

# Televisión sobre Internet: calidad percibida en arquitecturas P2PTV (peer-to-peer television)

PABLO RODRÍGUEZ-BOCCA

Facultad de Ingeniería, Universidad de la República.  
Montevideo, Uruguay  
[prbocca@fing.edu.uy](mailto:prbocca@fing.edu.uy)

**Resumen.** El tráfico sobre Internet se encuentra creciendo día a día, siendo la distribución de video el principal impulsor de dicho aumento. Distribuir video en Internet es complicado por dos aspectos: el económico y el técnico. Enviar video de forma masiva requiere gran consumo de ancho de banda y por tanto altos costos. Además, al ser la Internet una interconexión de redes, la única forma de asegurar una buena calidad de video a los usuarios de distintos proveedores de acceso a Internet (ISPs) es distribuir desde dentro de cada proveedor. Las llamadas Content Delivery Network (CDN) son las arquitecturas tradicionales para realizar dicha distribución de video. Como alternativa, se han desarrollado los últimos años varias aplicaciones de streaming entre pares, o también llamados P2PTV (Peer-to-Peer TV). Los despliegues más exitosos son de protocolos e implementaciones cerradas. Las ventajas de la redes P2PTV incluyen una disminución notoria en el costo de ancho de banda para el proveedor del servicio, y una buena arquitectura para evitar los problemas de congestión manteniendo la calidad de video. Este trabajo presenta el diseño de una red híbrida entre las arquitecturas CDN y P2P, llamada GoalBit, la primera red P2P para la distribución de video en vivo, gratuita y de código abierto. GoalBit rescata las ventajas de ambas arquitecturas, y principalmente es de protocolo abierto, lo que permite a la academia a investigar sobre P2PTV así como plantear mejoras.

46

---

**Palabras clave:** televisión, peer-to-peer, quality, goalbit

## 1 Introducción

Actualmente el tráfico sobre Internet se encuentra creciendo día a día, siendo la distribución de video el principal impulsor de dicho

aumento. Hoy en día el 40% del tráfico total de Internet se corresponde con la distribución de contenidos audiovisuales, mientras que se espera que para el 2014 este alcance el 57%. A su vez, dentro de las diferentes formas de distribución de video, la distribución de video en vivo es la que más crece porcentualmente (Fuente: Cisco Systems, Inc. Hyperconnectivity and the Approaching Zettabyte Era., June 2010).

Distribuir video en Internet es complicado por dos aspectos: el económico y el técnico. Enviar video de forma masiva requiere gran consumo de ancho de banda, por tanto el proveedor del servicio de video debe afrontar grandes costos de infraestructura en conectividad, limitando la emisión a solo los principales proveedores mundiales. Por otro lado, la Internet ofrece un desafío técnico mayor, al ser una interconexión de redes, la única forma de asegurar una buena conectividad a los usuarios de distintos proveedores de acceso a Internet (ISPs) es distribuir desde dentro de cada proveedor. Lo que determina que el proveedor del servicio de video deba desarrollar un acuerdo comercial con todos los ISPs de interés o contratar a un tercero que ya dispone de esos acuerdos (típicamente a una CDN).

Entonces, quienes ya disponen de buena conectividad global, son las llamadas Content Delivery Network (CDN). Una CDN es un sistema de computadoras interconectadas en Internet que cooperan transparentemente para distribuir contenido a los usuarios finales (Fuente: Wikipedia). Por tanto los videos son distribuidos desde un conjunto de servidores dispuestos a lo largo del mundo. Las CDNs poseen buen control, administración y monitoreo del servicio. Sin embargo son servicios costosos, y muchas veces no logran evitar las congestiones en la red a pesar de tener mucha capacidad disponible (puesto que no disponen de servidores o de buena conectividad en todos los ISPs).

Resumidamente entonces, quien desea distribuir de forma tradicional grandes volúmenes de video en Internet deben tener la escala suficiente para contratar un servicio de distribución global provisto por una CDN o disponer de infraestructura global propia. Debido a este contexto, en los últimos años se han desarrollado múltiples aplicaciones de streaming entre pares, o también llamados P2PTV (Peer-to-Peer TV). Una red P2P es una red de

contenido que toma ventaja de los recursos disponibles en los usuarios finales. Los despliegues más exitosos par servicios de video se dan en Asia, donde algunos ejemplos de estas aplicaciones son PPlive, TVUnetwork, Ppstream, SopCast, etc. Todas aplicaciones con protocolo e implementaciones cerradas.

