

Distribución de video de alta calidad en redes multicamino

Isaac Seoane Pujol, David Larrabeiti López

{iseoane, dlarra}@it.uc3m.es

Universidad Carlos III de Madrid

Departamento de Ingeniería Telemática

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

Telf: 91-6248859, Fax: 91-6248749

Abstract

El presente trabajo se centra en el estudio de una solución para distribuir contenidos multimedia de alta calidad en tiempo real sobre una red de paquetes, cuyos enlaces tienen prestaciones limitadas, pero en la que existe la posibilidad de elegir simultáneamente varios caminos y/o fuentes para la distribución del contenido. En concreto, se elige el video de alta calidad en tiempo real como la aplicación objetivo de estudio, debido a su alta exigencia en las restricciones, cuyo cumplimiento aseguraría una calidad de servicio suficientemente buena para el resto de sistemas multimedia.

1. Introducción

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.

Las redes de paquetes “best-effort”, presentan desventajas importantes a la hora de la distribución de contenido multimedia en tiempo real: ancho de banda disponible impredecible, pérdidas de paquete, retardos variables. Si, en función de las características del escenario, se restringen aún más los parámetros que condicionan los sistemas multimedia, será necesario revisar los medios de que se dispone tradicionalmente para su distribución.

En este tipo de redes, aparece la posibilidad de encontrar varios caminos con los que conectar emisor con receptor. Esto nos permitiría aprovechar estos enlaces múltiples para aumentar los recursos disponibles a la vez que introducimos una cierta cantidad de información redundante para asegurarnos cierta protección frente a pérdidas.

También 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 separar 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. De esta forma podremos aprovechar la existencia de múltiples caminos entre un único origen y el destino, o la posibilidad de que haya varios nodos sirviendo datos a un único receptor como ocurre en la fig.1

El presente trabajo se centra en el estudio de las relaciones de compromiso entre las prestaciones de este tipo de escenarios y su coste para lograr el compromiso de ofrecer transmisiones en tiempo real sobre una red de datos heterogénea que incorporaría tecnologías de comunicaciones de nueva generación. 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.

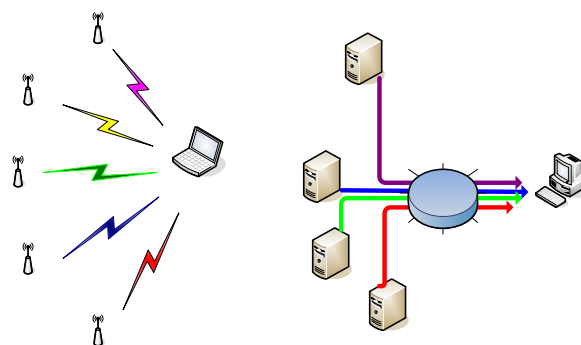


Figura 1.- Multicamino originado por varias fuentes.

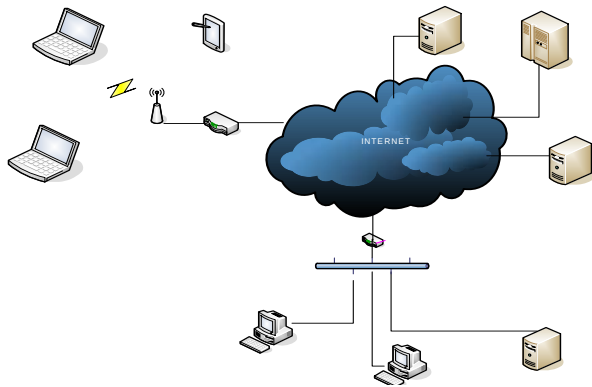


Figura 2. -Escenario heterogéneo multicamino

1.2. Descripción del escenario

El escenario objetivo del trabajo es una red de despliegue en caso de emergencia que consta de nodos inalámbricos móviles y de ciertos nodos fijos tanto inalámbricos como cableados que dan acceso a otras redes de datos. Y en general, existirá más de un camino intermedio entre origen y destino, ya sea por enlaces radio distintos o por diferentes rutas en la red.

