

# Modelado y evaluación de prestaciones de un juego multimedia basado en el paradigma de Televisión Social

Pablo González, Roberto García, Xabiel G. Pañeda, Sergio Cabrero, David Melendi

Universidad de Oviedo

Gijón, Spain

{UO172663, garciaroberto, xabiel, cabrerosegio, melendi}@uniovi.es

## RESUMEN

La implantación de los juegos interactivos basados en el paradigma de la televisión social (Social TV) provocará en los próximos años un notable incremento del consumo de recursos en las redes de comunicaciones. En particular generará un aumento en el ancho de banda de los canales de subida de las redes de acceso, lo que dará lugar a nuevos patrones de utilización. Por ello, en este artículo se pretenden evaluar las pautas de consumo de recursos de estos juegos ante un posible despliegue masivo. Como caso de estudio se ha diseñado un juego de *preguntas-respuestas por turnos*, con contenidos multimedia de alta calidad, en el que cada jugador tiene comunicación bidireccional de audio y vídeo con el resto de jugadores. Para llevar a cabo el análisis, se ha monitorizado el tráfico de la aplicación y se ha caracterizado estadísticamente. Basándose en esta información se ha diseñado de un modelo de la aplicación, que se ha validado y desplegado sobre un escenario de red de comunicaciones diseñado para estas pruebas. Los resultados muestran el alto consumo de recursos que produce este tipo de aplicaciones interactivas.

## 1. INTRODUCCIÓN

La televisión social permite que espectadores dispersos geográficamente puedan compartir experiencias en grupo a través del televisor. Estas actividades en grupo pueden ir desde simples comentarios en un foro hasta participar un juego con otros jugadores remotos, con los que es posible comunicarse bidireccionalmente mediante audio y vídeo. Para posibilitar estas experiencias de integración social se requiere un sistema de comunicaciones entre los diferentes participantes capaz de transmitir con calidad toda la información necesaria. Aunque la evolución tecnológica de los medios de transmisión permite intercambiar una mayor cantidad de información en menos tiempo, las nuevas aplicaciones requieren unos recursos que en ocasiones superan los límites de las redes de comunicaciones provocando problemas de calidad y fallos en el funcionamiento.

La televisión social interactiva, con la transmisión de contenidos multimedia en ambos sentidos de la comunicación, supone un reto para los diseñadores de servicios y operadores de comunicaciones. Un ejemplo de esto, puede ser un juego multimedia en el que los participantes remotos están comunicados por audio y vídeo entre sí. La experiencia es un gran desafío desde el punto de vista social, y a la vez un cúmulo de problemas para los ingenieros de red.

El trabajo que aquí se presenta se centra en el diseño de un modelo de simulación para un juego multimedia basado en el paradigma de la *Social TV*. Basándose en los tradicionales juegos de preguntas-respuestas por turnos, se ha diseñado una aplicación interactiva donde las preguntas se realizan mediante vídeos de alta calidad, y en la cual existirá un canal bidireccional de audio y vídeo entre los usuarios.

Los jugadores situados en sus casas frente a su televisor, dispondrán de este canal bidireccional de comunicaciones para dar la sensación de juego colectivo y de entorno familiar tan típico de este tipo de juegos. Aunque el número de jugadores por partida está limitado a un máximo 6 participantes/equipos, la posibilidad de crear múltiples instancias puede darle el carácter de servicio masivo.

En nuestro análisis se ha monitorizado el tráfico que genera la aplicación, se han diferenciado los diferentes flujos de tráfico y protocolos involucrados en la comunicación y se han caracterizado estadísticamente. Esto ha permitido el diseño de un modelo de simulación de la aplicación, que se ha validado a partir de los datos reales y posteriormente se han evaluado sus prestaciones sobre un escenario de red de comunicaciones de pequeño tamaño. Los resultados muestran el alto consumo de recursos que produce este tipo de aplicaciones interactivas, incluso a pequeña escala.

El artículo se estructura como sigue: en la sección 2 se recopilarán trabajos previos relacionados con lo expuesto en este artículo; en la sección 3 se presentará la aplicación bajo estudio; en la sección 4 se hará una caracterización estadística del tráfico generado por dicha aplicación; en la sección 5 se presentará el modelo conceptual del servicio empleado para el diseño de las simulaciones; en la sección 6 se presentará la validación del modelo implementado; en la sección 7 se estudiará el tráfico agregado de la aplicación; finalmente, en la sección 8 se expondrán las conclusiones del trabajo realizado y se presentarán posibles líneas de trabajo futuro.

## 2. TRABAJOS RELACIONADOS

Durante los últimos años, el constante desarrollo de las aplicaciones multimedia y la evolución hacia la integración de este tipo de servicios con la TV tradicional ha dado lugar a diversos estudios, tanto de la arquitectura de red a emplear para sostener dichos servicios, como a posibles aplicaciones y líneas concretas de aprovechamiento. En ese sentido, han surgido también bastantes estudios sobre el carácter social que puede tener esta nueva forma de concebir la televisión, dando lugar a lo que se conoce como TV social. Sobre este tipo de televisión se pueden encontrar trabajos de diferentes tipos; por ejemplo, en [13] se presenta un estudio de carácter etnográfico sobre el comportamiento de diferentes grupos de personas mientras ven la televisión; ciertos colectivos de personas, especialmente las de mayor edad, requieren de sistemas que sean simples de usar. Este ámbito de la usabilidad es otro en el que ya existían trabajos anteriores, de los cuales el artículo [4] es un buen ejemplo orientado a la televisión interactiva en general y donde se presentan algunas líneas maestras para el diseño de servicios interactivos para televisión.

En otros ámbitos de la TV social, los autores en [6] presentan una arquitectura sobre la que montar servicios de TV social; en [1] se

reflexiona sobre la necesidad de desarrollar este tipo de televisión, y se discuten varias aplicaciones posibles que podría tener.

