

Transmisión de vídeo en tiempo real sobre HSUPA

Antonio Foncubierta Rodríguez⁽¹⁾, Ramón Cerquides Bueno⁽¹⁾
antonio.foncubierta@gmail.com, cerquides@us.es

⁽¹⁾Dpto. de Teoría de la Señal Universidad de Sevilla.

Resumen—Las nuevas tecnologías de telefonía móvil de tercera generación proporcionan una conexión equiparable en calidad a las conexiones ADSL y otras tecnologías fijas. Con throughputs teóricos de hasta 7 Mbps en bajada y 3 Mbps en subida, la tecnología HSUPA (UMTS Release 06) ofrece nuevas oportunidades de negocio. En este ámbito se plantea estudiar la viabilidad de transmitir utilizando una conexión HSUPA (actualmente hasta 1.4 Mbps en subida) una señal de vídeo mediante streaming en tiempo real hasta un centro de producción de televisión, para su posterior difusión. El estudio se centra en la transmisión de dos tipos de vídeo al centro de producción de televisión, inicialmente archivos de vídeo y posteriormente una entrada conectada a un ordenador portátil, que a través de un modem USB HSUPA envía el flujo de datos RTP a través de Internet. Los resultados obtenidos proporcionarán estadísticas de paquetes perdidos en la transmisión en distintos escenarios y cómo afectan a la calidad del vídeo recibida. Los aspectos involucrados en este estudio incluyen la optimización de los parámetros de H.264/AVC para minimizar el efecto de las pérdidas, atendiendo a la robustez frente a errores y optimización del ancho de banda utilizado. La investigación abre una nueva posibilidad de negocio para las operadoras, así como una oportunidad para las televisiones de cubrir eventos con mayor rapidez y menor coste, planteándose la posibilidad de sustituir las unidades móviles ligeras por un sistema basado en conectividad 3G para captación de noticias o conexiones en directo de corta duración.

I. ESCENARIO ACTUAL

La producción en exteriores o la captación electrónica de noticias son práctica habitual en la producción actual de programación para televisión, especialmente en programas de carácter informativo, donde las cámaras salen a la calle en busca de las noticias o eventos de interés. Actualmente podemos hablar de dos grandes grupos de equipos dedicados a estos menesteres: ENG y EFP.

ENG (Electronic News Gathering)

Los equipos ENG se dedican habitualmente a la obtención de noticias para programas informativos (noticiarios, entrevistas, corazón, reportajes de actualidad...) o en el rodaje sencillo

de exteriores (para producción de documentales habitualmente). Normalmente, el material grabado por un equipo ENG es posteriormente editado, intercalándosele la oportuna locución y los efectos de sonido y banda sonora, si procede, para producir una pieza informativa. Cuando la información ha de ser transmitida en directo, pero se trata de un evento de corta duración que no justifique el desplazamiento de una gran unidad móvil, dicha transmisión se puede realizar desde una pequeña furgoneta (Unidad Ligeras) dotada de un enlace de microondas (cuando hay visibilidad directa) o vía satélite (en caso contrario).

EFP (Electronic Field Production)

Cuando se hace precisa la transmisión de un evento de cierta entidad (o de elevada duración en el tiempo) (por ejemplo un partido de fútbol) se prefiere habitualmente desplazar a la zona una Unidad Móvil completa. En ellas podemos encontrar prácticamente todas las prestaciones de un estudio de televisión completo (mesas de realización, mezcladores de audio y vídeo, magnetoscopios...) Estas Unidades disponen de un enlace (microondas o vía satélite) que le permite realizar una emisión en directo con elevados estándares de calidad. Los requisitos de consumo de los diferentes equipos involucrados exigen la conexión a una toma de energía externa o a un grupo electrógeno.

Mientras que actualmente, con la tecnología disponible, resulta prácticamente imposible prescindir de las grandes Unidades Móviles, lo que en este proyecto se pretende analizar es la viabilidad de sustituir los equipos de transmisión de señal utilizados en las Unidades Ligeras empleadas en ENG por un terminal móvil UMTS con tecnología HSUPA[1]. La elevada tasa binaria en el enlace ascendente que es capaz de alcanzar esta tecnología (al menos teóricamente: hasta 5,7 Mbps, aunque en la próxima revisión del estándar se consiguen tasas de 11.5 Mbps) hace que se abra una puerta a la posibilidad de realizar conexiones en directo con esta tecnología.

