

TV IP, clave en la evolución de Internet

Raquel Pérez Leal, Encarna Pastor Martín

Dpto. Ingeniería de Sistemas Telemáticos - Universidad Politécnica de Madrid, E.T.S. I. de Telecomunicación, Ciudad Universitaria. 28040 Madrid (España). Telf. 915495700

rperez@dit.upm.es, encarna@dit.upm.es

Abstract — La evolución de los servicios de entretenimiento basados en las tecnologías de la información y comunicaciones ha sido espectacular en los últimos tres años. El despliegue generalizado por parte de los operadores de soluciones de televisión IP (IPTV) y la aparición en Internet de servicios novedosos, de gran y extensa demanda, como son las Web de acceso a contenidos generados por los propios usuarios, canales de vídeo en Internet o las web sociales, están revolucionando la concepción del servicio extremo a extremo e impactando en todos los niveles del mismo, desde las aplicaciones a las redes que las sustentan así como a las tecnologías subyacentes. Desde el punto de vista tecnológico, no sólo surgen nuevos requisitos si no que las redes están experimentando un notable crecimiento tanto en número de usuarios (escalabilidad) como en capacidad de manejo de tráfico (ancho de banda) y nuevas prestaciones. El crecimiento de las redes no se va a poder realizar como se venía haciendo tradicionalmente, por una parte, incrementando el ancho de banda de forma indefinida y, por otra, mediante la diferenciación en calidad de servicios. En el artículo propuesto se realiza una revisión del entorno de IPTV, tanto desde la perspectiva del operador como en Internet, se señalan los aspectos que más impactan en la red y se apuntan algunas de las soluciones técnicas que nos permitirán abordar su evolución hacia una red convergente de servicios de contenidos.

I. INTRODUCCIÓN

La evolución de los servicios de entretenimiento basados en las tecnologías de la información y comunicaciones se puede decir que ha sido espectacular en los últimos tres años. El despliegue generalizado por parte de los operadores de soluciones de televisión IP (IPTV) y la aparición en Internet de servicios novedosos, de gran y extensa demanda, como son las Web de acceso a contenidos generados por los propios usuarios, canales de vídeo en Internet o las Web sociales, están revolucionando la concepción del servicio extremo a extremo e impactando en todos los niveles del mismo, desde las aplicaciones a las redes que las sustentan así como a las tecnologías subyacentes. Al mismo tiempo, se observa la evolución de los servicios en otros dos aspectos fundamentales, la ubicuidad y la combinación de servicios. Esta evolución se está abordando tanto en entornos de I+D, [1], [2], como en el mercado, por parte de operadores y proveedores. Todo ello impactará, como en el caso anterior, en las tecnologías subyacentes.

El concepto de ubicuidad se contempla en un sentido amplio, el acceso a los servicios de TV y vídeo, y no sólo estos, se está extendiendo a cualquier dispositivo, a “las tres pantallas”: TV, PC, móvil; a cualquier tipo de contenido, “clásicos” de difusión y en tiempo real, bajo demanda, personalizados o generados por el propio usuario; en cualquier momento, paso de la TV lineal a vídeo bajo demanda (VoD), grabación personal, canales personalizados, etc.

Por otra parte, combinación de servicios significa que ya no se trata de servicios “triple play” de datos, voz y vídeo independientes sino de nuevos servicios multimedia, con alto contenido en TV/Vídeo y que surgen de la combinación de los tres anteriores, por ejemplo los servicios de *chat* enriquecido en el televisor asociados a canales TV o servicios combinados de TV con acceso desde el teléfono móvil o comunicaciones en general, [3], [4]. En todo este tipo de servicios, denominados servicios de contenidos, aparece además el concepto de comunidad o social en la utilización de dicho servicio.

En el artículo se realiza una revisión del entorno de IPTV, tanto desde la perspectiva del servicio proporcionado por el operador, como en Internet. A continuación se analizan los aspectos tecnológicos que más impacto pueden tener en la red y finalmente, se apuntan algunas de las soluciones técnicas para la distribución de contenidos, como multicast multidominio o p2p, que permitirán la evolución hacia una red convergente centrada en servicios de contenidos.