Los trabajos [2] y [14] realizan una descripción de la arquitectura IMS, definida por el 3GPP, y proponen también algunos ejemplos de servicios que se podrían ofrecer empleando esta arquitectura, como la participación de un espectador en un programa mientras lo está viendo o la posibilidad de continuar viendo un programa en el teléfono móvil si nos tenemos que ir de casa. En [19] los autores presentan una aplicación de TV social basada en este tipo de arquitectura.

También se pueden encontrar trabajos centrados en el desarrollo de aplicaciones concretas, como el descrito en [9] para un concurso en el que podría haber concursantes participando desde sus casas. Más recientemente, los autores en [7] y [15] abordan la arquitectura para posibles aplicaciones interactivas para móviles, llegando a la conclusión de que no sólo en los televisores de casa se pueden integrar este tipo de aplicaciones. En [12] se esboza otra aplicación de este tipo con mayor carácter social.

Otro aspecto importante a la hora de diseñar aplicaciones de TV social es el estudio de la sincronización entre todos los clientes de la aplicación. Los autores en [17] abordan esta problemática, presentando una solución de sincronización distribuida para darle solución. En el caso de la aplicación bajo estudio aquí, todas las tareas de sincronización estarán centralizadas en el servidor.

Pasando a hablar de caracterización del tráfico que generan los juegos on-line, son numerosos los trabajos que se pueden encontrar abordando el tema, aunque la gran mayoría de ellos se centran en los llamados MMORPG (Massive Multimedia On-line Role Playing Game). Los trabajos [3], [11] y [18] son sólo algunos ejemplos de la amplia gama de artículos encontrados sobre este tema; en ellos se analizan aspectos como los tamaños de paquetes, los tiempos entre los mismos o el tráfico en ambos sentidos de la comunicación. Sin embargo, el tipo de juegos analizados en esos trabajos difieren del caracterizado en el presente artículo en que la componente social del juego tiene un peso menor, quedando reducido en general a un chat de texto, y siendo algunos de ellos incluso juegos a los que se podría jugar en solitario. En [8], los autores analizan el tráfico de un servidor de un MMORPG en función del número de usuarios, llegando a la conclusión de que existe una alta linealidad entre el número de usuarios conectados y el tráfico que se genera. Para concluir con los MMORPG, en [16] evalúa la influencia que en este tipo de juegos tienen las acciones del usuario dentro del juego (como por ejemplo moverse por el mundo virtual) en el tráfico que la aplicación genera.

Es importante mencionar que la aplicación bajo estudio en este artículo incorpora la posibilidad de que los jugadores se comuniquen entre sí durante la partida mediante un canal bidireccional de comunicación. La caracterización del tráfico de audio y vídeo que se genere en este canal será pieza fundamental en el estudio del tráfico global que genera la aplicación. A este sentido, los trabajos en [5] y [10] son dos ejemplos de los diversos estudios que se pueden encontrar sobre el tráfico que genera la transmisión de vídeo por una red de comunicaciones. Sin embargo, en ambos casos se trata de transmisión de vídeo aislada, mientras que en nuestro caso de estudio el vídeo irá integrado con el juego y forma parte de él, siendo el elemento que le da su carácter social a la aplicación. Será por esto que el caso que aquí

se presenta se diferenciará de un estudio de transmisión de tráfico de videoconferencia convencional.

Adicionalmente, hasta donde alcanza nuestro conocimiento, los trabajos anteriores sobre TV social se centraron en la presentación de posibles aplicaciones y juegos para la misma, sin profundizar en el efecto que su introducción podría tener sobre la red de comunicaciones; en este trabajo iremos un paso más allá, analizando el tráfico que genera un juego para TV social y desarrollando un modelo de simulación que permita realizar pruebas sobre una red y evaluar sus prestaciones.

### 3. CASO DE ESTUDIO

El estudio que se presenta en este artículo está basado en un juego de preguntas y respuestas por turnos. El juego dispone de un tablero virtual con casillas asociadas a diferentes temas. En la Figura 1 se pueden observar 3 jugadores jugando una partida durante diferentes fases de la misma. Todas las interacciones del jugador se realizarán mediante el mando a distancia del SetTopBox.

Cada jugador, cuando sea su turno, lanzará un dado y seleccionará una casilla. A continuación el juego le realizará una pregunta mediante un vídeo de alta calidad y pondrá a su disposición una serie de respuestas de las que tendrá que seleccionar una. Si la respuesta es correcta el jugador mantendrá el turno y si no pasará al siguiente jugador. La característica más novedosa será que en todo momento los jugadores situados en sus propios hogares tendrán comunicación de audio/vídeo entre ellos, además de poder ver durante toda la partida el tablero, las preguntas y el dado (aunque no sea su turno), buscando generar en ellos la impresión de que se encuentran en la misma sala.

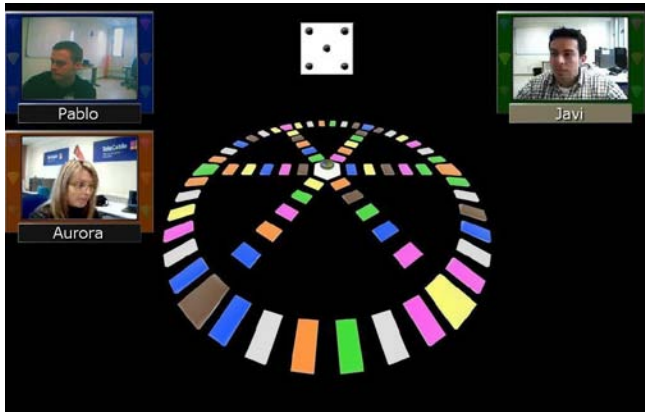
El juego ha sido implementado mediante tecnología Flash, con una configuración en estrella. Existe un servidor central que recibe los flujos tanto de sincronización como multimedia y los reenvía a los participantes. Estos eventos son distribuidos mediante el broker de Flash Media server donde se han implementado diversos objetos compartidos.