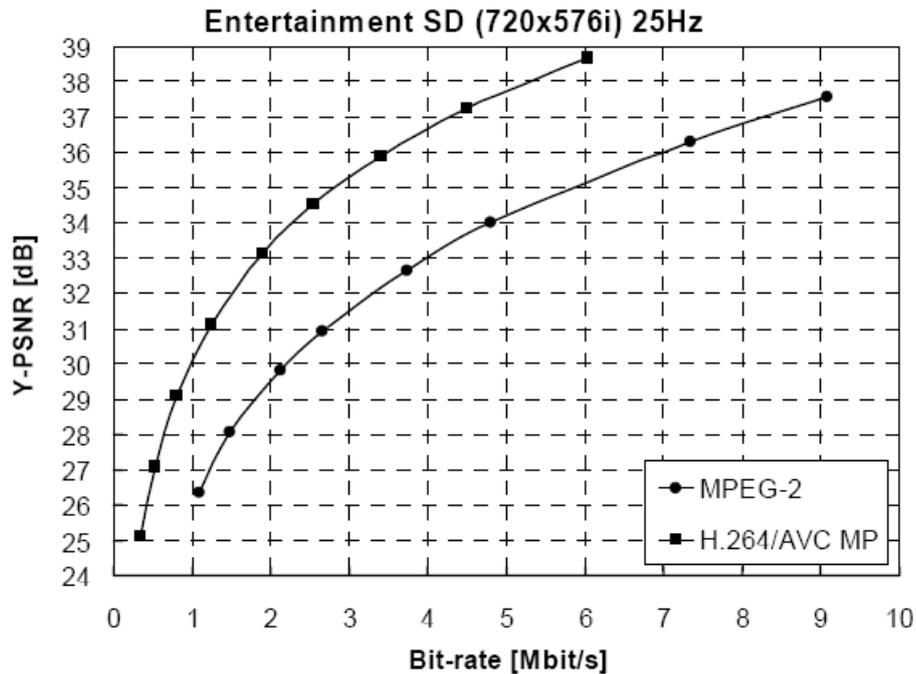


Figura 1. Comparación entre MPEG-2 y H.264

II. SOLUCIÓN PROPUESTA

La solución propuesta por este estudio consiste en la utilización conjunta de tecnologías de vanguardia en codificación audiovisual y transmisión inalámbrica; a saber: un sistema de compresión de vídeo basado en el estándar MPEG-4 Parte 10, también conocido como H.264/AVC (*Advanced Video Coding*) [2] y una tecnología de transmisión móvil proporcionada por Vodafone: HSUPA. Diferentes propuestas se han hecho en este sentido [3] [4], resaltando las características del estándar H.264/AVC para transmisiones inalámbricas debidas a su capa de abstracción entre la red y el propio códec. La diferencia propuesta respecto a métodos anteriores [5] consiste en la intención de conseguir transmitir vídeo de definición estándar, con calidad broadcast, y el requerimiento de ancho de banda que esto requiere.

H.264

El sistema de compresión elegido se caracteriza por una excelente relación calidad-tasa de bits comparado con otros estándares actualmente en uso. Como puede apreciarse en la Figura 1, para una misma calidad de la señal en términos de PSNR, el estándar H.264 utiliza la mitad de ancho de banda que MPEG-2, que se usa por ejemplo en la codificación de DVD-Video y DVB-T (Televisión Digital Terrestre). En este

último caso cada canal (*Program Stream*) consiste en una señal MPEG-2 codificada a 3Mbps, que utilizando H.264 sería poco más de 1 Mbps para una misma calidad.

H.264 aprovecha todos los tipos de redundancia en un flujo de vídeo (espacial, temporal y estadística) para reducir el régimen binario de la señal de vídeo perdiendo la mínima calidad posible. Su implantación comercial es cada vez más común, siendo el estándar de codificación elegido para vídeo de alta definición y para la televisión digital móvil. El estándar, desarrollado por el grupo de expertos MPEG en colaboración con la ITU, fue publicado en 2003, si bien se espera una mejora de su rendimiento al menos hasta 2013, ya que los codificadores comerciales actuales no explotan todo el potencial del sistema.