Estos caminos, dada la heterogeneidad de la red estarán sujetos a bastantes limitaciones de ancho de banda y de fiabilidad. El objetivo de dicho escenario es que los nodos móviles finales puedan recibir video en tiempo real con una calidad constante y lo más alta posible, aprovechando al máximo los enlaces disponibles en cada momento.

1.3. Objetivos del estudio.

El presente trabajo se centra en el estudio de la relación de compromiso entre los parámetros más importantes de este tipo de escenario: el número de caminos disponible y la redundancia implícita en los datos que se envían por cada camino, con el objeto de obtener una cierta calidad con una alta probabilidad.

La utilización de múltiples caminos conlleva el aprovechamiento de numerosas ventajas [1]: tolerancia a fallos en sistemas no orientados a conexión, independencia del estado de los enlaces, ancho de banda agregado, balanceo de carga , etc.

2. Distribución de video codificado mediante multidescrición

2.1. Redes Multicamino

En redes de paquetes, las técnicas multicamino son aquellos métodos de transporte de datos que aprovechan más de una forma de llegar al destino. Estos caminos pueden ser diferentes enlaces a cualquier nivel, originados como hemos visto por una o más fuentes que sirven datos a un único receptor.

El problema de estos métodos radica principalmente en la elección del mejor de los múltiples caminos de que se disponen, de forma que esta elección no influya en las prestaciones del retardo extremo a extremo objeto de este trabajo. Para ello, se utilizan protocolos de enrutamiento modificados de forma que se puedan mantener activas varias rutas simultáneamente.

Estudios experimentales en la literatura, observan que la gran variabilidad de la respuesta extremo a extremo en Internet es similar a la observada en redes inalámbricas [2]. Esta es una de las principales razones del reto de aplicar estas técnicas redes mixtas. Aunque el multicamino es más habitual en redes Ad-Hoc móviles, también es apto para redes fijas o con cierta infraestructura, siempre que existan rutas disjuntas entre la o las posibles fuentes de distribución de contenido.

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 la existencia de dichas rutas disjuntas de forma simultánea, lo cual dejamos como una línea futura del trabajo.

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.

2.2. Video multicapa con Multidescrición.

Como se ha comentado anteriormente, existen técnicas que permiten dividir el video en diferentes capas. Cada una de esas capas se mandará por un camino diferente en la red, o provendrá de una fuente distinta (fig. 2). De esta forma, la calidad del contenido recibido dependerá directamente del número de capas recibidas, esto es, de la probabilidad de pérdida de paquetes de cada uno de los caminos.

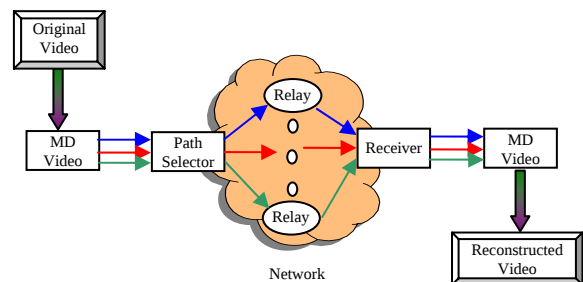


Figura 3.- Ejemplo simplificado de distribución multicamino

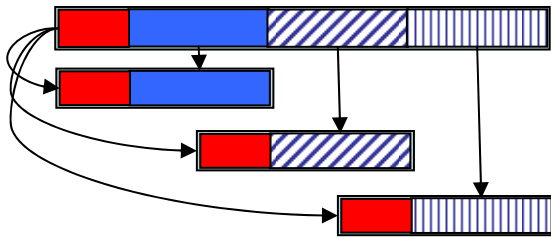


Figura 4.-Generación de múltiples descripciones.

Las técnicas de multidescrición producen dos o mas capas para un mismo video, pero, a diferencia de las técnicas multicapa, aquí todas ellas son complementarias entre sí [3]. Esto supone que en el peor de los caso recibir los paquetes de datos de una descripción lleva suficiente información para garantizar una buena calidad, y la mejora se consigue por combinación de los datos de varias descripciones. Esta calidad básica será redundante en todas las capas reduciendo la eficiencia con la que se aprovecha el ancho de banda agregado de todos los caminos que se están usando.

Existe una extension de este tipo de codificación llamada Multidescrición-Reparable en la que las diferentes descripciones permiten corregir errors en cada una de las otras 0.