II. TV IP: LA DOBLE PERSPECTIVA

En el mundo del vídeo IP hay que distinguir dos entornos claramente diferenciados, tanto desde el punto de vista técnico como desde el punto de vista de mercado, cuyas experiencias cruzadas pueden ser, sin embargo, enriquecedoras:

- Servicios de IPTV, como multicast de canales de TV (BTV), streaming de Vídeo bajo Demanda (VoD), Pago por Visión (PPV), grabación personalizada de contenidos (PVR), etc., proporcionados por el operador en entorno de redes controladas y cerradas. En este entorno se “conoce” a los usuarios por ser clientes/subscriptores del servicio, y este se provee con calidad de servicio y contenidos premium con derechos de acceso, [5], [6].

- Servicios de vídeo y TV en Internet, también sobre protocolo IP, fundamentalmente tipo descarga o streaming de vídeo, se soporta en redes abiertas, no gestionadas, sin calidad de servicio, con usuarios geográficamente dispersos y, en general, desconocidos, con contenidos en parte generados por los usuarios y canales de televisión con contenidos también en abierto.

A. IPTV en Redes de Operador

En cuanto al concepto IPTV de operador, los segmentos con mayor crecimiento previsto en España según GEMO (*Global Entertainment and Media Outlook: 2006-2010*) y Enter, serán la televisión de pago, con un 18,4 % de 2006 a 2010 e Internet, con un 7,3%. Dentro de la televisión de pago, modelo de negocio basado principalmente en suscripción, el crecimiento de la televisión es debido en gran medida a la multiplicación de las ofertas de televisión por redes IP. Según este estudio, nuestro país será en 2010 el que tenga la mayor penetración de televisión IP de Europa, con 3,5 millones de hogares. Por otra parte, el mercado europeo de IPTV creció un 60% durante 2007, superando los 6 millones de clientes. Europa es una de las áreas más activas a nivel mundial. Entre otros operadores, están prestando este tipo de servicios en los diferentes países europeos, [7]:

- en Francia, Free con Iliad, France Telecom con el servicio Ma ligne TV, Neuf Telecom, y Telecom Italia con el servicio Alice;
- en Alemania, DT con T-Home y Handsenet con Alice Home;
- en Italia Fastweb y Telecom Italia con Alice y
- en España, Telefónica con Imagenio, Orange y Jazztel.

La siguiente tabla es muy ilustrativa respecto a la dimensión que están alcanzando estos servicios, en ella se recogen los proveedores más importantes de IPTV a nivel mundial por número de usuarios.

TABLA I
PROVEEDORES DE IPTV POR NÚMERO DE USUARIOS

Operador	País	Número de abonados IPTV (Fin 2007)
Iliad (Free)	Francia	2.900.000
France Telecom	Francia	1.240.000
Verizon	Estados Unidos	943.000
PCCW	Hong Kong	882.000
Neuf Cegetel	Francia	750.000
Telefónica	España	511.100
Chunghwa Telecom	Taiwan	395.000
China Telecom	China	310.000
Belgacom	Bélgica	310.000
TeliaSonera	Suecia	380.000
AT&T	Estados Unidos	231.000
Fastweb	Italia	170.000

Fuente: Parks Associates [8] y elaboración propia

B. Vídeo y TV Internet

Respecto a los servicios de vídeo y TV y, en un sentido más amplio de contenidos y entretenimiento, proporcionados sobre el acceso de alta velocidad de Internet (HSI), presentan muy rápida evolución tanto en tipos de servicios como en número de usuarios, [9]. Aunque su modelo de negocio no está claramente definido, la publicidad se perfila en la mayoría de los casos como su principal fuente de ingresos y, como alternativa, la suscripción y el pago por visión. Dentro de este segmento se