El perfil Baseline, usado en este estudio, nos proporciona las siguientes herramientas:

- I Slices.
- P Slices.
- CAVLC: *Context Adaptive Variable Length Coding*.
- Agrupación de Slices y ordenación aleatoria de los mismos.
- Slices Redundantes.

Las principales diferencias de los métodos incorporados por H.264 respecto a MPEG-2 son por un lado la Intra predicción, esto es, que en



Figura 2. Resultado de la estimación por Intrapredicción

lugar de enviarse una imagen comprimida en JPEG para los fotogramas tipo Intra, se estiman los macrobloques a partir de los macrobloques anteriores, permitiendo al codificador enviar sólo la información que permite corregir el error de esta estimación. Se logra así una disminución notable de la tasa de bits consumida por los fotogramas Intra, que eran los que menos compresión llevaban en MPEG2. Un ejemplo de la imagen que se logra por Intra Predicción antes de corregir el error puede verse en la figura 2. Por otro lado, se extiende la idea de predicción de fotogramas, y en lugar de codificar un fotograma a partir de un fotograma anterior o uno posterior, el codificador establece toda una lista de fotogramas de referencia anteriores y posteriores desde los cuales puede predecir cualquier otro fotograma. Por último se añade un filtro *deblocking* para evitar artefactos en la codificación.

HSUPA (High Speed Uplink Packet Access)

El estándar de telefonía de tercera generación UMTS, en su revisión de 2006, aporta mejoras sustanciales para la transmisión de tráfico de paquetes desde el terminal móvil a la red. Estas mejoras, junto a las introducidas en *UMTS Release 05 (HSDPA)*[6] vienen a proporcionar prestaciones similares a las de una conexión fija. El uso combinado de estas tecnologías, HSPA (High Speed Packet Access), es conocido comercialmente como Banda Ancha 3G, 3,75G o 3G+.

HSUPA utiliza mejoras en el canal ascendente similares a las aportadas por el estándar HSDPA(*UMTS Release 05*) en el descendente, como son:

- menores intervalos de transmisión que pasan de estar entre 80 y 10 ms a colocarse entre 10 y 2 ms
- mecanismos de retransmisión con redundancia incremental

Categoría	Máx. Velocidad
Cat. 1	0,73 Mbps
Cat. 2	1,46 Mbps
Cat. 3	1,46 Mbps
Cat. 4	2,93 Mbps
Cat. 5	2,00 Mbps
Cat. 6	5,76 Mbps
Cat. 7	(3GPP Rel7) 11,5 Mbps

Cuadro I
CATEGORÍAS DE LOS TERMINALES HSUPA

- traslación de procesos de control de terminal al propio nodo B o estación base, con lo que la mejora de retrasos, latencia y velocidad de transmisión es sustancial
- procesos dinámicos de asignación de tasa de bits a los distintos terminales en una misma celda, que asignan una tasa en cada intervalo de 10 ms en función de las condiciones del canal (ruido), la potencia que puede transmitir el terminal y la cantidad de datos por transmitir

HSUPA define distintas categorías para los terminales, según las prestaciones que pueden proporcionar. En el cuadro I se pueden observar las distintas categorías y la tasa máxima de subida soportada. Se ha incluido la actualización de las especificaciones de HSUPA, para la séptima revisión de UMTS, publicada recientemente y que incrementa el límite máximo de subida hasta los 11.5 Mbps. Actualmente la red tiene instalada equipos que soportan Categoría 2, mientras que los terminales que se comercializan, como por ejemplo el Huawei E272 soportan Categoría 5.

La especificación del 3GPP considera determinadas medidas de Calidad de Servicio para la tecnología HSUPA. Estas medidas irían desde la clasificación de clientes (oro, platino, etc.) hasta la especificación de tráfico no sujeto al planificador (*scheduler*). Este último sería previsible tráfico de baja intensidad. Sin em-

bargo, ninguna de estas medidas se ha puesto aún en práctica por parte de las operadoras, en parte debido a que los fabricantes de equipo no las incorporan todavía a sus dispositivos. El año 2009 se perfila como el momento en el que se tomarán medidas para llevar a cabo las técnicas de QoS.

