

Calidad de transmisión de vídeo en redes de comunicaciones submarinas

Moreno-Roldán, José .M.^{1,*}, Luque-Nieto, Miguel A.¹, Poncela, Javier¹, Otero, Pablo¹ y Díaz-del-Río, Víctor²

¹ Universidad de Málaga, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación. Email: jmmroldan@uma.es (J.M.M), luquen@uma.es (M.A.L), jponcela@uma.es (J.P), pablo.otero@uma.es (P.O.)

² Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Málaga; Email: diazdelrio@ma.ieo.es,

* Autor Principal y responsable del trabajo; E-Mail: jmmroldan@uma.es (J.M.M)

Abstract: La adquisición de imágenes submarinas plantea en la actualidad importantes dificultades especialmente en términos de coste y/o retardo en la disponibilidad de la información. Las transmisiones de vídeo a través de redes submarinas permitirían reducir de manera notable ambos problemas, sin embargo, la tecnología existente para el despliegue de este tipo de redes está basada en módems acústicos que poseen capacidades de transmisión muy limitadas debidas a las adversas características de propagación del entorno submarino. El estudio de la calidad alcanzable en esas condiciones es un aspecto clave en el análisis de estos servicios de vídeo pues permite evaluar su viabilidad y establecer una relación entre las aplicaciones y los recursos de red necesarios para su ejecución.

Keywords: video quality; MOS; monitoring, underwater networks.

1. Introducción

La medida habitual de calidad para un servicio prestado sobre una red de comunicaciones es la Mean Opinion Score (MOS), es decir, la puntuación media que un grupo lo suficientemente representativo de usuarios emite sobre ese servicio. A pesar de la naturaleza inherentemente subjetiva de esta medida y debido al coste que conlleva este tipo de experimentos (especialmente en tiempo y evaluadores), se han propuesto diferentes modelos matemáticos que permiten obtener valores de MOS

a partir de métodos objetivos. La International Telecommunication Union (ITU) clasifica estos métodos en tres grupos según la entrada que recibe el modelo para calcular la MOS:

- Métodos intrusivos son los que necesitan la señal transmitida y la recibida para la estimación.
- Métodos no intrusivos son los que sólo necesitan la señal recibida para la estimación.
- Métodos de planificación son los que no necesitan de una transmisión real para la estimación sino que utilizan parámetros de la red y el servicio para calcular la MOS.

Los métodos paramétricos no necesitan de una transmisión a través de la red, ni siquiera de una simulación lo que supone una ventaja cuando se trata de redes que no están todavía desplegadas o no se encuentran disponibles para este tipo de pruebas como es el caso de las actuales redes submarinas.

En la bibliografía es posible encontrar diversos modelos paramétricos de estimación de calidad de vídeo ([1], [2], [3]) cada uno de los cuales tiene en cuenta un subconjunto diferente de variables del servicio (tasa binaria, tasa de cuadro, resolución, pérdidas, contenido) y realiza el ajuste con diferentes intervalos de esas variables. La propuesta de Yamagashi et al. [1] ha sido estandarizada por la ITU en la recomendación ITU-T G.1070 [4] por lo que ha sido elegida como referencia en este trabajo, que analiza los resultados de dicho modelo para calidad de vídeo cuando se aplican las condiciones existentes en redes submarinas. Aunque el modelo tiene como objetivo servicios de videoconferencia, su utilización se ha extendido a otras aplicaciones al ser el único normalizado disponible.

Para contrastar la validez de un modelo, son necesarios datos subjetivos de calidad de servicio, es decir, valores experimentales, no estimados como los presentados en ([5], [6]). Estos estudios, sin embargo, toman como referencia entornos de servicio diferentes del submarino y los valores de los parámetros con los que trabajan no coinciden con los que aquí resultan de interés. Por ello, en este artículo se comparan los resultados obtenidos con el modelo ITU frente a valores subjetivos de MOS procedentes de un experimento, diseñado específicamente y realizado en colaboración con un grupo de científicos del entorno marino, y se exponen las conclusiones extraídas.

