

Sistemas P2P de *Streaming* de Vídeo

Juan Pedro Muñoz Gea, Josemaría Malgosa Sanahuja, Pilar Manzanares López, Juan Carlos Sánchez Aarnoutse
 Departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Universidad Politécnica de Cartagena
 Campus Muralla de Mar. Edificio Antiguo Cuartel de Antigones, 30202 Cartagena
 Teléfono: 968 33 8871 Fax: 968 32 5973
 E-mail: juanp.gea@upct.es

Resumen. Las aplicaciones de distribución de vídeo sobre IP han atraído a un gran número de usuarios en Internet. Sin embargo, las soluciones tradicionales basadas en el modelo cliente-servidor requieren de un gran ancho de banda en el servidor. Las redes Peer-to-Peer (P2P) son un nuevo paradigma para la construcción de aplicaciones de red distribuidas. Recientemente se han desarrollado varios sistemas P2P para proporcionar servicios de *streaming* de vídeo en directo y bajo demanda a un bajo coste. En este artículo, proporcionamos un *survey* sobre las soluciones P2P existentes para *streaming* de vídeo.

1 Introducción

Las aplicaciones de vídeo sobre IP han atraído a un gran número de usuarios en Internet. Con el rápido desarrollo de las redes de acceso de alta velocidad, como FTTH (Fiber-To-The-Home), se espera que en un futuro no muy lejano el tráfico de vídeo sea dominante en Internet.

La solución básica para la distribución de vídeo en Internet es el modelo cliente-servidor. El cliente establece una conexión con el servidor de vídeo y el contenido se transmite al cliente directamente desde el servidor. Una variación del modelo cliente-servidor es la distribución de vídeo basada en CDN (*Content Delivery Networks*). En esta solución el servidor transmite el contenido a un conjunto de servidores de reparto situados estratégicamente en la red. El cliente, en lugar conectarse al servidor de vídeo, se dirige a un servidor de reparto cercano para descargar el contenido. Las CDN reducen el retardo inicial, reducen el tráfico que circula por la red y sirven a un mayor número de usuarios. Youtube, por ejemplo, emplea CDN para distribuir vídeo a los usuarios finales. Sin embargo, el mayor reto para las soluciones de *streaming* de vídeo basadas en servidor es su escalabilidad. Una sesión de vídeo de alta calidad requiere de un elevado ancho de banda, y éste debe crecer proporcionalmente con el número de clientes. Esto provoca que la solución de *streaming* de vídeo basada en el modelo cliente-servidor sea muy cara.

Las redes P2P han aparecido recientemente como un nuevo paradigma para la construcción de aplicaciones de red distribuidas. La filosofía básica de diseño de P2P es fomentar la actuación de los usuarios como clientes y servidores. Las aplicaciones P2P de compartición de ficheros se han utilizado ampliamente para la transmisión rápida de ficheros de datos en Internet. Más recientemente, la tecnología P2P también se utilizado para proporcionar servicios de *streaming*. Se han desarrollado varios sistemas de

streaming P2P para proporcionar servicios de *streaming* de vídeo en directo y bajo demanda en Internet.

Los sistemas de *streaming* P2P se pueden clasificar de forma general en dos categorías en función de la estructura de la red *overlay*: basados en árbol y basados en malla. Los sistemas basados en árbol tienen una estructura bien organizada y distribuyen el vídeo transmitiendo los datos desde un nodo hacia sus hijos, de forma recursiva. Un inconveniente de estos sistemas es su alta vulnerabilidad a la entrada y salida de nodos. Por su parte, en los sistemas de *streaming* P2P basados en malla los nodos no están confinados en una topología estática. Por el contrario, las relaciones entre nodos son establecidas en función de la disponibilidad de contenidos y del ancho de banda en los nodos.

En el resto del artículo se presenta un resumen de los sistemas de *streaming* de vídeo P2P existentes. En primer lugar en la sección 2 se describen los sistemas de *streaming* de vídeo en vivo, seguidos de los sistemas de vídeo bajo demanda, en la sección 3. Finalmente, el artículo concluye con algunos temas abiertos de investigación relacionados con el *streaming* de vídeo P2P, en la sección 4.

2 *Streaming* P2P de Vídeo en Directo

El *streaming* de vídeo se puede clasificar en dos categorías: en vivo y bajo demanda. En una sesión de *streaming* de vídeo en directo el contenido se disemina a todos los usuarios en tiempo real. La reproducción de vídeo se sincroniza en todos los usuarios. Por el contrario, los usuarios de vídeo bajo demanda poseen la flexibilidad de ver los clips de vídeo que quieran cuando ellos quieran. La reproducción de los clips de vídeo en los diferentes usuarios no está sincronizada. En esta sección se introducen varios sistemas P2P de *streaming* de vídeo en directo que utilizan distintas estructuras *overlay*.

