

Prestaciones de Redes de Paquetes Multitrayecto para sistemas Multimedia

Isaac Seoane Pujol

Dirigido por David Larrabeiti López

Universidad Carlos III de Madrid

Departamento de Ingeniería Telemática

Avda. de la Universidad 30, 28911 Leganés (MADRID)

Telf: 91-6249431, Fax: 91-6249430

Email: iseoane@it.uc3m.es, dlarra@it.uc3m.es

Abstract

Multiple path routing techniques improves the reliability of the end-to-end connection in ad-hoc networks. The objective of this work is to develop a way of estimate the delay that the packets of a multidescription multimedia streaming suffer in such a kind of network. Multiple description is a coding technique that produces two or more bitstreams from a single video object, like in layered coding. However, each of the component bitstreams has almost equal importance: they could be independently decoded to get a usable playback of the original media, and they contain complementary information. The trade-off between the playout-time and the packet loss with this kind of coding technique could be estimated finding the optimal values to use in a real-time scenario.

1. Introducción

La evolución de las tecnologías multimedia y su empleo en cualquier ámbito es una realidad que afecta a campos muy diversos, desde la adecuación de los contenidos hasta su distribución, siempre con el objetivo de mejorar la calidad máxima ofrecida aprovechando al máximo los recursos que se dispongan.

Si, en función de las características del escenario, se restringen los parámetros que condicionan los sistemas multimedia, será necesario revisar los medios de que se dispone tradicionalmente para su distribución.

El presente trabajo se centra en el estudio de las prestaciones necesarias para ofrecer transmisiones en tiempo real sobre una red de datos mixta distribuida y colaborativa montada a través de Internet. Además, se elige la distribución de video de alta calidad en tiempo real como la aplicación objetivo de estudio, debido a que tiene unas restricciones muy estrictas, cuyo cumplimiento aseguraría una calidad de servicio suficientemente buena para el resto de sistemas multimedia.

1.1. Estado del arte.

La distribución de contenido multimedia ha ido aprovechándose de los avances en la investigación en sistemas de provisión de calidad de servicio sobre todo tipo de escenarios. Por añadidura, también lo ha hecho de la aparición de nuevos sistemas de codificación más eficientes que permiten adaptarse a la situación concreta del proveedor y del cliente. No es de extrañar entonces, que sea posible encontrar cierto número de tecnologías que se complementen adecuadamente para poder ofrecer sistemas de alta calidad en tiempo real en todo tipo de escenarios.

Es bien conocido que las técnicas de difusión de video mediante streaming, permiten al cliente reproducir el contenido de los datos que le van llegando de forma

continuada sin tener que esperar a la recepción completa del archivo. Para mejorar la probabilidad de que el receptor disponga de la máxima calidad en cualquier momento, existe varias posibilidades: protección de los datos frente a errores mediante técnicas de FEC, protección frente a pérdidas mediante técnicas de ARQ tradicionales o la posibilidad de codificar el flujo de video en varias capas.

La codificación multicapa permite separa el video en partes complementarias de forma que la calidad en la recepción mejora en función del número de capas de las que se disponga.

1.2. Objetivos del estudio.

El presente trabajo se centra en la obtención de una estimación del retardo desde el punto de vista del receptor de un flujo de video de alta calidad, el cual se pretende que sea reproducido en tiempo real. De esta manera, se puede proponer a posteriori técnicas de compensación del mismo, ya sea por adecuación de los flujos y de la codificación de los datos, como en la forma de distribución de los mismos a través de la red.

El problema a resolver por lo tanto, será la estimación de una función de densidad de probabilidad del retardo que sufren los paquetes de datos de video desde el punto de vista del receptor. Este retardo estará condicionado por el instante de reproducción para los datos que contiene cada paquete. De esta manera podremos encontrar un compromiso entre la calidad recibida y un retraso instante de reproducción, quedando como objetivo final minimizar dicho tiempo con el mínimo sacrificio de calidad posible.