Las ventajas de la redes P2PTV incluyen una disminución notoria en el costo de ancho de banda para el proveedor del servicio, y una buena arquitectura para evitar los problemas de congestión (puesto que otros usuarios dentro de un ISP ayudan localmente a la descarga del contenido, no requiriendo presencia de servidores dentro del ISP u acuerdos comerciales). Como contraparte, las redes P2PTV utilizan recursos de los usuarios autónomos, por lo que el ancho de banda es muy fluctuante, siendo más complicado mantener el control de la red y conocer la calidad percibida por los usuarios.

Dada esta realidad, este trabajo presenta el diseño de una red híbrida entre las arquitecturas CDN y P2P, llamada GoalBit, la primera red P2P para la distribución de video en vivo, gratuita y de código abierto. GoalBit rescata las ventajas de ambas arquitecturas, y principalmente es de protocolo abierto, lo que permite a la academia a investigar sobre P2PTV así como plantear mejoras.

## **2 Media de la calidad de video**

### **2.1. Evaluaciones subjetivas**

No hay un mejor indicador acerca de la calidad de video que un observador humano. Desafortunadamente, la calidad dada por un observador depende de su propia experiencia. Por esto, es que se dice que la calidad de video es subjetiva. El mecanismo usado para evaluarla es llamado pruebas subjetivas. Existen diferentes técnicas de evaluación de la calidad subjetiva, las cuales dependen, de los aspectos de calidad que se estén evaluando y el tipo de aplicación. Las técnicas de evaluación de calidad subjetiva pueden ser categorizadas en dos grandes grupos: las de tipo cualitativo y las de tipo cuantitativo. Las evaluaciones cualitativas tienen como resultado descripciones acerca de la calidad percibida por los observadores. Usualmente éstas no se trasladan bien a una escala

numérica. Normalmente estas evaluaciones suelen ser usadas para observar cómo los individuos reaccionan ante una variación de la calidad percibida, por ejemplo con el fin de definir el esquema de precios para un servicio multimedia. En nuestro caso, nos vamos a enfocar en las evaluaciones de tipo cuantitativas. Las evaluaciones cuantitativas consisten en armar un conjunto de observadores (seres humanos), quienes evalúan la calidad percibida al reproducir una serie de pequeños videos (a cada video, cada observador le asigna un valor dentro de una escala numérica). De esta manera, en primera instancia vamos a obtener la calidad percibida por un usuario promedio para cada video. Luego, procesando estos datos se puede obtener una evaluación más pesimista u optimista si es necesario. Estos procesos de evaluación suelen llamarse Mean Opinion Score (MOS). Existen métodos estándares sobre cómo llevar a cabo las evaluaciones subjetivas, como por ejemplo ITU-R BT.500-11, en donde se incluyen las siguientes variantes:

- Single Stimulus (SS)
- Double Stimulus Impairment Scale (DSIS),
- Double Stimulus Continuous Quality Scale (DSCQS),
- Single Stimulus Continuous Quality Evaluation (SSCQE),
- Simultaneous Double Stimulus for Continuous Evaluation (SDSCE),
- y Stimulus Comparison Adjectival Categorical Judgement (SCACJ).

Las diferencias entre éstas suelen ser mínimas y principalmente dependen del tipo de aplicación a considerar.

## **2.2. Evaluaciones objetivas**

Considerando los inconvenientes asociados a las evaluaciones subjetivas, principalmente el hecho de basarse en el trabajo de un conjunto de personas, los investigadores e ingenieros naturalmente buscaron procedimientos automáticos para llevar a cabo estas tareas. Estos son llamados evaluaciones objetivas. Las métricas objetivas, básicamente son fórmulas o algoritmos (usualmente algoritmos de procesamiento de señales) que miden, en cierto sentido, la calidad de un streaming de video. Salvo algunas pocas excepciones, las evaluaciones objetivas proponen diferentes

maneras de comparar la señal distribuida con la señal original, usualmente computando una especie de distancia entre estas señales. Los métodos de evaluación objetiva de la calidad de video más usados son:

- Peak Signal to Noise Ratio (PSNR),
- Video Quality Metric (VQM) de ITS,
- Moving Picture Quality Metric (MPQM) de EPFL,
- Color Moving Picture Quality Metric (CMPQM),
- Normalization Video Fidelity Metric (NVFM).

Estos métodos difieren en su complejidad, desde el más simple (PSNR) al más sofisticado basado en el Human Vision System (HVS), como por ejemplo CMPQM o NVFM.