### 4. CARACTERIZACIÓN DEL TRÁFICO

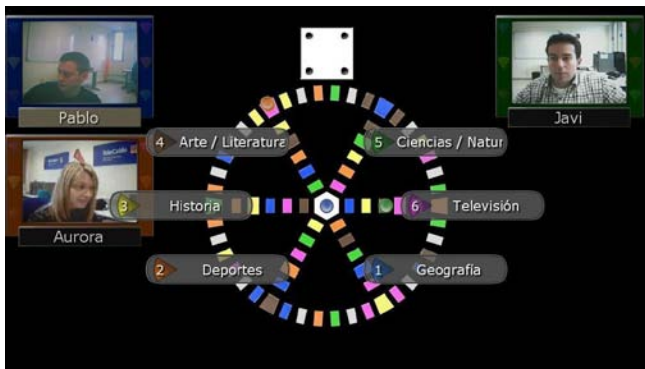
Cara a tener completamente caracterizado el tráfico generado por nuestra aplicación multimedia de preguntas y respuestas, será necesario no sólo capturar los mensajes que cliente y servidor intercambian en las diferentes fases del juego, sino que será más importante aún caracterizar correctamente el tráfico generado por el canal de comunicación de audio y vídeo entre los usuarios, que se estará emitiendo de manera continua y supondrá una parte importante del tráfico total generado. Todo el tráfico de la aplicación, incluido el de vídeo, emplea TCP como protocolo de transporte.

En las siguientes subsecciones se va a proceder a la descripción y caracterización de los diferentes flujos de tráfico que genera la aplicación. Los parámetros de todas las distribuciones estadísticas que mejor aproximan el tráfico real utilizando MLE (Maximum Likelihood Estimators) se resumen al final de esta sección en la tabla 1. Para su validación se ha utilizado el test de Kolmogorov-Smirnov, siendo la mejor aproximación aquella que permite obtener un menor valor del estadístico K-S. En todos los casos en que se presentan dos distribuciones diferentes, la expresión de la función resultante es del tipo  $p * \text{Dist}_1 + (1 - p) * \text{Dist}_2$ .

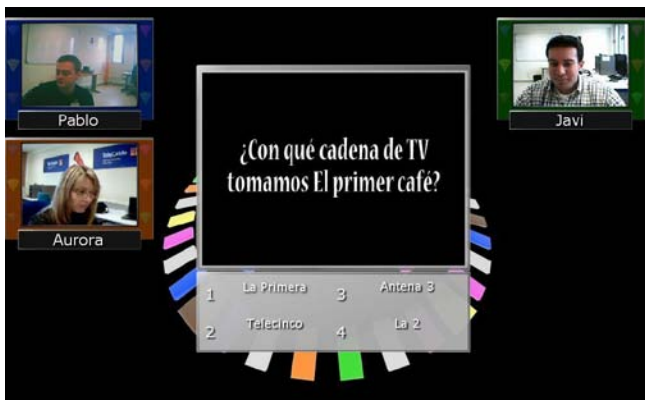
## 4.1 Mensajes RTMP del juego



(a) Captura del instante de tirada del dado



(b) Captura del instante de selección de casilla



(c) Captura del instante de elección de respuesta

Figura 1. Capturas de la aplicación bajo estudio

Este tipo de mensajes agrupan todos los mensajes que cliente y servidor se intercambian como parte de la dinámica del juego. Incluirán tanto las negociaciones iniciales como los mensajes que se intercambian durante la partida, así como el cierre de conexión cuando un cliente se desconecta. Todas ellas tienen en común que los mensajes intercambiados son siempre iguales, y sus longitudes dependerán en muchos casos del número de usuarios conectados a la partida en cada momento y el nombre que cada uno de ellos

haya elegido para que sea mostrado en el juego. En la Figura 2 se puede apreciar un diagrama de flujo simplificado de estos mensajes según la fase del juego en que nos encontremos, centrado principalmente en el intercambio de mensajes entre el servidor y el jugador activo en cada momento.

En la fase de negociación inicial, servidor y cliente se intercambiarán parámetros relativos a anchos de banda, se crearán los objetos stream necesarios para la aplicación y el servidor informará al cliente del estado actual de la partida a la que se va a incorporar: los jugadores que están ya en ella, las posiciones de los mismos en el tablero o el estado en que se encuentra la partida serán los principales parámetros a indicar. Esta fase finaliza con un mensaje por parte del cliente pidiendo ser publicado, momento en el cual el servidor indicará también a los clientes que estaban antes en la partida que se va a incorporar un nuevo jugador. A partir de este instante, el nuevo cliente comenzará con la emisión del tráfico video por el canal de comunicación entre usuarios.

Durante el desarrollo de la partida, la mayor parte de los mensajes que el servidor enviará a los clientes serán mensajes de actualización del estado, los cuales tendrán lugar cada vez que el jugador activo en ese momento realice una acción como moverse o contestar a una pregunta, pese a que no han sido representados en el diagrama por simplicidad. Los mensajes enviados por los clientes contendrán órdenes como tirar dado, mover o comenzar la reproducción de una video-pregunta.

Cuando un cliente se quiere desconectar del servicio, le indicará al servidor que destruya los objetos stream que compartían, y finalizará la conexión con el envío de un segmento TCP con el flag RST activado.

Debido a la baja carga de tráfico que generan este tipo de mensajes y a la constancia de sus tamaños en todas las trazas, se

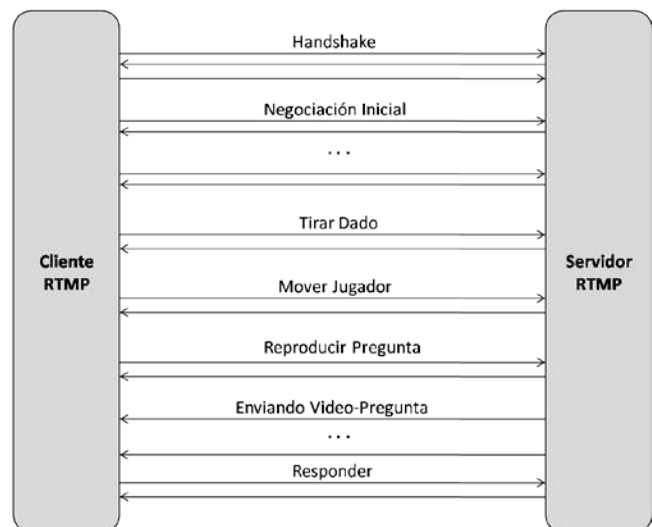


Figura 2. Esquema simplificado de los mensajes intercambiados

han simulado todos ellos con su tamaño real.

