

Arquitecturas

Alexandre Ribelles García

PID_00198491



Los textos e imágenes publicados en esta obra están sujetos –excepto que se indique lo contrario– a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 España de Creative Commons. Podéis copiarlos, distribuirlos y transmitirlos públicamente siempre que citéis el autor y la fuente (FUOC. Fundació para la Universitat Oberta de Catalunya), no hagáis de ellos un uso comercial y ni obra derivada. La licencia completa se puede consultar en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.es>

Índice

Introducción	5
Objetivos	6
1. Internet TV	7
1.1. Los inicios: el servidor web clásico	7
1.2. El servidor de transmisión de vídeo y audio en tiempo real	8
1.2.1. Estructura	9
1.2.2. Proceso de descarga y reproducción	9
1.2.3. Características de un servidor de <i>streaming</i>	11
2. IPTV	15
2.1. <i>IPTV</i> y el juego triple	16
2.2. Confusiones habituales al hablar de <i>IPTV</i>	16
2.3. Ventajas de la <i>IPTV</i>	18
2.4. Desventajas de la <i>IPTV</i>	19
2.5. Arquitectura de una red <i>IPTV</i>	19
2.5.1. A nivel de agentes	20
2.5.2. A nivel de datos	21
2.5.3. A nivel de red	24
2.6. <i>IPTV</i> en España	26
2.7. <i>IPTV</i> en el mundo	26
3. HbbTV	27
4. Plataformas de distribución de contenidos	30
4.1. Funcionamiento	31
4.2. Estructura típica de una <i>CDN</i>	34
4.3. Servicios que ofrecen	35
4.4. El mercado <i>CDN</i> en la actualidad	36
5. Peer-to-peer (P2P)	38
5.1. Características de una red P2P	39
5.2. Gestión del flujo de datos en emisión y recepción	40
5.3. Estructuras habituales en redes P2P	42
5.4. Transmisión P2P de datos de audio y vídeo en tiempo real en la actualidad	44
6. CDN-P2P Híbrido	45
6.1. CDN-P2P en la actualidad	46

Introducción

Este módulo describe las arquitecturas más frecuentes de publicación y distribución desde la solución más sencilla (e históricamente más antigua) hasta las nuevas apuestas distribuidas que se perfilan en la actualidad, en algún caso de manera exclusivamente investigadora.

Se inicia esta revisión con la definición del concepto Internet TV y el modelo básico de servidor web, para pasar inmediatamente al modelo de servidor de transmisión de vídeo y audio en tiempo real (*streaming*), pilar fundamental del módulo. Se analiza la combinación de varios servidores de transmisión de vídeo y audio en tiempo real, unos como origen de datos y otros como réplicas de estos, y como una consecuencia de ello se describe una arquitectura de plataforma de distribución de contenidos (CDN, en su sigla inglesa) como un caso de nivel superior.

Las redes propietarias *IPTV* son un caso que se nutre de los mismos conceptos que se describen en los ejemplos anteriores, aunque por sus características especiales se tratan aparte. Una versión alterada como el *HbbTV* también se trata de manera independiente.

Finalmente, se describen las plataformas que no se basan en el modelo cliente-servidor y que son motivo de investigación actual, como P2P, así como el híbrido CDN-P2P.

Objetivos

Con el estudio de este módulo, alcanzaréis los objetivos siguientes:

- 1.** Saber identificar y diferenciar los conceptos de Internet TV, *IPTV*, *CDN*, *HbbTV*, *P2P* y *CDN-P2P*
- 2.** Ser capaces de describir el modelo cliente-servidor para transmisión de vídeo y audio en tiempo real y el modelo *peer-to-peer*, y saber enumerar los beneficios y las carencias de cada modelo.
- 3.** Aprender a valorar y seleccionar la mejor opción para la implementación de un servicio de transmisión de vídeo y audio en tiempo real o *VoD*.

1. Internet TV

Internet TV es un concepto amplio que refiere a la distribución de contenido audiovisual por una red de conmutación de paquetes como Internet mediante el mecanismo de transmisión de vídeo y audio en tiempo real¹.

⁽¹⁾En inglés, *streaming*.



1.1. Los inicios: el servidor web clásico

La primera arquitectura que existió se basaba en la clásica estructura cliente/servidor, en la que un servidor web clásico (es decir, orientado a dar servicio web) podía dar una calidad de servicio aceptable a un volumen moderado de usuarios simultáneos. Si bien originalmente el concepto se aplicaba sobre transmisiones en vivo en la Red, actualmente incluye también la distribución de material almacenado. No hay más que visitar la web de cualquier empresa de TV, activar la *app* asociada en un dispositivo móvil o utilizar un Smart TV para poder acceder tanto a la emisión en directo como a un catálogo de material preemitido.

Algunos ejemplos
Algunos ejemplos de Internet TV accesible por web y por app son: iPlayer de BBC, A la carta de RTVE, TV3alacarta de TV3, etc.

Ilustración 1. Diferentes accesos por web y *app* a servicios de Internet TV



Se data en 1993 la primera transmisión de vídeo y audio en directo. En aquella época, su capacidad era limitada al basar sus comunicaciones en el protocolo HTTP² y en el protocolo de red TCP, combinación perfecta para transferencia de páginas webs y de los ficheros contenidos en ella (mayoritariamente imágenes) pero –como sabemos– poco adecuada para transmisión multimedia. Como técnica de publicación, las opciones utilizadas eran inicialmente el vídeo incrustado y años más tarde la **descarga progresiva** como consecuencia del desarrollo de los contenedores de vídeo mejor adaptados a esta situación.

⁽²⁾HTTP es la sigla de la expresión inglesa *HyperText Transfer Protocol*.

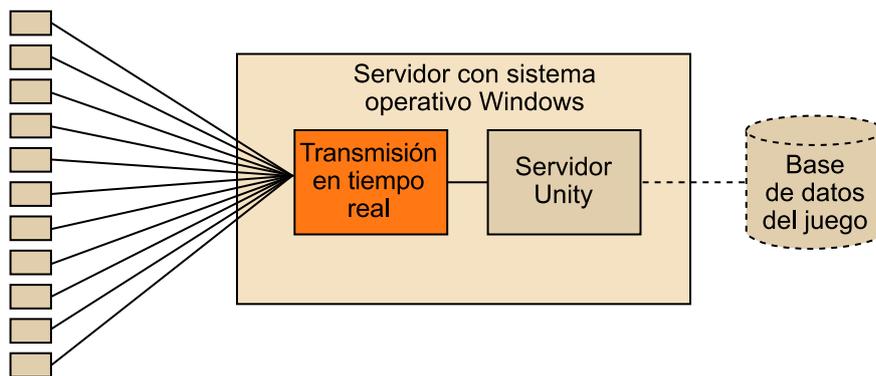
Ved también

La problemática de transmisión audio/vídeo sobre red IP puede verse en el apartado 3 del módulo “Transmisión” de esta asignatura.

La primera opción era la única posible cuando los contenedores existentes estaban pensados más para almacenamiento que para transmisión: por ejemplo, AVI 1.0 y MOV no poseían marcas de tiempo para sincronizar los contenidos de vídeo y audio, ni siquiera aseguraban que ambos contenidos imbricados dentro del fichero pudiesen ser reproducidos en tiempo real si no fuese por lectura en un disco local.

