R_i^{\text{PHY}} = \frac{X_i}{\tau},$$

$X_i$  es el número de bits recibidos correctamente en un intervalo de trama de vídeo  $i$ ,  $\tau$  es la duración de la trama de vídeo,  $T$  es el número de intervalos de trama,

$$F_i^{\text{mín}} = \frac{\# \text{Tramas requeridas}}{\text{Tiempo disponible}} = \frac{B_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}} - B_i}{\max(T_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}} - i \cdot \tau, \tau)},$$

5  $B_i$  es el nivel de búfer del vídeo actual,

$B_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}}$

es un número umbral de tramas para iniciar la reproducción del HAS, y

$T_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}}$

es un tiempo objetivo para iniciar la reproducción,

10 en el que los valores umbral

$B_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}}$

y

$T_{\text{arranque}}^{\text{Umbral}}$

se seleccionan para obtener una compensación entre la calidad de vídeo y un retraso del arranque.

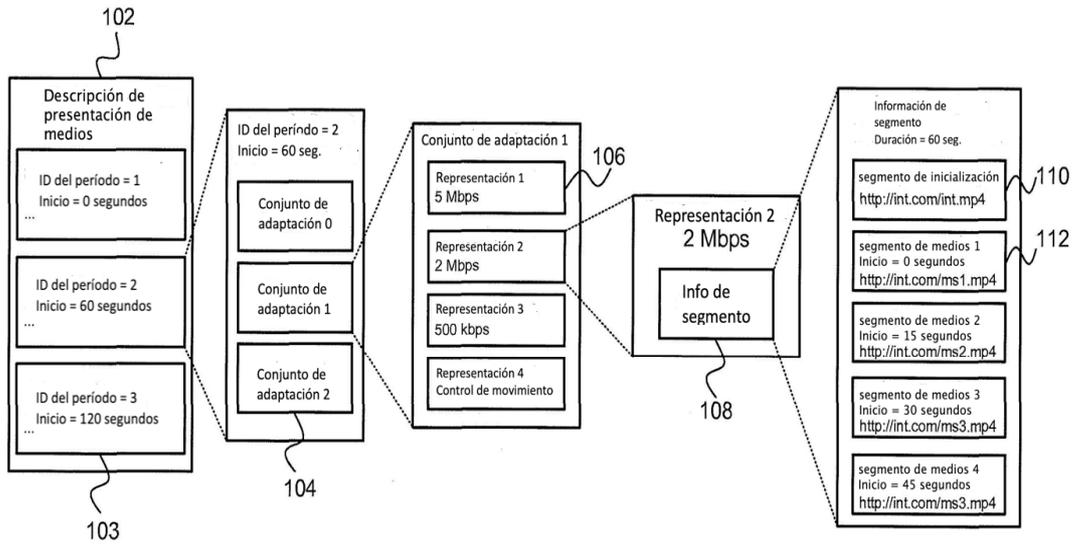


FIG. 1

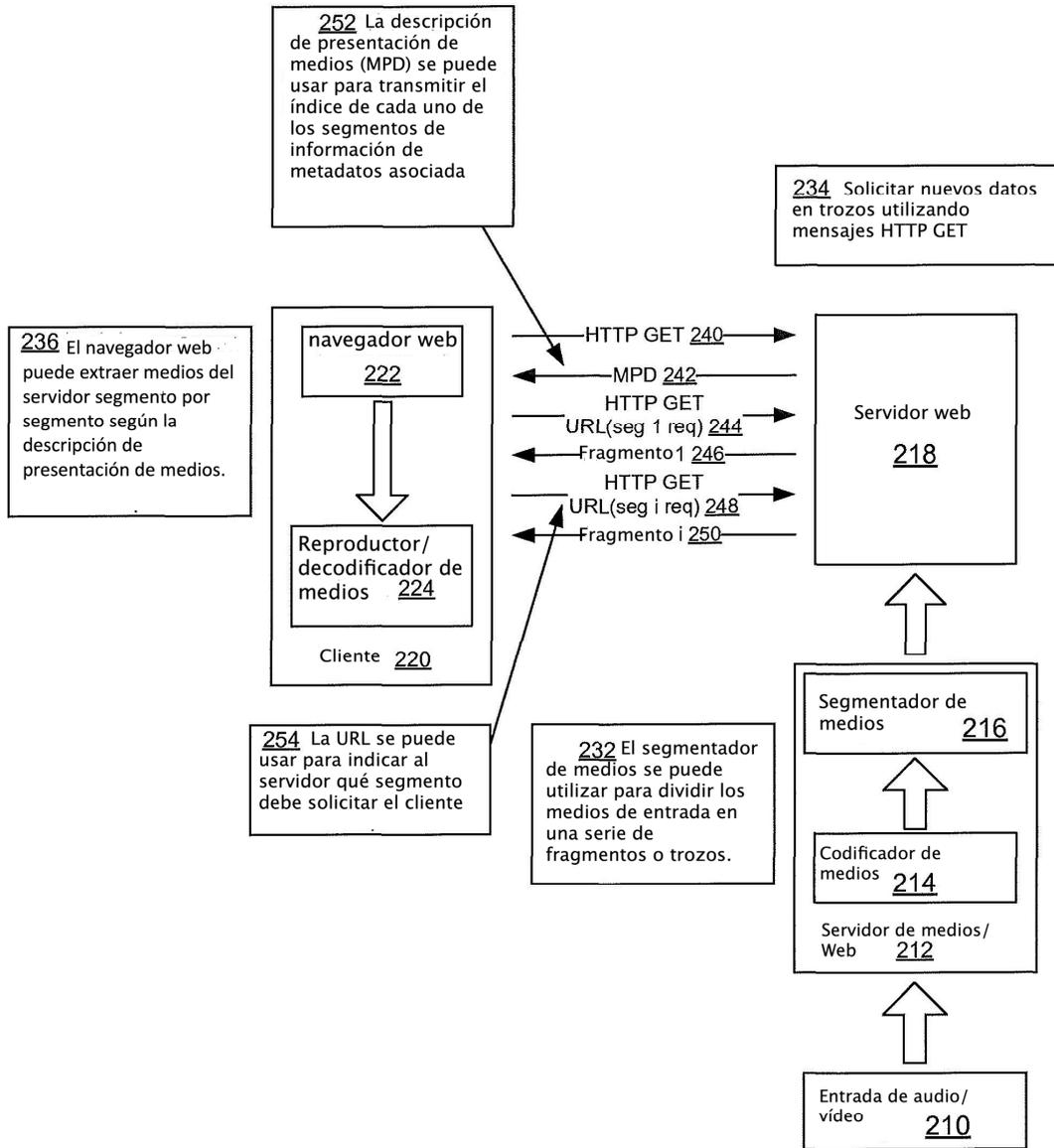


FIG. 2

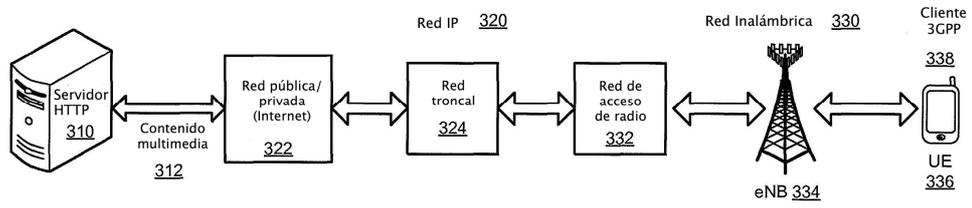


FIG. 3

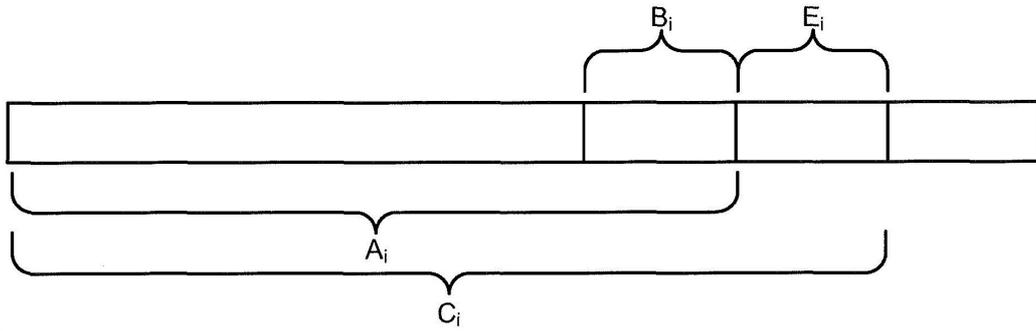


FIG. 4

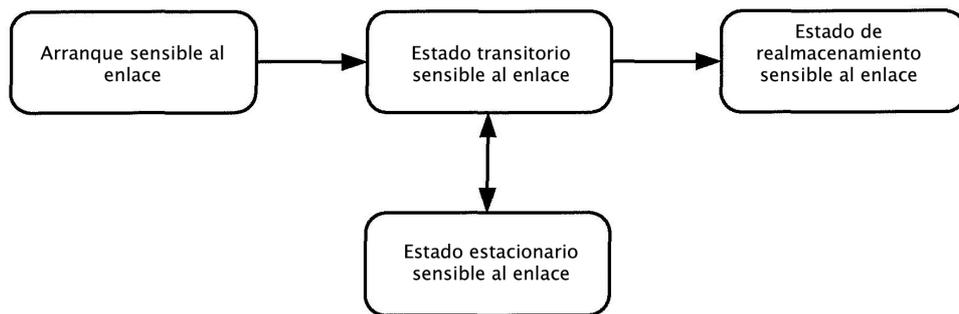


FIG. 5

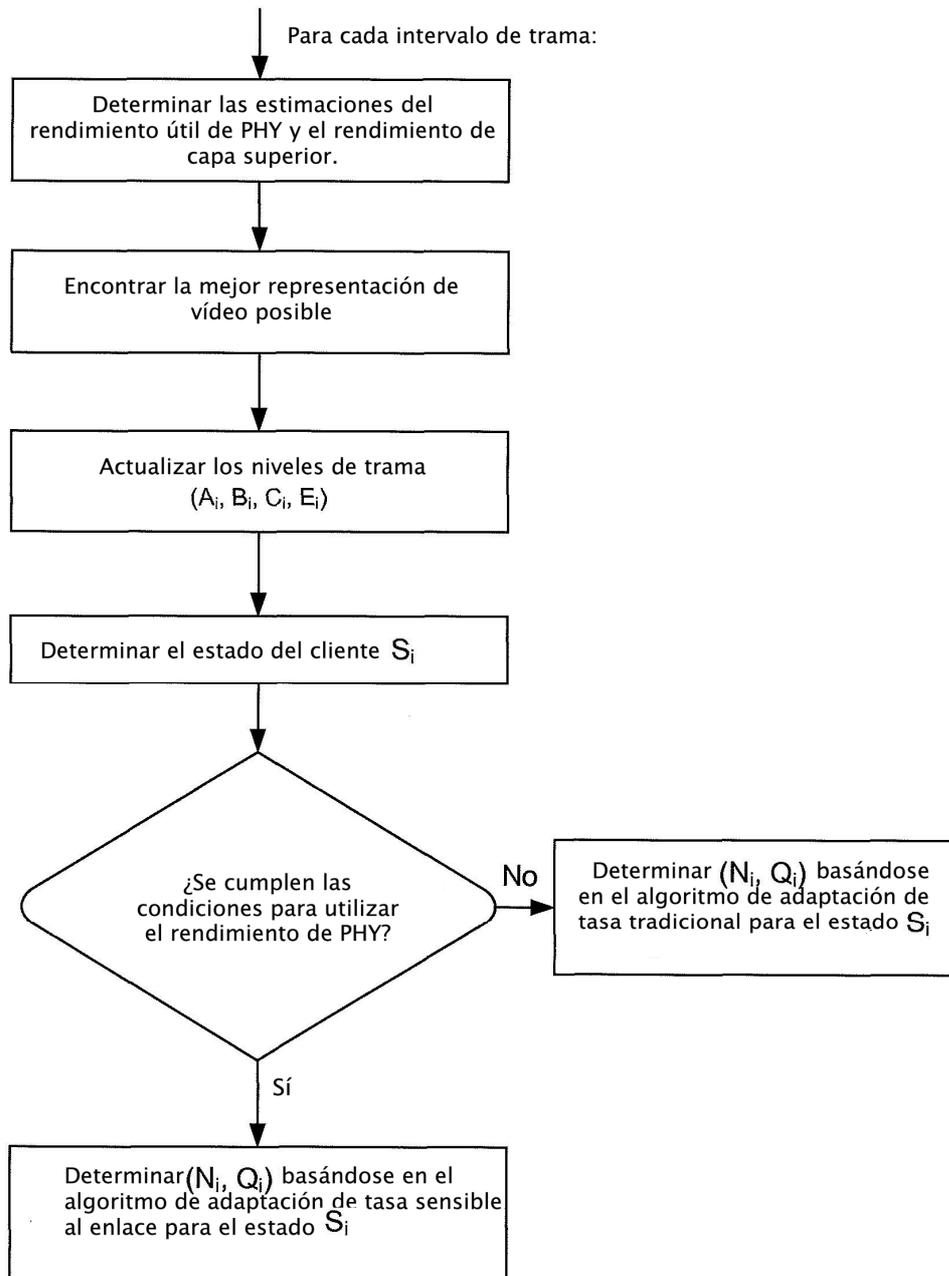
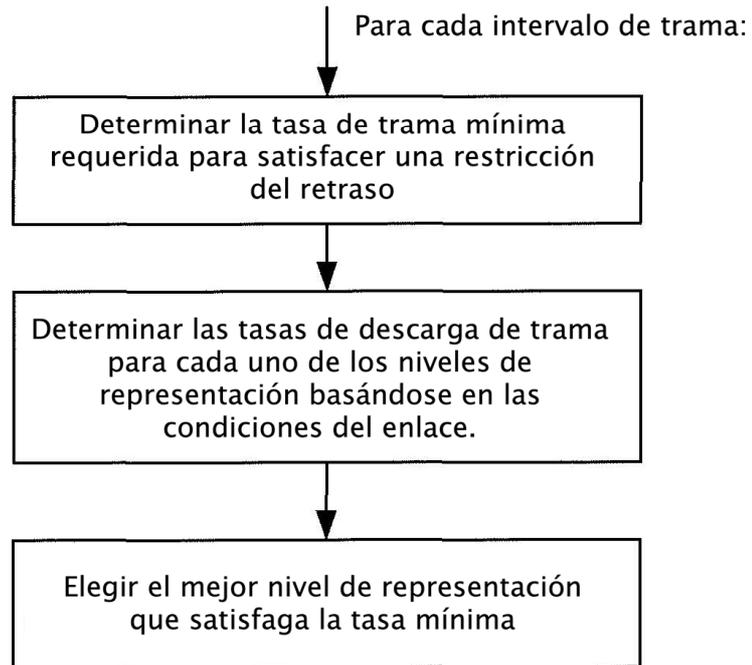