## 4.2 Tráfico de video-preguntas

De todo lo comentado en el punto anterior sobre el tráfico que se genera por el desarrollo de una partida, la única excepción es el tráfico que el servidor envía a los clientes con la información de las video-preguntas, que sí supone una carga mayor para la red. En las trazas capturadas, se detectó que el servidor envía todo el tráfico de audio y vídeo entrelazado en mensajes RTMP que llenan siempre los 1460 bytes máximos que puede transmitir en un solo paquete, con la excepción del último, que tendrá el tamaño necesario para enviar los bytes restantes. Por ello, no será necesario caracterizar el tamaño de los paquetes de las preguntas, sino que solamente se modelará el tamaño total de todos ellos. Al ser este valor dependiente de cada vídeo, en el modelo se ha considerado la duración real de cada una de las vídeo-preguntas consideradas en la aplicación. Sí se realizó en cambio una

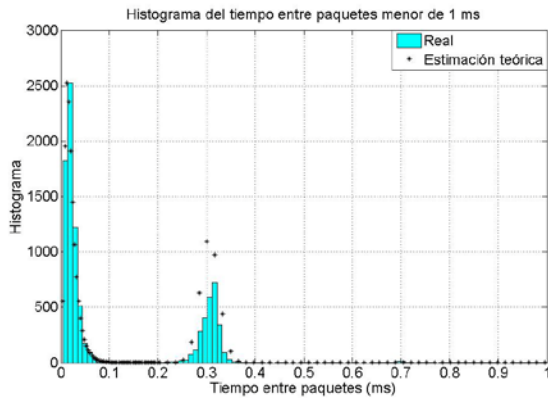


Figura 3. Tiempos entre paquetes de video-preguntas

caracterización estadística para los tiempos entre paquetes sucesivos, que presentaban una mayor diversidad de valores posibles. En la Figura 3 se presenta el histograma de los valores obtenidos, junto a la función de distribución que mejor aproxima los datos reales.

### 4.3 Tráfico del canal bidireccional de comunicaciones entre jugadores

Para concluir con la caracterización completa del tráfico generado por el juego multimedia de preguntas y respuestas, se presentan

los resultados del análisis del tráfico de audio y vídeo generados

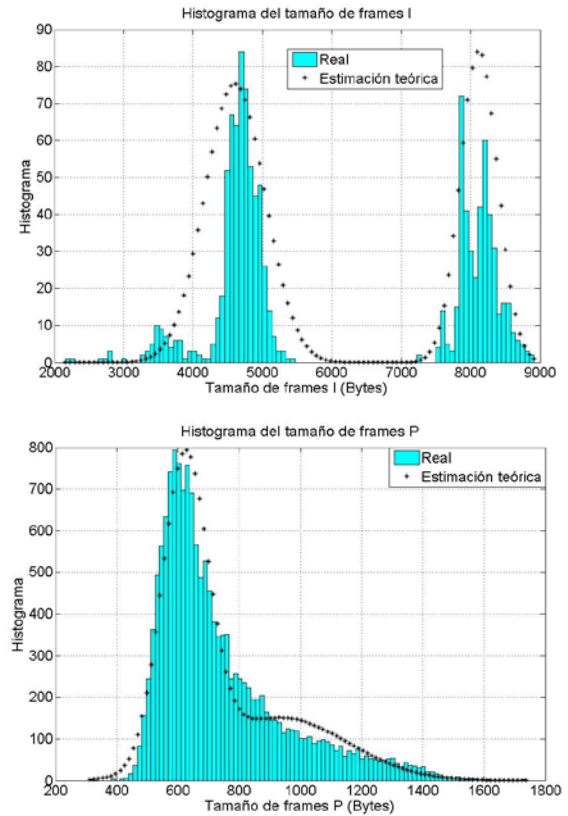


Figura 4. Tamaños de frames de vídeo

por el canal bidireccional de comunicación entre jugadores.

#### 4.3.1 Tráfico de audio

El tráfico de audio es el más sencillo de modelar, debido a que los mensajes que se envían contienen siempre una carga de información útil de 129 bytes, y los tiempos entre paquetes sucesivos son aproximadamente constantes, con un valor medio de 46.5 ms. Con esto, se puede modelar el tráfico de audio como

Tabla 1. Parámetros de las distribuciones estimadas

Parámetro		Dist. 1	Dist. 2	p	$\mu_1$	$\mu_2$	$\sigma_1$	$\sigma_2$	K-S Test
Tráfico de video-preguntas	Tiempo entre paquetes menor de 0.2 ms	lognormal	-	-	-3.975	-	0.57233	-	0.0646
	Tiempo entre paquetes entre 0.2 ms y 1 ms	lognormal	normal	0.03298	-0.33817	0.30611	0.21515	0.0197	0.0722
	Tiempo entre paquetes mayor de 1 ms	exponencial	normal	0.8179	5.8173	653.2021	-	394.9582	0.15747
Tráfico del canal bidireccional entre usuarios	Tamaño frames I	normal	normal	0.58963	4598.1373	8118.5255	435.8687	271.176	0.12824
	Tamaño frames P	normal	normal	0.62657	623.0188	934.7404	75.6587	220.6843	0.02489
	Tiempo entre frames	lognormal	normal	0.46087	3.4822	104.3116	0.0498	34.6756	0.11259
	Tiempo entre pk's del mismo frame	exponencial	normal	0.90734	0.0268	0.1534	-	0.0052	0.25226

un flujo constante de tasa útil 22.2 Kbps.