Ilustración 2. Estructura de un servidor de juegos en línea que presta servicio a cientos de usuarios simultáneamente

Jugadores



El servidor trabaja tanto como unidad de almacenamiento como de distribución. Fuente: Adaptado de UnityPark3d.

El problema de fondo, sin embargo, seguía estando presente: la capacidad concurrente de servicio era muy limitada, pues para duplicar el volumen de usuarios simultáneos a los que dar servicio, obligaba a instalar un nuevo servidor web y duplicar su conectividad a la Red, inversiones importantes que en contados casos el retorno de la inversión (ROI³) podía justificarlas. En resumen, el problema era la **escalabilidad del sistema**.

⁽³⁾Abreviamos *retorno de la inversión* por *ROI*, la sigla de su expresión inglesa.

1.2. El servidor de transmisión de vídeo y audio en tiempo real

La necesidad de un replanteamiento de la publicación y la distribución que atacara el problema desde diferentes aspectos era imperiosa: nuevos protocolos ligeros para el transporte de datos por la red, nuevos contenedores que asegurasen en lo posible una reproducción correcta (y si fuese posible sin esperar toda su descarga), aumento de la capacidad de las comunicaciones de banda

⁽⁴⁾Abreviamos por servidor *streaming*.

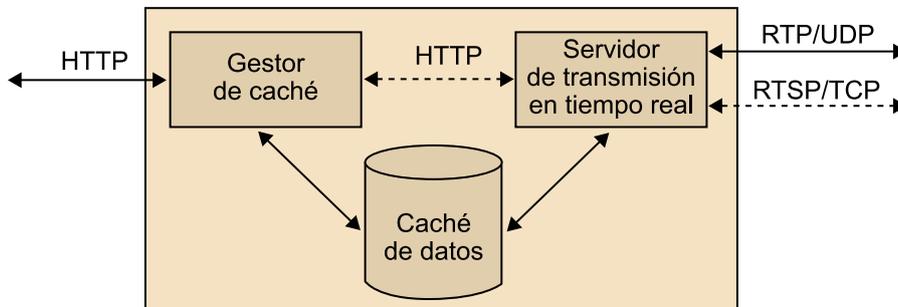
ancha en el lado cliente, etc. Y la demanda de contenidos multimedia crecía exponencialmente y aparecían nuevas oportunidades de negocio. El servidor de transmisión de vídeo y audio en tiempo real⁴ posibilita dar ese servicio.

Si bien ya conocemos este elemento fundamental de los mecanismos de descarga (apareciendo como su evolución natural) y los protocolos de transporte que utiliza, presentemos a continuación su estructura, funcionamiento y características con más detalle.

1.2.1. Estructura

El servidor de transmisión de vídeo y audio en tiempo real dispone de un gestor del almacenamiento local:

Ilustración 3. Estructura de un servidor de *streaming*



Cuando el servidor recibe del cliente una petición de datos, usualmente es mediante RTSP sobre TCP. Así, el servidor mira primero si los datos están almacenados localmente en la caché o dispositivo local de almacenamiento; si no están, el gestor de la memoria caché realiza una petición HTTP al servidor donde se ubican los datos originales o a los gestores caché de servidores de *streaming* más cercanos (desde el punto de vista de red, no distancia física). Una vez el gestor copia los datos en la caché de almacenamiento local del servidor, pasa al servidor de *streaming* la dirección con la ubicación local del fichero demandado, por lo que el servidor puede iniciar su envío, usualmente mediante RTP sobre UDP.

1.2.2. Proceso de descarga y reproducción

El proceso desde la petición del cliente hasta el inicio de la reproducción del material audiovisual desde cierto punto es el siguiente: el usuario realiza un clic sobre el enlace al **metafichero**, que no es más que un fichero XML, es decir, un descriptor de información en donde se indica el autor, el título y la dirección del material o materiales por reproducir (pueden indicarse varios de manera consecutiva).

Ved también

Los mecanismos de descarga, entre ellos el servidor de *streaming*, se introducen en el apartado 5 del módulo "Transmisión" de esta asignatura.

Caché

Una caché es simplemente una memoria rápida que almacena una copia de cada elemento que es pedido por primera vez por cualquier cliente. El siguiente pedido que realiza cualquier otro cliente se lee desde esta memoria rápida en vez de hacerlo desde el disco.

Ejemplos de metaficheros

Un par de ejemplos de metaficheros son los siguientes:

```
#EXTM3U
#EXTINF:199,Pink Floyd - In The Flesh
R:\Musica\Pink Floyd\1979---The_Wall_CD1\1.In_The_Flesh.mp3
#EXTINF:217,Pink Floyd - One Of My Turns
R:\Musica\Pink Floyd\1979---The_Wall_CD1\10.One_Of_My_Turns.mp3
```

Este primer caso es un metafichero M3U ampliado, utilizado por Apple para sus dispositivos iOS. Primero se indica el descriptor de formato (#EXTM3U), y las siguientes parejas de líneas indican la duración en segundos, autor y álbum, y la ruta del material (local o remota). Como puede verse, es posible indicar una escaleta de material que se reproducirá de manera consecutiva.

