



UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA



Análisis del funcionamiento de servicios *streaming*.

Elo322: Redes de Computadores

Cristóbal Águila Rebolledo

Axel Silva Guerra

Resumen

Para poder ver videos a través de internet, sin pérdida en la calidad de servicio ni interrupciones, se ha desarrollado un sistema de streaming con una robusta arquitectura. El contenido multimedia a transmitir generalmente contiene audio y video, los cuales deben ser separados, comprimidos por separados. A continuación los videos deben ser fragmentados y adaptados a las condiciones instantáneas de la red, para poder luego transmitir el segmento de audio y video sin sufrir pérdidas de datos ni retardos, lo cual iría en perjuicio de la calidad de presentación. Cuando el video llega al receptor, éste debe pasar por un control de calidad, que asegure que el video está en condiciones de ser mostrado, y que lo repare en caso contrario, que luego sincronice el audio con el video para finalmente ser mostrado al usuario. El control de flujo en el video puede ser manejado por emisor, el receptor o ambos, mediante distintos mecanismos. Los protocolos para el streaming de medios proveen servicios como el control del direccionamiento de red, transporte y sesión. Los protocolos serán descritos en 2 categorías, basados en pull y basados en push. En los protocolos basados en push, una vez que el servidor y el cliente han establecido una conexión, el servidor transmite paquetes al cliente hasta que éste último detiene, o interrumpe la sesión. En los protocolos de medios basados en pull, los medios del cliente están principalmente activos, es el cliente quien pide contenido desde al servidor. En cuanto a calidad de servicio la capa de aplicación tiene como principal objetivo evitar la congestión y maximizar la calidad del video a pesar de la pérdida de paquetes. Las técnicas de calidad de servicio incluyen control de congestión y control de errores.

Introducción

Cada vez que alguien desea escuchar una canción, o ver algún video, sabe que es cosa de buscar el contenido en alguno de los múltiples buscadores en internet y reproducir inmediatamente el video. Suena ridículo tener que esperar a que el video se descargue completamente antes de poder comenzar a ver el contenido. Sobre todo porque probablemente dicho video será visto una sola vez y luego eliminado del computador.

Hace no mucho tiempo, la única opción para poder reproducir un video transmitido por medio de alguna conexión de datos, era recibir el video completo y luego reproducirlo. Para esto era necesaria una conexión de datos confiable, sin pérdida de datos, lo que

asegura un gran tiempo de espera antes de poder reproducir el contenido deseado.

Hoy en día se puede ver un video sin tener que esperar a que se descargue, y reproducirlo de forma tan fluida como si estuviera almacenado en nuestro disco local. Todo esto gracias a como han ido evolucionando las diversas tecnologías de computación, compresión, redes de alta velocidad, entre otras. A éste tipo de servicio se le llama servicio de streaming, haciendo referencia a una corriente de datos que se envían unos a continuación de otros.

En este proyecto analizaremos, a groso modo, como han ido evolucionando los distintos protocolos utilizados en streaming, desde la capa de aplicación hasta la capa de red, para finalizar demostrando un servidor de streaming propio, el cual utiliza algunas de

las tecnologías y protocolos mencionados en el desarrollo.