2. Materiales y Métodos. Sección Experimental

2.1. El Modelo paramétrico ITU de calidad de vídeo

Existe un estándar ITU [4] que propone dos modelos paramétricos para calidad de servicio de audio y vídeo, de manera independiente, y un tercer modelo que combina la interacción de ambos. El modelo para vídeo está formado por varias ecuaciones que toman como variables de entrada la tasa binaria del vídeo en el nivel de aplicación, el número de imágenes por segundo y la pérdida de paquetes IP extremo a extremo. Además, las ecuaciones deben ajustarse con un conjunto de coeficientes según otros parámetros del servicio: el códec de compresión de vídeo, la resolución y el tamaño de visualización. Sin embargo, la documentación sólo proporciona cinco conjuntos de coeficientes en un apéndice no normativo y tres de ellos imponen como restricción una tasa binaria mínima considerablemente mayor a lo que la tecnología actual permite. Por tanto, el uso del modelo se restringe a resoluciones QVGA (320x240 pixels) con tamaño de visualización de 4.2'' y QQVGA (160x120 pixels) con tamaño de visualización de 2.1'' con compresión MPEG-4 en ambos casos. Cualquier variación de estas condiciones requiere la obtención de un nuevo juego de coeficientes a partir de datos subjetivos mediante un ajuste de mínimos cuadrados. Para el análisis de este modelo, se

escrito una implementación con el software MATLAB que permite obtener las curvas que se discuten en el apartado 3 de este artículo.

En el plano teórico el modelo presenta algunos problemas que se exponen en los siguientes subapartados.

2.1.1. Tasa de cuadros óptima.

Uno de los valores intermedios calculados en la estimación de la MOS es la tasa de cuadros óptima (O_{fr}), es decir, el número de imágenes por segundo que optimiza la calidad percibida. Este parámetro se define como una recta dependiente de la tasa binaria (1).

$$O_{fr} = v_1 + v_2 \cdot B_r \quad (1)$$

Para el caso QVGA, el valor de este coeficiente establece el límite inferior de esta tasa de cuadros en 1.431 fps. Por tanto, independientemente de lo baja que sea la tasa de datos, la calidad no puede mejorarse reduciendo la tasa de cuadros por debajo de esa cantidad. Esto puede ser cierto para un determinado rango de tasas binarias, pero no parece razonable cuando estamos en los valores extremadamente bajos a los que nos obligan las comunicaciones submarinas.

2.1.2. Contexto de servicio.

Algunos de los factores que afectan a la calidad percibida no están relacionados con parámetros de red o de aplicación sino con el contexto de prestación del servicio. Uno de estos factores es el contenido del vídeo que puede tener un gran impacto en el rendimiento del compresor. Éste aprovecha las similitudes intra-cuadro e inter-cuadros de modo que imágenes muy complejas o secuencias con mucho movimiento necesitan una mayor tasa binaria para mantener la calidad. El modelo ITU está orientado a videoconferencia, un servicio notablemente distinto de la monitorización y exploración de áreas submarinas por lo que las imágenes que lo caracterizan pueden diferir de forma suficiente como para afectar la valoración de la calidad.

Otro de los factores obviados por el modelo es la expectativa del usuario. Esta expectativa puede incluir elementos como su experiencia previa en otros servicios similares o condiciones especiales de prestación del servicio. Por ejemplo, el modelo paramétrico propuesto para audio en telefonía [7] modifica la calidad obtenida de los parámetros puramente objetivos con un “factor de ventaja” en función de la facilidad de acceso del servicio (línea cableada, movilidad, acceso a localizaciones remotas mediante satélite). Considerando las actuales condiciones de obtención de imágenes submarinas, es posible que los potenciales usuarios de un servicio de vídeo desplacen sus opiniones positivamente si las imágenes se obtienen en tiempo real o reducido retardo pero con un coste muy inferior a los sistemas actuales.

2.2. Medidas de calidad subjetiva

La única manera de contrastar hasta qué punto los inconvenientes del modelo suponen una desviación significativa de la MOS es obtener valores subjetivos de calidad de vídeo en condiciones análogas a las de prestación del servicio. La metodología para este tipo de medidas está estandarizada

por ITU en dos recomendaciones ([8], [9]) que describen en detalle aspectos como la señal fuente, la caracterización de las escenas, varios procedimientos de evaluación y los informes de resultados.

Para la realización de estas pruebas, se ha contado con la colaboración del Centro Oceanográfico de Málaga del Instituto Español de Oceanografía (IEO) que ha cedido varias horas de metraje submarino procedentes del proyecto “Life+Indemares – Chimeneas de Cádiz” [10]. El material ha sido grabado con los equipos ROV Liropus 2000 y VOR Aphia, este último desarrollado por el grupo GEMAR del IEO. Un grupo seleccionado de científicos del centro han participado como evaluadores de calidad.