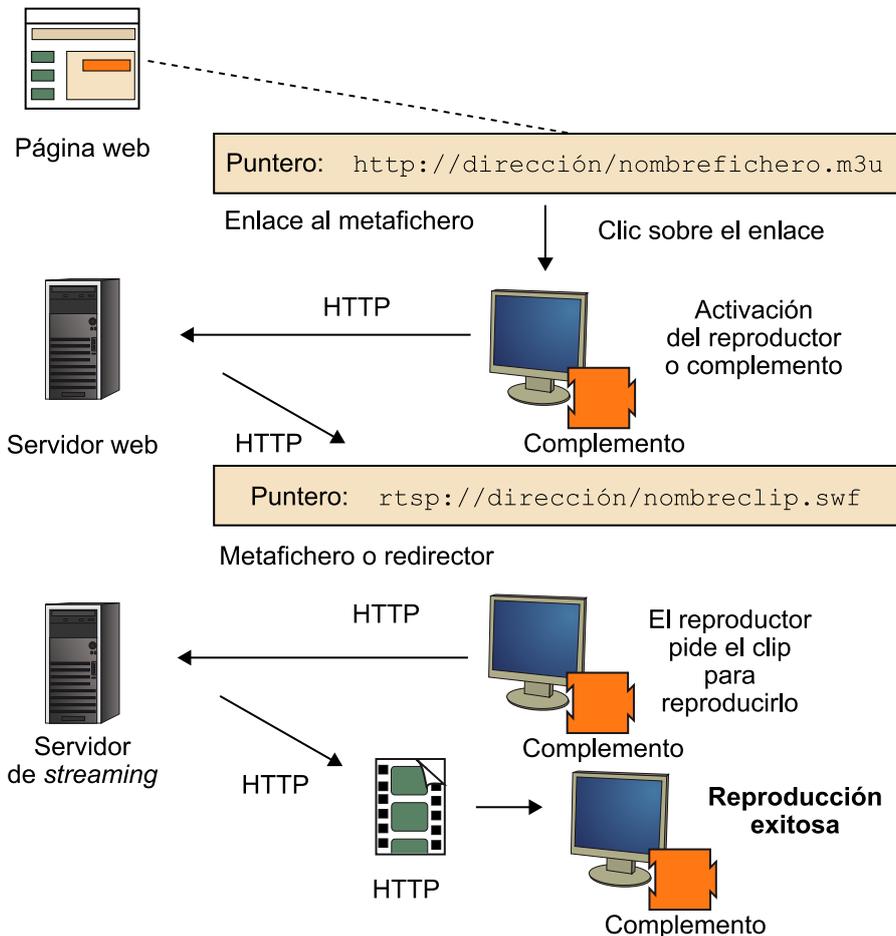
Metaficheros y extensiones MOV

El hecho de que coincida la extensión MOV del metafichero con la MOV del fichero de vídeo, siempre es motivo de confusión.

```
<asx version="3.0">
  <entry>
    <ref href="rtsp://www.windowserver.com/myMediaFile.wma" />
  </entry>
  <entry>
    <ref href="rtsp://www.windowserver.com/mySecondFile.wma" />
  </entry>
  <entry>
    <ref href="rtsp://www.windowserver.com/myThirdFile.wma" />
  </entry>
</asx>
```

Este segundo caso es un metafichero ASX de Microsoft, que también posee otros estándares de metafichero más antiguos, como WMX o ASF. Hay otros equivalentes como MOV para QuickTime de Apple, PLS para algunas aplicaciones sobre Linux, RAM para RealMedia, etc.

Ilustración 4. Proceso de petición y descarga de material



El clic sobre el enlace al metafichero fuerza que el reproductor⁵ o el complemento⁶ hagan una petición HTTP al servidor web para descargar el metafichero mediante HTTP. El cliente analiza la información almacenada en el metafichero y lee la lista de punteros. A continuación, el reproductor pide al servidor de *streaming* el material mediante el protocolo indicado en el puntero (RTSP en el ejemplo), y mediante RTP el servidor descarga el clip demandado al cliente.

⁽⁵⁾En inglés, *player*.

⁽⁶⁾En inglés, *plug-in*.

1.2.3. Características de un servidor de *streaming*

Frente a otros tipos de servidores, el servidor de *streaming*⁷ posee características propias:

1) **Escalabilidad.** Un servidor centralizado se sobrecarga con facilidad en términos de entrada/salida ante un público numeroso y concurrente. Se requiere un mecanismo de escalabilidad que aumente la necesidad de recursos no por el aumento de clientes sino por el número de ítems diferentes a los que estos acceden. Para ello se diferencia el servidor de contenidos⁷ de los servidores finales de *streaming*⁸. Cuando múltiples clientes de la misma localidad acceden al mismo contenido del servidor, el contenido ha de ser transferido solo una vez desde el servidor de contenidos hasta el servidor final de *streaming* de la localidad, reduciendo el tráfico en el núcleo de la red. Si el contenido no está disponible en el servidor final de *streaming*, este puede preguntar a los servidores finales de *streaming* cercanos, los cuales estarán más cerca que el servidor de contenidos (desde el punto de vista de red, no físico). Si el contenido está en un servidor final de *streaming* cercano, o bien puede redirigirse el cliente a ese servidor final de *streaming* o bien el contenido puede copiarse de servidor a servidor.

⁽⁷⁾En inglés, *origin server*.

⁽⁸⁾En inglés, *edge servers*.

Ejemplo

Adobe Flash Media Server en sus versiones 1 y 2 tenía dos ediciones diferentes de software: versión *origin* y versión *edge*. Desde su versión 3, en cambio, posee ambas configuraciones seleccionables desde el mismo software, rebautizado como Adobe Flash Media Interactive Server.

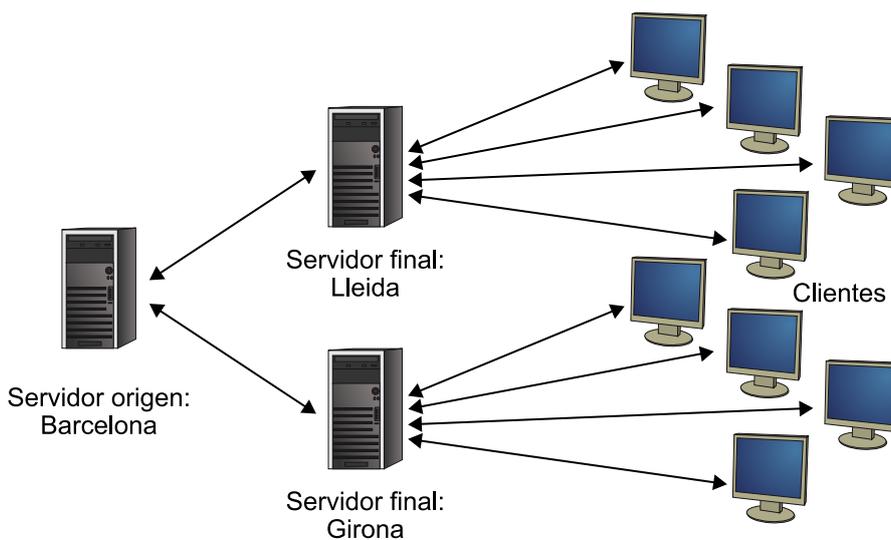


Ilustración 5. Arquitectura escalable de origen/final de *streaming*.

Esta misma idea de arquitectura, a una escala mucho más grande (planetaria) y añadiendo servicios adicionales de control de acceso y facturación, control de calidad, balance de tráfico y otros servicios, es la base de las plataformas de distribución de contenidos (CDN⁹) a las que dedicaremos más adelante un apartado especial al tener ya una entidad diferente.

2) Análisis del contenedor del material. El servidor de *streaming* está capacitado para el análisis del material, es decir, la lectura de la cabecera del contenedor previa a su transmisión, de manera que según la velocidad de codificación, indicada puede reservar de manera óptima los recursos necesarios para su emisión. El servicio de *streaming*, tal como sabemos, solo es posible si se utilizan contenedores preparados para este servicio.

3) Respuesta en condiciones cambiantes. *Streaming* requiere de grandes anchos de banda y retardos estables de extremo a extremo. Así es posible tener resoluciones de *video* aceptables y la velocidad de cuadro entregada es constante durante la reproducción. Lamentablemente, estas condiciones no son asegurables ni en el mejor escenario de comportamiento de Internet, especialmente si los servidores de contenidos y los clientes se sitúan a grandes distancias (de red, evidentemente).

Respecto al retardo, no es del todo problemático si se utiliza un mecanismo de memoria intermedia¹⁰ y se acepta que el cliente puede esperar entre la petición de visualización y el inicio de esta, lapso de tiempo que asegurará tanto al servidor final de *streaming* como al receptor que sus memorias intermedias tengan material y puedan “camuflar” las variaciones posteriores que tenga la recepción del resto del material.