FIG. 6



**FIG. 7**

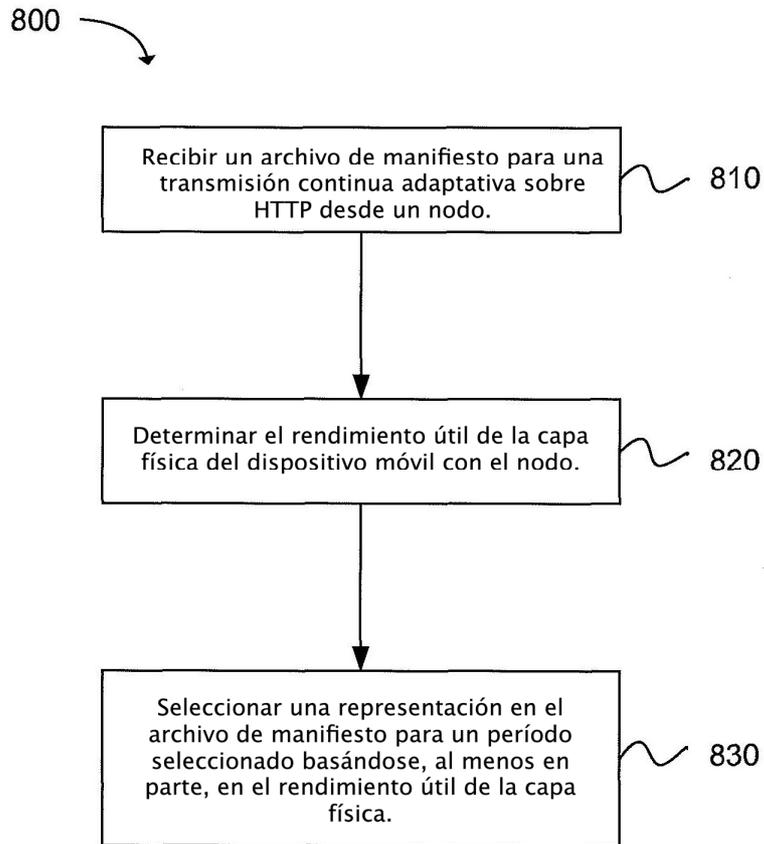


FIG. 8