pueden distinguir básicamente tres grupos de proveedores de servicio: los basados en la provisión de contenidos generados por el usuario, los proveedores de Vídeo bajo Demanda (VoD), juegos, etc. y los portales de TV propiamente dichos. A modo de ejemplo, entre los proveedores de servicio de contenidos generados por los usuarios se pueden distinguir los de contenidos en su mayoría generalistas y que, cada vez más, incorporan algunos clips profesionales, a menudo publicitarios, y los más especializados. Entre los primeros están YouTube, DailyMotion, lulu.tv, myspace, MyVideo y clipfish y, entre los segundos, phanfare y blip.tv. Otro grupo lo constituyen las compañías enfocadas a formatos largos de vídeo, difusión y películas de aficionados, más similares a contenidos profesionales, como dave.tv y undergroundfilm. Entre los proveedores de contenidos bajo demanda están Amazon unbox, Movielink, Blockbuster y FilmStar. En el grupo de portales de TV y editores profesionales estarían Joost, jumpTV, pplives, Zattoo, Soapcast y CoolStream.

El acceso a este tipo de aplicaciones es creciente, un ejemplo lo tenemos en la “10ª Encuesta de Usuarios de Internet” de AIMC, [10], en la que se detalla la utilización de este tipo de servicios, denominados genéricamente p2pTV, llegando al 28% los usuarios que los utilizan al menos ocasionalmente según se muestra en la Tabla II en la contestación a la siguiente pregunta “¿Utiliza vd. programas de p2ptv (Zattoo, soapcast, pplive,...), que permiten ver a través de Internet diferentes canales de televisión (nacionales y extranjeros) con una calidad aceptable?”

TABLA II
USUARIOS DE P2PTV

	Absolutos	%
BASE	41.667	100,0
Sí, frecuentemente	2.689	6,5
Sí, ocasionalmente	8.949	21,5
No, aunque conozco su existencia	16.878	40,5
No, y desconocía su existencia	12.876	30,9
NS/NC	275	0,7

Fuente: AIMC

III. IMPLICACIONES TECNOLÓGICAS: NUEVOS RETOS

Las aplicaciones de vídeo IP anteriores están predominando rápidamente en las redes de comunicaciones y desde el punto de vista tecnológico, no sólo surgen nuevos requisitos si no que las redes están experimentando un notable crecimiento tanto en número de usuarios (escalabilidad) como en capacidad de manejo de tráfico (ancho de banda). El crecimiento de las redes no se va a poder hacer exclusivamente como tradicionalmente se ha hecho, por una parte, incrementando el ancho de banda de forma indefinida y, por otra, mediante la diferenciación en calidad de servicios. En efecto, hay que tener en cuenta que los operadores, si bien perciben ingresos por el servicio de IPTV que proveen, en lo referente al acceso a Internet de alta velocidad suelen recibir exclusivamente ingresos por el acceso, tarifa plana, pero no por los servicios de contenidos como Internet TV, vídeo, etc., que sobre él se soportan. Sin embargo, sus infraestructuras e inversión asociada a ellas, sí que ha de crecer y adaptarse en términos de tráfico y número de usuarios. De hecho ya están surgiendo voces entre los proveedores de acceso a Internet que reclaman la compartición de gastos de actualización de las infraestructuras con los proveedores de este tipo de servicios de TV. Un ejemplo reciente es la discusión surgida en Inglaterra entre la BBC y los ISPs en Inglaterra a cerca de quién paga los costes extra de incrementar la capacidad de red incurridos por prestar el servicio iPlayer de vídeo bajo demanda (VoD) de BCC. Este servicio esta teniendo un gran éxito, en su primer mes de lanzamiento ha sido utilizado por más de 1 millón de personas que han descargado más de 3,5 millones de programas, [11].

Por otro lado, y en parte debido a lo anterior, los proveedores de servicios de vídeo y TV en Internet no tienen asegurada la calidad en la red abierta ni, por tanto, la calidad percibida por el usuario, lo cual podría ser un elemento diferenciador dentro de su segmento de mercado.