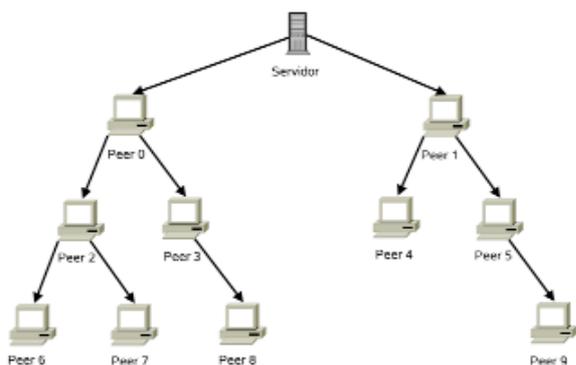


Fig. 1 Árbol para streaming P2P de vídeo.

2.1 Sistemas basados en árbol

De forma similar a un árbol IP multicast formado por *routers* en el nivel de red, los usuarios que participan en una sesión de *streaming* de vídeo pueden formar un árbol en el nivel de aplicación. Este árbol tiene como raíz el servidor fuente del vídeo (ver Fig. 1). Cada usuario se une al árbol en un determinado nivel, recibe el vídeo de su nodo padre en el nivel superior y re-encamina el vídeo recibido a sus nodos hijos en el nivel inferior. Algunos ejemplos son Overcast [1] y ESM [2].

Dado un conjunto de nodos, hay varias formas posibles de construir un árbol que los conecte. Las principales consideraciones a tener en cuenta incluyen la profundidad del árbol y la proporción de nodos internos. Los nodos en los niveles inferiores del árbol reciben el vídeo después de que lo hagan los nodos en los niveles superiores. Para reducir el retardo de los nodos de los niveles inferiores se preferiría un árbol con el menor número posible de niveles, por lo tanto aumentando el número de nodos hijos por cada nodo padre. Sin embargo, un nodo tiene un ancho de banda de subida limitado, lo que a su vez limita el número posible de hijos.

Otra característica importante es el mantenimiento del árbol. Un nodo puede dejar su sesión en cualquier momento, bien de forma inesperada o notificándolo previamente. Después de que un nodo deje el árbol, todos sus hijos en el árbol de *streaming* se desconectan de la fuente de vídeo y no pueden recibir más vídeo. Por lo tanto, el árbol debe recuperarse tan pronto como sea posible. Otro inconveniente fundamental de este tipo de aplicaciones es que los nodos hoja no contribuyen su ancho de banda de subida. Este hecho degrada enormemente la eficiencia de la utilización del ancho de banda, ya que estos nodos suponen una gran proporción de nodos en el sistema.

2.2 Sistemas basados en malla

En un sistema de *streaming* basado en malla no hay una topología estática. Los nodos establecen y terminan las relaciones con otros nodos dinámicamente. En un instante de tiempo

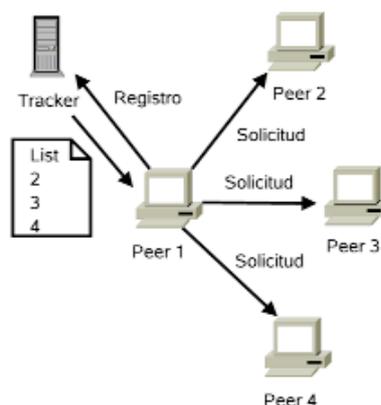


Fig. 2 Recuperación de la lista de nodos desde el tracker.

determinado un nodo mantiene relaciones con múltiples nodos vecinos, y puede descargar y subir vídeo con múltiples vecinos simultáneamente. Si un vecino del nodo deja el sistema, el nodo todavía puede descargar el vídeo del resto de vecinos. Además, el alto grado de conectividad en este tipo de sistemas los hace extremadamente robustos frente a la entrada y salida de nodos.

De forma similar a los sistemas P2P de distribución de ficheros como BitTorrent, un sistema de *streaming* basado en malla dispone de un *tracker* que establece una lista de los nodos activos en una sesión de vídeo. Cuando un nodo se une a la sesión de *streaming* contactará con el *tracker* y le informará de su dirección IP. Entonces el *tracker* devolverá una lista de nodos activos en la sesión. A continuación el nodo intentará conectarse a algunos nodos remotos de la lista. Si una solicitud de conexión es aceptada el nodo local añadirá al nodo remoto en su lista de vecinos. Después de obtener un número suficiente de vecinos, el nodo local comenzará a intercambiar contenido de vídeo con sus vecinos. La Fig. 2 muestra este proceso inicial. Para tratar con las frecuentes entradas y salidas de nodos, cada nodo actualizará constantemente su lista de nodos durante la sesión. Además, puede contactar con el *tracker* para solicitar una lista actualizada de nodos activos.

La unidad básica de datos en estos sistemas es el *chunk*. El servidor divide el vídeo en pequeños *chunks*, cada uno de los cuales contiene información multimedia para un pequeño intervalo de tiempo. Cada *chunk* tiene un número de secuencia. Para conseguir una reproducción continua, los nodos almacenan los *chunks* recibidos en memoria y los ordenan antes de pasárselos al reproductor de vídeo. Hay dos formas de intercambiar datos entre vecinos: *push* y *pull*. Con *push*, los nodos transmiten los *chunks* recibidos a sus vecinos que no han recibido el *chunk* todavía. Para llevar a cabo este mecanismo, es necesario planificar adecuadamente las tareas de transmisión entre los vecinos. Además, esta planificación debe de ser reconstruida tras la llegada y salida de nodos. En los sistemas basados en *pull*,

los nodos intercambian los números de secuencia de los *chunks* de que disponen en sus *buffers* periódicamente. Después de obtener estos números de secuencia de sus vecinos, un nodo puede planificar desde qué vecinos se pueden descargar qué *chunks*. Entonces se mandan solicitudes a los vecinos para solicitar los *chunks* requeridos.