Arquitectura del Streaming de Video

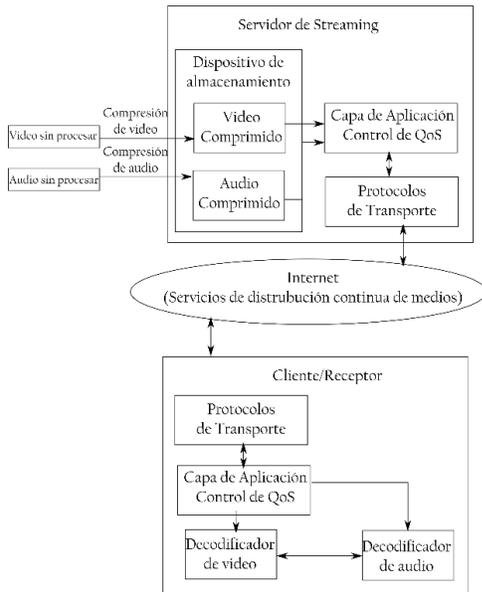


Ilustración 1 - Arquitectura de Streaming de Video

Como podemos apreciar en la Ilustración 1, el contenido que queremos transmitir está compuesto generalmente por audio y video. Éstos deben pasar por un proceso de compresión, para luego ser almacenados en el servidor de streaming. Cuando un cliente envía un requerimiento, la capa de aplicación del servidor de streaming, debe adaptar los paquetes a enviar, con los segmentos de audio y video, de acuerdo al estado de la red y a los requerimientos en cuanto a la calidad. Luego de esta adaptación, los protocolos de transporte crean paquetes a partir de los segmentos comprimidos de audio y video, para luego enviar estos paquetes a través de internet. Dichos paquetes pueden sufrir pérdida o experimentar un retardo excesivo dentro de internet debido a la congestión. Para mejorar la calidad de la transmisión de

audio y video, *servicios de distribución continua de medios*, como por ejemplo servicios de caché, están implementados en internet. Los paquetes que son enviados exitosamente al receptor, pasan en primer lugar por la capa de transporte y luego son procesados en la capa de aplicación, antes de ser decodificados por el decodificador de audio y video. Para asegurar la sincronización entre audio y video, es necesaria la implementación de *mecanismos de sincronización de medios*.

Protocolos para streaming de medios

Los protocolos son diseñados y estandarizados para la comunicación entre clientes y servidores de streaming. Los protocolos para el streaming de media proveen servicios como el control del direccionamiento de red, transporte y sesión. Los protocolos serán descritos en 2 categorías, basados en **pull** y basados en **push**.

Protocolos de streaming basados en push

En los protocolos basados en push, una vez que el servidor y el cliente han establecido una conexión, el servidor transmite paquetes al cliente hasta que éste último detiene, o interrumpe la sesión. Consecuentemente, en el streaming basado en Push, el servidor mantiene un estado de sesión con el cliente y escucha comandos de este con respecto a los cambios del estado de sesión.

El protocolo de streaming en tiempo real (RTSP) es uno de los protocolos más comunes usados en el streaming basado en push.

Los protocolos de streaming usualmente utilizan real-time transport protocol (RTP) los cuales corren en UDP, un protocolo sin ningún



mecanismo de control. Esto permite al servidor empujar paquetes al cliente a una tasa de bits que dependa de la implementación en la capa de aplicación en el cliente/servidor y no que dependa de la capa de transporte, haciendo del protocolo RTP (real-time transport protocol), un protocolo que se ajuste a los criterios de transmisión del mejor esfuerzo y redes con baja latencia.

El monitoreo del ancho de banda es realizado por el cliente, lo cual también computa distancias en la red, como lo es el RTT, la pérdida de paquetes y el colapso de la red. El cliente también puede usar esta información directamente para hacer decisiones sobre cuándo cambiar a un bitrate alto o bajo, o bien puede comunicar esta información junto sus niveles de buffer al servidor vía reportes y deja que el servidor tome esa decisión. Estos reportes son enviados vía RTCP.

Protocolos de medios basados en pull

En los protocolos de medios basados en pull, los medios del cliente están principalmente activos, es el cliente quien pide contenido desde al servidor. Por lo tanto, la respuesta del servidor depende del cliente, mientras que el cliente no sea ignorado, o bloqueado en dicho servidor. Consecuentemente, el bitrate por el cual el cliente recibe el contenido depende del cliente y del ancho de banda disponible en la red. Al igual que en el principal protocolo de descarga en internet, HTTP, el cual también es un protocolo común de entrega de contenido basado en pull.

La descarga progresiva es uno de los métodos más ampliamente utilizados en streaming basados pull. En la descarga progresiva, el cliente manda una solicitud HTTP al servidor

y empieza a recibir contenido tan rápido como es posible. Una vez que el cliente llena un nivel mínimo requerido en el buffer, este empieza a reproducir el media mientras continúa descargando contenido desde el servidor. Mientras la tasa de descarga no sea más pequeña que la tasa de reproducción, el buffer del cliente se mantiene a un nivel suficiente para continuar una reproducción ininterrumpida.

Calidad de servicio en la capa de Aplicación

En cuanto a calidad de servicio la capa de aplicación tiene como principal objetivo evitar la congestión y maximizar la calidad del video a pesar de la pérdida de paquetes. Las técnicas de calidad de servicio incluyen control de congestión y control de errores. Estas técnicas están empleadas en los sistemas terminales y no requieren que la red también provea de calidad de servicio.

Control de congestión.