III. IMPLEMENTACIÓN

El sistema sujeto a estudio, consiste en la conexión de una cámara de vídeo digital profesional, con conexión FireWire, a un PC portátil donde la señal de vídeo es recodificada usando el perfil *Baseline* de H.264 a tasas entre 768 y 1024 Kbps, para su inclusión junto con un canal de audio monoaural codificado a 96 Kbps en un *Transport Stream* de MPEG. El flujo de vídeo se encapsula en paquetes RTP que viajan a través de la red de paquetes hasta el destino, utilizando para ello el punto de acceso a Internet proporcionado por Vodafone al terminal HSUPA.



Figura 3. Equipos involucrados en el estudio

En el destino, se monitoriza el flujo de datos recibidos, teniendo en cuenta los retrasos entre los paquetes, las variaciones del mismo y la cantidad de paquetes perdidos. Además, para la evaluación mediante técnicas objetivas de la calidad del vídeo, el flujo RTP puede ser guardado como un archivo de vídeo para su posterior análisis y/o visionado.

Dificultades

Aunque inicialmente se previó realizar el estudio utilizando el siguiente Software Libre:

- Sistema Operativo Ubuntu GNU/Linux
- VideoLAN
- Wireshark

En uno de los dos equipos hubo que desistir y utilizar Microsoft Windows Vista como Sistema Operativo, ya que los controladores para Linux del Módem USB de Vodafone no alcanzaban la tasa de bits necesaria en subida, incrementando

las pérdidas de paquetes hasta valores cercanos al 20 %. También se renunció a la monitorización del tráfico en subida por limitaciones del software de captura, ya que resulta imposible monitorizar una conexión ppp bajo Windows Vista con herramientas que usen WinPCap, como era el caso de Wireshark.

El sistema final, por tanto consiste en una máquina que funciona bajo Ubuntu GNU/Linux donde se monitoriza el tráfico de forma remota desde un PC portátil que ejecuta Windows Vista. A los logs y los archivos de vídeo se accede mediante SSH.

IV. RESULTADOS OBTENIDOS

Los análisis obtenidos demuestran que la transmisión de vídeo de definición estándar con calidad de difusión y en tiempo real mediante streaming sobre HSUPA es viable, a pesar de que no existe garantía de entrega. Los resultados experimentales, nos llevan a pensar que a medida que la implantación de HSUPA vaya completando las siguientes etapas de la agenda (inclusión de Calidad de Servicio, categorías superiores, etc) la transmisión de vídeo en el enlace ascendente mediante tecnologías móviles basadas en UMTS serán una realidad que pondrá en valor las infraestructuras de los operadores, otorgándoles nuevos nichos de mercado y posibilidades de negocio.

Paquetes perdidos en un enlace único

En la Figura 3 puede apreciarse como en más de la mitad de las experiencias no se perdió ningún paquete, siendo éste el caso más probable (la moda de la distribución). Obviando este caso, el siguiente en probabilidad correspondería a una pérdida de alrededor de 1 de cada 4500 paquetes transmitidos. Si tenemos en cuenta que un flujo de alrededor de 5 minutos contiene entre 20.000 y 40.000 paquetes, la pérdida más probable sería de entre 4 y 9 paquetes (como ya hemos dicho, obviando que en más de la mitad de los casos no se pierde ningún paquete). De cualquier forma, en el caso general, el valor esperado de paquetes perdidos es de un 0,0089 % o lo que es lo mismo, uno de cada 11.250 paquetes enviados.