#### 4.3.2 Tráfico de video

El tráfico de vídeo del canal de comunicación entre jugadores es el más complejo de caracterizar de todos los implicados en la aplicación, debido a que es el único en que tanto los tamaños de los frames como los tiempos entre los mismos son variables y han de ser caracterizados estadísticamente, siendo necesario en todos los casos el empleo de composiciones de dos distribuciones típicas para modelar correctamente su comportamiento. El tráfico presenta dos tipos de frames claramente diferenciados por tamaño, que serán frames de tipo I y tipo P propios de la codificación MPEG. Estos frames seguirán una estructura periódica, con el envío de un frame tipo I seguido de 14 frames tipo P seguidos. Los tiempos entre ellos no se han detectado diferentes en unos casos y otros, por lo que se modelarán de manera conjunta. En la Figura 4 se muestran los histogramas para los tamaños de frames de ambos tipos, junto con la función de distribución de probabilidad estimada. Para los frames de tamaño superior a los 1460 Bytes máximos que pueden ir en un único paquete, se fragmenta el frame en varios paquetes, que se envían con tiempos entre sí considerablemente inferiores a los tiempos entre dos frames sucesivos.

### 5. MODELO DEL SERVICIO

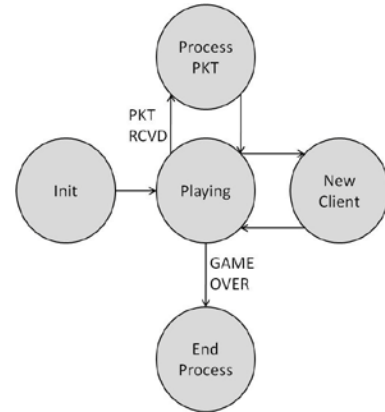
Una vez caracterizado estadísticamente el tráfico que genera la aplicación, se procede a realizar un modelo de la misma empleando el software OPNET Modeler, que permitirá realizar simulaciones con una cantidad elevada de usuarios, posibilitando experimentaciones en escenarios complejos de difícil implementación con usuarios y equipamientos reales.

Empleando este software, los modelos del cliente y servidor del juego se implementarán mediante diagramas de estados y transiciones, habiéndose optado además por estructuras jerárquicas maestro/esclavo para evitar sobrecargar un único proceso en cada extremo de la comunicación y que esta sobrecarga influya de forma negativa sobre el funcionamiento del servicio, pudiendo llevar a conclusiones erróneas sobre el rendimiento del mismo.

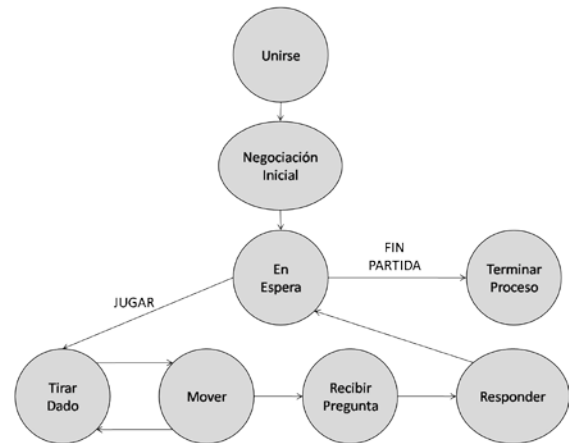
En la Figura 6(a) se muestra un diagrama conceptual del proceso principal del servidor del juego, que se encargará de gestionar el desarrollo de una partida completa del juego. Para ello, este proceso deberá ser capaz de atender las conexiones de nuevos clientes, procesar correctamente todos los paquetes recibidos y gestionar las desconexiones cuando la partida finalice. Adicionalmente a este proceso, el servidor contará con otros dos procesos: el primero estará encargado de gestionar la escucha continua de nuevos usuarios potenciales, y será el que se encargará además de asignar una partida en curso a cada usuario nuevo que se conecte o bien crear una nueva en caso de ser necesario; el segundo será un proceso esclavo del principal, y se encargará de simular el envío de información correspondiente a cada video-pregunta.

En la Figura 6(b) se muestra el diagrama de estados conceptual del proceso principal de un cliente, encargado de gestionar todo el intercambio de comandos con el servidor. Deberá simular la negociación inicial entre ambas partes, en la que el cliente será siempre quien la inicie de forma activa, así como de simular toda la dinámica de juego cuando el turno le corresponda. Mientras se encuentre en el turno de otro jugador, este proceso se encontrará en el estado Idle, donde se limitará a procesar todos los paquetes recibidos, tanto correspondientes al vídeo generado por sus compañeros de partida como a comandos procedentes del

servidor. En el diagrama se han omitido por simplicidad todos los



(a) Proceso del servidor



(b) Proceso del cliente

**Figura 6. Diagrama de estados simplificado de los procesos principales implementados**

estados encargados de procesar los paquetes recibidos, de los cuales habrá uno en el estado de espera, más otro adicional por cada fase del turno. Adicionalmente a este proceso principal, tras finalizar la negociación inicial se creará un proceso esclavo que se encargará de simular todo el envío de tráfico del video por el canal de comunicación entre usuarios.

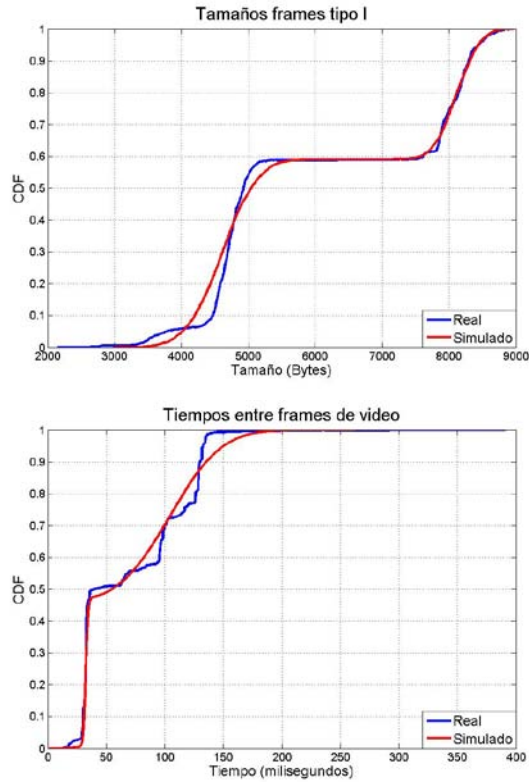
### 6. VALIDACIÓN DEL MODELO

El primer paso antes de realizar ningún estudio adicional fue comprobar que la caracterización estadística realizada del tráfico y su implementación en el modelo se ajustaban realmente a los parámetros del tráfico real, permitiendo así que cualquier conclusión que se saque sobre el tráfico simulado sea fielmente extrapolable al servicio real. Para ello, se diseñó un esquema de red con tres clientes, conectados en estrella a un router central que les da salida hacia una red externa que las conectará con el servidor. Los usuarios se conectan al servidor en el mismo instante, y se simuló el desarrollo de una partida completa. Toda la monitorización necesaria para dicha validación se realizó paquete a paquete.