A partir de los archivos de vídeo, se ha construido una base de datos de escenas breves (12 segundos de duración) codificadas con H.264 y diferentes tasas de bit, tasas de cuadro, resoluciones y modos de color. La tabla 1 recoge las configuraciones utilizadas. Estos parámetros se han elegido de acuerdo con las posibilidades de transmisión de las redes actuales. Las restricciones en la tasa binaria impuestas por la tecnología impiden utilizar tasas de cuadro regulares (25 – 30 fps) y resoluciones medias o altas (VGA o superiores). La figura 1 contiene ejemplos representativos del tipo de imágenes incluidas en el test. El tamaño de visualización de estas imágenes es de 6,65x5 cm.

Parámetro	Valores
Tasa binaria	8, 14, 20 kbps
Tasa de cuadro	1, 5, 10 fps
Resolución	320x240, 160x120 px
Modo de color	RGB (8 bits / canal), escala de grises (8 bits)

Tabla 1. Parámetros de configuración de las escenas.

A pesar de la gran cantidad de muestras en la base de datos, el diseño experimental debe considerar un tiempo ajustado por evaluador por lo que la prueba cuenta con un total de 26 condiciones de evaluación organizadas en bloques en cada uno de los cuales se considera la variación de una pareja de parámetros. La asignación de escenas a cada condición se ha realizado de forma aleatoria y también aleatorio es el orden de presentación de condiciones a cada evaluador de modo que este orden no tenga un impacto apreciable en las opiniones emitidas.

3. Resultados y Discusión

En esta sección se exponen y discuten, en primer lugar, los resultados obtenidos de aplicar el modelo ITU de estimación paramétrica de calidad de video. Posteriormente, se muestra un primer análisis de los resultados de las pruebas subjetivas de calidad. Tanto en un caso como en otro la escala de calidad tiene cinco grados que corresponden con las categorías cualitativas mala (1), pobre (2), moderada (3), buena (4) y excelente (5). Para facilitar el procesado, estas categorías suelen mapearse con los valores indicados entre paréntesis.