En concreto se pretende observar el efecto que el paso a través de Internet provoca en las funciones de densidad de probabilidad del retardo medio sufrido por los paquetes de video en un escenario peer-to-peer general. El objetivo es poder adecuar el instante de reproducción (playout-time) de los paquetes recibidos de forma que nos acerquemos a la visualización en tiempo real de los

mismos, usando técnicas de codificación de video mediante multidescrición, aprovechando la posibilidad de convertir el escenario en un entorno multicamino.

2. Descripción del escenario

2.1. Redes multicamino y codificación mediante multidescrición.

Las redes de paquetes “best-effort” tienen importantes desventajas para la distribución de streaming en tiempo real, tales como ancho de banda, tasa de pérdidas y retardos difícilmente predecibles. El uso de técnicas de multicamino se propone como una herramienta para reducir el reatardo y las pérdidas sufridas por los paquetes.

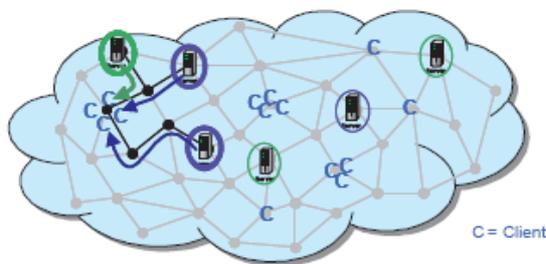


Figura 1.- Ejemplo de una red multipath en la que varios servidores distribuyen contenido a un cliente.

El problema de estos métodos radica principalmente en la elección del mejor de los múltiples caminos de que se disponen, lo cual queda como una línea futura, de forma que esta elección influya en la estimación del retardo extremo a extremo objeto de este trabajo.

Además, esto añadiría una complejidad extra a la hora de fijar los parámetros, ya que, si añadimos el encaminamiento al problema, sería necesario demostrar la hipótesis de independencia que se supone en el modelado de las variables aleatorias que hacen el papel de los retardos de cada camino. En definitiva, supondremos esta técnica dentro de nuestro escenario para minimizar el efecto de la congestión sobre las pérdidas de paquetes.

Otro punto de estudio en este tipo de técnicas sería el número de caminos óptimos a utilizar. Dado que el escenario propuesto es una red peer-to-peer a través de Internet, se propondrá un número de caminos igual al número de fuentes o peers que el receptor ve en cada instante en un caso, o el número de descripciones distintas que puede recibir.

Las técnicas de multidescrición producen dos o más streams para un mismo video, pero, a diferencia de las técnicas multicapa, aquí los streams son complementarios entre sí. Esto supone que en el peor de los casos recibir el stream de una descripción lleva suficiente información para garantizar una buena

calidad, y la mejora se consigue por combinación de los datos de varias descripciones. Existe una extensión de este tipo de codificación llamada Multidescrición-Reparable en la que las diferentes descripciones permiten corregir errores en cada una de las otras [1].

Se propone la combinación de ambas técnicas como una forma de implementar técnicas de corrección.

2.2. Red Peer-to-peer con clientes inalámbricos a través de Internet.

El escenario sobre el que se requiere realizar el estudio tiene las siguientes características:

- Se dispone de una red peer-to-peer cuya distribución está dirigida por servidores.
- Existe un número a priori indeterminado de fuentes para el video que se desea recibir.
- Las fuentes pueden estar conectadas a través de Internet o en la misma red local.
- Los clientes pueden estar conectados mediante cualquier tecnología, con lo que el ancho de banda disponible será distinto y limitado en cada caso, al igual que el retardo que sufran.

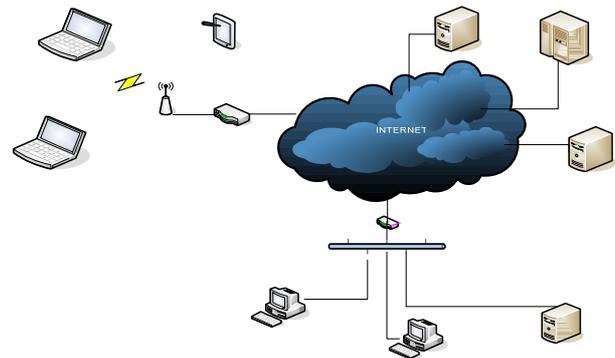


Figura 2.- Escenario General

2.3. Descripción analítica del problema.

Como se ha comentado antes el problema a resolver radica en la obtención de una distribución de densidad de probabilidad del retardo que sufren los paquetes en este escenario, de forma que nos permita adecuar nuestro sistema de recepción para intentar minimizar el playout-time, reproduciendo el video con la máxima calidad posible.