Respecto a las variaciones de ancho de banda, es el servidor final de *streaming* el que ha de adaptarse. Este puede reaccionar a los cambios locales en condiciones mucho mejores y más rápidas que el servidor de contenidos situado en el núcleo de la red del proveedor de contenidos. Situémonos en el caso de un cliente móvil, cuya ubicación geográfica puede hacerlo saltar de una cobertura UMTS (3G) a GPRS (2G) y reducir su ancho de banda en un factor de 10. El servidor final de *streaming* debe ser lo suficientemente inteligente como para ajustar el flujo de datos en cada momento al ancho de banda real, e incluso aprovechar los momentos con un gran ancho de banda con el cliente para avanzar el envío de material que será aprovechable cuando el ancho de banda se reduzca.

4) Utilización eficiente de recursos. En *streaming*, especialmente en eventos en directo que desean ser vistos por miles o millones de usuarios, es inviable que cada uno de ellos acceda al servidor de contenidos situado en el núcleo de la red del proveedor. Es tarea de los servidores finales de *streaming* replicar el flujo generado por el servidor de contenidos a todos sus usuarios cercanos.

⁽⁹⁾CDN es la sigla inglesa de expresión *content distribution network*.

Ved también

Las plataformas de distribución de contenidos se tratan en el apartado 4 de este módulo didáctico.

Ved también

El servicio de *streaming* se presenta en el subapartado 5.2 del módulo “Transmisión” de esta asignatura.

⁽¹⁰⁾En inglés, *buffer*.

En esta tarea se cuenta sin duda con el protocolo de multidifusión sobre redes IP¹¹, que ya presentamos; el problema es que no todos los operadores troncales de Internet tienen activada esta funcionalidad en sus *routers* (menos del 30% en 2012). IP multicast sigue relegado al entorno de investigación y universitario por tres factores principales:

- Si existe algún punto débil en el protocolo, podrá ser utilizado por *hackers* para un ataque de denegación de servicio que podría bloquear grandes secciones de Internet.
- El tráfico generado por multidifusión es exigente en cuanto a recursos por lo comentado al principio del punto anterior: gran ancho de banda y retardo estable. Y asegurar ambos conceptos es altamente costoso cuando los encaminadores¹² han de compartirse con una miríada de flujos de datos.
- Algunos autores sugieren una problemática de naturaleza política en la implantación de este protocolo (ISCIS 2006).

La solución para aplicar la multidifusión sobre redes IP es simularla en el nivel de la aplicación, lo que se denomina ***application level multicast***. Es un sistema en uso y bien conocido: por ejemplo, el *chat* de tipo IRC trabaja en multidifusión en el nivel de aplicación enlazando los usuarios a través de un único árbol de conexiones (***técnica spanning tree***); otro caso es la distribución de datos *peer-to-peer* (P2P), etc. Sin duda, es una solución menos eficiente que la multidifusión sobre redes IP, pero al menos es explotable en la actualidad.

Un segundo recurso eficiente es la capacidad de los servidores finales de *streaming*, pues el material multimedia siempre tiene grandes necesidades. Cuando un servidor final de *streaming* copia un clip de otro servidor final de *streaming* o del servidor de contenidos, la estadística demuestra que hay ciertas partes del clip que son más vistas que otras. Así, es más efectivo subdividir el clip y copiar solo las partes pedidas con mayor frecuencia, lo que aumenta los accesos a la caché y la eficiencia de almacenamiento cuando este es siempre limitado.

5) Soporte de vídeo en tiempo real. Las fuentes de vídeo en tiempo real siguen en aumento tras la incorporación de videocámaras en teléfonos móviles y las aplicaciones de videoconferencia tanto móviles (FaceTime, Mirial, Vidyó...) como de sobremesa (Messenger, Skype, etc.) con grupos de personas como destinatarios. El servidor final de *streaming* debe ser capaz de ofrecer subida¹³ del flujo de datos que posibilite el almacenamiento de esos datos incluso por encima de la capacidad del dispositivo que lo genera. La infraestructura de servidores, además, debe posibilitar compartir ese volumen de datos (ya sea en tiempo real, ya sea posteriormente).

⁽¹¹⁾En inglés, *IP multicast*.

Ved también

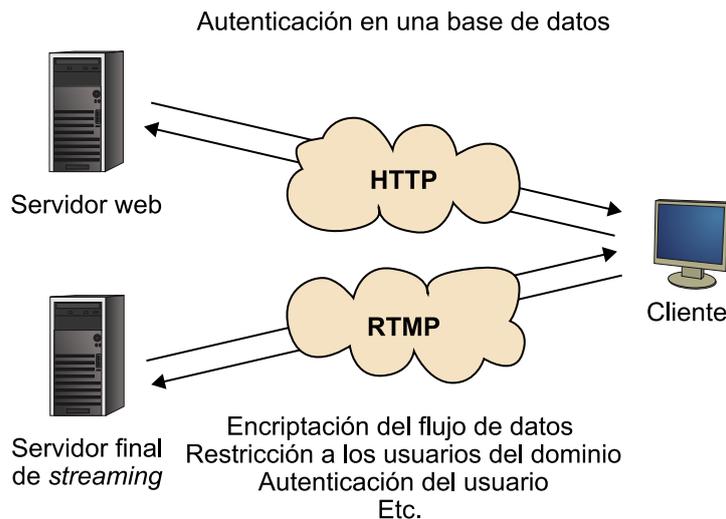
La técnica de multidifusión sobre redes IP se presenta en el subapartado 4.2 del módulo "Transmisión" de esta asignatura.

⁽¹²⁾En inglés, *routers*.

⁽¹³⁾En inglés, *upload*.

6) **Posibilitar control de acceso a los contenidos.** Algunos servidores de *streaming* pueden trabajar de forma colaborativa con servidores de autenticación para limitar el acceso a los contenidos. Usualmente, es más sencillo que sea la aplicación cliente la que gestione primero la autenticación y posteriormente establezca o no la sesión con el servidor de *streaming*, pero en general las soluciones actuales son una combinación de diferentes técnicas de autenticación y control de acceso variable según el fabricante.

Ilustración 6. Estructura del control de acceso al servidor final de *streaming* en el caso Adobe Flash



2. IPTV

Internet Protocol TV (IPTV¹⁴) es una tecnología que posibilita el servicio de televisión a través de una red de conmutación de paquetes como Internet. Este sistema de distribución es el seleccionado para redes cerradas propietarias cuyo servicio es de suscripción.

⁽¹⁴⁾Abreviamos la expresión *Internet protocol TV* por la sigla *IPTV*.



Algunos ejemplos

Ejemplos de redes *IPTV* en España son Imagenio de Movistar, OnoTV, Jazztel TV, etc.

Sin duda, la red seleccionada ha de ser de banda ancha para soportar tales servicios, y el concepto *IPTV* ha ido ampliándose desde sus inicios hasta englobar otros servicios asociados como *video on demand*¹⁵ y Time-Shifted TV, y hasta ha dado nombre al propio modelo de negocio.

⁽¹⁵⁾Abreviamos la expresión *video on demand* por la sigla *VoD*.

El usuario selecciona libremente, mediante la conexión a una red de datos, los contenidos que desea visualizar y el momento para hacerlo. El proveedor del servicio provee de la infraestructura de la red y además añade el rol de proveedor de contenidos. *IPTV* se basa siempre en esta red cerrada de datos (preferentemente de fibra, coaxial o incluso de cobre tradicional). Por ello *IPTV* también se puede definir (y la CMT en España así lo hace desde el 2006) como “servicio de TV distribuida a través de líneas xDSL”. Al menos hasta el momento de redactar este módulo, pues ya se realizan pruebas de *IPTV* sobre WiMax en pequeñas poblaciones...

