

Exploración de arquitecturas basadas en P2P para la distribución de televisión por suscripción (IPTV)

Villada Valencia, Luz Emilse.
emilse.villada@gmail.com
Universidad Pontificia Bolivariana

Resumen — Este documento dará una breve pauta de las nuevas tecnologías y protocolos para la televisión vía Internet y nuevas técnicas empleadas en la distribución de contenidos como lo son los protocolos y como estas últimas pueden utilizarse para mejorar características de desempeño tales como los niveles de utilización de la red, reducción en el provisionamiento de servidores, mejores tiempos de respuesta, y de cambio de canales, entre otras. El presente artículo presenta un recuento del estado del arte en esas técnicas, resaltando los posibles beneficios, limitaciones y problemas aun abiertos e interesantes para su futura investigación.

Índice de Términos — P2P, IPTV, Video-Streaming, Arquitecturas y Protocolos, Modelo centralizado y descentralizado.

I. INTRODUCCIÓN

EN TIEMPOS RECIENTES LAS TELECOMUNICACIONES HAN VIVIDO UN PROFUNDO Y VELOZ PROCESO DE TRANSFORMACIÓN, HAN CAMBIADO RADICALMENTE DIVERSOS Y SIGNIFICATIVOS ASPECTOS DE LA VIDA COTIDIANA A TRAVÉS DEL TIEMPO, BUSCANDO MEJORAR LOS SERVICIOS QUE SE PRESTAN A TRAVÉS DE MEDIOS COMO EL INTERNET, QUE BRINDA UN CONJUNTO INTEGRAL DE INFORMACIÓN, ENTRETENIMIENTO, COMUNICACIÓN, CULTURA Y EN UN FUTURO UNA BITÁCORA DE CONOCIMIENTOS Y SOLUCIONES PARA RESOLVER PROBLEMAS.

Este desarrollo tecnológico y el impacto que ha tenido en la televisión, hace que se desplieguen redes multiservicios capaces de manejar voz, datos y video, ofreciendo empaquetamiento de servicios de telecomunicaciones y contenidos audiovisuales, y garantizando calidad de servicio.

Como muestra de esta evolución, se dispone del desarrollo de las redes P2P que permiten acceder y disfrutar de la innovación y el crecimiento

tecnológico por medio de los servicios que ofrecen como la compartición y transferencia de música, audio, vídeo, juegos, software y otros tipos de archivos digitales. Además de ser una alternativa interesante de explorar y de profundizar, ya que constituye un enorme campo de investigación en la implementación de los servicios que ofrece para conectar a múltiples usuarios entre si, permitiendo la extensión de servicios y contenidos audiovisuales a numerosos usuarios.

En este artículo se tendrá en cuenta diversos aspectos de las red P2P como lo son su estructura y sus aplicaciones en diferentes campos que se desarrollarán en las siguientes secciones. Se especificaran detalladamente los servicios y beneficios ofrecidos a través de estas redes, sus arquitecturas que permiten flexibilidad, robustez, rendimiento y escalabilidad. Y lo más importante de esta tecnología es la gestión de distribución de los contenidos para el despliegue de muchos sistemas actuales, aplicada en un entorno empresarial para el intercambio de información, archivos multimedia de alta calidad y gran tamaño, no solo de uno a muchos sino también de muchos a muchos; explorando las posibilidades que esta tecnología puede ofrecer para una implementación mas eficiente y escalable.

Este artículo se constituye de la siguiente manera: la primera parte es un concepto de la eficacia e importancia de la aplicación de estas tecnologías, en la segunda sección se describen las tecnologías IPTV bajo los modelos que actualmente utilizan los proveedores del servicio, en la sección tres se definen los protocolos y arquitecturas en general de las redes P2P y en la última sección un análisis explorativo de la tecnología IPTV y las redes P2P en la identificación de aspectos importantes para el

proveedor y el consumidor.

II. TECNOLOGÍAS IPTV

A. *Qué es IPTV?*

IPTV (Internet Protocol Television) es un tipo de distribución de televisión por suscripción, que utiliza redes de banda ancha como XDSL, fibra óptica, y WLAN, entre otras, sobre el protocolo IP. [1]

IPTV se ha desarrollado basándose en la tecnología video-streaming, considerado por los proveedores para ser utilizado en sus compañías de telefonía, de televisión por cable o satelital, para entregar televisión digital masivamente sobre la infraestructura de telecomunicaciones existente. Es una tecnología considerada fundamentalmente para el servicio residencial donde los beneficios serían mayores debido a los servicios que ésta suministra y que aprovecha las capacidades de las conexiones de banda ancha y la integración de sus servicios para ofrecer múltiples aplicaciones. Su funcionamiento se da a través de un sistema completamente digital, soportado sobre una plataforma de conmutación de paquetes, en el cual un dispositivo (con dos alternativas, un TV digital o un TV analógico convencional, con una caja adaptadora, la cual contiene un computador con un sistema operacional para hacer la conversión IP-señal analógica) está conectado directamente a Internet por medio de un router de banda ancha, para obtener una señal digital por medio de éste, y considerando que en el caso de los sistemas analógicos utilizados por la TV satelital, por cable o RF, la señal de video o televisión es por ondas (transmisión analógica dedicada a cada canal de TV) o cables respectivamente.

Un aspecto fundamental a resaltar es que en los sistemas tradicionales (como Cable, TV Terrestre Satélite, Broadcast, Fibra, RDSI, ADSL, UMTS), se reserva un ancho de banda fijo por canal y no se permite explotar las ventajas de la multiplexación estadística que se pueden lograr cuando se paquetiza y se transmite sobre la plataforma IP. Además en los sistemas análogos de difusión convencionales los espectadores pueden observar que el cambio de canal se hace de manera

instantánea, como medio de difusión, debido a que se realiza un broadcast de todos los canales, los tiempos no varían, sin importar que muchos espectadores cambien de canal al mismo tiempo. En la TV por cable y satélite la demanda del cambio de canal no tiene un impacto en los tiempos, en cambio en IPTV, la situación es un poco más complicada, porque el contenido en realidad no es difundido sino que se entrega usando multicast y la variabilidad en los tiempos de cambio de canal es inevitable. Estos tiempos de cambio de programación aumentan debido a las operaciones de red como el control de entradas y la distribución por multicast (para la entrega de contenido de video y permitiendo reducir considerablemente el retardo en el cambio de canal), sin embargo se pueden reducir por medio de una solución escalable que provee el protocolo de transporte RTP, y mecanismos existentes que permitan un despliegue más rápido y con mejor interoperabilidad [31]. La mayoría de servicios IPTV operan utilizando tecnología multicast, permitiendo entregar información a un grupo de nodos eliminando la duplicación innecesaria de paquetes que se requeriría en unicast, por medio del protocolo RTP/TCP/IP, para ahorrar ancho de banda en las redes core y de acceso, puesto que existe la posibilidad de que diversos usuarios en la red accedan al mismo programa. [31] [36].

B. *Descripción Técnica de IPTV*

Según [6], IPTV no es realmente un protocolo en sí mismo, pues está basado en la tecnología video-streaming y en los estándares de comprensión de video MPEG-2 y MPEG-4. La IPTV funciona regularmente haciendo uso de una conexión a Internet de suficiente capacidad.

Para el video streaming se pueden establecer dos tipos de canales: de definición estándar (SDTV: Standard Definition TV) o de alta definición (HDTV: High Definition TV). En la Tabla 1 se indican los rangos de ancho de banda necesarios para los distintos estándares, según el tipo de canal.

Algunos de los estándares para codificar o comprimir video son MPEG (Moving Picture Experts Group). Esto resulta muy útil cuando no se dispone de mucho ancho de banda, MPEG-2

permite codificar en un rango de 2 a 3 Mbps para transmitir servicios de video de calidad SDTV y entre 16 a 18 Mbps para calidad HDTV, con MPEG-4 basta con tener 1.5 Mbps disponibles para SDTV, como se puede observar en la Tabla 1. [2] [30]

Técnica de Compresión Video	SDTV	HDTV
MPEG	1.2 – 1.5 Mbps	1.8 Mbps
MPEG-2	2 – 3 Mbps	16 – 18 Mbps
MPEG-4	1 – 1.5 Mbps	6 – 8 Mbps

Tabla 1 – Valores de las técnicas de compresión en SDTV y HDTV

Los principales estándares utilizados en la codificación de video son:

MPEG: fue desarrollado para video digital en CD-ROM. Velocidad de transferencia de 1.2 - 1.8 Mbps. Resoluciones de 352x240 píxeles o 352x288 en PAL (Phase Alternating Line 576 líneas)

MPEG-2: desarrollado para la codificación del DVD (Digital Versatile Disk) de video y la televisión de alta definición. Velocidad de transferencia de 2 a 10 Mbps. Resoluciones entre 352x480 y 1920x1080 píxeles o 720x576 en PAL y 720x480 NTSC (National Television System Committee 480 líneas).