### **2.3. Un enfoque híbrido: Pseudo-Subjective Quality Assessment (PSQA)**

El Pseudo-Subjective Quality Assessment (PSQA) es una técnica híbrida entre las evaluaciones subjetivas y las objetivas, la cual permite aproximar los valores obtenidos mediante evaluaciones subjetivas de forma automática. Por este motivo, el PSQA junta las ventajas de los dos tipos anteriores de pruebas: brinda una evaluación simple con un bajo costo computacional, sin la necesidad de tener la secuencia original, que además se correlacionan en buena medida con la calidad percibida por los usuarios. Como consecuencia, esta técnica es ideal para aplicaciones de distribución de video en tiempo real, como en nuestro proyecto. A muy alto nivel, la idea consiste en realizar una evaluación subjetiva, compuesta por un panel de observadores humanos, de un conjunto de secuencias de video. Luego con los resultados de esta evaluación, se entrena una red de aprendizaje automático (los mejores resultados se obtuvieron con redes neuronales) con el fin de capturar la relación existente entre los parámetros causantes de la distorsión de las secuencias y la calidad percibida por los usuarios. La evaluación PSQA ha sido aplicada a diferentes contextos: conversaciones interactivas de voz y audio, video H.263 usado en tele-conferencias, sobre redes de tipo DiffServ IP, video H.264 en alta definición, etc.

La metodología PSQA aplicada a la distribución de video cuenta

con 3 diferentes etapas:

1. La definición de parámetros que afectan a la calidad del video y la generación de una base de datos con secuencias de video distorsionadas por dichos parámetros.
2. La realización de una evaluación subjetiva de las secuencias incluidas en la base de datos, es decir un test subjetivo con humanos.
3. El entrenamiento de una red de aprendizaje automático, con el fin de correlacionar los parámetros definidos con la calidad percibida por los usuarios.

### **3 Protocolo GoalBit**

Siguiendo el exitoso enfoque de BitTorrent, se diseña el GoalBit Transport Protocol, mediante el cual es posible distribuir un streaming de video en vivo sobre una red de pares. Se define el GoalBit Packetized Stream con el fin de especificar la forma de paquetizar un streaming de audio y video, encapsulándolo dentro del protocolo de transporte. En base a estas especificaciones, se apoya a la comunidad open-source en la implementación de un cliente de referencia llamado GoalBit.

El cliente GoalBit realiza automáticamente, y en tiempo real, la medición de la calidad de experiencia del usuario mediante la metodología PSQA. Además, cada cliente reporta dicha medida a los servidores de control (particularmente al Tracker), obteniendo de esta manera una visión global y completa del estado de la distribución del streaming en la red. Disponer de esta importante medida, nos permite analizar y plantear mejoras a las políticas implementadas en el sistema.

Tanto a nivel de pruebas empíricas, como en emulaciones realizadas, se observó que la estrategia de selección de piezas, la cual define que piezas un par debe solicitar a otro, es un factor de gran relevancia en la continuidad y latencia del streaming. La tesis de maestría de Pablo Romero analiza matemáticamente este problema, introduciendo una nueva estrategia de selección de piezas y comparándola con las anteriores conocidas.

También se observó que la estrategia de selección de pares es determinante para la performance global del sistema, y muy

relevante para los ISPs, quienes con una buena asignación de pares pueden lograr disminuir el costo de ancho de banda en sus accesos internacionales manteniendo o mejorando la calidad de experiencia de los usuarios. La selección de pares es analizada matemáticamente por Darío Padula, en su tesis de maestría.

Además de mejorar el protocolo peer-to-peer, el grupo ha estudiado como asignar eficientemente los recursos de los servidores cuando la arquitectura es híbrida CDN+P2P. En este caso los contenidos más populares y los de menor tamaño son alojados en más cantidad de servidores, de forma de maximizar la calidad de experiencia global de los usuarios.

Actualmente, la plataforma GoalBit es utilizada en escenarios reales, de cientos de miles de usuarios, con gran éxito.

#### 4 Conclusiones

Los principales resultados respecto al producto GoalBit son: disponer de versión de software libre (de uso gratuito y protocolo abierto), más de 60k descargas (aproximadamente 500 descargas semanales), y ser un proyecto catalogado en el lugar 150 de SourceForge (mejor ranking) entre más de 150.000 proyectos.

Los principales resultados respecto a la formación de investigadores y profesionales, involucra a más de 30 personas a lo largo del proyecto, incluyendo los siguientes trabajos finalizados: 2 tesis de doctorado, 3 tesis de maestría, 4 proyectos de grado, 7 pasantías en el exterior; y los siguientes trabajos en ejecución: 3 tesis de maestría y 2 proyectos de grado.

Los principales resultados académicos pertenecen a las siguientes áreas:

- Calidad de Experiencia (QoE)
- Streaming P2P desde múltiples fuentes
- Búsqueda eficiente en repositorios de video
- Selección óptima de pares basado en geografía
- Selección óptima de piezas en redes P2P malladas
- Asignación óptima de recursos en redes híbridas CDN+P2P

Por más detalles ver: <http://goalbit.sourceforge.net/>