La pérdida de datos y el retardo excesivo tienen un efecto devastador en la calidad de presentación del video, y generalmente están causados por congestión en la red. Por esta razón se hace necesario implementar mecanismos de control de congestión que ayuden a reducir la pérdida de paquetes y el retraso.

En general, en el streaming de video, el control de congestión toma la forma de control de tasas. El control de tasas intenta minimizar la posibilidad de congestión en la red, igualando la tasa de transmisión de video con el ancho de banda disponible en la red.

El control de tasas es una técnica utilizada para determinar la tasa a la que debe ser



enviado el video, basado en una estimación del ancho de banda disponible en la red. Lo esquemas existentes pueden ser clasificados como basados en el emisor, basados en la fuede o híbrido.

En el control de tasa basado en el emisor, es éste último el encargado de adaptar la tasa de transmisión del video. Para calcular el ancho de banda disponible en la red se puede hacer en base a pruebas o bien en base a un modelo.

Para realizar pruebas, se comienza a ajustar la tasa de envío paulatinamente, asegurándose siempre de mantener el porcentaje de pérdida siempre bajo cierto parámetro. Esto se hace aumentando la tasa de envío de forma aditiva pero disminuyendo la tasa de forma multiplicativa o bien aumentando y disminuyendo la tasa de forma multiplicativa.

El modelo basado en pruebas hace uso del modelo matemático de eficiencia de TCP.

$$\lambda = \frac{1.22 * MTU}{RTT * \sqrt{p}} \quad (1)$$

Dónde

λ es la eficiencia de una conexión TCP

MTU es el tamaño del paquete usado en la conexión

RTT es el Round Time para la conexión

P es el radio de pérdida experimentado en la conexión

En el control de tasa basado en modelo, (1) es utilizada para determinar la tasa de envío del video. En el fondo con este modelo se podría evadir la congestión casi tan bien como en una conexión TCP, pero utilizado una conexión UDP. Por esta razón se le llama un control de tasa “amigable con TCP”

En el control de tasa basado en el receptor, el receptor regula la tasa de recepción del video. Esto lo puede hacer recibiendo más o menos canales. El emisor solo debe enviar la transmisión en varios canales y será el receptor encargado de regular la cantidad de canales que recibirá.

El emisor irá regulando la transmisión realizando pruebas, de forma similar al modelo basado en el emisor. Sin embargo, en este caso el receptor comenzará a recibir más canales cuando no detecte congestión. Si luego de agregar un canal no genera más congestión en la red, podrá aceptar más canales. En el caso contrario optará por dejar de lado algún canal para mantener una transmisión estable.

En el caso de que el receptor detecte congestión, comenzará a dejar de lado canales y por lo tanto disminuyendo la tasa de recepción.

En este caso también hay un control de tasa basado en (1), en que se realiza una estimación del número de canales que pueden ser aceptados.

En el caso híbrido se utilizan estos mecanismos tanto por parte del emisor como por parte del receptor con el fin de regular las tasas de transmisión y recepción.

Modificación de tasas.

Una vez que se ha determinado el ancho de banda disponible en la red, es necesario emprender diversos mecanismos para reducir la tasa de envío por parte del emisor. Para ajustar la tasa de un video será necesario uno o varios filtros, que modifiquen el video para lograr enviarlo sin pérdida de datos ni retardos.

Un filtro Frame-Dropping puede distinguir los fotogramas dentro del video de acuerdo a su importancia. De esta forma el filtro comenzará a borrar fotogramas menos importantes dentro del video. Con esto se logra que el video reduzca su tamaño y disminuya la congestión al ser transmitido.

Un filtro layer-dropping, por su parte distingue las capas de video por importancia. El orden para ir dejando de lado capas es desde la capa que provee mayor nitidez y calidad hasta la capa base del video.

Un filtro de frecuencia modifica la compresión del video dejando de lado ciertas frecuencias dentro del video o utilizando algoritmos para recrear la imagen en base a menos datos. Por ejemplo existen filtros de frecuencia para reducir colores, dejar pasar solo frecuencias altas, o bien solo frecuencias bajas (low-pass filter), como se muestra en la ilustración 2.



Ilustración 2 - Filtros de frecuencia

Control de Errores

Los mecanismos de control de errores incluyen el uso de información redundante, retransmisión controlada, codificación multi-descripción y conciliación de errores, entre otros.