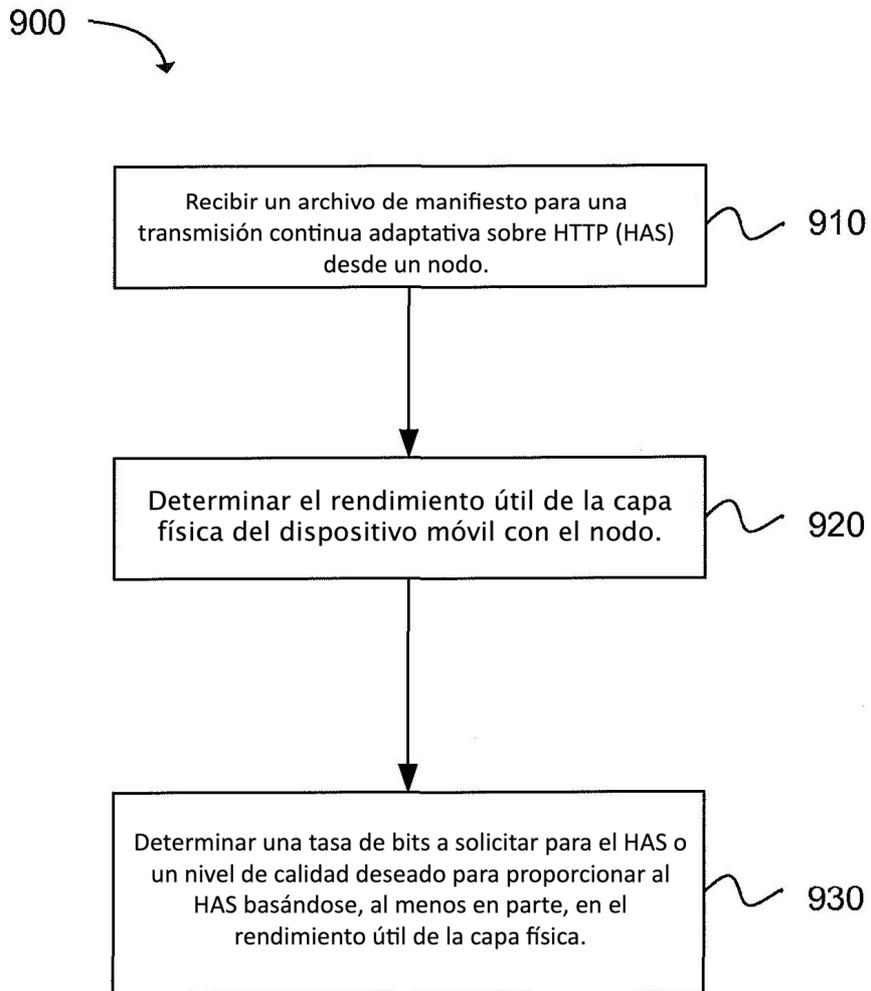


FIG. 9

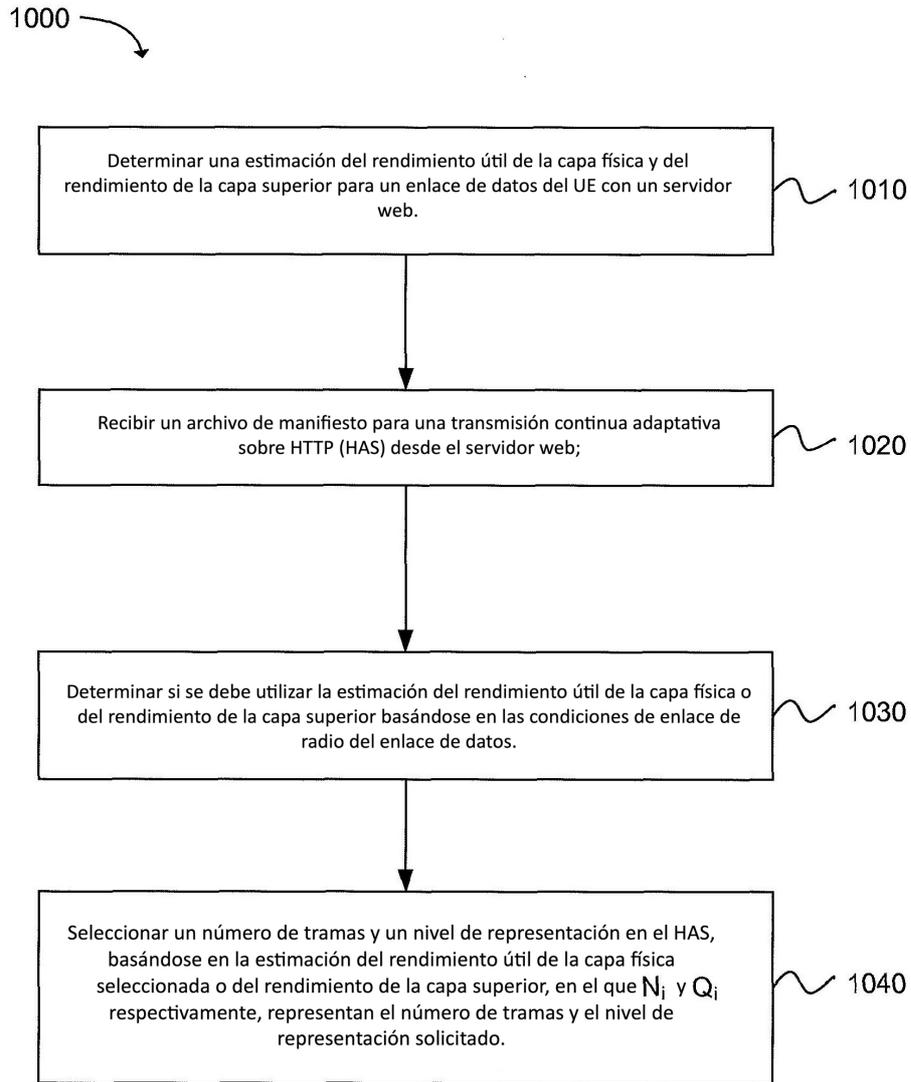