En *IPTV*, a diferencia de Internet TV, se ofrecen:

a) **servicios clásicos de difusión** (es decir, puede seleccionarse una cadena de TV de las existentes en la plataforma *TDT*).

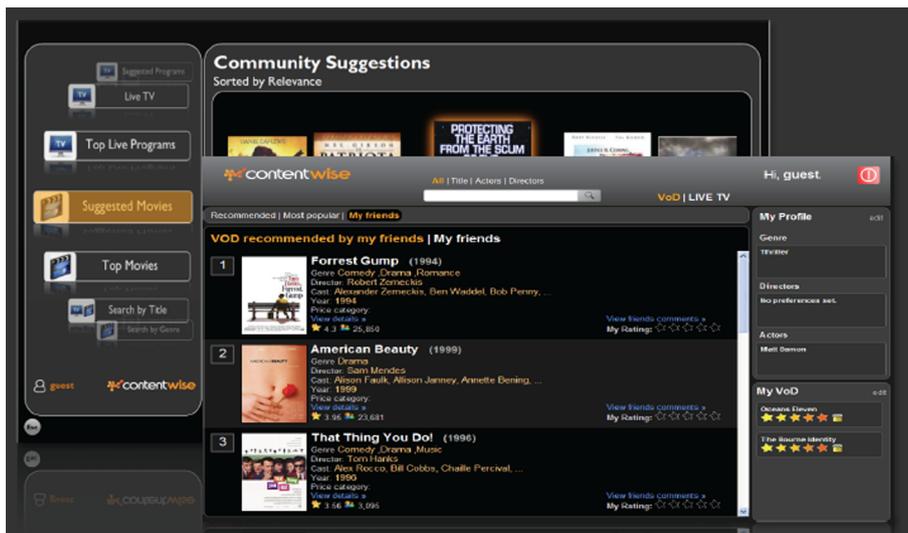
b) **servicios de vídeo bajo demanda** (*VoD*).

c) y otros **servicios interactivos** (como por ejemplo TV interactiva, Internet de alta velocidad, telefonía de voz sobre IP (VoIP), videovigilancia remota, etc.).

Los tres conceptos se entrecruzan en el producto final, pues es habitual que el vídeo bajo demanda pueda ser reproducido cuando el usuario desee, pausado, rebobinado, etc., es decir, interactivo.

Por lo que se refiere al producto final, *IPTV* puede ofrecer desde vídeo en calidad estándar hasta alta definición, multicámara o 3D, todo en función de las dimensiones de la red y los recursos invertidos en ella.

Ilustración 7. Interfaz de acceso a contenidos de una plataforma IPTV



2.1. IPTV y el juego triple

El juego triple¹⁶ es un término utilizado para describir la entrega de voz, vídeo y datos hasta el hogar.

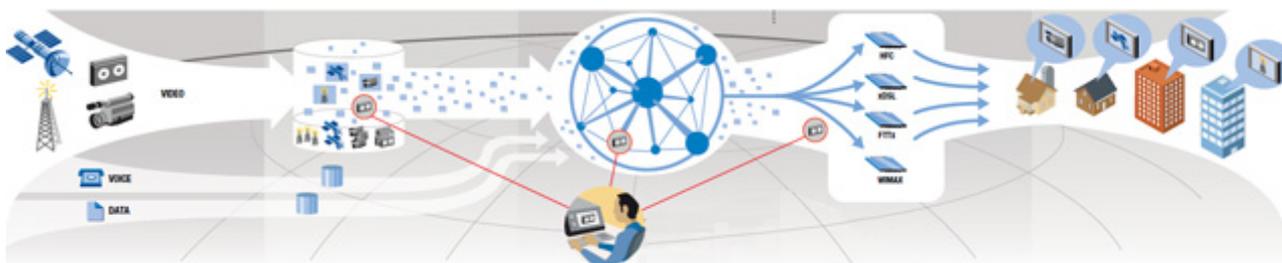
(16)En inglés, *triple play*.

Una única conexión al hogar

La convergencia de los servicios audiovisuales, informáticos y de telecomunicaciones que se anunciaba (Nora y Minc, 1978; Sola Pool, 1983) desde finales de los años setenta ya es una realidad.

Hay un gran número de ofertas comerciales conjuntas para estos tres servicios que utilizan diferentes tecnologías, pero el verdadero juego triple es proporcionarlos a través de una única conexión al hogar (usualmente fibra, pero puede ser cobre). La tecnología IP no es necesaria para entregar todos estos servicios.

Ilustración 8. Vídeo/audio, voz y datos, la oferta de juego triple de toda IPTV que se precie



Fuente: Tektronix

2.2. Confusiones habituales al hablar de IPTV

Es habitual confundir IPTV con otras redes que ofrecen servicios similares en aspecto y forma pero que se gestionan de manera completamente diferente y son otro tipo de negocio, como las redes de cable. Incluso se confunde IPTV con un servicio en particular, el de vídeo por Internet (Internet TV).

a) IPTV no es Internet TV

Cuando accedemos a un canal de TV en vivo vía web o visualizamos bajo demanda el capítulo de una serie desde un servidor, no usamos *IPTV* sino TV por Internet (Internet TV¹⁷). Con *IPTV*, los proveedores de servicio comercializan a sus suscriptores una serie de canales de TV y de contenidos multimedia con un aspecto general parecido al de la TV de pago tradicional. TV por Internet es el acceso vía Internet a contenidos audiovisuales, sin ninguna ligazón contractual salvo la del propio servicio de Internet. Sin duda ambas se basan en la misma tecnología IP, pero divergen en diversos aspectos:

- Diferentes plataformas: Internet TV utiliza Internet (evidentemente) como medio de transmisión de los contenidos audiovisuales. *IPTV* utiliza una red privada cerrada para transmitirlos, que es operada y mantenida exclusivamente por el proveedor del servicio *IPTV*.
- Ámbito: Internet no tiene limitaciones geográficas y puede accederse a sus servicios desde cualquier punto del Globo. Por el contrario, solo es posible acceder a *IPTV* desde lugares geográficos determinados, usualmente circunscritos a una nación. Un usuario de Internet no puede acceder a los contenidos de una red *IPTV*.
- Calidad de servicio: el estado de Internet es cambiante en todo momento, por lo que no es posible asegurar que la recepción del vídeo bajo demanda o de la emisión en directo llegue con calidad y sin interrupciones. En cambio, en *IPTV* el proveedor asegura en todo momento el servicio con la calidad contratada.
- Acceso: en *IPTV* es imprescindible contar con un receptor descodificador¹⁸, mientras que en Internet TV un ordenador puede acceder a los servicios de Internet a través de una aplicación (usualmente un navegador). Esta diferencia se va difuminando a nivel formal cuando el receptor descodificador posee alguna extensión estilo WiFi y posibilita acceder vía *tablet* o *smartphone* al hogar del abonado. Algunos son altamente sofisticados e incluyen servicios de gestión de contenidos (PVR¹⁹). La protección de derechos de acceso a contenidos DRM²⁰ puede existir en ambos casos, aunque a diferentes niveles.
- Coste al usuario final: *IPTV* se basa en un modelo de suscripción usualmente mensual parecido al de la TV de pago clásica en *TDT* o satélite (como Digital+ o Gol TV), mientras que en Internet TV la mayoría de contenidos son gratuitos y no suponen un cargo para el usuario final, aunque este modelo está siendo puesto en duda de manera creciente.

b) *IPTV* no es TV por cable

⁽¹⁷⁾Algunas fuentes denominan Web TV a Internet TV.