MPEG-4: apropiado para aplicaciones multimedia y teléfonos móviles, llamada codificación estándar audiovisual. Velocidad de transmisión de 5- 54Kbps para aplicaciones de video en redes telefónicas móviles o públicas y arriba de 4 Mbps para aplicaciones de TV y películas. Resoluciones desde 176x144 píxeles. [30]

C. Características de la IPTV

La IPTV gracias a su diseño, proporciona importantes características; una absoluta personalización y una total interactividad para no ser solo un sistema pasivo sino una plataforma multiservicios, capaz de adaptarse a varias situaciones, donde la persona que está viendo la TV se comunica y envía una señal, una respuesta o cualquier intervención de su parte sobre el mismo escenario.

Igualmente, la IPTV conserva otras cualidades que la hacen ser una tecnología adaptable y relevante como lo son:

- Soporta Televisión Interactiva. Con este aspecto se tiene la posibilidad de ver la televisión y disfrutar de una variada programación, así mismo de disponer de novedosos servicios. Estos sistemas IPTV tienen la facultad de disponer de dos canales, lo que permite al proveedor de servicios suministrar múltiples aplicaciones de TV interactiva como lo puede ser TV en directo, Televisión de alta calidad (HDTV), juegos interactivos, búsquedas veloces y navegar por Internet con alta rapidez.

- Cambio de tiempo (Time shifting). Como el término lo indica se refiere a un método de grabación de un programa o almacenamiento de datos que se podrá visualizar o escuchar en el momento que el usuario lo requiera. Combinando IPTV con un grabador de video digital, se puede cambiar la programación del contenido. Un ejemplo claro en este ítem es que la persona puede “grabar” un programa diurno para verlo en la noche.

- Personalización. Los sistemas IPTV soportan comunicaciones bidireccionales que permite a los usuarios personalizar sus hábitos de visión de los contenidos de TV, permitiendo decidir qué desean ver y cuando ver, tener un control sobre la reproducción, grabación remota de programas y herramientas de búsqueda, lo cual se puede clasificar como disponibilidad total y como un servicio que hace posible la TV a la carta.

- Requerimiento de bajo ancho de banda. Las tecnologías IPTV permiten a los proveedores de servicio enviar sólo el canal que el usuario ha solicitado, optimizando así el rendimiento de las tareas en la red. Esta característica proporciona a los operadores conservar ancho de banda en sus redes y tener una nueva técnica de compresión de video que reduzca el ancho de banda a lo necesario para transmitir la señal con calidad. Cabe aclarar que el caso de estudio que nos interesa es el de los usuarios y proveedores que van a implementar IPTV sobre las plataformas Internet ya existentes, ya que esta es la dirección en la que la mayoría de industrias se están moviendo. Otras tecnologías de distribución se salen del alcance este trabajo.

Además el ahorro que consigue el proveedor en ancho de banda cuando cambia del sistema de distribución analógica a IPTV, determina que el operador no tiene que mantener varias plataformas independientes y el ancho de banda que usualmente se reservaba para TV analógica (esto es para los operadores de cable) se libera y puede ser utilizado para la ampliación de los servicios digitales, lo cual ayuda a aumentar la calidad de la programación lineal que los usuarios finales experimentan mediante la reducción de la latencia y la mitigación de la pérdida de paquetes. [23]. Es cierto que los operadores DSL no ven este cambio, pero les abre la puerta para entrar al mercado de la distribución de TV.

- Accesibilidad con múltiples dispositivos. En este aspecto se describe la posibilidad que tiene el usuario final de acceder a los servicios IPTV a través de los PC's y dispositivos móviles, y no limitada solo a los televisores.

- Entretenimiento del cliente. Proporciona una experiencia individual de interactividad y comunicación, además de que se aprovecha la solicitud de servicios de información, recibir publicidad selectiva y tener la posibilidad de realizar la compra de productos, como novedades interesantes en cuanto a ocio y diversión para el usuario final.

El papel de IPTV es integrar numerosos servicios que se pueden ofrecer a los usuarios. Permite incluso marcar las preferencias y elecciones en los distintos horarios. Está emergiendo como la plataforma perfecta donde los clientes añaden sus opciones de comercio electrónico personalizado y anuncios más focalizados. [3]

D. Beneficios y Servicios ofrecidos con IPTV

IPTV por ser una red IP, o sea una red de datos, permite a los usuarios disfrutar de una serie de ventajas con respecto a los usuarios de la televisión digital convencional.

- Video Bajo Demanda (VoD): posibilita al usuario el poder disfrutar de la televisión a la carta, ya que de esta manera se podrá ver lo que el proveedor está transmitiendo y además elegir qué

programa y a qué hora se desea ver.

- Mayor contenido: la forma de transmitir IPTV no se basa en tener a los usuarios sintonizando un canal, sino que su objetivo es ofrecer TV en tiempo real de la misma forma como lo ofrecía la TV analógica y acceder a sistemas de archivos de películas, noticias, eventos, etc.

- Flexibilidad de ver el contenido: como su formato utilizado es MPEG, el usuario podrá disponer de las funciones de rebobinado, pausa o grabar el video para una posterior visualización [2], lo cual se logra si el Middleware tiene estos servicios incorporados o si utiliza un PVR (Personal Video Recorder).

La particularidad de la tecnología IPTV, permite además ofrecer de manera sencilla y eficiente servicios de próxima generación sobre redes de banda ancha como:

- Oferta ilimitada de canales de Televisión digital (DTV) y música.

- Servicios de Grabación personalizada de video digital (PVR/nPVR) y video conferencias.

- Canales de broadcast digital conmutado (SDB).

- Servicios de video bajo demanda (VoD).

- Guía de programación electrónica (EGP), pago por evento.

- Publicidad y aplicaciones de televisión interactiva (TVi).

- Televisión comercial en el PC y aplicaciones de información.

- Comunicaciones corporativas.

- Televisión en el teléfono móvil.

- Anuncios avanzados.

Entre los servicios de video bajo demanda, se pueden enumerar las películas bajo demanda (MOD), cuota de video bajo demanda (SOVD), video bajo demanda libre (FVOD), televisión de alta definición bajo demanda (HDVOD), eventos e información educacional, gubernamental y pública bajo demanda (PEGOD), enseñanza a distancia (EduVOD), etc. [3]

III. PROTOCOLOS P2P

Las redes P2P (Peer to Peer, red de igual a igual, o nodo a nodo) ponen en contacto a unos usuarios

con otros permitiéndoles compartir, total o parcialmente, los archivos que estos tienen en sus computadores conectados a Internet. Las aplicaciones P2P crearon un mercado donde los usuarios seleccionan e intercambian archivos en forma directa y rápida sin la dependencia de un mediador centralizado. La tecnología para compartir archivos P2P elimina la necesidad de utilizar un servidor grande centralizado donde la información es recopilada, almacenada y controlada por una de las partes. [4]

A. ¿Qué es P2P?

El acrónimo P2P (Peer to Peer), se refiere a las redes entre iguales, sistemas de intercambio de información de manera descentralizada y distribuida, un prototipo de red específico, donde cualquier equipo conectado al que se le puede dar el nombre de nodo, puede actuar de dos maneras, tanto de cliente como de servidor, dependiendo del servicio que se solicite, se lleva a cabo la función requerida. En estas redes cualquier participante puede iniciar o completar una transacción, lo que las hace diferente de las tradicionales arquitecturas cliente/servidor, en donde los participantes se comportan de un solo modo ya sea como clientes o como servidores. De esta manera un computador se convierte en un elemento activo de la red permitiendo intercambiar información entre los navegantes y aumentar su capacidad de procesamiento, pues permite que los recursos de cada nodo trabajen en forma conjunta para mejorar el procesamiento de datos y el almacenamiento, sin la intervención de un servidor central.

Estas redes son sin lugar a duda, uno de los medios más eficientes para la transferencia de gran contenido digital, donde los usuarios han demostrado con este método de intercambio de archivos la facilidad, robustez, velocidad y aspectos sociales importantes.