FIG. 10

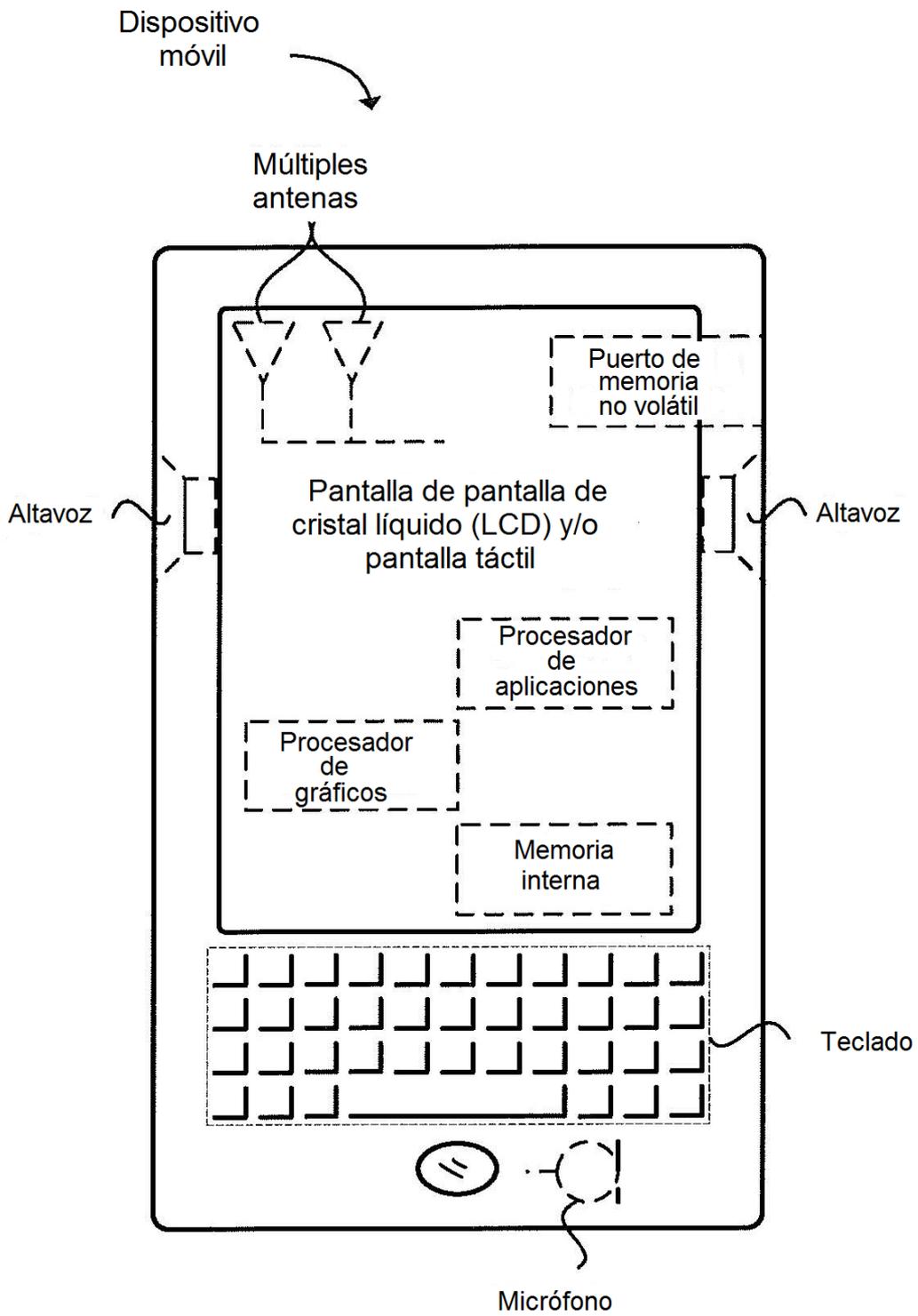


FIG. 11