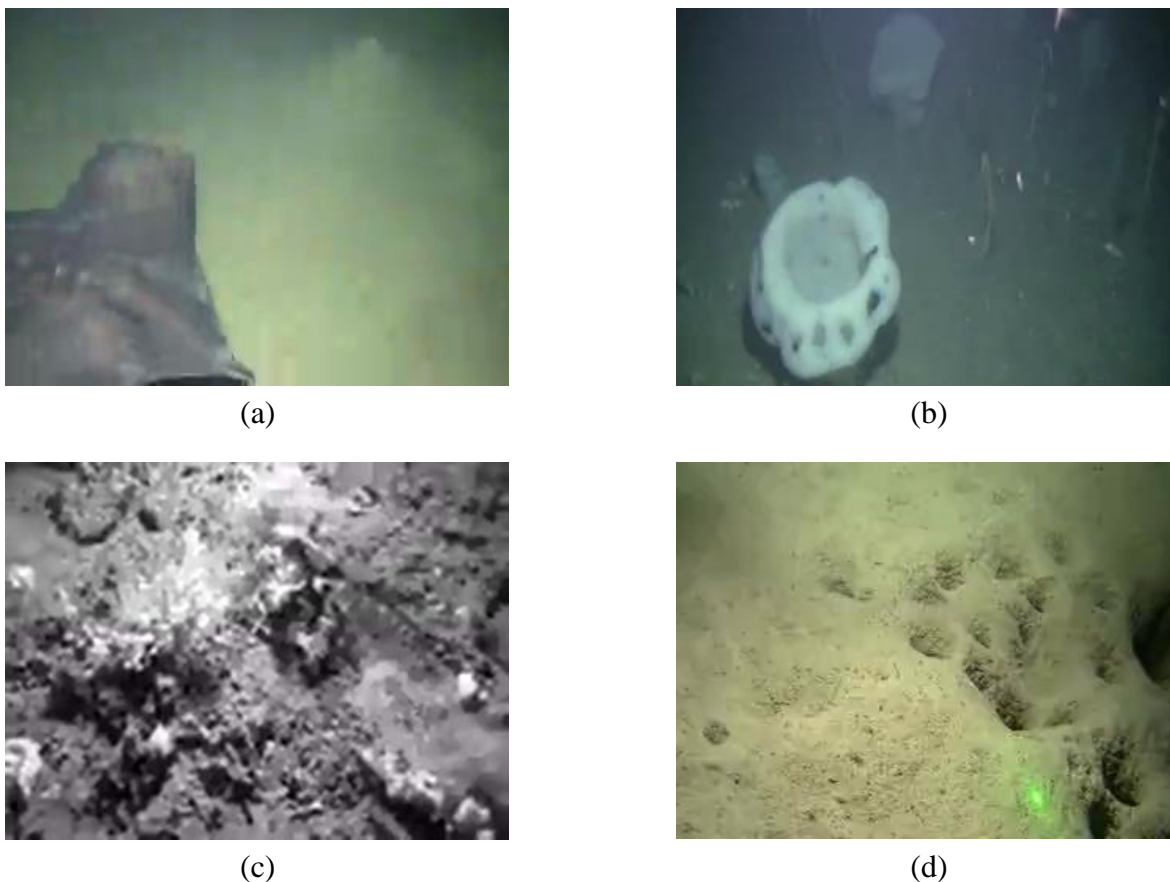


Figura 1. Cuadros representativos de algunas configuraciones. (a) 320x240 px, 8 kbps, 10 fps, RGB. (b) 320x240 px, 14 kbps, 1 fps, RGB. (c) 160x120 px, 20 kbps, 5 fps, escala de grises. (d) 320x240 px, 20 kbps, 1 fps, RGB.

3.1. Estimación de calidad de vídeo G.1070

La figura 2 muestra los valores estimados por el modelo paramétrico utilizando condiciones similares a las del test subjetivo. Los coeficientes seleccionados corresponden a resolución QVGA con tamaño de visualización 4.2'' y compresión MPEG-4. Puede observarse como la calidad decrece al aumentar la tasa de cuadros, es decir, la fluidez del vídeo. Esto se debe a que la tasa binaria disponible, debe repartirse entre todas las imágenes de ese intervalo temporal. Cuando dicha tasa es tan reducida, la calidad de cada cuadro se degrada hasta el punto de que la calidad percibida es mayor cuando hay pocos cuadros de mayor nitidez que cuando hay más fluidez, pero el contenido de cada imagen es difícil de distinguir.

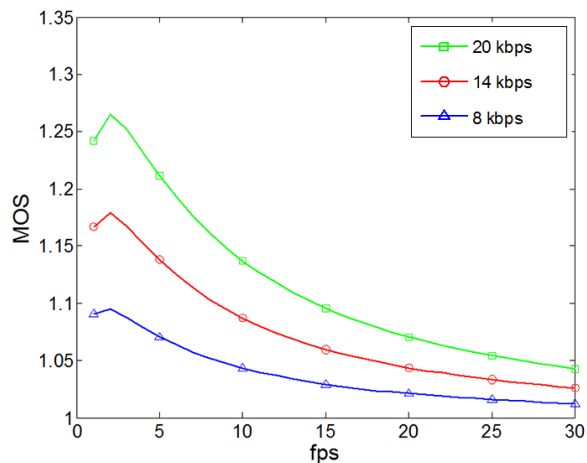


Figura 2. Curvas de MOS frente a tasa de cuadro (*frames per second*). Modelo G.1070

En cualquier caso, los valores de calidad estimados son muy bajos si los consideramos dentro del rango posible. En el mejor de los casos (20 kbps, 2 fps) se alcanza una MOS de 1.265, poco por encima de la mínima valoración.

3.2. Pruebas subjetivas

Las MOS calculadas a partir de los test subjetivos se muestran en la figura 3. Cada punto de las curvas es la opinión media global para dos repeticiones de las mismas condiciones de tasa de cuadro y tasa binaria por usuario y para todos los usuarios participantes en la prueba. La preferencia de los evaluadores muestra en general la misma monotonía decreciente con la tasa de cuadro, es decir, valoran mejor un vídeo menos fluido donde la calidad de cada cuadro es mayor. Sin embargo, hay una diferencia substancial en cuanto a la situación de estos valores en la escala global: las escenas a 1 cuadro por segundo se evalúan con una calidad media superior a *moderada* para cualquiera de las tasas binarias en la prueba, con el valor para 14 kbps cercano a la categoría *buena*. Aunque para el vídeo a 8 kbps la calidad decrece muy rápidamente al pasar a 5 fps, para 14 y 20 kbps se mantiene en el entorno del tercer nivel.