Las redes P2P conectan un considerable número de computadoras todos juntos y de manera aleatoria, para realizar una misma función dentro de la red como lo es el intercambio de archivos en formato digital. Uno de los beneficios más importantes de

las redes P2P es su capacidad de ser muy escalables, pues el funcionamiento será mucho mejor, ya que entre más nodos conectados se tengan en la red, el aumento de disponibilidad de los recursos del sistema será considerable, puesto que estos colaboran directamente entre ellos. [3]. Estas redes proporcionan un apoyo de conectividad variable y temporal a la red, lo cual ofrece robustez al no depender del desempeño del resto del sistema, sea de uno o varios nodos, y como están basados en la idea de descentralización de los sistemas, ofrece así simplicidad de costos y escalabilidad. Esta arquitectura soporta balanceo de carga entre los nodos de la red, previniendo los cuellos de botella típicos de los servidores, y además facilita información necesaria para poder determinar cuanto ancho de banda será requerido para brindar cualquier servicio y el costo estimado dependiendo de su escalabilidad.

B. Funcionamiento básico de las redes P2P

La arquitectura tradicional basada en el modelo cliente-servidor C/S es utilizada para describir sistemas en donde el cliente solicita recursos y el servidor brinda el soporte necesario y responde directamente a las peticiones de los clientes con los recursos propios o aplicaciones. Este modelo se emplea en Internet para la práctica total de los servicios convencionales, Web, FTP, Telnet, etc. Además las comunicaciones C/S requieren grandes servidores y redes de gran capacidad, para lograr un buen desempeño y ofrecer alta seguridad.

Cuando en estas redes se pretende descargar gran cantidad de información a muchos usuarios, la arquitectura cliente-servidor es lenta y muy costosa de escalar.

La arquitectura para la distribución de contenidos fue empleada por los primeros programas P2P, es una arquitectura cliente-servidor, donde no hay servidores dedicados y no existe una jerarquía entre los equipos, todos los elementos conectados son iguales y tienen el mismo papel y cada uno actúa como cliente o servidor y el servicio no tiene un administrador encargado.

En este modelo, los equipos con la función de

clientes se ayudan entre si, convirtiéndose todos en servidores de otros clientes. Estas redes pueden extenderse de manera indefinida sin aumentar el tiempo de búsqueda y sin necesidad de costosos recursos centralizados; puesto que utilizan el ancho de banda, la capacidad de almacenamiento y la capacidad de procesamiento de las máquinas que se interconectan. [6]

En la figura 1, se ilustra el funcionamiento de una arquitectura de red tradicional y una arquitectura asistida por pares entre los diferentes dispositivos de la red para la transferencia de los archivos y recursos del sistema.

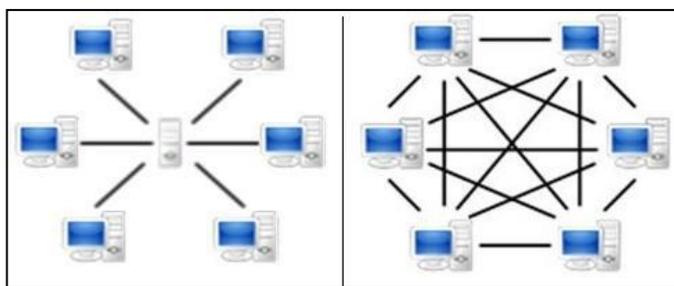


Fig. 1. Arquitectura tradicional cliente/servidor y asistida por pares. [24]

C. Ventajas y Características de P2P

En las redes P2P cada uno de sus nodos es el responsable de suministrar los recursos como lo es el ancho de banda y el espacio de almacenamiento, para así asegurar una velocidad de transferencia mayor. De acuerdo a su naturaleza descentralizada, las aplicaciones P2P poseen ciertas propiedades que las hacen más interesantes para los usuarios domésticos y empresariales, de tal manera que demandan requerimientos muy exigentes durante su desarrollo, lo que determina sus principales características como lo son:

- *Descentralización*: es una de las características más importantes, pues ésta evita que un nodo sea imprescindible en el intercambio de información, ya que los archivos no están almacenados en un solo servidor y está en pro de la reducción del valor de los servicios. Una de las ideas más potentes en este punto es el énfasis en la propiedad de los usuarios y el control de los datos y recursos. En un sistema totalmente descentralizado, todos los pares son

iguales. Esto dificulta la implementación práctica de los modelos P2P, pues no existe un servidor centralizado con una visión global de todos los pares de la red y de los archivos o recursos que estos proporcionan. [7]

- *Escalabilidad*: Un beneficio inmediato de la descentralización es la escalabilidad, ya que con ésta se puede aumentar o mejorar la capacidad de cada elemento de la red en cualquier momento, o añadir nuevos nodos a la red sean clientes o servidores. Este aspecto aporta a la red una reducción de la cantidad de nodos involucrados, en la orientación y manejo de los mensajes de búsqueda y en el control de la identidad de los usuarios, así como la minimización del volumen de tráfico entre ellos. Esta característica no debe obtenerse a costa de degradar otras condiciones primordiales como el determinismo y rendimiento. [7]. La premisa de seguridad en estas redes, en la cuales el rendimiento depende de este factor, se deja como un problema abierto e interesante para futuros trabajos.

- *Propiedad compartida*: Esta potente herramienta constituye la forma de compartir y distribuir contenido digital, el cual reduce el valor del establecimiento de los sistemas y contenidos así como el costo de su mantenimiento. El monto del sistema se ve reducido, porque en P2P decrecen las capacidades de cálculo, almacenamiento y ancho de banda ociosas.

- *Conectividad AD-HOC*: se debe tener en cuenta a la hora de desarrollar aplicaciones P2P. Nacen bajo el concepto de autonomía e independencia al no necesitar administrar una infraestructura de red disponible y operar bajo esquemas de control centralizados. Funcionan en un ambiente colaborativo de conectividad.

En estos sistemas de compartición de archivos, los usuarios esperan poder acceder a los distintos contenidos en condiciones intermitentes, sujetos a la conectividad de los proveedores de dichos contenidos [7]. Por su naturaleza las redes ad-hoc son auto-creadas, auto-organizativas y auto-administradas, se despliegan de una forma rápida y establecen métodos de comunicación efectiva de la información entre los diversos dispositivos.

- *Rendimiento*: Este aspecto ayuda a determinar la velocidad de transmisión de los datos en las redes P2P, lo cual permite indicar si la red funciona de manera óptima, y verificar que los paquetes de información del origen llegan a su destino sin sufrir ninguna alteración.

Debido a la naturaleza de los sistemas P2P, el rendimiento se ve influenciado por la capacidad de procesamiento y almacenamiento, y por el ancho de banda, además se ha visto que los sistemas P2P con mayor rendimiento son los que se basan en un modelo mixto, aquellos que además de pares incorporan superpares [7], para gestionar el tráfico dirigido hacia otros pares. Estos superpares pueden ser fijos o cambiar activamente a medida que lo realiza la topología de la red y el ancho de banda. Algunas herramientas utilizadas para optimizar el rendimiento en la red P2P son la replicación, el almacenamiento en caché y el encaminamiento inteligente. [7]. En cuanto al argumento de replicación de la red, se necesitaría realizar un análisis detallado en una arquitectura concreta, lo cual se propone como un problema abierto para futuros trabajos.

- *Tolerancia a fallos*: La cantidad de componentes en un sistema P2P puede hacer fallar con frecuencia la red, lo que podría causar una pérdida total o parcial de información, por eso se requiere que éstas sean tolerantes a errores presentados y que no pierdan su funcionalidad debido a desconexiones de nodos, a nodos no alcanzables y caídas de la red y continúen prestando con eficiencia el servicio, incluso si alguno de los componentes falla. Para esto se deben buscar mecanismos que permitan administrar esta continua situación, ya que el primer problema relacionado con la desconexión es la indisponibilidad de los recursos, lo cual se solucionaría con reencaminar el tráfico a través del fallo, en el caso de la caída de un nodo la solución sería algo más complicado y algo que puede solucionar el problema es la replicación de recursos o redundancia de los mismos. [7]

D. Tipos de Arquitecturas P2P

En esta sección se detallarán dos alternativas de

arquitecturas en la redes P2P, lo cual depende de cómo se encuentran los nodos enlazados entre ellos se puede decir que son arquitecturas estructuradas o no estructuradas, por lo que se especifican a continuación:

Estructuradas: En ésta, la capa de red asigna clave a los ítems de datos y organiza los pares dentro de un grafo (típicamente un anillo o hipercubo) para cada uno de los mapas de datos de las claves de un par. La estructura del grafo permite realizar las funciones de búsqueda /adición/eliminación de ítems usando la clave asociada de forma muy eficiente. Por esta razón la funcionalidad se corresponde con una versión distribuida de una Tabla Hash y por eso se suelen denominar en general Distributed Hash Tables (DHT). Sin embargo por su forma simple esta clase de sistemas no admiten consultas complejas y es necesario almacenar una copia o un indicador a cada objeto de datos (o al valor) en el par responsable de la clave del objeto de datos. En este contexto se hará una breve descripción de las redes de capa estructurada del P2P como CAN, Chord, Tapestry, Pastry y Kademlia.