En primer lugar, en la Figura 7 se muestran dos ejemplos de las curvas de distribución de probabilidad acumulada para los tiempos entre frames de video y los tamaños de frames I, ambos del canal de comunicación entre jugadores, superponiendo las



curvas obtenidas de las capturas de tráfico real con las obtenidas



**Figura 7. Ejemplos de CDF para validación: valores reales y simulados**

de la simulación, apreciándose un ajuste bueno de las curvas simuladas con las reales que confirmaría la adecuación del modelo desarrollado que arrojaban los indicadores del test K-S mostrados con anterioridad en la Tabla 1. Esto viene a demostrar que el modelo se comporta estadísticamente conforme a los datos del tráfico real, validando el estudio realizado en el ámbito teórico de las distribuciones que ajustaban los valores reales, y confirmando el modelo implementado como una herramienta para estudiar el comportamiento del servicio en diversos escenarios sin necesidad de montarlos sobre un sistema real.

## 7. ESTUDIO DEL TRÁFICO DE APLICACIÓN

Una vez validado, el propósito de la realización del modelo es el de estudiar el tráfico que inyecta en la red el servicio en funcionamiento, para poder medir el impacto que tendría su implantación sobre una red de comunicaciones. El estudio del tráfico se ha realizado sobre una simulación de 8 horas de funcionamiento del servicio, en una red con 60 usuarios potenciales repartidos en 10 subredes diferentes, todas ellas con el mismo esquema interno en estrella que la red de validación, y conectadas a través de la red a un único servidor. El instante en que cada uno de los usuarios accede al servicio es aleatorio, durante las primeras 7 horas, de forma que se evite la presencia de conexiones de muy corta duración debidas a que la conexión de uno o más usuarios se produzca en un instante muy próximo al final de la simulación.

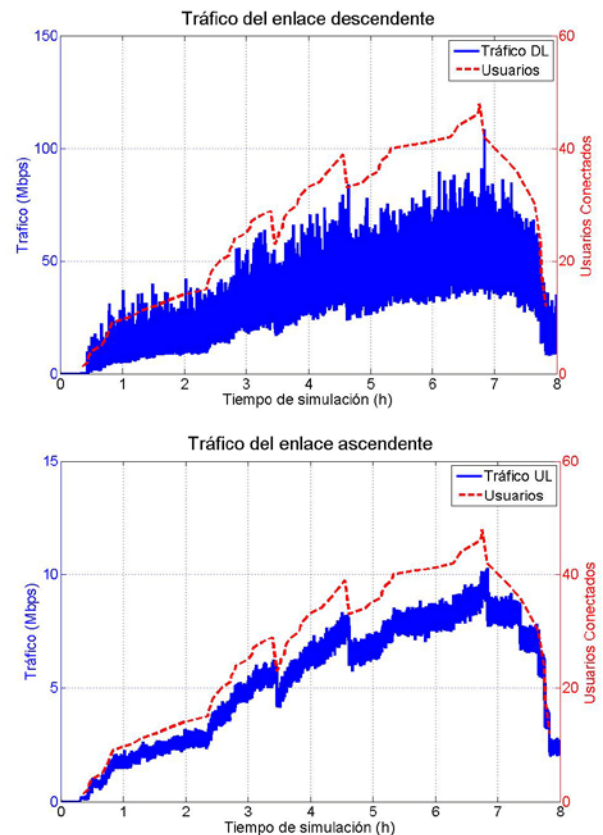
Para poder realizar una caracterización fiable del tráfico total que genera la aplicación en ambos sentidos de la comunicación, todos los enlaces en el esquema simulado se han sobredimensionado

considerablemente, de forma que no se produzcan saturaciones que distorsionen las características intrínsecas del tráfico generado. El tráfico se ha ido muestreando en intervalos de 1 segundo, siendo cada valor muestreado la media de todos los valores obtenidos en ese periodo de tiempo.

En la Figura 8 se ha representado el tráfico que circula por el enlace entre el servidor y la red externa en ambos sentidos de la comunicación. En ambos casos se ha solapado la evolución temporal del tráfico con la de usuarios conectados al servidor, para que se aprecie con cierta claridad como en ambos casos el tráfico sigue un patrón idéntico al de los usuarios activos.

Este hecho significa que el tráfico total generado en ambos sentidos será prácticamente lineal con el número de usuarios activos empleando el servicio, lo cual viene a confirmar que el tráfico multimedia, tanto del canal de comunicación entre usuarios como también de las preguntas, supone la mayor parte del total de la aplicación, ya que este tipo de tráfico se genera de igual manera para todos los usuarios conectados en cada momento dentro de la misma partida. De aquí ya se pueden extraer dos conclusiones importantes: la primera es que el diseño de una red de comunicaciones para albergar este servicio presentará gran similitud con el diseño de una red para albergar un servicio de vídeo puro; la segunda, más orientada a estudios futuros sobre la aplicación, es que se podrán realizar simulaciones con un elevado número de usuarios en tiempos razonables, caracterizando la mayoría de ellos por un flujo de tráfico *background*, y dejando únicamente un grupo reducido de usuarios modelados explícitamente para observar sobre ellos los posibles efectos de la presencia del resto.

