

Selección de mejores peers-servidores en un sistema P2P-VoD

Cristian Ilabaca
Departamento de Ciencias de la Computación
Universidad Nacional del Comahue, Argentina
cilabaca@uncoma.edu.ar

Javier Balladini
Departamento de Ciencias de la Computación
Universidad Nacional del Comahue, Argentina
jballadi@uncoma.edu.ar

Contexto

Dentro del proyecto “Software para Aprendizaje y Trabajo Colaborativo”, perteneciente a la Universidad Nacional del Comahue, existe una línea de investigación cuyo objetivo es diseñar aplicaciones educativas de Video bajo Demanda (VoD, Video on Demand) para dar soporte a los procesos de enseñanza y aprendizaje colaborativo. Actualmente, estamos trabajando en el diseño e implementación de un sistema peer-to-peer (P2P) de video bajo demanda para redes sin garantías de calidad de servicio como Internet.

Resumen

La mayoría de los sistemas peer-to-peer (P2P) de video bajo demanda (VoD, Video-on-Demand) no consideran cuidadosamente todos los problemas que pueden surgir al desplegar sus servicios en una red con alta probabilidad de fallos como Internet. El resultado es que ellos no pueden garantizar servicios de visualización de videos libre de interrupciones. Para solucionar este problema, hemos propuesto una arquitectura y esquema de tolerancia a fallos de red, fácilmente adaptable a los sistemas P2P-VoD ya desarrollados. La solución utiliza técnicas de: gestión de transmisiones basada en el estado de las comunicaciones, recepción de datos desde múltiples orígenes, selección adecuada de nodos servidores, mecanismos de migración de servicios, y reservación de recursos. Dentro de la arquitectura propuesta, el presente trabajo describe la línea de investigación centrada en la política de selección de los mejores peers (nodos) servidores para un determinado peer cliente. Nuestra política tiene como fin aumentar las garantías de calidad en la entrega del servicio de video, transmitiendo el contenido multimedia a través de los mejores caminos de red disponibles. La misma intenta considerar el ancho de banda y diversificación de los caminos de comunicación, mientras se mantiene un bajo tiempo de respuesta del sistema. Con el objetivo de evaluar nuestra política, estamos desarrollando un prototipo en el entorno de simulación NS-3.

1. Introducción

El streaming de video se ha vuelto una de las actividades más populares de Internet, favorecido por las mejoras tecnológicas de las redes de comunicaciones. La gran cantidad de clientes y el alto requerimiento de ancho de banda de red de estos servicios han impulsado un elevado número y variedad de estudios en el área. El streaming de video puede ser clasificado en: streaming en vivo y video bajo demanda (VoD, Video on Demand). En streaming en vivo, los servidores transmiten programas en vivo o televisivos, y los usuarios visualizan los contenidos secuencialmente desde el momento en que acceden al servicio. A diferencia del streaming en vivo, el VoD permite a los usuarios reproducir un video, seleccionado de un gran conjunto de videos prealmacenados, en cualquier momento y usando comandos interactivos típicos de un reproductor de DVD.

Los sistemas peer-to-peer (P2P), donde los nodos actúan a la vez como clientes y servidores, han sido exitosos en distribuir archivos a una gran cantidad de usuarios. Los sistemas P2P son también ampliamente usados para distribución de video, incluyendo descargas de video completas antes de su reproducción y streaming de video en vivo (tal como Coolstreaming). Recientemente, se han diseñado nuevos sistemas para soportar VoD usando P2P en Internet.

En Internet, los anchos de banda de las comunicaciones fluctúan debido a la congestión. La congestión puede producirse ya sea por un aumento del tráfico o por una falla física como la caída de enlaces o enrutadores. Por lo tanto, para que el sistema de VoD provea un servicio de alta calidad, es decir, reproducción libre de interrupciones y calidad de video constante, debe tolerar fluctuaciones del ancho de banda de las comunicaciones y destinos temporalmente inaccesibles desde ciertos orígenes. Para evitar estos problemas de la red, pueden utilizarse diversas técnicas: gestión de transmisiones basada en el estado de las comunicaciones, recepción de datos desde múltiples orígenes, selección adecuada de nodos servidores, mecanismos de migración de servicios, y reservación de recursos. Sin embargo, los sistemas P2P-VOD actuales, como [1,2], presentan diseños deficientes de dichas técnicas que impiden tolerar adecuadamente los fallos de red descriptos.