- *Red de contenido direccionable (CAN)*: es una infraestructura distribuida descentralizada del P2P que proporciona funcionalidad en escala a la tabla de elección arbitraria del tipo de Internet. Estos sistemas pueden ser diseñados de forma escalable, tolerante a fallas y de auto-organización. Su diseño arquitectónico es un espacio de la coordenada cartesiana virtual multidimensional. El espacio coordinado entero se reparte dinámicamente entre todos los peers (número de N pares) en el sistema, tal que cada par posee su zona individual, distinta dentro del espacio total. Un par CAN contiene una tabla de enrutamiento que asigna la dirección IP y la coordenada virtual de la zona de cada uno de sus vecinos en el espacio coordinado. Un mensaje CAN incluye las coordenadas de destino. Usando las coordenadas del vecino, un par encamina un mensaje hacia la ruta destino haciendo un seguimiento simple al par vecino que este más cerca de las coordenadas de destino. [9]

- *Chord*: uno de los protocolos más importantes en redes P2P estructuradas es Chord, el cual es un

mecanismo sencillo, que mejora la eficiencia del protocolo a través del balanceo de la carga del enrutamiento entre todos los nodos que forman la red, de manera equitativa. El Chord utiliza un método consecutivo para asignar claves a los pares. Esta función se realiza con el fin de dejar entrar pares y dejar la red con la mínima interrupción. Este esquema descentralizado tiende a equilibrar la carga en el sistema, desde aquel momento cada par recibe el mismo número de claves y existe un movimiento pequeño de claves cuando los pares se unen y dejan el sistema. En un estado estacionario, para los N pares del sistema, cada par mantiene la información del estado de enrutamiento, solo alrededor de $O(\log N)$ otros pares (número de N pares en el sistemas). Este puede ser eficiente pero degrada el funcionamiento cuando la información es out-of-date (descontinuada o antigua). [9]

Otros tipos de arquitecturas P2P estructuradas son Pastry [32], Tapestry [33], Kademlia [34] y Viceroy [35]. Puesto que son variaciones del modelo de anillo utilizado por Chord, no se describirán, para detalles específicos sobre el funcionamiento de cada una, consultar la referencia indicada.

No Estructuradas: Se habla de este tipo de red cuando los nodos se encuentran enlazados de forma parcial. Si el nodo se une a la red tendrá ventajas como lo es el de copiar algunos enlaces existentes o en la búsqueda de contenido encontrarlo en los enlaces disponibles. Los distintos tipos de arquitecturas P2P no estructuradas pueden resumirse en:

- *Modelo P2P híbrido:* Este modelo también es llamado centralizado, utiliza una estructura de red cliente-servidor, donde se guarda la información de los archivos almacenados por cada par en un servidor, en el que además llegan todos los mensajes de búsqueda y control y a su vez son actualizados cada vez que un cliente se conecta o se desconecta. El servidor recibe la solicitud, este compara con el contenido de la base de datos y envía respuesta al cliente para que contacte al par correspondiente y así poder acceder al recurso solicitado. Uno de los primeros ejemplos de aplicaciones P2P fue Napster, el cual utilizaba el modelo híbrido, caracterizado por poseer un nodo

central al que se conecta el usuario y éste le pone en comunicación con otros.

Esta arquitectura P2P centralizada ofrece un rendimiento muy elevado a la hora de ubicar los recursos, pues los pares de la red deben registrarse, lo que asegura que las búsquedas sean ejecutadas de forma rápida y eficiente, siempre y cuando el servidor esté bien dimensionado. Su desventaja es que es un sistema muy costoso. [7]

- *Modelo P2P puro:* También se le conoce como descentralizado, resistente a fallas. En este modelo distribuido los nodos actúan como cliente y servidor, pues no es necesario un intermediario centralizado que opere las conexiones de red o un enrutador que sirva como nodo y administre las direcciones. Cada par dentro de esta arquitectura trata de mantener un cierto número de conexiones con otros pares durante todo el tiempo, lo que facilita el descubrimiento de otros nodos de manera dinámica y el intercambio de todo tipo de archivos.

En esta generación de P2P se puede encontrar la primera versión de Gnutella y la aplicación FreeNet, puesto que emplean un protocolo distribuido, donde esta clase de modelo no reside en un servidor centralizado, por consiguiente, es mucho más robusto y económico que el P2P híbrido. Su principal desventaja radica en el tiempo demandado de la búsqueda de información en la red y el incremento de ancho de banda. [7]

- *Modelo P2P mixto:* También conocido como semicentralizado. Es muy utilizado en las llamadas aplicaciones P2P de tercera generación, donde se manejan superpares que pueden contener información que no tienen otros pares, y de esta manera cuando los pares no encuentran cierta información, inmediatamente se contactan con los superpares. Los superpares cambian constantemente a medida que lo hacen el ancho de banda de la red y la topología. Cada nodo cliente mantiene sólo un pequeño número de conexiones abiertas y cada una de esas conexiones es un superpar. Esta nueva topología tiene el efecto de hacer la red escalable, mediante la disminución del número de nodos implicados en el encaminamiento y orientación de los mensajes de búsqueda y control, así como la disminución del volumen de tráfico entre ellos. [5]

Estas redes efectúan una comunicación no directa, cifrada y anónima, utilizan un servidor principal para registrar los nodos, pero no para almacenar datos, por lo que se tiene la ventaja que las transferencias son más rápidas y se tiene la posibilidad de encontrar varias fuentes de descarga. Este modelo es utilizado por aplicaciones como, FastTrack, Kazaa, Grokster, o Groove.

La Figura 2, representa gráficamente los tres tipos de arquitecturas P2P no estructuradas, para las cuales se presenta una característica y la aplicación en diferentes plataformas. Aunque estos sistemas son bastante flexibles, tienen la desventaja que el proceso de búsqueda no es determinista [29], por lo que no siempre las solicitudes pueden ser resueltas.

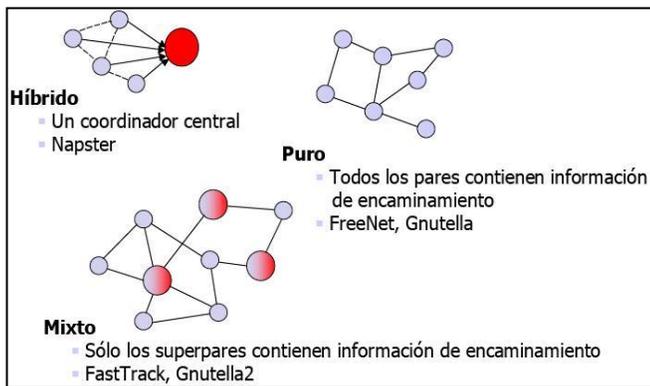


Fig. 2. Tipos de arquitecturas P2P no estructuradas. [5]

E. Protocolos y aplicaciones P2P

La capa de red organiza los pares en un gráfico al azar de manera plana o jerárquica y utilizan inundación o caminos aleatorios o búsqueda expansión-anillo Time To Live (TTL), en el grafo se consulta el contenido de pares almacenado por capas. Cada par visitado realizará una consulta a nivel local en el propio contenido y apoyará las consultas complejas. Esto es ineficiente porque las consultas del contenido que se generalizan no deben ser enviadas a una gran fracción de pares y no se realiza acoplamiento entre la topología y la localización de los elementos de datos. En esta sección se realizará una breve descripción de algunos de los protocolos de la capa de red P2P no estructurado como por ejemplo: Napster, Gnutella, FastTrack/KaZaA, emule, BitTorrent, Freenet, Overnet/eDonkey2000. [9]

- *Napster*: este protocolo proporcionaba un índice de todas las canciones disponibles en las computadoras de los usuarios que estaban registrados en el servicio. Napster ofrecía el servicio de búsqueda (e.g por artistas o títulos de canción) y dar punteros a los nodos donde pueden encontrar el contenido buscado. [10] [11]

- *Gnutella*: Es un protocolo descentralizado para la búsqueda distribuida en una topología plana de pares. Es ampliamente utilizado y ha tenido una gran cantidad de mejoras. Gnutella es una particularidad del modelo descentralizado “peer to peer”, para la ubicación y recuperación de datos. En este modelo todos los pares son servidores o clientes. Este no es un sistema de directorio centralizado ni tampoco posee un control preciso sobre la topología de la red o en la colocación del archivo.