En la Figura 9 se muestra el tráfico anterior frente al número de



**Figura 8. Tráfico en el enlace crítico y usuarios conectados**

usuarios conectados. En ella se han representado los valores medios según usuarios conectados para ambos sentidos de la comunicación, y para el enlace descendente se han representado también los percentiles 10 y 90 %. En todos los casos, se ha añadido la recta que representaría una dependencia lineal perfecta, con un valor por usuario igual a la media de los valores obtenidos para cada cifra de usuarios conectados.

En la gráfica se aprecia cómo tanto los valores medios se ajustan bastante bien a la gráfica lineal, especialmente en el caso del enlace ascendente, dónde este comportamiento cabía esperar, debido a que todos los clientes generan su tráfico multimedia de idéntica forma y a que el tráfico ascendente de comandos de juego es muy pequeño en comparación al propio tráfico multimedia. En el enlace descendente, a pesar de que los valores medios se encuentran en general bastante próximos a la linealidad perfecta, se aprecia como los percentiles van quedando mejor confinados dentro de los márgenes de la variación lineal a medida que el número de usuarios crece. Esto se debe a que el tráfico que cada cliente recibe no es igual cuando se encuentra en una partida con pocos jugadores que cuando se encuentra en una partida completa (6 jugadores). A medida que el número de clientes totales aumenta, este hecho va teniendo cada vez menor influencia, dando lugar a que el tráfico por usuario resulte menos variable. En futuros trabajos se profundizará en la caracterización detallada de estos diferentes patrones según el número de usuarios en una partida.

Basándonos en esta linealidad, y con las pequeñas reservas ya comentadas que se abordarán en futuros estudios, se puede suponer que el tráfico agregado de la aplicación se puede

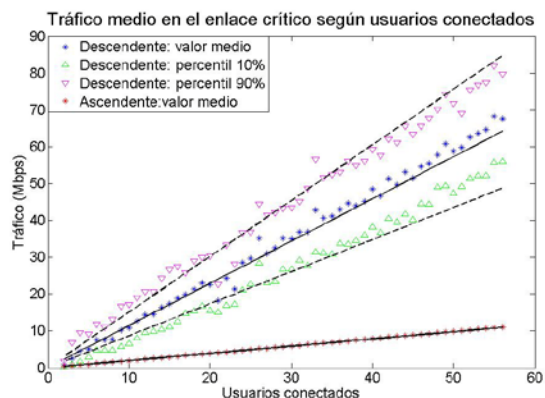


Figura 9. Tráfico en función del número de usuarios

promediar en cada instante por el número de usuarios conectados en ese instante, y los patrones de tráfico que se obtengan en ese tipo de estudio serán representativos de la carga de tráfico que supondría para la red cada usuario conectado utilizando el servicio. En la Figura 10 se ha representado el boxplot de dicho tráfico agregado promediado, habiéndose eliminado para ello las muestras que se obtenían en la primera hora de simulación. Esto se ha hecho debido a que en ese periodo se obtenían la mayor parte de outliers de la gráfica, lo cual se podría asociar al reducido número de usuarios o incluso a la presencia de un periodo transitorio en el modelo que luego se va estabilizando. Para complementar los resultados gráficos, se muestran en la Tabla 2 los principales estadísticos de ambos flujos promediados. Con estos valores, se aprecia por ejemplo el hecho de que el valor medio y la mediana se encuentran muy próximos entre sí, lo que nos viene a indicar que las desviaciones por encima y por debajo de dicho valor medio tienden a ser similares y equilibrarse entre

sí. Además, se observa como los percentiles 25 y 75 % están bastante próximos entre sí, con menos de 200 Kbps de diferencia

Tabla 2. Parámetros estadísticos de tráfico (medido en Kbps) promediado por usuario conectado

Parámetro	Descendente	Ascendente
Media	976.1381	189.5958
Varianza	21392	37.4772
Percentil 25%	873.0918	185.9052
Mediana	952.8356	189.6868
Percentil 75%	1052.3475	193.5097

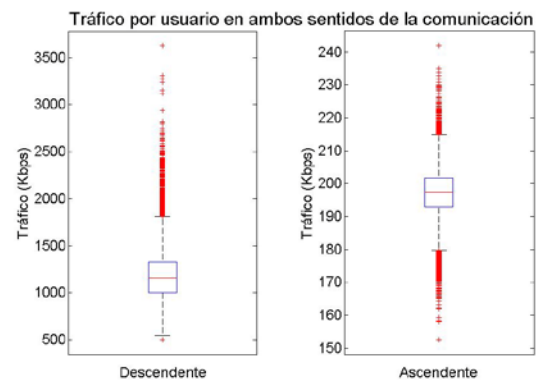


Figura 10. Boxplot del tráfico por usuario

en el enlace descendente y aproximadamente 8 Kbps en el ascendente. Esto nos vendría a indicar que la mayor parte de muestras no se alejan en exceso del valor medio, pudiendo asociarse los outliers restantes en el canal descendente a instantes en que hayan coincidido un mayor número de preguntas en transmisión, generando una carga de tráfico superior a la media. En el canal ascendente, todos los outliers pueden asociarse al propio carácter variable del tráfico emitido por los usuarios.

## 8. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este artículo se ha caracterizado el tráfico generado por una aplicación de un juego para televisión social interactiva, dando lugar a un modelo que refleja fielmente el comportamiento del servicio en términos estadísticos, y que nos permite analizar el impacto que podría tener la implantación del mismo sobre una red de telecomunicaciones. En este tipo de aplicaciones intervienen varios flujos de tráfico y protocolos con unas características particulares que se han caracterizado estadísticamente. Los resultados de la validación han permitido determinar que el modelo refleja la dinámica de funcionamiento del prototipo real.

Asimismo, las diferentes pruebas realizadas nos han permitido llegar a la conclusión de que el tráfico de red generado tiene una dependencia fuertemente lineal con el número de usuarios que estén concurriendo simultáneamente al servidor. Este comportamiento sentará unas bases muy importantes para realizar estudios de despliegue masivo de la aplicación, así como también facilitaría el diseño de los sistemas reales destinados a albergar el servicio, dado que se podría reducir la calidad del diseño final a realizar una buena estimación de la aceptación que el servicio tendrá por parte de los usuarios.