Para el despliegue sobre el escenario propuesto, proponemos la combinación de ambas técnicas como una forma de implemetar técnicas de corrección a la vez que se consigue mayor calidad media recibida. De esta forma, la fuente de video, una vez informada por el protocolo de enrutamiento, del número de caminos posibles, elegiría un cierto número de este conjunto y generaría tantas descripciones como fuesen necesarias.

Otra posibilidad de despliegue que no se estudia en este trabajo sería un escenario en el que existe un número a priori indeterminado de fuentes para el video que se desea recibir. Cada fuente puede servir una descripción diferente de las demás, de forma que el receptor.

3. Descripción analítica del problema.

Como se ha comentado antes el problema a resolver radica en la obtención de una relación de compromiso entre el número de caminos a usar y la cantidad de información redundante introducida en cada camino (fig.1).

Para obtener un estudio independiente del códec que se vaya a usar, nos referiremos a la redundancia como el porcentaje de datos repetidos que lleva cada descripción (en rojo en la figura 1). Esta será la medida de la calidad básica que podremos asegurar en el peor de los casos: la recepción de uno sólo de los flujos o descripciones.

El siguiente parámetro a tener en cuenta es el número de caminos disponible. Este número vendrá dado por el algoritmo de enrutamiento implementado [7], [8] y [9] en la red y cambiará con el tiempo. Supondremos, por sencillez, que dicho algoritmo es totalmente transparente para nuestra aplicación, y simplemente le informa del número de rutas disponibles y de las características de cada enlace (ancho de banda disponible principalmente) en cada momento con objeto de generar las descripciones necesarias y enviar por ellas.

Finalmente, tendremos en cuenta la probabilidad de error de cada una de estas rutas nivel de paquetes (PDP- Packet Drop Probability). Esta probabilidad de error puede venir ocasionada por múltiples factores agregados, pero que para el caso que nos interesa significará que esa descripción no ha sido entregada. Entre los factores que influirían en la probabilidad de pérdida de paquetes de una descripción dada podríamos enumerar:

- Probabilidad de error del enlace, en la que influirá el número de saltos que compongan el mismo.
- El tiempo de recuperación del enlace.
- El ancho de banda disponible y el nivel de congestión de la red.
- El retardo sufrido del paquete, que supondrá su descarte en caso de ser recibido después de su instante de reproducción correspondiente.

4. Resultados obtenidos

Para valores de PDP típicos [10], las simulaciones realizadas con nuestro modelo dieron los resultados que quedan resumidos en la fig. 5.

En dicha gráfica, puede verse dos tipos de curvas:

- En primer lugar aparece una curva decreciente que indica la eficiencia de uso del sistema. Esta curva depende tan sólo del

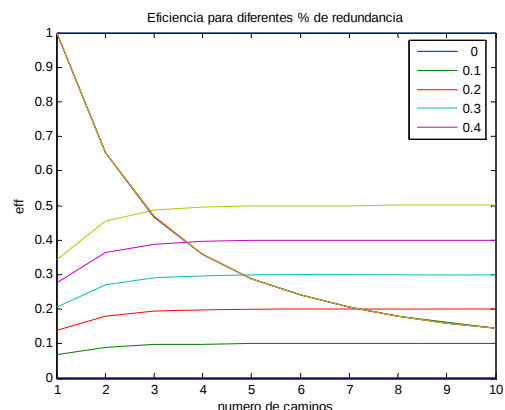


Figura 2.- Grafica de eficiencia total

número de caminos que tengamos y da una medida del ancho de banda aprovechado para conseguir el mismo nivel de calidad en función del número de caminos.

- En segundo lugar, las líneas que convergen horizontalmente, indican la eficiencia calculada como la información útil entre la información transmitida en total. Estas curvas nos indican claramente que aumentar el número de caminos supone un coste que no incrementa la eficiencia del sistema, independientemente de la cantidad de redundancia introducida en el sistema.
- Finalmente, conjugando ambas, podríamos poner una cota a la cantidad de redundancia máxima que deberíamos introducir y al número de descripciones máximo a generar de forma que no decaiga la eficiencia global del sistema.