Todo lo anterior está impulsando nuevas soluciones para la mejora de la eficiencia de la red que soporta los servicios de IPTV, entre otras cosas por el impacto económico que implica, que van a requerir un gran esfuerzo de investigación, [12], [13]. En el presente artículo se pretende dar respuesta a preguntas como ¿Qué aspectos impactan más en la eficiencia de red?, ¿Se puede “aplicar” la experiencia del entorno IPTV abierto en el cerrado y viceversa?, ¿Qué soluciones técnicas nos permitirán abordar su evolución hacia una red convergente de servicios de contenidos?

A. Tecnologías Facilitadoras

Dada la demanda prevista de los servicios de IPTV y de contenidos, en un sentido amplio, la comunidad técnica prevé que se invierta un esfuerzo creciente en los aspectos de servicios de contenidos ligados a redes IP. Resaltaremos a continuación, a modo de ejemplo, algunas de las líneas más representativas:

- En ambos entornos, abierto y de operador, personalización, combinación de servicios, interactividad creciente: el usuario cada vez es más protagonista, todo ello debe ser soportado por las redes.
- En entorno IPTV cerrado: impacto en el servicio compatibilidad real de sus redes, fijas y móviles, el acceso hasta el mismo usuario con la QoS y el ancho de banda que se requiere, la evolución a nuevas generaciones de red e IMS (IP Multimedia Subsystem), la optimización de las redes de Distribución de Contenidos (CDN) .
- Para la provisión de servicios de vídeo en Internet en red abierta, el impacto del vídeo en el Servicio HSI (High Speed Internet) aumenta el ancho de banda medio por usuario superando la capacidad prevista de ancho de banda agregado, poniendo en riesgo los servicios que necesitan ancho de banda garantizado. La eficiencia en el uso de los recursos de red será clave así como, en el futuro, la QoS. Actualmente la mayoría de los servicios son clips y se soportan sobre tráfico unicast, aunque se han iniciado algunos intentos de TV broadcast en la Web, dada la dispersión y desconocimiento de los usuarios, en la actualidad no hay soluciones reconocidas tipo multicast, mucho más eficientes en principio. Por otra parte, en cuanto a la distribución de contenidos, el crecimiento de la demanda implicará una evolución de las soluciones p2p, empleadas hasta la fecha.

Los retos de desarrollo de una infraestructura de servicios de contenidos integrados se centran en aspectos como la escalabilidad, adaptabilidad y heterogeneidad, directamente asociados a todas las cuestiones abiertas respecto a la distribución de contenidos, [14]. En las siguientes secciones se analiza con mayor detalle la situación de varias tecnologías muy ligadas a los servicios de IPTV y a la distribución de contenidos en general. Así mismo, se plantea desarrollar e investigar la utilización “cruzada” de experiencias, es decir, del entorno de operador al entorno de TV Internet y viceversa.

B. Multicast Multidominio: situación actual

Los servicios de difusión de TV (BTV) en redes de operador se soportan en tráfico multicast por la eficiencia que supone en la utilización del ancho de banda de la red y la incorporación de protocolos que permiten minimizar los tiempos de cambio de canal entre otras prestaciones. Sin embargo, en redes abiertas aún no existen soluciones eficientes y escalables similares dada su naturaleza multidominio y la dispersión geográfica de los usuarios.

En [15], patente de 1994 sobre enrutamiento multicast interdominios, ya se plantea un sistema para la transmisión de mensajes o paquetes de datos multicast en redes convencionales unicast, constituidas por una pluralidad de redes. Dicho sistema propone que los nodos o pasarelas que conectan dichas subredes mantengan las tablas de las estaciones multicast receptoras y que la cabecera de cada mensaje incluyera información definiendo los grupos de las estaciones multicast destino. Esta propuesta, todavía no considera aspectos de control de admisión, asociados a calidad de servicio, ni las posibles capacidades de tratamiento multicast de las subredes.

Más recientemente, en [16] se aborda el multicast en dominios de servicio diferenciados, plantea la integración de áreas de calidad de servicio (QoS) e IP multicast en el ámbito de Internet, proponiendo una solución DiffServ-Aware Multicasting (DAM) y encapsulado de cabeceras DSCP heterogéneas. Aunque el artículo incluye una evaluación de prestaciones analítica, se requeriría avanzar en la aplicabilidad práctica a redes de alto tráfico y gran número de usuarios.