La red está formada por los pares que se unen a la red siguiente con algunas normas flexibles. La topología resultante tiene ciertas propiedades, pero la colocación de los elementos de información no está basada en ningún conocimiento de la topología, como en el diseño estructurado P2P. Para localizar los datos, un par pregunta a los vecinos, y el método más típico de consulta es la inundación. Las operaciones de consulta de búsqueda inundan a los vecinos en un radio determinado. Tal diseño es extremadamente resistente a los pares que entran y salen del sistema. Sin embargo, los protocolos basados en modelos de inundación no son escalables y generan inesperadas cargas en la red.

El también llamado Gnutella servants (peers), realiza tareas asociadas normalmente a clientes y servidores. Por el lado del cliente proporcionan interfaces que los usuarios pueden consultar y ver los resultados de la búsqueda, mientras que al mismo tiempo, se aceptan las consultas de otros servants, comprobando si hay coincidencias con el conjunto de datos locales y responder así a los resultados aplicados. Estos pares son los responsables de la gestión del tráfico que separa la información utilizada para mantener la integridad de la red. Debido a la naturaleza distribuida, una red que aplica el protocolo Gnutella servants es altamente tolerante a fallos, pues el funcionamiento

de la red no se verá interrumpida si un subconjunto de servents está fuera de línea (desconectada). Para unirse de nuevo al sistema un par servents se conecta de nuevo a un conocido host que está casi siempre disponible. Una vez conectado a la red envía mensajes a los pares e interactúan unos con otros. Estos mensajes son transmitidos, (es decir, envía a todos los pares con los que se ha abierto una conexión TCP), o simplemente back-propagated (es decir, envía una conexión específica al reverso de la ruta escogida inicialmente, para difundir el mensaje). En primer lugar cada uno tiene un identificador de mensaje que se genera aleatoriamente. En segundo lugar, cada uno de los pares mantiene un historial de los mensajes enrutados recientemente, usados para prevenir la re-difusión y retropropagación de la aplicación. Y tercero los mensajes son marcados con TTL y con campos "hops passed" (Paso o salto aprobado). [9]

- *BitTorrent*: Es un sistema centralizado P2P que utiliza una ubicación central para manejar las descargas directas de los usuarios. Esta red de distribución de archivos utiliza tit-for-tat (respuesta) (los pares responden con la misma acción que el par colaborador realizó anteriormente) como un método de incentivos para que los usuarios suministren la capacidad al subir archivos. El protocolo está diseñado para des-incentivar a los free-riders (peers que no contribuyen con capacidad de upload, subida de carga) [27], por tener los pares y chequear otros pares que han recibido los datos. Los pares con alta velocidad de subida probablemente también puedan habilitar las descargas con una velocidad, logrando así una alta utilización del ancho de banda. La velocidad de descarga de un par se reducirá si la velocidad de subida ha sido limitada. Esto garantiza que los contenidos se repartirán entre los pares para una mayor confiabilidad.

La arquitectura consiste en una ubicación central, que es un rastreo con quien se está conectado cuando se descarga un Torrent File, el cual contiene la información del archivo, longitud, nombre, información detallada o rastreo de la URL.

El rastreo realiza un seguimiento de los pares que tiene el archivo, (tanto parcial como completo), y buscan los pares para conectar uno con otro y

realizar la transferencia y carga. Los rastreadores utilizan un simple protocolo de capa encima de HTTP, en el cual un downloader (software de descarga) envía información sobre el archivo a descargar y el número de puerto. El rastreador responde con una lista de información de contactos al azar sobre los pares que están transfiriendo el mismo archivo. Los downloader entonces utilizan esta misma información para conectar el uno con el otro. Un downloader que tiene el archivo completo, conocido como semilla, debe iniciar y enviar por lo menos una copia completa del archivo original.

BitTorrent divide los archivos en partes iguales (típicamente de 256 kbytes), a fin de rastrear los bloques que posee cada uno de los pares. Cada uno de los pares descargados informa a todos los pares de las partes que contiene y utiliza SHA1 (Secure Hash Algorithm: Algoritmo Seguro de Hash) [25], para dividir todas las partes que se incluyen en el torrent File. Cuando un par finaliza la descarga de una parte y comprueba que coinciden las divisiones, anuncia a los pares que tiene ese pedazo. Esto es para verificar la integridad de los datos. Las conexiones entre pares son simétricas. Los mensajes enviados en ambas direcciones ven lo mismo y los datos pueden fluir en ambas direcciones. Cuando los datos están siendo transmitidos, los pares descargados mantienen varias peticiones (en fracciones de datos), y continúan en la cola para obtener un buen funcionamiento de TCP. Esto es conocido como pipelining (segmentación). Luego indica que no puede escribir inmediatamente afuera del buffer TCP, se colocan en la cola de memoria, fuera del nivel de aplicación del buffer de red, así que pueden ser todos rechazados al ocurrir los posibles cuellos de botella. [9]

Estos populares sistemas, mejor denominados distribución de archivos de contenido P2P, se basan en redes abiertas, dinámicas y descentralizadas [27], ampliamente difundidos y particularmente Bittorrent es representativo como una fracción significativa de todo el tráfico en Internet y eficiente mecanismo de distribución. Además verifican la integridad de los datos para remitirla a otros pares, utilizan nuevos enfoques para compartir archivos grandes, es importante la contribución de todos los

pares en la realización de la función de búsqueda por inundación y existe un rastreador que administra los clientes activos [28].

Así mismo, tipos de protocolos P2P tales como FastTrack (Kazaa), Freenet, Overnet/Donkey2000 y eMule, se describen y se pueden explorar en la referencia [9] y [12] respectivamente.

F. Protocolos P2P para media Streaming

La descarga de archivos P2P y streaming se han convertido en aplicaciones muy populares de Internet. Estos reducen radicalmente la carga del servidor, (en el caso del streaming por medio de las capacidades de enrutamiento distribuidas y optimizadas) y proporcionan una plataforma escalable para la distribución de contenidos, siempre y cuando exista un interés por el. Los sistemas distribuidos de P2P multimedia están diseñados para poder ofrecer servicios escalables y eficientes. Estas características en un modelo cliente/servidor se logra aumentando la cantidad de servidores, convirtiéndose en cuello de botella para estos sistemas, mientras que en P2P cada usuario nuevo entra a formar parte de la red y a actuar como replicador de contenido. Además en estas arquitecturas P2P se reduce la demanda impuesta en el servidor (o cluster de servidores), pues todos los pares aportan un poco de su propia capacidad de upstream para sostener el servicio. Esto es fundamental para la importancia que tienen estos sistemas como modelo ideal para IPTV. El video en demanda basado en P2P (P2P-VoD) es un nuevo reto para la tecnología P2P. A diferencia del contenido streaming Live, P2P-VoD tiene menos sincronismo en los usuarios que comparten el contenido de video, por lo que es mucho más difícil disminuir la carga del servidor y al mismo tiempo mantener el rendimiento de streaming. Para compensar, un almacenamiento pequeño es contribuido por cada par, y los nuevos mecanismos para coordinar la réplica del contenido, descubrir contenido, y la programación de los pares esta diseñada cuidadosamente.

La eficacia de usar la propuesta de P2P para la distribución de contenido ha sido probada por el despliegue de muchos sistemas. Estos sistemas P2P

ofrecen muchos servicios diversos. Un tipo de servicio es P2P file downloading, por ejemplo es la implementación de BitTorrent y Emule. Cuando un archivo es descargado por muchos usuarios, estos usuarios se ayudan el uno al otro de modo que se reduzca la carga del servidor considerablemente. Hablar de niveles y porcentajes de replicación en este aparte, implicaría realizar una evaluación cuantitativa, y se plantea como una propuesta abierta para futuras investigaciones, mediante la implementación de simulaciones de modelos concretos.