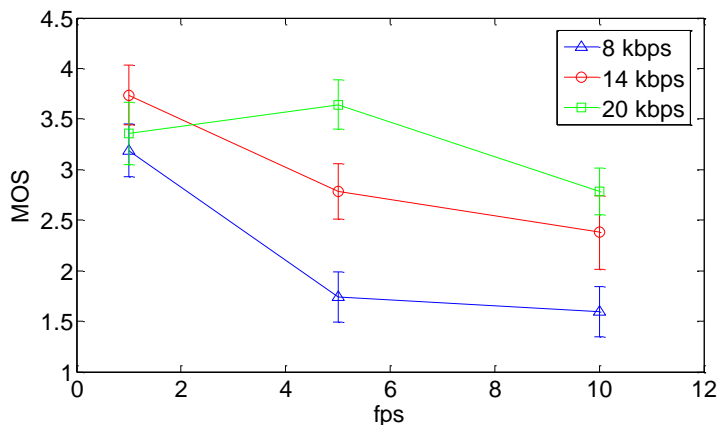


Figura 3. Curvas de MOS frente a tasa de cuadro (*frames per second*). Datos subjetivos experimentales.

4. Conclusiones

La transmisión de vídeo en las actuales redes de comunicaciones submarinas supone un reto importante debido a las restricciones de la tecnología. El estudio de la viabilidad de este tipo servicios pasa por una estimación de la calidad que es posible conseguir en ese entorno de capacidad limitada. En esta comunicación se evalúa el modelo paramétrico de estimación de calidad propuesto por la ITU y los problemas que presenta. Para contrastar su validez se ha realizado una prueba en la que potenciales usuarios de este servicio han proporcionado datos directos de calidad subjetiva. La comparación de ambos muestra que, aunque la tendencia de las curvas de MOS es similar, la valoración de los usuarios en términos absolutos es mucho mayor que la estimada por el modelo. Un análisis más profundo y la realización de nuevas pruebas subjetivas, permitirá determinar si el modelo puede seguir siendo válido con variaciones que corrijan los problemas detectados o si será necesario desarrollar un nuevo modelo para este tipo de entornos.

Agradecimientos

Al Capitán y tripulación del B/O Ramón Margalef del Instituto Español de Oceanografía, a bordo del cual se obtuvieron las imágenes utilizadas en este estudio. A los miembros del Grupo de Investigación Indemares/Chica que participaron en la campaña oceanográfica y a todos los científicos del Centro Oceanográfico de Málaga que participaron en el experimento de evaluación de calidad.

Este trabajo ha sido financiado con la ayuda de la Universidad de Málaga. Campus de Excelencia Internacional Andalucía Tech.

Referencias

1. Yamagishi, K. and Hayashi, T., "Video-Quality Planning Model for Videophone Services". *ITE*, Vol. 62, No. 7, 2008.
2. A. Raake, M. N. Garcia, S. Moller, J. Berger, F. Kling, P. List, and J.H. Johann, "T-V-model: Parameter-based prediction of IPTV quality," *IEEE ICASSP*, 2008.
3. A. Khan, L. Sun, and E. Ifeachor, "QoE prediction model and its application in video quality adaptation over UMTS networks," *IEEE Trans. Multimedia*, vol. 14, no. 2, 2012, pp. 431–442.
4. Opinion model for video-telephony applications. *ITU-T Recommendation G.1070*, 2012
5. De Simone, Francesca et al. Subjective Quality Assessment of H.264/AVC Video Streaming with Packet Losses. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 2011.
6. Tulu, Bengisu; Chatterjee, Samir. Internet-based telemedicine: an empirical investigation of objective and subjective video quality. *Decision Support System*, 2007.
7. The E-model: a computational model for use in transmission planning, *ITU-T Recommendation G.107*, 2014.
8. Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures. *ITU-R Recommendation BT.500-13*, 2012.
9. Subjective video quality assessment methods for multimedia applications. *ITU-T Recommendation P.910*, 2008.

10. Díaz del Río, V. et al. Volcanes de Fango del Golfo de Cádiz. *Proyecto LIFE+INDEMARES*. Ed. Fundación Biodiversidad. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, España, 2014; pp.130