En el entorno de la red de excelencia CONTENT, [17], algunos socios están trabajando en este área. En [18] se aborda la optimización de flujos de tráfico inter-dominio con calidad de servicio. Para ello utiliza herramientas de simulación off-line, cuyos resultados aplica la red GÉANT, (“European Research and Educational Network”), sin embargo no aborda el tema de las arquitecturas. En [19] se aborda el tema de encaminamiento multidominio con QoS garantizada, que aporta además la novedad de aplicarlo a redes IP/MPLS. En dicho trabajo se propone un algoritmo de encaminamiento distribuido para definir dos caminos disjuntos de QoS a través de múltiples dominios.

Finalmente, en [13] ya citado, se plantea una revisión de los requisitos de red para proveer servicios IPTV así como la compatibilidad de los servicios de comunicación con los de difusión e incide, como temas abiertos actualmente, en los aspectos multicast interdominio, el control de admisión en multicast, ligado a la calidad del servicio y el p2p en redes abiertas. Temas que están resurgiendo, como se ha puesto de manifiesto anteriormente, con objeto de mejorar la eficiencia de red y evolucionar hacia redes convergentes.

C. Modos de distribución: evolución de p2p y redes CDN

Prácticamente todos los servicios de contenidos en Internet y servicios muy relevantes en el entorno de IPTV de operador, como son los servicios de streaming de Vídeo bajo Demanda (VoD) y personalizados, se transportan en tráfico unicast. En el primer caso, el tipo de distribución de contenidos predominante es la comunicación entre pares (p2p) y en el segundo, las redes de Distribución de Contenidos (CDN), con arquitecturas más o menos jerarquizadas, [20]. Tanto unas como otras se han demostrado adecuadas a sus diferentes entornos, sin embargo, el gran aumento del tráfico y demanda en las primeras y la

inversión requerida en las segundas están impulsando la investigación hacia nuevas soluciones, que tienden a combinar características de ambas o introducen nuevos aspectos de control y gestión.

En [21] se concluye que las CDNs presentaban ciertos inconvenientes, sobre todo debido al coste que supone el mantenimiento y actualización de las réplicas, y se adoptan soluciones novedosas como son CDNs basadas en arquitecturas p2p que, además de ser muy escalables, fiables y tener bajo coste de administración, permiten que la actualización de las réplicas se pueda hacer entre los propios nodos de la red, evitando así congestionar los enlaces entre un servidor de contenidos y los extremos de la red. Aplicable al entorno de IPTV cerrada, en [22] y [23] se plantea la utilización de tecnologías de distribución típicas de entornos abiertos, como es el peer-to-peer (p2p) entre descodificadores (set-top box) para proporcionar un sistema de distribución de contenidos con alta capacidad de servicio.

En [24] se aborda el aspecto de reducción del tráfico mediante nuevos métodos de peticiones. Más recientemente, [25] presenta una solución p2p basada en mallas no estructuradas para dar servicios en tiempo real de streaming, típicamente el caso de Internet, este tipo de solución sería una alternativa a la propuesta multicast multidominio analizada anteriormente. Estas últimas referencias, se enfocan a redes no estructuradas y tratan, alternativamente, o de aspectos de mejora de tráfico o de escalabilidad. Sin embargo, el tratamiento simultáneo de ambos aspectos, incorporando capacidades de control y/o gestión en las arquitecturas de distribución es un aspecto en el que se requiere profundizar.

Por último, en [26] y [27] se detallan otras soluciones p2p basadas en mallas tipo “mesh-pull”. Esta aproximación, que es la utilizada tanto por p2ps como por CoolStream, desplaza la funcionalidad multicast desde los routers IP al nivel de aplicación. Su principal ventaja es la robustez y mayor eficiencia en la utilización del ancho de banda respecto a las soluciones p2p multicast en árbol. Frente a las soluciones de enrutamiento IP, las soluciones p2p multicast mesh-pull presentan una mayor facilidad de despliegue por su independencia de los routers e infraestructura de red. Por contra, frente a aquella alternativa son menos eficientes principalmente por dos factores; el primero es que no se puede evitar que un mismo enlace físico soporte simultáneamente varias veces el mismo flujo de video, lo que implica ineficiencia en la utilización del ancho de banda de red. El segundo, es que presenta latencias superiores, dependiendo de la posición de los nodos en la malla. Unos y otros son algunos de los puntos abiertos que quedan por solventar.