Para ello vamos a realizar las siguientes suposiciones:

- El flujo de video dispone de una codificación mediante técnicas de multidescrición como las descritas anteriormente, lo cual me permite distribuirlo por varios caminos.
- Una vez codificado y enviado, estas descripciones se tratarán como flujos independientes entre sí.
- Supondremos que los caminos entre las distintas fuentes son disjuntos de forma que

cada uno de ellos estará afectado por un retardo independiente de los demás.

- El retardo máximo está acotado por el tiempo de reproducción, en ese momento los paquetes que se reciban con una marca de reproducción anterior se descartan.

Con estas suposiciones podemos analizar el retardo que ha sufrido un paquete, sea cual sea su camino de origen y su descripción como una variable aleatoria independiente, reduciendo el problema a un receptor que recibe tráfico de un número dado de fuentes en cada instante, de forma independiente entre sí.

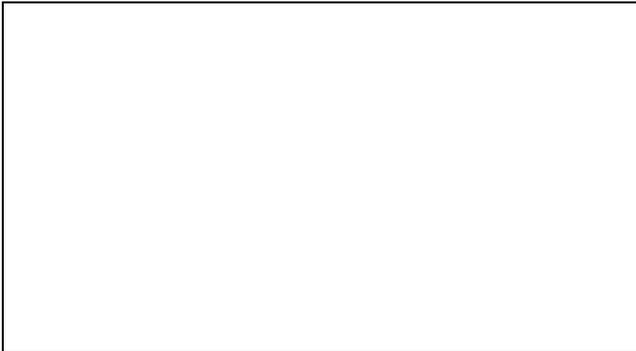


Figura 3.- Ejemplo de escenario reducido

2.4. Resultados de la simulación analítica.

Para la simulación analítica se ha modelado el reatrdto estimado desde el punto de vista del receptor, suponiendo que existe un tráfico autosimilar de fondo en la red, y que el retardo acumulado por los paquetes de cada una de las fuentes en recepción sigue una distribución de tipo exponencial.

Se han utilizado dos modelos para este retardo, en primer lugar con una distribución de Poisson, y en segundo lugar mediante una distribución exponencial de cola pesada como es la Weibull.



Figura 4.- Parámetros de modelado de las distribuciones utilizadas.

Para realizar el análisis se ha dotado al sistema de un tiempo de playout máximo, momento a partir del cual el códec descarta los paquetes recibidos para esa marca de tiempo. Este instante se calcula en función del buffering

inicial y del tiempo de reproducción de los paquetes en función de su tamaño y bitrate.

El resultado obtenido puede verse en las siguientes figuras en la que se compara el número paquetes perdidos, para dar una medida de calidad. Estas pérdidas se muestran en función de este tiempo, para varios valores de las distribuciones con las que se ha modelado el retardo y para diferentes esquemas de distribución multicamino con multidescripción, suponiendo tres casos:

- Se distribuye sólo un stream (caso básico).
- Se envía una copia de los paquetes por cada camino.
- Se envía una descripción distinta por cada camino.