5. Conclusiones y líneas futuras

Se ha visto en el análisis hecho de los datos de las simulaciones, que el estudio de este tipo de escenarios necesitaría de un número más elevado de parámetros que entran en juego para poder modelar fielmente un caso real.

Respecto a los resultados obtenidos es claro ver cómo el protocolo de enrutamiento elegido, ha de ser lo más transparente posible para nuestro sistema pero sin necesidad de una complejidad extrema dado que aumentar el número de caminos activos constantemente no va a mejorar las prestaciones lo suficiente en comparación con el coste de recursos necesarios para mantener las rutas activas.

En cualquier caso, hemos encontrado una reducción a una formulación sencilla para validar las suposiciones hechas a priori con el fin de simplificar el análisis. Esto nos sirve para hacernos una idea de la complejidad el 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.

A la hora de buscar y configurar un códec multidescrípción, los resultados nos indican como era de esperar que el exceso de redundancia tampoco mejora sustancialmente la eficiencia del sistema, y que dependerá tan solo de la relación entre el ancho de banda que necesitaremos para asegurar el servicio de calidad básica en el peor de los casos: cuando nos llegue una única descripción. Este modelo puede usarse para estimar la calidad a priori que obtendremos en función de las características de la red y adecuar la redundancia

que introduzcamos en el sistema y el coste de la misma, ya sea por los recursos que consumirá la codificación de más capas o en el aumento del número de caminos para acercarnos al objetivo de calidad que se nos fije.

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. Así mismo es interesante el modelado del retardo y la dependencia del mismo a la que están sujetos los sistemas multidescrípción para asegurar la entrega decodificada del contenido final dentro del tiempo de reproducción correcto.

Sobre este escenario, además de los parámetros utilizados en este trabajo, podría estudiarse la calidad perceptual con algún sistema de MOS (Mean Opinión Score) clásico.

Agradecimientos

Agradecimientos al proyecto IMPROVISA (TSI2005-07384-C03-02) y a las personas y entidades participantes en el mismo.

Referencias

- [1] J.G. Apostolopoulos, M.D. Trott. “*Path Diversity for Enhanced Media Streaming*”. IEEE Communications Magazine, August 2004
- [2] S. Savage, A. Collins, E. Hoffman, J. Snell, T. Anderson. “*The end-to-end effects of Internet path selection*”. SIGCOMM Comput. Commun. Rev. Vol. 29, N°4, 1999. ACM Press
- [3] W.Wei, A. Zakhor. “*Path Selection for Multipath Streaming in Wireless ad Hoc Networks*”. 2005.
- [4] X. Su, B. W. Fah. “*Multidescription Video Streaming with Optimized Reconstruction-Based DCT and Neural-Network Compensations*”. IEEE Transactions on Multimedia. March 2001. Chakareski, S. Han, B. Girod. “*Layered Coding vs. multiple descriptions for video streaming over multiple paths*”. Multimedia Systems. January 2005. Springer-Verlag.
- [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] Shiwen Mao, Student Member, IEE, 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
- [7] C. Balasubramanian, J.J. García-Luna-Aceves. "Shortest Multipath Routing Using Labeled Distances". IEEE International Conference on Mobile Ad-Hoc and Sensor Systems.
- [8] M. K. Marina and S. R. Das, "Ad hoc On-demand Multipath Distance Vector Routing". Proceedings of the 9th International Conference on Network Protocols (ICNP), Riverside, November 2001.
- [9] M. Kun, Y. Jingdong, R. Zhi. "The Research and Simulation of Multipath-OLSR for Mobile Ad-Hoc Networks". Proceedings of ISCIT2005.
- [10] T. Nguyen, A. Zahkor, "Path Diversity with forward error corrections system for packet switched networks". IEEE INFOCOM April 2003.
- [11] Francisco J. Ros. Ns2 Implementations of Ad-Hoc Routing Protocols.
<http://masimum.dif.um.es/?Software>
- [12] A.L.H. Chowa, L. Golubchikb, J.C.S. Luic, W.-J. Lee "Multi-path streaming: Optimization of load distribution" Performance Evaluation 62 (2005) 417–438.
- [13] The Network Simulator NS2.
<http://nsnam.isi.edu/nsnam/index.php/>.