IV. CONCLUSIÓN

Los servicios de IPTV y, en sentido más amplio, los de contenidos con un gran componente de vídeo pero también con incorporación de comunicaciones avanzadas y convergentes, plantean problemas tecnológicos para la distribución en términos de crecimiento y eficiencia de red. Por ello se requieren nuevas soluciones, por ejemplo, para la difusión de canales de TV en Internet con calidad y utilización de ancho de banda eficiente; para las redes IPTV de operador de distribución de contenidos, CDN con menor complejidad, o para los servicios soportados en peer-to-peer aplicables, en cierto grado, tanto en entornos de operador como de Internet abierto.

En la presente propuesta se realiza una revisión de diversas tecnologías básicas para soportar los servicios de IPTV tanto en redes cerradas de operador como en Internet abierta y se plantea la adaptación de las mismas a ambos entornos.

Como línea de futuro, se tiene el objetivo de definir nuevas arquitecturas que combinen las diferentes ventajas de las tecnologías planteadas para mejorar la eficiencia de red y poder dar respuesta a la demanda creciente de tráfico manteniendo la calidad de servicio.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras quieren agradecer al Ministerio de Ciencia e Innovación en el marco del proyecto TEC2008-06539/TEC la financiación obtenida.

REFERENCIAS

- [1] “Future Internet of Creative Media”: Informe del workshop celebrado en Brussels en 26-27/11/2007, organizado por “Networked Media Systems Unit” de DG INFSO, Comisión Europea. http://cordis.europa.eu/fp7/ict/netmedia/publications_en.html.
- [2] Networked Media Task Force (NM-TF), “Networked Media of the future”, white paper Networked Media the EC Framework Program 6 (VISNET-II , INTERMEDIA and CONTENT), http://cordis.europa.eu/fp7/ict/netmedia/publications_en.html. October 2007.
- [3] R. Missault, “Innovative Triple Play Applications”. TVoDSL 2006 - Triple Play Showcase, Paris 2006, 24-27 Enero, 2006. <http://www.upperside.fr/tvodsl2006>.
- [4] R. Pérez Leal, P. Cid Fernández, “Aplicaciones innovadoras en el entorno IMS/TISPAN”, Proc. of Telecom I+D 2006 (-ISBN-13: 978-84-690-4355-4) , Madrid (Spain), 29 Nov.-1 Dic. 2006, pp. 9.
- [5] R. Pérez Leal, “La Televisión IP: Una realidad hoy”, Internet Global congreso (IGC) 2004, Barcelona , 2004
- [6] R. Pérez Leal, A. Custodio, “Soluciones “Triple Play”: Banda Ancha en la TV”. Mundo Internet 2005, X Congreso Internet, Telecomunicaciones y Sociedad de la Información. Madrid, Abril 2005.
- [7] ITU-T IPTV Global Technical Workshop: Driving the Future of IPTV: “IPTV – Market, Regulatory Trends And Policy Options In Europe”. Doc. IPTV/01, 10 October 2006.
- [8] K. Scherf, J. Dasari, “TV Services in Europe. Update and Outlook”. Parks Associates, White Paper, April 2008.
- [9] James Crawshaw, “Internet TV, OTT video & the future of IPTV”. Heavy Reading, Vol.5, Nº 10, June 2007.