Inicialmente, nuestro grupo ha trabajado en tolerancia a fallos de red para sistemas de VoD de alta calidad basados en arquitecturas cliente-servidor. La decisión de adoptar una arquitectura simple permitió acotar el problema, facilitando el diseño y verificación de las técnicas utilizadas. Basándonos en la experiencia y los buenos resultados obtenidos, nos hemos planteado adaptar y extender la propuesta para soportar arquitecturas P2P. De esta manera, nuestra línea de investigación actual se centra en el diseño de un sistema P2P-VoD en Internet, que gestione adecuadamente la degradación de las comunicaciones para brindar un servicio de alta calidad.

Habiendo publicado en [12] el diseño general de la arquitectura de nuestro sistema P2P-VoD que gestiona la degradación de las comunicaciones, el presente trabajo se centra particularmente en la política de selección de los mejores peers servidores para un determinado peer cliente, que es parte de la política de establecimiento de conexiones en grupos de colaboración. Nuestro sistema puede ser implantado en la mayoría de los sistemas P2P-VoD (incluyendo los más actuales), permitiendo un aumento sustancial de sus prestaciones que se traducen en una mayor satisfacción del usuario del sistema. Para evaluar la política de selección de servidores propuesta, estamos desarrollando un prototipo en el simulador NS-3 [14]. El resto de este artículo se organiza como sigue: en la sección 2 se discuten los trabajos relacionados. En la sección 3 se describen algunos conceptos básicos. Finalmente, en la sección 4, se exponen los resultados esperados y trabajos futuros.

2. Trabajos relacionados

Nuestro sistema P2P-VoD utiliza la migración de servicios, técnica que permite variar el punto de origen de las transmisiones y así evitar la degradación de las comunicaciones de ciertos sectores de la red. Sin embargo, es necesario prevenir las migraciones de servicio para no agregar una mayor carga de trabajo al sistema de VoD y para no perder tiempo en la migración del servicio, que podría perjudicar el servicio de entrega sin interrupciones. Para evitar las migraciones, es necesario realizar una correcta elección de los mejores nodos servidores, dentro de un número de posibles candidatos, para servir a un determinado nodo cliente. Sin embargo, los trabajos existentes en este tema no son adecuados para sistemas de VoD.

Algunos trabajos como [1 y 2] directamente no tienen una política definida que tenga en cuenta el estado de las comunicación para preferir a un peer sobre otro. En [11] se presenta un esquema que

selecciona a aquellos peers con más alto ancho de banda de comunicación. No obstante, no considera la elección de caminos de comunicación diversificados para evitar que un mismo fallo de red afecte a muchas conexiones. En [4] se propone un trabajo diseñado para implantarse en una red de distribución de contenidos MDC-CDN (Multiple Description Coding - Content Distribution Networks) para proporcionar la diversificación de caminos. Esta técnica utiliza pings para inferir la estructura de caminos a través de heurísticas. Sin embargo, no tiene en cuenta el ancho de banda de las comunicaciones, de suma importancia para entregar contenido multimedia.

3. Diseño del sistema P2P-VoD

Nuestro sistema de VoD asume una arquitectura P2P en Internet, donde los peers reciben simultáneamente el contenido desde múltiples orígenes y transmiten contenido a múltiples destinos. Los peers-origen son peers que solo cumplen la función de servidor y son el origen de los contenidos; entre ellos se encuentra distribuido el catálogo completo de videos. Se forman grupos de colaboración de peers, de tamaño limitado, interesados en un mismo contenido y generalmente con puntos de reproducción muy próximos. Entre ellos se establecen conexiones de control y datos de video con el fin de intercambiar segmentos de video. Las descargas desde múltiples orígenes permite: balancear la carga entre nodos servidores, soportar más fácilmente la caída de alguno de ellos, y diversificar caminos de conexión para tolerar fallos de red. Además de estas conexiones fijas, hay conexiones temporales, que son normalmente transferencias de corta duración dedicadas a obtener segmentos de datos (posiblemente menos urgentes) que no se encuentran en sus nodos servidores con conexiones fijas. El tiempo de establecimiento de las mismas es menor, debido a que la elección del nodo servidor está simplificada por no tenerse en cuenta la diversificación de caminos. Para evitar una sobrecarga por gestión de datos de control, un nodo cliente puede tener un número máximo de conexiones fijas (que establecimos en 5 aunque podría ser otro) y temporales.