⁽¹⁸⁾En inglés, *set-top box*.

⁽¹⁹⁾PVR es la sigla de la expresión inglesa *personal video recorder*.

⁽²⁰⁾DRM es la sigla de la expresión inglesa *digital rights management*.

Servicios de Internet TV de pago

Ya han aparecido algunos servicios de Internet TV de pago (de vídeo bajo demanda (*VoD*) con suscripción tenemos iTunes, Netflix, Hulu, Amazon Instant Video, etc.; de audio bajo demanda tenemos Spotify, iTunes, etc.).

Al igual que en *IPTV*, la TV por cable es una red cerrada desde el proveedor hasta el cliente, pero se diferencia de la primera por varias razones:

- Todos los canales de TV son transmitidos constantemente utilizando todo el ancho de banda, tanto si el usuario visualiza o no algún canal.
- La información circula unidireccionalmente del proveedor al usuario, no al revés, por lo que no hay libertad de elección de contenido, solo la selección del canal de TV.
- La transmisión de vídeo y audio es fundamentalmente analógica, multiplexados en frecuencia con otros canales, mientras que en *IPTV* es totalmente digital y solo se transmite el contenido seleccionado por el usuario.

En TV por cable hablamos de “canales” y en *IPTV* de “contenidos”, pues el usuario elige lo que quiere ver. Sin duda, los proveedores de cable han alargado su vida útil añadiendo el servicio de datos de Internet a su oferta y migrando a una red IP para posibilitar *IPTV*, especialmente en Estados Unidos, en donde la oferta de TV por cable se remonta a los años cincuenta.

2.3. Ventajas de la *IPTV*

A grandes rasgos, la *IPTV* aporta varias ventajas respecto a la distribución audiovisual tradicional:

- Simplifica y puede reducir el coste total de la infraestructura debido a la convergencia de la voz, datos, audio y vídeo así como otras aplicaciones y servicios de red.
- Al ser una infraestructura de red cerrada, el proveedor puede asegurar constantemente la calidad de servicio, el ancho de banda, etc.
- La infraestructura puede soportar todo tipo de formatos de audio y vídeo.
- La red IP puede soportar un número ilimitado de canales.
- Una infraestructura común se beneficiará de un soporte técnico más eficiente.
- La monitorización de la red puede centralizarse y controlarse a distancia para reducir costes.
- El usuario utiliza exclusivamente el ancho de banda necesario para cada servicio en el momento de disfrutarlo, no recibe constantemente todos los canales y/o servicios.

- El protocolo IP facilita la integración de equipos, servicios y aplicaciones dispares.
- El usuario puede acceder a los servicios mediante diferentes dispositivos (TV con adaptador de receptor descodificador, PC, *tablet*, *smartphone*, etc.).
- Se beneficia de la economía de escala de los dispositivos Ethernet.
- La comunicación es totalmente bidireccional, por lo que la TV interactiva es factible, eligiendo los contenidos y el momento de visualizarlos a voluntad (*trick mode*: el usuario puede reproducir o detener la reproducción cuando lo desee).
- Tanto el vídeo bajo demanda como la grabación de vídeo digital descargado de la red (NDVR²¹) son posibles.

⁽²¹⁾NDVR es la sigla de la expresión inglesa *network digital video recording*.

2.4. Desventajas de la IPTV

Por el contrario, pueden enumerarse algunas desventajas de la IPTV:

- Necesidad de alta redundancia en la red para asegurar el servicio y su nivel de calidad en todo momento.
- Al ser una red cerrada, cada proveedor ha de realizar fuertes inversiones en infraestructura para ampliar su cobertura y mantener la existente antes de comenzar a obtener beneficios.
- IPTV no está completamente maduro frente a otros métodos más tradicionales de distribución de vídeo (como las redes de cable o la transmisión satélite).
- Esta falta de madurez dificulta la interoperabilidad.
- Requiere complejos sistemas de red IP y de medida constante de la calidad de servicio al usuario final para detectar posibles problemas.
- Puede requerir costosas codificaciones en varios formatos (MPEG-2, H.264, 3GGP, etc.).

2.5. Arquitectura de una red IPTV

Una red IPTV puede analizarse desde tres puntos de vista diferentes:

- 1) Desde el punto de vista de los agentes

2) Desde el punto de vista de los datos

3) Desde el punto de vista de la red

2.5.1. A nivel de agentes

Como agentes implicados en la gestión y funcionamiento de una red *IPTV*, podemos enumerar los siguientes (ilustración 9):

a) El **proveedor de contenidos**, que da las señales de audio y *vídeo* en directo o el material audiovisual ya digitalizado.

b) El **proveedor de servicio**, que posee granjas de servidores de vídeo bajo demanda en donde se almacena el material audiovisual digitalizado y, temporalmente, las señales en directo debidamente digitalizadas, así como el *head end*.

- El *head end* (también denominado ***IPTV data center***) es quien recibe los contenidos (productoras, satélite, canales de TV *TDT* gratuitos, canales de pago, etc.), lo digitaliza y prepara, y lo envía a los servidores *VoD*. Igualmente, centraliza la gestión de los derechos de los suscriptores y la tarificación de estos.
- Igualmente, el proveedor de servicio cataloga el material almacenado, clasifica las señales en vivo y genera la *Guía electrónica de programación* (EPG) para que el cliente pueda tener cuenta de todo el material estático y dinámico al que puede acceder.

c) El **proveedor de red**, que conecta el proveedor de servicios con el cliente a través de su red IP propia. Usualmente, el núcleo²² del proveedor es fibra, mientras que el hogar del cliente se alcanza la mayoría de veces por coaxial de cobre (*cable modem*) o incluso par trenzado (red telefónica clásica gracias a la tecnología ADSL, ADSL2, ADSL2+, etc.).

⁽²²⁾En inglés, *core*.