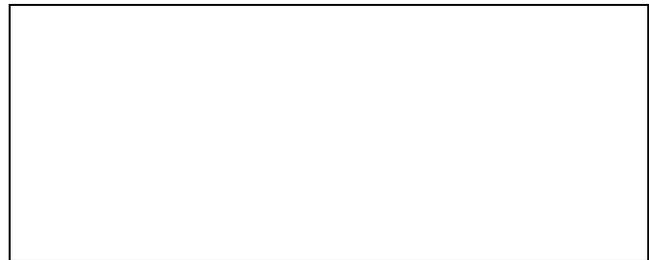


Figura 5.- Pérdidas de paquetes esperadas con tráfico Poissoniano

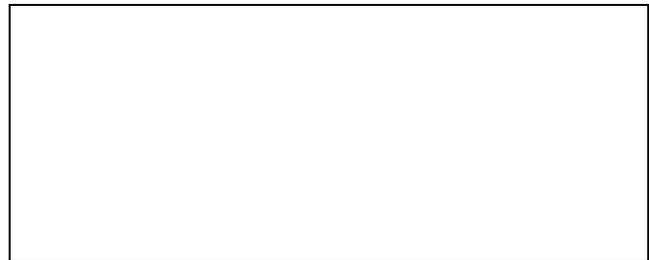


Figura 6.- Pérdidas de paquetes esperadas con tráfico Weibul

3. Análisis de un caso real.

Para intentar validar los resultados obtenidos se han comparado con la captura de los datos de un caso real, en el cual hemos capturado el tráfico recibido por un nodo receptor que se suscribe a una red de peercast.

Se utilizó para ello software libre de Sopcast y Ethereal, sintonizando un canal de televisión distribuido mediante una red de peer-to-peer organizada mediante servidores al estilo de cualquier red de BitTorrent o Edonkey.

Los datos de la captura son los siguientes:



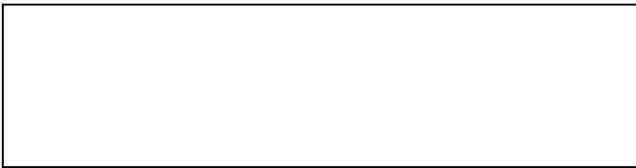


Figura 7.- Captura de Ethereal

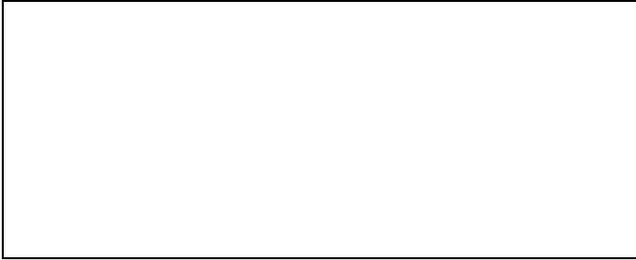


Figura 8.- Análisis de los paquetes de control de la red P2P

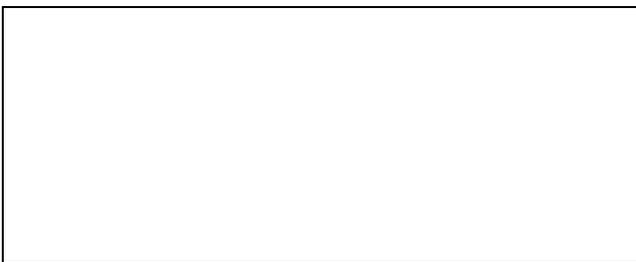


Figura 9.- Análisis de los paquetes de datos recibidos

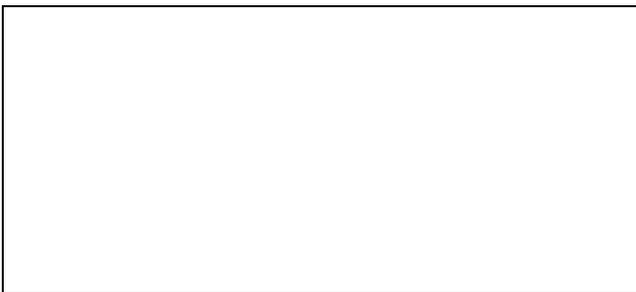


Figura 10.- Comparación con el caso analítico

4. Conclusiones y líneas futuras

Se ha visto en el análisis hecho de los datos de las simulaciones, que el estudio del retardo necesita de un número muy elevado de parámetros a tener en cuenta si se quiere que sea lo suficientemente estricto como para poder validarlo y extrapolarlo a un caso general. En cualquier caso, las suposiciones hechas a priori con el fin de simplificar el análisis, nos permiten hacernos una idea de la complejidad del problema al que nos enfrentamos, ya que lo que en realidad se busca es llegar al límite de las prestaciones para ofrecer servicios de la calidad más elevada sin abordar cambios importantes en la infraestructura de la red, ni en los equipos ni en las técnicas de codificación.