Los pares pueden experimentar diferentes tasas de descarga, a menudo dependiendo, de cuanto pueden contribuir al proceso. Otro tipo de servicio es el P2P Live Streaming, cuando un vídeo en vivo, es visto por muchos usuarios, de nuevo estos usuarios pueden ayudar a reducir la carga en el servidor. [13] En estos casos el nuevo reto para el diseño de sistemas es garantizar que todos los peers puedan recibir el video streaming en la velocidad de repetición. El interés se ha orientado hacia un nuevo tipo de servicio, P2P video-on-demand (P2P-VoD), apoyado en un análisis detallado de un sistema actual de VoD cliente/servidor de Microsoft, que indicó que P2P-VoD podría traer ahorros significativos en las cargas del servidor. [13]

Esta idea fue compartida entre los desarrolladores de P2P-VoD y que un número de estos sistemas fueron desplegados casi al mismo tiempo. Estos sistemas P2P-VoD disfrutaban de una gran población de espectadores. Al igual que los sistemas P2P streaming, estos sistemas P2P-VoD también entregan el contenido streaming, pero los peers pueden ver al mismo tiempo diferentes partes de un video, de ahí diluye su capacidad de ayudar el uno al otro y realizar la descarga al servidor. Para compensar, este nuevo género de los sistemas, P2P solicita a cada usuario contribuir una cierta cantidad del almacenamiento (generalmente 1GB) en vez de solo repetición del buffer en memoria como en los sistemas P2P streaming. Este recurso adicional abre nuevas oportunidades para la organización de los modelos convenientes de replica de contenidos para encontrar diversas demandas de usuarios. Esencialmente, este nuevo sistema es un sistema de

réplicas altamente dinámico de P2P, además un mecanismo de planificación sofisticado de ordenación de peers que se ayudan entre sí en tiempo real.

En el estudio de servicios P2P-VoD basado en el despliegue de PPLive, lo esencial del sistema ha sido no perder de vista el número de usuarios.

Desde finales de noviembre de 2007, un total de 2.2 millones de usuarios independientes han entrado al sistema. Un total de 3900 películas fueron publicadas en noviembre y diciembre de 2007, con alrededor de 500 películas en línea simultáneamente. A finales de enero de 2008 el número de usuarios simultáneos alcanzo más de 150K y fue creciendo. El punto es que es un sistema con escala razonable y hay lecciones importantes que se aprenderán midiendo y analizando su comportamiento. [13]

- *CollectCast*: Es un servicio nuevo de aplicación, el cual realiza tres funciones principales como lo son: 1. Deducción y apalancamiento de la topología de la red fundamental y la interpretación de la información para la selección de los remitentes. 2. Supervisión del estado de los peers y conexiones, y reacción a las fallas de peer/conexión o degradación de gastos generales bajos. 3. Conmutación dinámica de los remitentes activos y remitentes en modo de espera, de modo que el funcionamiento de la red colectiva de los remitentes activos siga siendo satisfactorio. Este servicio Collectcast de P2P funciona completamente en el nivel de aplicación, pero aprovecha y relaciona las propiedades (topología y rendimiento) de la red subyacente. CollectCast tiene un modelo "un receptor que recoge datos de múltiples remitentes". A diferencia de otros servicios de red "muchos-a-uno" tal como concast (servicio de red "dual" de multicast) [26], cada sesión Collectcast incluye dos servicios de remitentes: los remitentes activos y los remitentes en espera. Los miembros de los sistemas pueden cambiar dinámicamente durante la sesión. Collectcast refleja la filosofía P2P dinámica y oportunista de la agregación del límite de capacidad de los pares para realizar una tarea (streaming) normalmente realizada por un ente dedicado (servidor de medios). CollectCast realiza las

funciones de selección de remitentes, monitoreo y conmutación, de modo que el receptor observe la fluctuación mínima de la calidad de streaming de los medios. Se han realizado simulaciones y mediciones en el mundo real que demuestra que CollectCast basado en streaming P2P, alcanza mejor rendimiento que el streaming P2P, basado solo en la información del rendimiento de la red de punta-a-punta. [14]

- *Soapcast*: Es un sistema de difusión (broadcast) directa que fluye sobre la tecnología P2P, para distribuir ancho de banda a los usuarios conectados. Con este método suele aumentarse la calidad de reproducción de los archivos de sitios Web, y no genera la lentitud que sucedería con otras aplicaciones. Cada usuario obtiene información de otros usuarios y a su vez estos transmiten información. Este método de distribución funciona como un sistema similar a BitTorrent o Emule, entre más usuarios hay conectados a un mismo canal, más ancho de banda se consigue para todos y más calidad de visualización. Es una aplicación de Internet, utilizada por los usuarios para ver la TV online, donde los canales que se consiguen por este software son generalmente chinos. Son populares puesto que se muestran los acontecimientos que pueden estar ocurriendo en vivo en otros países. [15]

Otros protocolos P2P para Media-Streaming como PPLIVE y PPSTREAM solo se mencionan y se suministra la referencia para que el lector les de un vistazo, puesto que no existe información técnica disponible para una exploración detallada. [16]

IV. ANÁLISIS EXPLORATIVO

Los proveedores tradicionales de telecomunicaciones deberían posicionar el servicio de IPTV como parte de un desarrollo más completo hacia la convergencia en la industria, con el fin de acelerar la evolución y crecimiento empresarial. La IPTV está surgiendo en la industria de las telecomunicaciones en varios países, en algunos casos ya están ofreciendo el servicio, otros en modo de prueba y otros están explorando la implementación. Es un hecho que la industria en general se esta moviendo para adoptar este modelo.

Actualmente los usuarios de las tecnologías de la información y telecomunicaciones (TIC's) se vuelven más estrictos con respecto a los servicios y dispositivos que la tecnología presenta. Este requerimiento ha sido indispensable en la orientación de los productos telemáticos, lo que ha permitido que diversos dispositivos de uso cotidiano, sean capaces de llevar a cabo diferentes funciones, mientras que antes se hacía necesario utilizar varios equipos para efectuar las mismas funciones. Es así como la televisión sobre IP (IPTV), en el cual la televisión se transmite por medio del protocolo IP, tiene una diversidad de servicios adicionales a la televisión tradicional, y además que el transporte de la información, sea audio, video, o datos se realiza por medio de este protocolo sobre las redes de banda ancha, como una característica particular a estos sistemas.

El uso de tecnologías Multicast sirven como un método de empaquetar los contenidos de televisión para su distribución por medio de RTP y UDP, y tienen como ventaja que cada canal de TV se emite una sola vez y se replican en cada punto de la red donde se dividen los caminos para conseguir múltiples usuarios que han sintonizado ese canal.

Y el uso de métodos frecuentes como Unicast, en el que no es permitido compartir el mismo flujo entre múltiples usuarios, permite el acceso a los contenidos en video bajo demanda, y el control total que el usuario tiene sobre la transmisión de los programas (parar, rebobinar, avanzar), lo cual exige ubicar los servidores de video bajo demanda en lugares cercanos a los usuarios para alcanzar una escalabilidad idónea del sistema. Estas dos técnicas de conexión permiten a cada usuario minimizar los tiempos de espera en los sistemas IPTV.

La IPTV se ha convertido en un denominador común en los sistemas de televisión y las señales de video se distribuyen a los suscriptores o lectores utilizando una conexión de banda ancha sobre el protocolo de Internet. Esta conexión es suministrada por un proveedor de banda ancha utilizando la misma infraestructura, a través de un canal dedicado de asignación de ancho de banda. Los proveedores del servicio IPTV deben de ser conscientes de que se requiere de una alta velocidad de conexión a

Internet, ya que las condiciones de ancho de banda para satisfacer las descargas de video digital y evitar las limitaciones de cuellos de botella son evidentes e indiscutibles. Cabe aclarar que esto solo para los proveedores Internet banda ancha (DSL, Cable, Fibra al hogar) para que ofrezcan óptima calidad en el servicio.

Una limitación en estas redes es que como usan la tecnología de banda ancha, y transfieren el flujo de vídeo en forma de paquetes, es sensible a la pérdida de paquetes en el tramo y puede causar retrasos, en la retransmisión del canal y flujos de paquetes. El grueso de la industria esta convergiendo a servicios de Internet e IPTV integrados, aunque es posible tener servicios de IPTV dedicados, no es la tendencia que la industria esta siguiendo.

Este problema ha demostrado ser especialmente problemático cuando se intenta transmitir IPTV a través de enlaces satelitales, debido a su alta latencia ya que los datos deben viajar lejos hasta alcanzar el satélite geostacionario y luego volver a la tierra, pero se han hecho mejoras en la tecnología de los equipos para resolver este problema.

Otra de las mayores limitaciones de la IPTV se halla en la longitud del par telefónico, y las condiciones y características de la línea, definidas por su estado de conservación y calidad. Aspectos como la atenuación o el ruido son fundamentales para establecer la posibilidad de que una línea soporte un servicio IPTV, también mediante un proceso de precalificación de los pares para identificar el buen uso de estos y la cantidad de canales simultáneos para prestar el servicio.