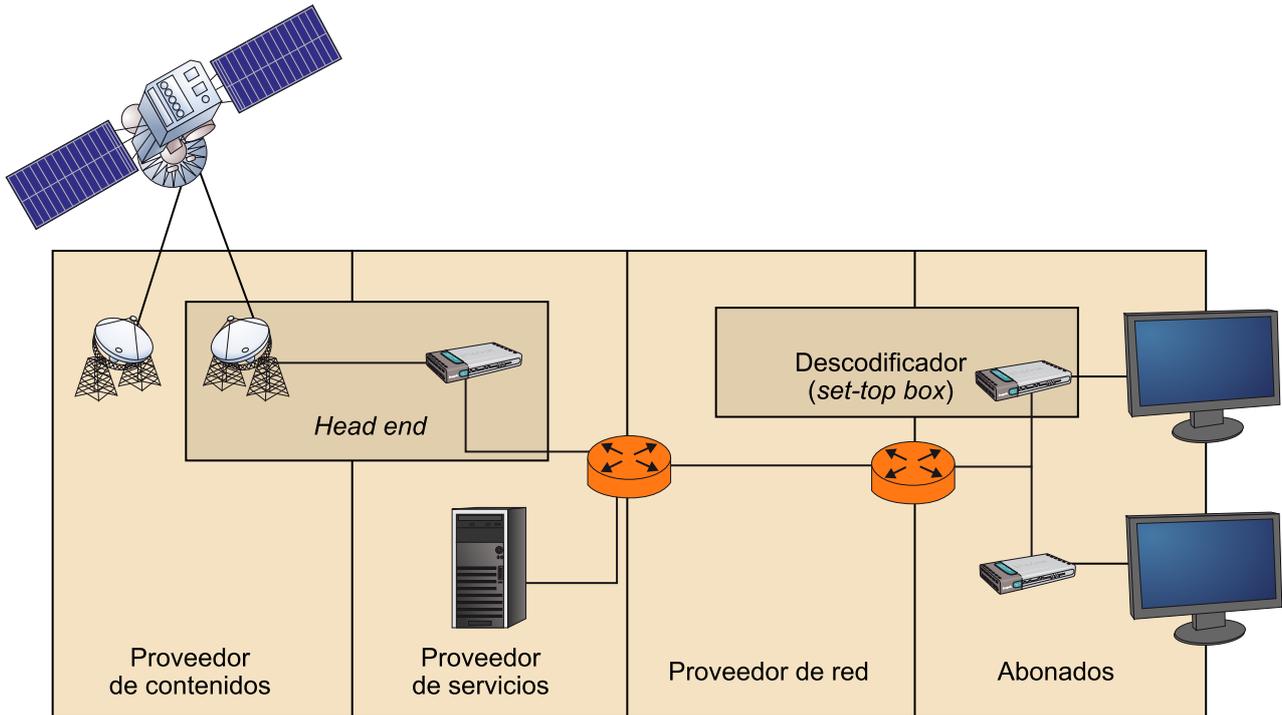
d) El **cliente**, con su receptor IP conectado a la red del proveedor. Usualmente conectado a su vez al TV y también a la red local doméstica si tiene contratado servicio Internet (recordemos el juego triple).

Ved también

El juego triple se comenta en el subapartado 2.1 de este módulo didáctico.

En buena parte de las *IPTV* actuales, el proveedor de servicio y el de red pueden ser el mismo.

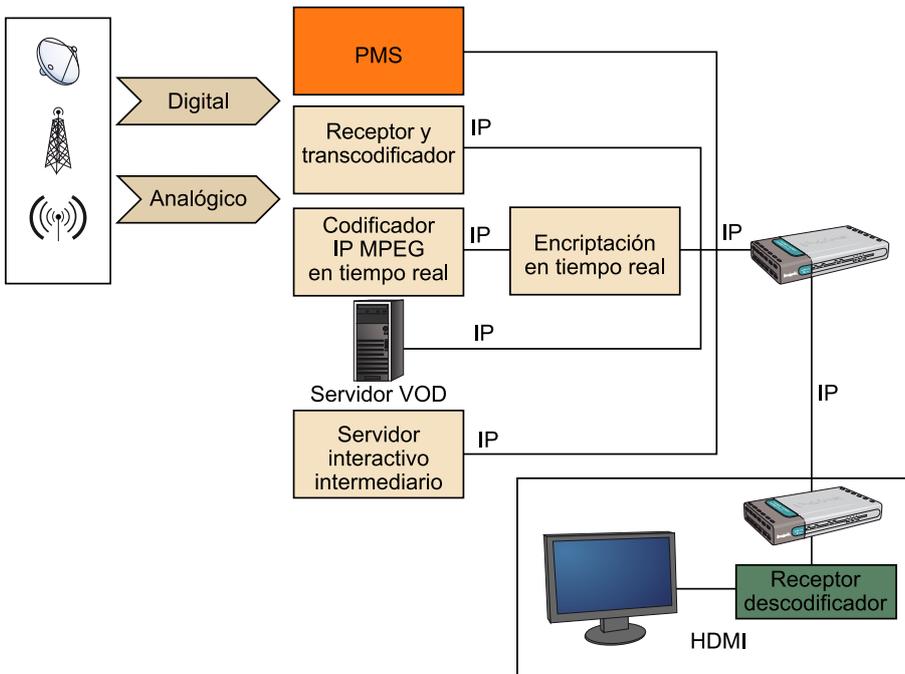
Ilustración 9. Una red IPTV desde el punto de vista de agentes implicados



2.5.2. A nivel de datos

Podemos distinguir seis fases en una típica transmisión de audio y vídeo por IPTV hasta el hogar del suscriptor (ilustración 10):

Ilustración 10. Una red IPTV desde el punto de vista de datos



Fase 1: codificación

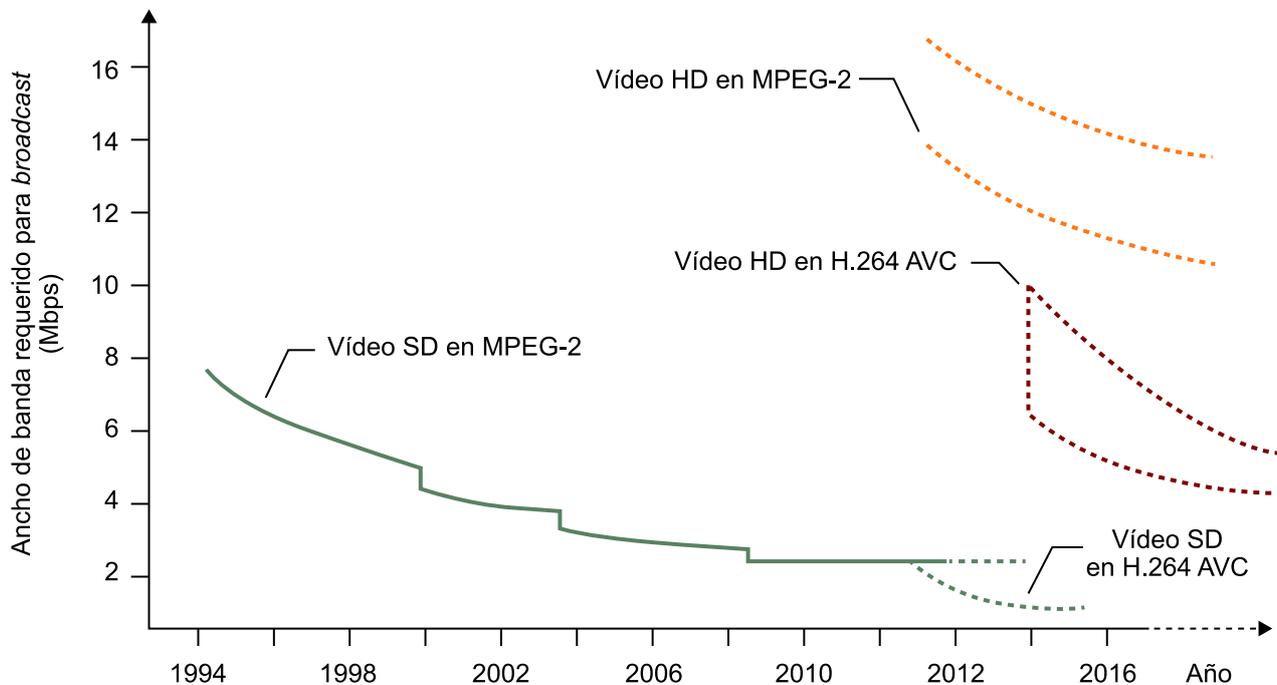
Las señales de TV y radio en vivo se codifican en formatos digitales comprimidos compatibles con la posterior transmisión vía IP, como por ejemplo MPEG-2 o H.264/MPEG-4 AVC. El material audiovisual ya existente, en cambio, se almacena en granjas de servidores *VoD*, también en estos formatos, a la espera de su petición de transmisión.