Entre las líneas futuras previstas, estaría el montaje de un prototipo de red con el que realizar medidas reales con las tecnologías descritas en este trabajo, y que permitiese cotejar la validez de las hipótesis presentadas y del análisis de las simulaciones en un entorno real.

Apéndice I

A continuación se describe brevemente el cálculo de la función de densidad de probabilidad del máximo de dos variables aleatorias.

Esta función se ha calculado para un número n de v.a. independientes de forma no analítica, mediante simulación en una herramienta matemática (MATLAB), obteniendo los siguientes resultados, que se han introducido en los cálculos del retardo sufrido por los paquetes de video codificados con multidescripción y enviados por múltiples caminos.

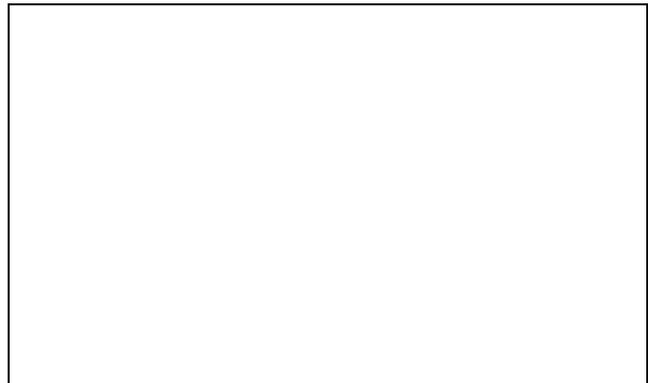


Figura 11.- F.d.p de la distribución de 3 v.a i.i.d.

Agradecimientos

Agradecer su ayuda y colaboración al tutor de este trabajo, D. David Larrabeiti así como al resto de profesores involucrados en el seguimiento de este trabajo de investigación. Estos agradecimientos serán extensibles al resto de miembros del grupo de trabajo AdSCom que participaron en la aportación de ideas para el proyecto.

Referencias

- [1] Shiwen Mao, Shivendra S. Panwar, Y. Thomas Hou. "On Minimizing End-to-End Delay With Optimal Traffic Partitioning". IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol 55, No2. March 2006.
- [2] J.G. Apostolopoulos, M.D. Trott. "Path Diversity for Enhanced Media Streaming". IEEE Communications Magazine, August 2004.
- [3] G. Barrenechea, B. Berfull-Lozano, A. Verma, P.L. Dragotti, M. Vetterli. "Multiple Description Source Coding and Diversity Routing: a Joint Source Channel Coding Approach to Real-Time Services Over Dense Networks". 2002
- [4] W.Wei, A. Zakhor. "Path Selection for Multi-path Streaming in Wireless ad Hoc Networks". 2005.

- [5] X. Su, B. W. Fah. “*Multidescription Video Streaming with Optimized Reconstruction-Based DCT and Neural-Network Compensations*”. IEEE Transactions on Multimedia. March 2001.
- [6] X. Xu, M. van der Schaar, S. Krishnamachari, S. Choi, Y. Wang. “*Adaptative Error Control for Fine-Granular-Scalability Video Coding over IEEE802.11 Wireless LANs*”. ICME 2003
- [7] T. Nguyen, A. Zahkor, “*Path Diversity with forward error corrections system for packet switched networks*”. IEEE INFOCOM April 2003.
- [8] X. Shen, X.Xu. S. Panwar, K. Ross, Y. Wang. “*On Demand P2P Video Streaming with Multiple Description Coding*”.2002
- [9] Shiwen Mao, Student Member, IEEE, Shunan Lin, Student Member, IEEE, Shivendra S. Panwar, Senior Member, IEEE, Y. Wang, E. Celebi. “*Video Transport Over Ad Hoc Networks: Multistream Coding With Multipath Transport*”. Ieee Journal On Selected Areas In Communications, Vol. 21, No. 10, December 2003.
- [10] Ilkka Nomos. “*On the Use of Fractional Brownian Motion in the Theory of Connectionless Networks*”. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 13, no. 6, August 1995