La IPTV es una inversión importante, que se muestra como un atractivo, sin problemas de servicio que devuelve la inversión en un período acorde, siempre y cuando los proyectos se planifiquen y se ejecuten adecuadamente, con la creación de redes eficaces y miembros con experiencia en el despliegue de estas redes IPTV, y además considerando sus limitantes, la innovación de esta tecnología es fundamental como para dejar pasar una oportunidad de implementarla. En esta idea cabe precisar que el proyecto no pretende hacer una evaluación económica, y que se sugiere como una investigación para trabajos futuros. A esto se

suma otro gran reto que enfrentan los operadores de IPTV, como la adquisición de contenido, calidad de servicio, cuestiones de reglamentación y la capacidad de la red, sin embargo esta tecnología transformará en un futuro cercano la televisión tradicional, teniendo en cuenta que para ello son esenciales redes más rápidas que las presentes, para así garantizar una menor latencia y mejorar la calidad en el servicio.

El enfoque dado a las redes P2P, que no son un concepto nuevo y que gracias a factores como la cantidad y crecimiento de equipos conectados a Internet, el aumento de ancho de banda disponible por los usuarios, la eficacia en los cálculos, la capacidad de almacenamiento en los PC's y el incremento de fuentes de información y varios contenidos a través de la Red, han hecho que esta tecnología sea popular entre muchos de los usuarios de Internet.

Es esencial poder determinar los pares, grupos de pares y contenidos en una red P2P, para una obtener buena comunicación. En los sistemas P2P tradicionales, algunos identificadores se basaban en referencias específicas de los protocolos de transporte, como si un par puede ser identificado mediante su dirección IP y puerto. Sin embargo, esta idea es poco firme e insuficiente de ofrecer un sistema y técnicas de identificación independiente de la red de transporte subyacente.

Un aspecto fundamental y un gran problema en los entornos P2P, es la búsqueda de información (pares, contenidos y servicios), por la escasez de un conocimiento general de los datos y recursos involucrados. En las redes P2P, las técnicas de búsqueda de información deben ser flexibles, eficientes, tolerantes a fallos, y brindar garantías de que todo lo que existe puede ser encontrado, además deben ser capaces de operar con escalabilidad, dinamismo y heterogeneidad en los entornos distribuidos.

Para las redes P2P cabe resaltar aspectos significativos, en los cuales estos sistemas pueden ser más óptimos frente a otras tecnologías como por ejemplo:

1. El uso de una comunicación P2P permite reducir significativamente la dependencia en

servidores centrales para ofrecer el servicio, más no eliminarla. Aspectos como proporcionar la copia base (para que los peers la repliquen), la seguridad, contabilidad, monitoreo siguen siendo centralizados, sin embargo representan una fracción muy pequeña de la carga total del sistema.

2. La replica de contenido en los pares trae ventajas en términos de tiempos de acceso y escalabilidad. Por ejemplo cuando muchos usuarios están viendo una película muy popular, se puede replicar entre muchos clientes, minimizando el consumo de recursos (servidores, redes)

Los nodos tienen la autonomía de conectarse y desconectarse del sistema en cualquier momento, por lo que es necesaria una arquitectura resistente que disminuya las pérdidas de paquetes causadas por las desconexiones (fortuitas o voluntarias).

3. Estos sistemas suelen ser más eficientes en los tiempos de respuesta, para el envío de frames al cliente, estas ideas planteadas en las redes P2P pueden ayudar a reducir las dificultades en el proceso de cambio de canal, que en los sistemas IPTV convencionales suelen ser muy lentas, ya que en un modelo de servidor central, cuando la carga es alta, el tiempo de respuesta crece asintóticamente hacia infinito (Teoría de colas). En el modelo P2P se espera que los peers operen a bajos niveles de utilización, por lo que la carga nunca es un inconveniente. El tema de tiempos de join al grupo multicast se propone como una investigación para futuros trabajos.

4. Frente a IPTV basada en multicast, en la que solo se ofrecen servicios sincrónicos, los sistemas P2P al facilitar los servicios "on-demand" (Video-on-demand), tienen una ventaja en el despliegue de un sistema dedicado de servidores para almacenar y para distribuir el contenido a los usuarios, mediante un sistema distribuido para ver lo que se quiere a la hora que sea. Teniendo en cuenta, que el ancho de banda en el acceso es limitado, incluso para los servicios de TV multicast, por el alto consumo, y que los canales en ADSL son asimétricos, se considera que este tema se puede evaluar para un trabajo futuro.

Además se pueden señalar ciertos aspectos que influyen en la eficiencia del streaming sobre P2P

como lo son: reducir la pérdida de paquetes para recibir las partes del streaming al momento de transmitir, disminuir el período que se demora en obtener el primer segmento a transmitir, y establecer de dónde se obtiene la información, teniendo en cuenta la disminución del retardo causado por los nodos intermedios y los cuellos de botella, punto a punto.

Estos sistemas mantienen retos como lo son:

- Prevenir los cuellos de botella que se producen en nodos específicos, así se asignan tareas semejantes entre los nodos existentes.

- Establecer en la red las responsabilidades a los nodos entrantes y redistribuir las de los nodos que salen, para que la red se adapte a estos constantes procesos, incluyendo las caídas de los nodos. Además de equilibrar la carga en la red por medio de niveles de replicación en cache y con la ayuda de sistemas de codificación de red aprovechar ventajas de rapidez que ofrecen las redes P2P.

Los entornos P2P y los sistemas tradicionales denotan una similitud, ambos se definen como auto-organizables, pues operan en situaciones dinámicas con constantes entradas y salidas. Uno de sus objetivos esenciales es aprovecharse de los recursos distribuidos compartidos entre los diversos dispositivos de la red, como el porcentaje de CPU, ancho de banda o espacio de almacenamiento. Las técnicas P2P proporcionan alto rendimiento, disponibilidad, fiabilidad y escalabilidad, contra los sistemas tradicionales centralizados. Por otro lado, las redes tradicionales se basan en redes locales y utilizan protocolos no orientados a conexión, por lo que migrar a entornos P2P es una alternativa conveniente para satisfacer las limitaciones de los métodos dinámicos, como los sistemas distribuidos de gran escala, tradicionales o móviles. Las ventajas que se obtienen para ambos son que los sistemas tradicionales se benefician de los mecanismos P2P de conectividad, tolerancia a fallos y balanceo de carga para mejorar la calidad del servicio. Y los entornos P2P, sobre todo los estructurados brindan propiedades atractivas como la compartición de archivos, libre acceso a los recursos, balanceo de carga y mecanismos de gestión y localización de la información de forma inteligente y completamente

determinista.

V. CONCLUSIONES

La IPTV es una tecnología emergente y puede convertirse en una experiencia completamente interactiva en el futuro, como una plataforma viable para la entrega de video de alta calidad de muchas maneras, se espera que esta tecnología crezca a un ritmo acelerado en los próximos años como lo ha sido el servicio de banda ancha y que este disponible para cientos de hogares en el mundo.

La protocolos que utilizan la tecnología Peer to Peer para distribuir Televisión en directo están empezando a aparecer. Su principal ventaja sobre los modelos tradicionales de distribución es que ofrecen una mejor manera de compartir las cargas de trabajo en la entrega de los datos a través de los sistemas de clientes conectados, así como sobre la infraestructura propia del servidor de distribución, que reduce significativamente los gastos de operación de los proveedores stream.

El tipo de televisión por Internet que la gente más ha experimentado ha sido algo así como un despliegue de una transmisión vía Internet. La utilización de un nuevo protocolo de distribución que emplee una metodología igual a la utilizada en las redes P2P existentes, que comparten archivos, se considera que podrá ser capaz de distribuir de una manera más efectiva las pesadas cargas de datos a través de los sistemas de computadoras de usuarios individuales interconectadas. Con este sistema será posible extender significativamente el alcance y la disponibilidad de cualquier canal de televisión a través del mundo al mismo tiempo que se disminuyen drásticamente los costos operacionales por hacerlo.

La importancia de Internet en los cambios sociales y económicos contemporáneos es un hecho cada vez más consolidado y con tendencia al crecimiento. Como hemos visto, las redes P2P están estrechamente relacionadas con el proceso de implementación de Internet y suponen, por tanto, un campo de estudio necesario en sectores como la TV, la música, el entretenimiento, el video y cualquier forma de compartir contenido. Las redes P2P no

solo han supuesto un banco de pruebas de nuevas formas de distribución, sino que se están consolidando como un modelo industrial que se adapta perfectamente a los nuevos cambios. Ello se demuestra en la medida que con sus escasos cinco años de vida han generado un volumen de noticias, comentarios y opiniones comparable tan solo al número de usuarios que se han sumado a ellas.

Una de las principales ventajas de los servicios de streaming sobre redes P2P frente a los basados en modelos cliente-servidor, es que son mucho más escalables y requieren menor ancho de banda en el punto de origen. Así mismo las soluciones P2P están empezando a extenderse para aquellos entornos donde se requiere llegar a muchos receptores.