La arquitectura interna de los peers, en sus funciones de servidor y cliente [12], cuenta con cuatro módulos que implementan la funcionalidad de un nodo servidor: un módulo transmisor de streams (STM, Stream Transmission Module), un planificador de streams (SS, Stream Scheduler), un módulo de garantía de la calidad del servicio (QoSAM, Quality of Service Assurance Module), y un gestor de conexiones del grupo de colaboración (NCM, Neighborhood Connection Manager). Estos módulos interactúan con módulos del nodo cliente: un módulo receptor de streams (SRM, Stream Receiver Module), un planificador de segmentos (SeS, Segment Scheduler), un planificador de selección de peers (PSS, Peer Selection Scheduler), y la contraparte del QoSAM y NCM. La descripción detallada de los Peers, la detección y recuperación de fallos y la gestión y sincronización del stream multi-origen pueden verse en [12]. A continuación profundizamos en las políticas de establecimiento de conexiones en grupos de colaboración y la selección de peers servidores, foco principal de la línea de investigación actual que se describe en este trabajo.

3.1. Establecimiento de conexiones en grupos de colaboración

Dentro de un grupo de colaboración, la cantidad de conexiones fijas en paralelo que un nodo cliente puede tener, están limitadas para evitar sobrecargas por gestión de datos de control. De esta manera, una vez determinado el grupo de colaboración al que pertenecerá cierto peer, éste debe seleccionar con qué nodos servidores establecerá conexiones fijas para descargar segmentos de video. Esta selección es llevada a cabo por el NCM. Este módulo también se encarga de implementar un control de admisión de solicitudes de conexiones temporales efectuadas por nodos clientes. El control de admisión acepta o rechaza las peticiones de acuerdo a una política que considera la cantidad de conexiones disponibles y el deadline de los segmentos solicitados.

Para establecer las conexiones fijas se define el siguiente esquema. Se seleccionan aquellos cinco peers con diversificación de caminos y máximo ancho de banda de comunicación, prefiriendo peers-no-origen a peers-origen. Luego, en cada nodo servidor, se debe reservar una tasa de transmisión (menor o igual a la ofrecida) tal que la suma de las tasas individuales sea igual a la tasa máxima del video. Si son todos peers-no-origen, en cada uno se reserva una tasa de transmisión proporcional a la tasa que ofrece, respecto a la tasa total ofrecida por el grupo completo (de 5 peers). En cambio, si algunos son peers-origen, se reserva en cada peer-origen un 10% de la tasa necesaria, y el resto se asigna a los peers-no-origen, siendo el valor asignado a cada uno proporcional a la tasa individual ofrecida respecto a la tasa ofrecida por todos los peers-no-origen juntos; si aún no se ha cubierto la demanda, se aumenta proporcionalmente la asignación realizada a cada peer-origen. En cuanto sea factible, es conveniente reemplazar los peers-origen por peers-no-origen.

Este esquema, necesita disponer de información del ancho de banda disponible de las comunicaciones. La misma es obtenida por el STM durante su uso, por lo tanto, la información será desconocida al inicio del sistema, pero conocida cuando el sistema esté en un estado estable. Priorizar la selección de peers con caminos de comunicación diversificados tiene como fin, que un mismo fallo de red, afecte a la menor cantidad posible de conexiones.

3.2 Selección de peers servidores

Nuestro esquema de selección de mejores peers servidores tiene en cuenta dos parámetros: la diversificación de caminos de comunicación y el ancho de banda de los mismos. Es necesario establecer un compromiso entre estos parámetros, determinando el peso o prioridad que tendrá uno sobre el otro, y así encontrar un justo equilibrio que permita maximizar la precisión de nuestro esquema (y así mejorar el desempeño del sistema de VoD). Sin embargo, hemos postergado la definición del peso de cada parámetro hasta la obtención de los resultados experimentales.

Para determinar qué peers servidores tienen mayor diversificación de caminos respecto a un peer cliente, hemos considerado el trabajo de Meng Guo [4] (a su vez basado en Apostolopou-los [3]). El esquema que se propone tienen las siguientes propiedades deseables. No es intrusivo (no agrega carga a la red) y tiene baja latencia. Esto se logra utilizando únicamente el conocimiento del número de saltos (información obtenida con simples operaciones de *ping*) para realizar la selección de servidores. Además tiene una alta precisión, es decir, el resultado es cercano al óptimo.

Una heurística básica podría seleccionar al servidor más cercano al cliente, mientras la distancia entre los servidores es la mayor posible. En este caso, la diversificación de caminos $dc(s_i, s_j, c)$, para un par de servidores s_i y s_j y un cliente c , se podría estimar basándose en la siguiente ecuación:

$$dc_{s_i, s_j, c} = \frac{d(s_i, s_j)}{\max(d(s_i, c), d(s_j, c))}$$

donde $d(n0, n1)$ es la distancia o número de saltos entre el nodo $n0$ y $n1$. Luego se seleccionaría el par de servidores con mayor dc . Como una evolución de esta heurística básica, el trabajo citado propone una más compleja, donde la estimación de la diversificación de caminos dc es calculada basándose en la siguiente fórmula:

$$dc_{s_i, s_j, c} = p_g^{d(c, s_i)} + p_g^{d(c, s_j)} - p_g^{\frac{d(c, s_i) + d(c, s_j) + d(s_i, s_j)}{2}}$$

donde p_g es la probabilidad de pérdida de paquetes de los enlaces de red. Los resultados conseguidos por la heurística más compleja se aproximan a los valores óptimos en mayor medida que los de la heurística básica. Sin embargo, ambas heurísticas solo permiten seleccionar 2 peers servidores de un grupo de m , y que debemos extender a la selección de n peers servidores entre m .