3 Streaming P2P de Vídeo bajo Demanda

El servicio de vídeo bajo demanda (en inglés Video-on-Demand, VoD) permite a los usuarios ver cualquier punto de un vídeo en cualquier momento. Comparado con el *streaming* en directo, el vídeo bajo demanda ofrece más flexibilidad a los usuarios. El VoD se ha identificado como una característica clave para atraer a los consumidores al servicio de IPTV (Televisión IP).

3.1 Sistemas basados en árbol

En el servicio VoD, aunque un gran número de usuarios pueden estar viendo el mismo vídeo, son asíncronos con el resto, ya que diferentes usuarios ven diferentes porciones del mismo vídeo en cualquier momento. Por lo tanto, la utilización de sistemas en árbol en este entorno es un reto. Los autores de [3] diseñaron un esquema para la distribución de VoD en un sistema P2P basado en árbol. En este trabajo el requerimiento de asincronía se soluciona utilizando técnicas de *patching*. El servidor transmite el vídeo entero en el árbol. Cuando un nuevo cliente se une a la sesión, se une al árbol y obtiene el *streaming* de vídeo. Mientras tanto, el nuevo cliente debe obtener un *patch* – la porción inicial del vídeo que se ha perdido (desde el inicio de la sesión hasta el momento en que se unió al árbol). Este *patch* se encuentra disponible en el servidor y en otros usuarios que han almacenado el contenido. .

3.2 Sistemas basados en malla

Los retos de ofrecer VoD utilizando redes P2P basadas en malla es doble. Por una parte, en el nivel de nodo, los bloques de contenido tienen que ser recibidos antes de su tiempo de reproducción. En el nivel de sistema, el *throughput* del sistema completo debe ser lo suficientemente alto incluso ante las restricciones individuales de los nodos.

BiToS [4] es el primer intento de diseñar un servicio de VoD P2P basado en malla. Un nodo en BiToS tiene tres componentes: el *buffer* de recepción, que almacena todos los bloques recibidos; el conjunto de alta prioridad, que contiene los números de secuencia de los bloques más cercanos al tiempo de reproducción que todavía no se han descargado; el conjunto del resto de bloques, que contiene los bloques que no han sido descargados todavía. Por otra parte, el sistema utiliza un proceso de selección para decidir qué bloque descargar. Un bloque del conjunto de alta prioridad es descargado con

probabilidad p , mientras que un bloque del conjunto del resto de bloques es descargado con probabilidad $1-p$.

4 Conclusiones

En este artículo se ha llevado a cabo un resumen sobre la tecnología actual de *streaming* de vídeo P2P. Estos sistemas presentan varias limitaciones fundamentales. En primer lugar, la calidad de los sistemas *streaming* P2P actuales no es comparable con los servicios de TV tradicionales proporcionados por las compañías de distribución *broadcast* de televisión. En segundo lugar, la creciente popularidad de esta tecnología se ha convertido en una preocupación seria para los ISPs. Por último, algunos ISPs han comenzado a ofrecer servicios IPTV desarrollando IP multicast y servidores de vídeo *proxy* en sus redes privadas. Sería beneficioso para los ISPs introducir la tecnología P2P en sus sistemas IPTV para reducir los costes de servidor y de infraestructura de red.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido apoyada por la subvención de proyecto TEC2007-67966-C03-01/TCM (CONPARTE-1) y también se ha desarrollado en el marco del “Programa de Ayudas a Grupos de Excelencia de la Región de Murcia, de la Fundación Séneca, Agencia de Ciencia y Tecnología de la RM (Plan Regional de Ciencia y Tecnología 2007/2010)”. Juan Pedro Muñoz Gea también agradece al MEC la concesión de una beca FPU (referencia AP2006-01567).

Referencias

- [1] J. Jannotti, D. K. Gifford, K. L. Jonson, M. F. Kaashoek, J. W. O’Toole. “Overcast: reliable multicasting with an overlay network”. Proceedings of operating systems design and implementation. 2000, pp 197-212.
- [2] Y.-H. Chu, B. Li, K. Nahrstedt. “A case for end system multicast”. Proceedings of ACM SIGMETRICS, 2000.
- [3] Y. Guo, S. Mathur, K. Ramaswamy, S. Yu, B. Patel. “Ponder: providing commercial-quality-on-demand service using peer-to-peer network”. Technical report, corporate research, Thomson Inc. July 2006.
- [4] A. Vlavianos, M. Iliofotou, M. Faloutsos. “Bitos: enhancing bittorrent for supporting streaming applications”. In 9th IEEE global internet symposium 2006, April 2006.