En esta línea, se está trabajando ya en la definición de escenarios de prueba del servicio en entornos de un uso masificado, donde se tratará de ver sobre unos pocos clientes el efecto de tener un elevado número de usuarios concurrendo simultáneamente.

Diferentes aspectos no incluidos en este análisis como puedan ser el retardo de los paquetes o el jitter sí serán analizados en esas pruebas masivas, a fin de comprobar hasta qué punto el servicio es resistente a condiciones de red adversas, especialmente teniendo en cuenta que la presencia de servicios multimedia en tiempo real para que los usuarios se comuniquen harán que la aplicación presente unos requisitos de calidad estrictos, sobre todo en términos de retardo de los paquetes y jitter.

La pérdida de paquetes en sí misma no se contempla debido al empleo de TCP como protocolo de transporte; sin embargo, sí se deberán considerar escenarios en que esté presente, a fin de evaluar su influencia en el incremento de retardo que se generaría con las retransmisiones de paquetes.

En estos escenarios de uso masivo, se trabajará en la definición de métricas que permitan determinar la calidad de experiencia del usuario (QoE) a partir de las medidas objetivas realizadas en la red y equipos de comunicaciones. Estas medidas de QoE, realizadas en entornos de emulación, donde unos pocos usuarios reales competirán por los recursos de red con usuarios simulados en tiempo real, serán trascendentales a la hora de determinar el éxito de la implantación masiva de esta aplicación de televisión social interactiva.

## 9. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado gracias a la utilización del simulador OPNET Modeler, disponible a través del programa de universidades "Teaching and Research with OPNET".

## 10. REFERENCIAS

- [1] AGAMANOLIS, S.: "At the Intersection of Broadband and Broadcasting: How Interactive TV Technologies can Support Human Connectedness". On *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol. 24, No 2, pp. 121-135
- [2] CAGENIUS, T., FASBENDER, A., HJELM, J., HOM, U., MAS IVARS, I., SELBERG, N.: "Evolving the TV experience: Anytime, anywhere, any device". In *Ericsson Review* No. 3, 2006, pp. 107-111.
- [3] CHEN, K.-T., HUANG, P., HUANG, C.-Y.: "Game Traffic Analysis: An MMORPG Perspective". In *Proceeding of the international workshop on Network and operating systems support for digital and video*, June 2005.
- [4] COLLAZOS, C.A., RUSU, C., ARCINIEGAS, J.L., RONCAGLIOLO, S.: "Designing and Evaluating Interactive Television from a Usability Perspective". In *Second International Conferences on Advances in Computer-Human Interactions*, 2009. ACHI '09, pp. 381-385.
- [5] DAI, M., LOGUINOV, D.: "Analysis and Modeling of MPEG-4 and H.264 Multi-Layer Video Traffic". In *Proceedings of the IEEE Infocom 2005*, pp. 2257-2267.
- [6] GROSS, T., FETTER, M., PAUL-STUEVE, T.: "Toward Advanced Social TV in a Cooperative Media Space". On *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol. 24, No 2, pp. 155-173
- [7] HOLBLING, G., RABL, T., COQUIL, D., KOSCH, H.: "Interactive TV services on mobile devices". In *IEEE Multimedia*, Vol. 15, issue 2, pp. 72-76. 2008.
- [8] HUANG, G., YE, M., CHENG, L.: "Modeling system performance in MMORPG". In *Global Telecommunications Conference Workshops, 2004. GlobeCom Workshops 2004*. IEEE. pp. 512-518.
- [9] KHADRAOUI, M., HIRSBRUNER, B., MEINKOHN, F., KHADRAOUI, D., COURANT, M.: "Interactive TV show based on avatars". In *Proceedings on Systems Communications*, Aug. 2005.
- [10] LAZARIS, A., KOUTSAKIS, P.: "Modeling Video Traffic from Multiplexed H.264 Videoconference Streams". In *IEEE Global Telecommunications Conference, 2008. IEEE GLOBECOM 2008*.
- [11] LIU, F., YAN, G., ZHOU, W.: "Traffic Recognition and Characterization Analysis of MMORPG". In *International Conference on Communication Technology, 2006. ICCT '06*.
- [12] MATE, S. ; CURCIO, I. : "Mobile and Interactive Social Television". In *2010 7th IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC)*, January 2010.
- [13] OBRIST, M., BERNHAUPT, R., TSCHELIGI, M.: "Interactive TV for the Home: An Ethnographic Study on Users' Requirements and Experiences". On *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol. 24, No 2, pp. 174-196.
- [14] RIEDE, C., FRIEDRICH, O., SEELIGER, R., ARBANOWSKI, S.: "Interactive IMS-based IPTV plunge into the reality game show". In *2nd International Conference on Internet Multimedia Services Architecture and Applications, 2008. IMSAA 2008*.
- [15] SALEEMI, M.M., LILIUS, J.: "Interactive applications for mobile TV". In *2010 International Conference on Multimedia Computing and Information Technology (MCIT)*, March 2010, pp. 37-40.
- [16] SZABO, G., VERES, A., MOLNAR, S.: "Effects of User Behavior on MMORPG Traffic". In *IEEE International Conference on Communications, 2009. ICC '09*.
- [17] VAISHNAVI, I., CÉSAR, P., BULTERMAN, D., FRIEDRICH, D., GUNKEL, S., GEERTS, D.: "From IPTV to synchronous shared experiences challenges in design: Distributed media synchronization". In *Elsevier Signal Processing: Image Communications*, 2011. doi:10.1016/j.image.2011.01.006
- [18] WU, Y., HUANG, H., ZHANG, D.: "Traffic Modeling for Massive Multiplayer On-line Role Playing Game (MMORPG) in GPRS Access Network". In *2006 International Conference on Communications, Circuits and Systems Proceedings*. Vol. 3, pp. 1811-1815.
- [19] ZHANG, H., NGUYEN, H., BILASCO, I.M., LEE, G.M., WANG, H. : "IPTV 2.0 from Triple Play to social TV". In *2010 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB)*, March 2010