Retardos en un enlace único

Los resultados experimentales muestran un retardo de entre 1 y 2 segundos entre la señal de vídeo original y la señal recibida. Esto es así en las pruebas en directo con dos PCs en los que se visualiza el vídeo, notándose un retardo mayor al comenzar la transmisión. Por otro lado, la máxima desviación de retardo para la llegada

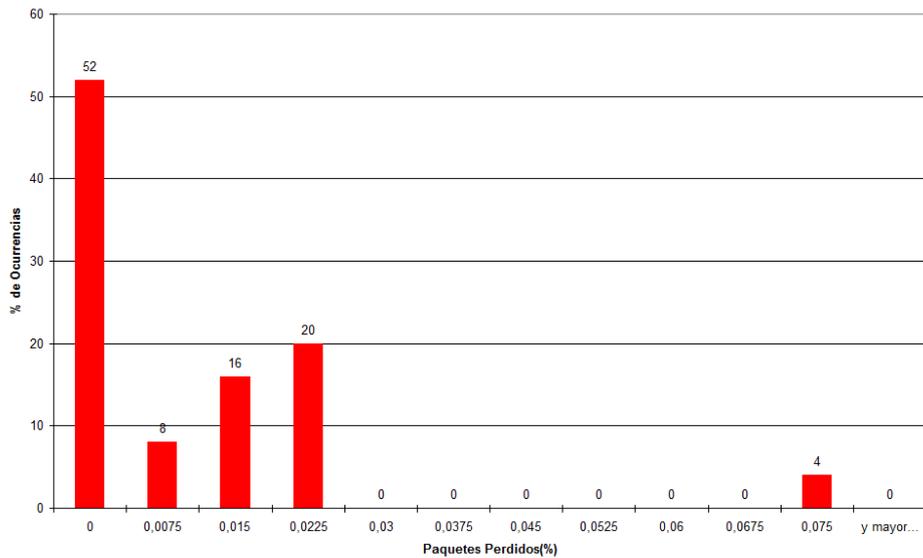


Figura 4. Paquetes perdidos para un enlace único - Datos Empíricos

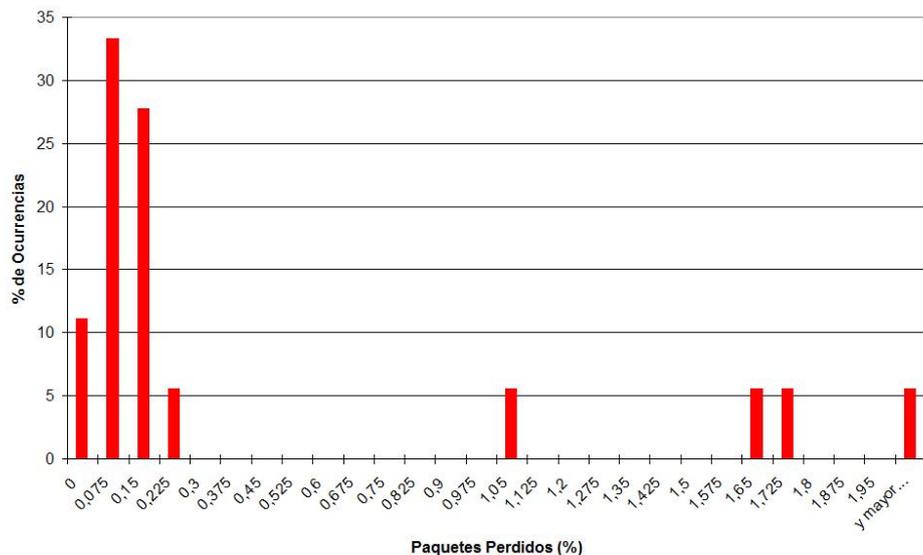


Figura 5. Paquetes perdidos para un enlace múltiple - Datos Empíricos

de paquetes es de alrededor de 200 ms, por lo que para una aplicación que pretenda mostrar la señal de forma continua se hace indispensable tener *buffers* de tamaño superior a dicha cantidad. El valor medio del *Jitter*, o variación del retardo entre paquetes, es de aproximadamente 10 ms.

Paquetes perdidos en un enlace múltiple

En las pruebas realizadas, se incluyó un experimento en el que se dispusieron varios enlaces funcionando simultáneamente. En este caso, se produce una mayor demanda de ancho de banda al nodo B, y previsiblemente esta demanda no

pueda ser atendida. Los resultados demuestran que las pérdidas de paquetes aumentan, sobre todo cuando se incrementa el número de módems HSUPA por encima de 2. En la Figura 5 puede apreciarse la frecuencia de ocurrencia de pérdida de paquetes. En el histograma se observa que la probabilidad de pérdida de paquete es mucho mayor, en este caso el valor esperado para la pérdida de paquetes supone un 0,5 %, un incremento de más de 50 veces respecto al caso anterior.