4. Resultados esperados y trabajos futuros

Este sistema es la evolución de un sistema de VoD con arquitectura cliente-servidor, que hemos desarrollado y cuyos resultados fueron publicados en [13]. Con el objetivo de evaluar el comportamiento del nuevo sistema P2P-VoD descrito, se están migrando módulos desde el sistema anterior, y diseñando y desarrollando los nuevos módulos para probar el sistema en el simulador de red NS-3. Para la línea aquí presentada, en una primera etapa nos hemos planteado la selección de los dos mejores servidores según la estimación de diversificación de caminos descrita anteriormente. En una segunda etapa, nos planteamos generalizar la selección para n servidores.

5. Formación de Recursos Humanos

La presente línea de investigación, inmersa en el marco del proyecto "Software para Aprendizaje y Trabajo Colaborativo" (E04/065) de la Universidad Nacional del Comahue, tiene su origen en el trabajo de tesis doctoral [13] realizada por Javier Balladini en la Universidad Autónoma de Barcelona, España, quien integra actualmente el citado proyecto. Parte de los estudios aquí expuestos darán lugar a la tesis de Licenciatura en Ciencias de la Computación de Cristian Ilabaca en la Universidad Nacional del Comahue.

6. Referencias

1. He, Y., Liu, Y.: Vovo: Vcr-oriented video-on-demand in large-scale peer-to-peer networks. *IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst.* 20(4) (2009) 528_539.
2. Xiaoyuan Yang, P.R.: Kangaroo: Video seeking in p2p systems. In: *Proc. of IPTPS 2009*, Boston, MA, USA (2009)
3. J. Apostolopoulos, T.Wong, W.T. Tan, S. Wee. On Multiple Description Streaming with Content Delivery Networks. In *Proceedings of InfoCom 2002*, June, 2002.
4. Guo, M., Zhang, Q., Zhu, W.: Selecting path-diversi_ed servers in content distribution networks. *Global Telecommunications Conference. IEEE GLOBECOM '03.* 6 (2003) 3181_3185
5. Sultan, F., Bohra, A., Iftode, L.: Service continuations: An operating system mechanism for dynamic migration of internet service sessions. In: *Proc. Symposium in Reliable Distributed Systems (SRDS)*. (oct 2003)
6. Karol, M., Krishnan, P., Li, J.: Voip network failure detection and user noti_cation. *Computer Communications and Networks, 2003. ICCCN 2003. Proceedings. The 12th International Conference on (20-22 Oct. 2003)* 511_516
7. Nguyen, T., Zakhor, A.: Multiple sender distributed video streaming. *IEEE transactions on multimedia* 6 (2004) 315_326.
8. Magharei, N., Rejaie, R.: Adaptive receiver-driven streaming from multiple senders. *Multimedia Systems* 11(6) (2006) 550_567
9. Maharana, A., Rathna, G.: Fault-tolerant video on demand in rserpool architecture. *International Conference on Advanced Computing and Communications (ADCOM)* (20_23 Dec. 2006) 534_539
10. Anker, T., Dolev, D., Keidar, I.: Fault tolerant video on demand services. *Proceedings of 19th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems (1999)* 244_252
11. Kim, H., Kang, S., Yeom, H.: Node selection for a fault-tolerant streaming service on a peer-to-peer network. *Multimedia and Expo, IEEE International Conference on 2 (2003)* 117_120
12. Balladini J., Grosclaude E., Suppi R., Luque E.: Un sistema P2P-VoD tolerante a fallos de red. *CACIC '09: XV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, San salvador de Jujuy, Universidad Nacional de Jujuy, Octubre del 2009
13. Balladini Javier. Un sistema de vídeo bajo demanda a gran escala tolerante a fallos de red. Tesis de Doctorado, Barcelona, España, Mayo de 2008.
14. Sally Floyd, Tom Henderson, George Riley, Sumit Roy. NS3 - Network Simulator. <http://www.nsnam.org> accedido en Marzo de 2010.