- [10] Asociación para la Investigación de Medios de Comunicación (AIMC), 10ª Encuesta de Usuarios de Internet”. Febrero 2008.
- [11] “BBC and ISPs clash over iPlayer”. BBC NEWS, Technology, <http://news.bbc.co.uk/2/hi/technology/7336940.stm>, 9 April 2008.
- [12] J. D. Houle, K. K. Ramakrishnan, R. Sathvani, M. Yuksel, S. Kalyanaraman, “The Evolving Internet - Traffic, Engineering, and Roles”. 35th Research Conference on Communication, Information and Internet Policy (TPRC), Arlington, VA. 28-30 September 2007, pp. 23.
- [13] Y. Xiao, X. Du, J. Zhang, F. Hu, S. Guizani, “Internet Protocol Television (IPTV): The Killer Application for the Next-Generation Internet”. IEEE Communications Magazine, Vol. 45, Issue 11, November 2007, pp. 126-134, (ISSN: 0163-6804, DOI: 10.1109/MCOM.2007.4378332).
- [14] CONTENT NoE Deliverable D2.1. CONTENT Research Vision and Roadmap. May 2007. <http://www.ist-content.eu>
- [15] W. Doeringer, D. Dykeman, A. K. Edwards, D. P. Pozefsky, S. Sarkar, R. D. Turner, “Inter-Domain Multicast Routing” Patent number: 5361256, United States Patent, 1 Nov 1994.
- [16] B. Yang, P. Mohapatra, “Multicasting in Differentiated Service Domains”. Proc. IEEE GLOBECOM '02, Vol. 3, 17-21 Nov. 2002, ISBN: 0-7803-7632-3, pp. 2074- 2078.
- [17] CONTENT NoE: <http://www.ist-content.eu/papers.php>
- [18] M. Pedro, E. Monteiro, F. Boavida, “Multi-Perspective Optimization of GÉANT Inter-domain Traffic”. CNSR 2007 – Fifth Annual Conference on Communication Networks and Services Research, Canada, 14 – 17 May 2007, pp. 403-409.
- [19] M.Yannuzzi, A.Orda, X.Masip, A.Sprintson, “Reliable Routing with QoS Guarantees for Multi-Domain IP/MPLS Networks”. IEEE INFOCOM 2007.
- [20] S. Saroiu, K. P. Gummadi, R. J. Dunn, S. D. Gribble, H. M. Levy, “An Analysis of Internet Content Delivery Systems”. Proceedings 5th Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI), Boston, MA. December 2002, pp. 315–328.
- [21] H. Ossandón, E. Pastor Martín, “Una Propuesta de Arquitectura Adaptable para el Sistema de Encaminamiento de Peticiones de una CDN”. Libro de Ponencias de las V Jornadas de Ingeniería Telemática, JITEL 2005. Vigo, Septiembre 2005. ISBN 84-8408-346-2.
- [22] X. Yang, P. Rodríguez y otros, “Canguro: Un sistema de disco virtual distribuido para VoD interactivo”. Premio “Nuevas Aplicaciones para Internet 2007”, Cátedra Telefónica – UPM, <http://internetng.dit.upm.es/>.
- [23] S. Annapureddy, S. Guha, C.Gkantsidis, D. Gunawardena, and P. Rodriguez, “Is High-Quality VoD Feasible using P2P Swarming?”, Proc WWW 2007.
- [24] R. Akbarinia, E. Pacitti, P. Valduriez, “Reducing network traffic in unstructured p2p systems using Top-k queries”. Distributed and Parallel Databases, vol. 19, no. 2, pp. 67-86, May 2006. DOI 10.1007/s10619-006-8313-5.
- [25] F. Pianese, D. Perino, J. Keller, E. W. Biersack, “PULSE: An Adaptive, Incentive-Based, Unstructured P2P Live Streaming System”. IEEE Transactions on Multimedia, Vol. 9, no. 8, pp.1645-1660, Dec. 2007.
- [26] J. Liu, S. G. Rao, B. Li, H. Zhang, “Opportunities and Challenges of Peer-to-Peer Internet Video Broadcast”. Proceedings of the IEEE, Vol. 96, No. 1, Jan. 2008.
- [27] X. Hei, Y. Liu, K. W. Ross, “IPTV over P2P Streaming Networks: The Mesh-Pull Approach”. IEEE Communications Magazine, Feb. 2008.