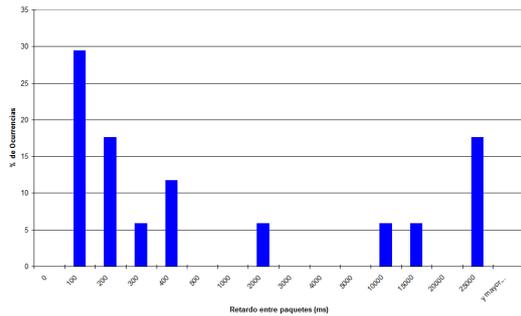


Figura 6. Retardo máximo entre dos paquetes consecutivos

Retardos en un enlace múltiple

Además del incremento sustancial de la probabilidad de pérdida de paquetes, un problema añadido de la transmisión simultánea desde varias fuentes situadas en la misma celda de la red de telefonía móvil es el peor comportamiento en cuanto a retardos. Debido al comportamiento del *scheduler* en la estación base, el ancho de banda disponible se va compartiendo entre los terminales. El resultado es que los retardos entre paquetes consecutivos (aunque no contiguos en secuencia, ya que pueden haber existido pérdidas) de un mismo flujo RTP aumenta ostensiblemente, y de estar en torno a 200ms pasa a alcanzar niveles de hasta 20 segundos. En la Figura 6 puede observarse que el histograma contiene un modo muy marcado en torno a 200 ms, que concentra cerca del 50% de las ocurrencias, mientras que el 50% restante se distribuye en retardos más amplios, debido a las transmisiones con mayor cantidad de pérdidas producidas por la incapacidad del nodo B para atender todas las peticiones en el enlace ascendente.

V. LÍNEAS FUTURAS

Los resultados obtenidos demuestran la viabilidad del sistema como medio para la transmisión de vídeo de definición estándar a través del enlace ascendente de UMTS. No obstante quedan por perfeccionar las tareas de asignación de ancho de banda a los terminales garantizando una determinada calidad de servicio y la inclusión de nuevas categorías de terminales que incluyan soporte para tasas de transferencia aún más elevada. Por último habría que destacar que el uso de tecnologías más avanzadas a la hora de codificar, empleando soluciones comerciales de codificación H.264 consiguen una mayor calidad de visionado sin aumentar demasiado el ancho de banda requerido, o por el contrario, disminuir

la tasa de transferencia necesaria para mantener unos mismos estándares de calidad.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido financiado por la Consejería de Innovación y Desarrollo de la Junta de Andalucía, en el marco del Proyecto Minerva

REFERENCIAS

- [1] Universal mobile telecommunications system technical specifications and technical reports for a utran-based 3gpp system (3gpp ts 21.101 version 6.8.0 release 6). en línea: [ftp://ftp.3gpp.org/specs/2008-03/Rel-6/] Mayo 2008.
- [2] T. Wiegand, G. J. Sullivan, G. Bjntegaard, and A. Luthra. Overview of the h.264/avc video coding standard. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 13(7):560–576, 2003. Cited By (since 1996): 820.
- [3] T. Stockhammer, M. M. Hannuksela, and T. Wiegand. H.264/avc in wireless environments. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 13(7):657–673, 2003. Cited By (since 1996): 148.
- [4] T. Stockhammer and M. M. Hannuksela. H.264/avc video for wireless transmission. *IEEE Wireless Communications*, 12(4):6–13, 2005. Cited By (since 1996): 15.
- [5] T. Schierl, T. Wiegand, and M. Kampmann. 3gpp compliant adaptive wireless video streaming using h.264/avc. volume 3, pages 696–699, 2005. Cited By (since 1996): 4.
- [6] Universal mobile telecommunications system technical specifications and technical reports for a utran-based 3gpp system (3gpp ts 21.101 version 5.13.0 release 5). en línea: [ftp://ftp.3gpp.org/specs/2008-03/Rel-5/] Mayo 2008.