REFERENCIAS

- [1] Santiago Canalejo Ángel, "Tecnología IPTV, Estado y Posibilidades enfocado en redes (Trabajo de grado)," Escuela de Ingeniería, Universidad Pontificia Bolivariana, 2006.
- [2] Avedis Khajikian, "Web e IPTV en Venezuela", (Documento PDF) [online] <http://neutron.ing.ucv.ve/Comunicaciones>, Caracas-Venezuela
- [3] Jaime Lloret Mauri, Miguel García Pineda, Fernando Boronat Seguí, "IPTV: La TV por Internet", Publicaciones Vértice, 2006, ISBN 8492647221, Pág. 85.
- [4] Guillermo López García, "Modelos de Comunicación en Internet," Tirant Lo Blanch, Valencia 2005, ISBN 84-8456-275-1, Pág. 107-110.
- [5] Ramón Jesús Millán Tejedor, "distribución de libros electrónicos en redes P2P" Documento PDF ÍndiceLosAutoresRed, Pág. 11, 13, 20 [Online] <http://www.ramonmillan.com/documentos/indicelibros/>
- [6] Ramón Jesús Millán Tejedor, "Guías Fáciles de las TIC" Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación COIT, Trabajo P2P 2006, [Online] http://www.coit.es/pub/ficheros/p2p_6bfd1c3a.pdf
- [7] Ramón Jesús Millán Tejedor, "Domine las Redes P2P (Peer To Peer)", Creaciones Copyright S.L, Enero 2006. Pág. 250-257, 6-7,
- [8] Alberto Villacorta Michelena, "El mundo de la Internet", Ediciones Alberto Villacorta, 2005, ISBN 9789972251900, Pág. 131-132
- [9] Eng Keong Lua, Jon Crowcroft, Marcelo Pias, Ravi Sharma and Steven Lim, A Survey and Comparison of Peer-to-Peer Overlay Network Schemes, IEEE COMMUNICATIONS SURVEY AND TUTORIAL, MARCH 2004 [Online] <http://www.cl.cam.ac.uk/teaching/2005/AdvSysTop/survey.pdf>
- [10] O. C. Ferrell, Michael D. Hartline, "Estrategia de marketing", Cengage Learning Editores, 2006, ISBN 9789706864963, Pág. 316.
- [11] Julián Briz, VV Staff, Julián Briz Escribano, Isidro Laso, Isidro Laso Ballesteros, "Internet y Comercio electrónico" Mundi-Prensa Libros, 2001, ISBN 9788471149923.
- [12] [Online] <http://www.emule.es/>
- [13] Yan Huang, Tom Z. J. Fu†, Dah-Ming Chiu†, John C. S. Lui‡ and Cheng Huang, "Challenges, Design and Analysis of a Large-scale P2P-VoD System", The Chinese University of Hong Kong, August 2006, [Online] <http://www.sigcomm.org>.
- [14] Mohamed Hefeeda, Ahsan Habib, Boyan Botev, Dongyan Xu, Bharat Bhargava, PROMISE: PeertoPeer Media Streaming Using CollectCast, Department of Computer Sciences Purdue University, West Lafayette, IN 47907, November 2003.
- [15] "Soapcast", <http://www.sopcast.org/>, mayo de 2008
- [16] PPLIVE [Online] <http://www.mp3.es/Es/PPLive>, PPSTREAM [Online] <http://www.software-p2p.com/>, <http://www.pps.tv/en/>
- [17] José Manuel Huidobro, "IPTV: La Televisión a través de Internet". Abril de 2007. [Online] http://www.acta.es/articulos_mf/43039.pdf
- [18] Raquel Pérez Leal, Encarna Pastor Martín, "TV IP, clave en la evolución de Internet", Artículo, Dpto. Ingeniería de Sistemas Telemáticos - Universidad Politécnica de Madrid. Julio 2008.
- [19] F. J. Ramón Salguero, G. García de Blas, "Modelo de tráfico P2P basado en transacciones", Artículo, Nuevas tecnologías de red, Telefónica I+D, Madrid, España. Septiembre de 2008.
- [20] DSLAM Selection for Single-Edge IPTV Networks, Matching DSLAM capabilities with network requirements, Juniper Networks, Sunnyvale California, Feb 2008. www.juniper.net.
- [21] Zhengye Liu†, Yanming Shen†, Keith W. Ross‡, Shivendra S. Panwar†, Yao Wang†, "Substream Trading: Towards an Open P2P Live Streaming System, Polytechnic Institute of New York University, Department of Electrical and Computer Engineering.
- [22] Marc Bernstein, IPTV Solutions Architect, "VLAN Design for IPTV Networks", Juniper Networks, Sunnyvale CA, May 2006.
- [23] Meeyoung Cha, Pablo Rodríguez, Sue Moon, Jon Crowcroft, "On Next-Generation Telco-Managed P2P TV Architectures", University of Cambridge, UK, Enero de 2008.
- [24] Fuente Figura 1. Arquitectura Cliente servidor y asistida por pares. [Online] <http://www.gigatribe.com/images/p2p-networks.jpg>
- [25] James H. Burrows, Director Computer Systems Laboratory, "Secure Hash Standard" <http://www.itl.nist.gov/fipspubs/fip180-1.htm>
- [26] K. Calvert, J. Griffioen, R. Mullins, A. Sehgal, S. Wen, "Implementing a Concast Service" Department of Computer Science, University of Kentucky.

- [27] Zhengye Liu†, Yanming Shen†, Keith W. Ross‡, Shivendra S. Panwar†, Yao Wang†, “Substream Trading: Towards an Open P2P Live Streaming System”, Polytechnic Institute of New York University
- [28] Alejandro Piscitelli. Empoderamiento y control en la era de los sistemas distribuidos. Presentación Online <http://www.slideshare.net/apiscite/clase-5-sistemas-par-a-par>.
- [29] Luis Rodero Merino, Antonio Fernández, Luís López, Vicent Cholvi, Topologías dinámicas en redes P2P no estructuradas, Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, Spain.
- [30] Gabriel Andrés Martínez Rosas, “IPTV, Análisis de la tecnología sobre distintos medios de transmisión”, Tesis de titulación, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 2008.
- [31] Ali C. Begen, Neil Glazebrook, and William Ver Steeg, “Reducing Channel-Change Times”, IEEE Computer Society, Cisco, Mayo/Junio 2009.
- [32] A. Rowstron and P. Druschel, “Pastry: Scalable, distributed object location and routing for large-scale peer-to-peer systems,” in Proceedings.
- [33] B. Y. Zhao, L. Huang, J. Stribling, S. C. Rhea, A. D. Joseph, and J. D. Kubiatowicz, “Tapestry: A resilient global-scale overlay for service deployment,” IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 22, no. 1, pp. 41–53, January 2004.
- [34] P. Maymounkov and D. Mazières, “Kademlia: A peer-to-peer information system based on the xor metric,” in Proceedings of the IPTPS, Cambridge, MA, USA, February 2002, pp. 53–65.
- [35] D. Malkhi, M. Naor, and D. Ratajczak, “Viceroy: a scalable and dynamic emulation of the butterfly,” in Proceedings of the ACM PODC’02, Monterey, CA, USA, July 2002, pp. 183–192.
- [36] Greg Thompson and Yih-Farn Robin Chen, “IPTV, Reinventing Television in the Internet Age”, IEEE Computer Society, Mayo/Junio 2009.

Telecomunicaciones en la Universidad Pontificia Bolivariana sede Medellín (Colombia). Su tema de interés es la Exploración de arquitecturas basadas en P2P para la distribución de televisión por suscripción (IPTV) como apoyo al trabajo de investigación del Ingeniero Jorge M. Londoño.

Autores

Jorge M. Londoño, ing. Electrónico de la Universidad Pontificia Bolivariana y Master of Arts in Computer Science de Boston University, actualmente adelanta estudios de doctorado también en Boston University. Se ha desempeñado como docente de Ing. Informática y Telecomunicaciones de la Universidad Pontificia Bolivariana y es miembro del grupo de Investigación y Desarrollo en Telecomunicaciones e Informática (GIDATI) de la misma Universidad. Sus principales áreas de interés en investigación incluyen sistemas distribuidos, aplicaciones peer-to-peer (P2P) y modelos económicos y de teoría de juegos aplicados al manejo de recursos en dichos sistemas.

Emilse Villada nació en Rionegro - Antioquia (Colombia) en 1981, obtuvo el título de Ingeniera de Sistemas en la Universidad Católica de Oriente (Rionegro- Antioquia) en 2003, actualmente realiza Especialización en