Se agrega información redundante para que la información puede ser reconstituida ante la pérdida de un paquete. Dependiendo de cómo se codifiquen los paquetes y la secciones de video es dónde y cómo se irá agregando la información redundante.

En algunos casos no se puede reconstituir un paquete, por lo que será necesario solicitar una retransmisión al emisor. Para esto será necesario calcular si es útil solicitar una retransmisión o el segmento llegará fuera de tiempo.

$$Si (T_c + RTT + D_s < T_d(N)) \{ \\ enviar \ la \ solicitud \ del \ paquete \ N \} \quad (2)$$

Donde

T_c es la hora actual;

RTT es el Round Time para la conexión

D_s es un parámetro de tolerancia

$T_d(N)$ es el tiempo en el que el paquete N debe ser mostrado

El término D_s puede incluir una tolerancia al error al estimar el RTT , el tiempo de respuesta del servidor y el retardo por parte del receptor al decodificar.

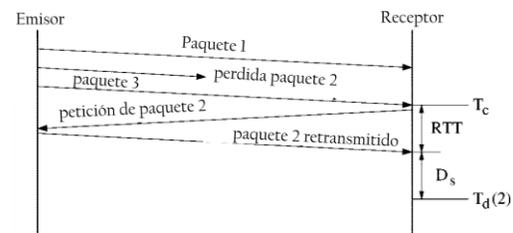


Ilustración 3 Diagrama temporal para control basado en el receptor.

La codificación multi-descripción permite que el emisor envíe varias “descripciones” o capas del video. En este caso será el receptor quien decidirá recibir más o menos descripciones. En este tipo de codificación, en cada descripción está contenida la información suficiente para reproducir el video en su totalidad. Mientras más descripciones sean recibidas, mejor será la calidad de presentación del video.

Finalmente, la conciliación de errores es realizada por parte del receptor, una vez que ya ha sucedido la pérdida de paquetes.

Específicamente esto se realiza para que el video con errores sea menos desagradable a la vista. Existen 2 aproximaciones básicas a la conciliación de errores, la interpolación espacial y la interpolación temporal.

En la interpolación espacial, para reemplazar los pixeles perdidos se utilizan la información de la vecindad al pixel. En la interpolación temporal se utiliza la información de los fotogramas anteriores y siguientes para generar los espacios faltantes.

Es importante destacar que la conciliación de errores no requiere soporte por parte de la red, y todo es realizado directamente por la capa de aplicación.

Resultado parte práctica

Como resultado de éste estudio se llevó a cabo el montaje de un servidor de streaming de video. Para la demostración se utilizó un proyecto personal, consistente en una impresora 3D que está siendo fabricada, cuyos motores pueden ser controlados mediante una interfaz web. De esta manera se logró mostrar cómo se movía la impresora al ser controlada a distancia, en tiempo real.



Ilustración 4 Demostración de Streaming de Video

En la ilustración 4 se muestra una captura de pantalla de sitio web montado para la demostración y control remoto de la impresora 3D en desarrollo. Dentro de este sitio web se transmite vía live streaming de

manera que, al hacer clic en las distintas flechas [ilustración 5], se vea en tiempo real como se accionan los motores.

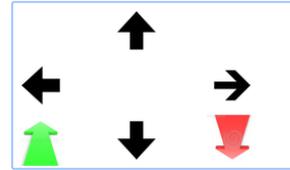


Ilustración 5 - Control remoto de la impresora 3D

Conclusiones

Como resultado de esta investigación es posible concluir que la transmisión de multimedia por internet ha ido adquiriendo una mayor importancia a través del tiempo. La tecnología de streaming se ha logrado adaptar a las dificultades de la red, pérdida de datos y retardos. Fue desarrollada con herramientas robustas que permiten la visualización en tiempo real de contenidos multimedia y que a medida que vayan mejorando los canales de transmisión el servicio podrá adaptarse fácilmente. La tecnología de streaming actual permite transmitir una gran variedad de contenido y puede ser utilizado en diversas áreas, desde el entretenimiento hasta el control de maquinaria.

Referencias

- Begen, A. C., Akgul, T., & Baugher, M. (Marzo/Abril de 2011). Watching Video over the Web. (I. I. COMPUTING, Ed.) *Spotlight*, 54-63.
- Dapeng, W., Hou, Y., & al, e. (Marzo de 2001). Streaming Video over the Internet: Approaches and Directions. *IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY*, 11(3), 282-300.