Los sistemas de TV digital aparecieron en los años noventa y actualmente son utilizados en todos los medios (*TDT*, satélite, cable, etc.). En general utilizan MPEG-2 para vídeo en calidad estándar, que ocupa aproximadamente entre 2 y 6 Mbps (puede variar según el medio: 6 Mbps en *TDT* y 2-3 Mbps en *IPTV*). En cambio, el vídeo en alta definición requiere de una codificación de mayor compresión como H.264/MPEG-4 AVC para poderse empaquetar en un flujo de datos²³ de 8 a 14 Mbps.

⁽²³⁾En inglés, *stream*.

Si mediante una red *IPTV* se desean recibir dos canales simultáneos de TV (uno para verlo, otro para grabarlo y verlo posteriormente), al menos se requieren 6 Mbps de ancho de banda. Pero si la conexión a la red *IPTV* es por ADSL de, digamos, 10 Mbps, y además se desea navegar por Internet, tenemos un problema. Por ello H.264/AVC se está imponiendo definitivamente en la codificación de material audiovisual en redes *IPTV*, ya que reduce casi en un 50% las necesidades de ancho de banda comparado con MPEG-2. El gráfico siguiente intenta presentar las tendencias de compresión en los próximos años.

Ilustración 11. Tendencias de uso de estándares de compresión para *IPTV*



Entre los formatos de codificación más habituales tenemos:

- H.261 y H.263 para videoconferencia (menos de 1 Mbps)
- MPEG-2 para vídeo de calidad estándar (habitualmente 2-4 Mbps en IPTV)
- H.264/MPEG-4 AVC para vídeo de alta definición (habitualmente 8-12 Mbps en IPTV)

Los servidores *VoD* almacenan estos materiales y puedes suministrar varios flujos de datos/vídeo simultáneamente a diferentes clientes. Las características fundamentales de estos equipos son su capacidad de almacenamiento y, más aún, su tasa de transferencia de datos a la red. Usualmente su conexión es de tipo Gigabit Ethernet.

Fase 2: encapsulamiento IP

En el momento en que el material codificado (almacenado en un servidor *VoD* o en tiempo real proveniente de una transmisión en directo) es demandado por el cliente, se reformatea y encapsula para ser transmitido con protocolo IP.

Fase 3: adición de gestión de derechos digitales (DRM)

Si el material va a ser almacenado temporalmente antes de su transmisión en el receptor del usuario (equipo poseedor de un almacenamiento masivo como disco duro interno) o es una emisión en directo con suscripción, se añaden derechos digitales para que no pueda ser exportado y caduque pasado cierto tiempo tras la descarga local, o visualizado por clientes no autorizados, respectivamente.

La mayoría de material HD, por ejemplo, necesita de un mecanismo de seguridad desde el origen hasta la pantalla de presentación. Entre las tecnologías de encriptación más populares, tenemos: ProIdiom, Verimatrix Video Content Authority System (VCAS), Widevine Cypher, etc.

Fase 4: transmisión sobre la red IP

El flujo de datos es encaminado hacia el receptor del cliente. En esta fase se monitoriza la calidad de servicio de la red (QoS^{24}) para asegurar su entrega en las condiciones idóneas, controlando la prioridad del flujo respecto a otros según su naturaleza y objetivo (un flujo de datos de audio no tiene los mismos requisitos que uno de vídeo, pero ambos tendrán prioridad sobre los datos de Internet que haya pedido el usuario en ese mismo instante).

⁽²⁴⁾QoS es la sigla de la expresión inglesa *quality of service*.

Ved también

Los problemas habituales generados en la fase de transmisión sobre la red IP se ven en el subapartado 2.3 de este módulo didáctico.

Fase 5: recepción a la red de acceso

La red de acceso es el punto donde finaliza la red del proveedor y comienza el equipo del usuario. Aquí se sitúa el dispositivo receptor que descodifica. En el caso de una emisión en directo, cuando el usuario selecciona el canal, el receptor lee la dirección de multidifusión por redes IP asociada y descodifica el flujo recibido.

Además, el receptor posee un software encargado de proporcionar al usuario información de los diferentes servicios a través de menús en pantalla que permite la interacción entre el cliente y el sistema.

El acceso se realiza por conexiones de banda ancha por cobre xDSL (ADSL, ADSL2, ADSL2+, VDSL), o por fibra (HFC, FTTx), o por WiMax, etc.

Fase 6. Visualización y control

El receptor es un descodificador basado en IP (un receptor descodificador, una tarjeta PCMCIA, integrado en una TV IP, etc.), por lo que debe aceptar flujos de datos desde 1.5 hasta 20 Mbps según el material.

El entorno gráfico (interfaz) de la *IPTV* facilita la reproducción y control del material visualizado (en diferente medida si el material es en directo o pregrabado), acciones posibles gracias a la bidireccionalidad de la red.

La conexión del receptor al TV es usualmente HDCP o DTCP sobre cable HDMI, pues ha de poseer encriptación contra copiado. Usualmente acepta 720p, 1080i y algunos hasta 1080p además de la resolución estándar.

2.5.3. A nivel de red

En este subapartado veamos primero los requisitos globales que ha de cumplir una red *IPTV*, y posteriormente nos centraremos en las técnicas de difusión de datos entre la fuente de audio/vídeo y el destinatario o destinatarios. Finalmente, veremos qué protocolo se ajusta a cada técnica de difusión anterior.

Técnicas de difusión y multidifusión en *IPTV*

Las redes *IPTV* utilizan, según el servicio, varias de las tres técnicas de difusión sobre redes IP que presentamos en esta asignatura.

Ved también

Las técnicas de difusión y multidifusión se estudian en el módulo "Transmisión" de esta asignatura.

En las redes *IPTV*, en el caso de servicio de vídeo bajo demanda (VoD²⁵, es decir, la petición de un “material pregrabado” (por ejemplo, una película), la transmisión se realiza desde el servidor de *VoD* hasta el cliente, por lo que la opción elegida es siempre unidifusión²⁶.

En cambio, en el caso de una emisión “en directo”, el mecanismo de transmisión en *IPTV* es siempre multidifusión²⁷.

⁽²⁵⁾ *VoD* es la sigla de la expresión inglesa *video on demand*.

⁽²⁶⁾ En inglés, *unicast*.

⁽²⁷⁾ En inglés, *multicast*.

Protocolos de *streaming* utilizados en *IPTV*

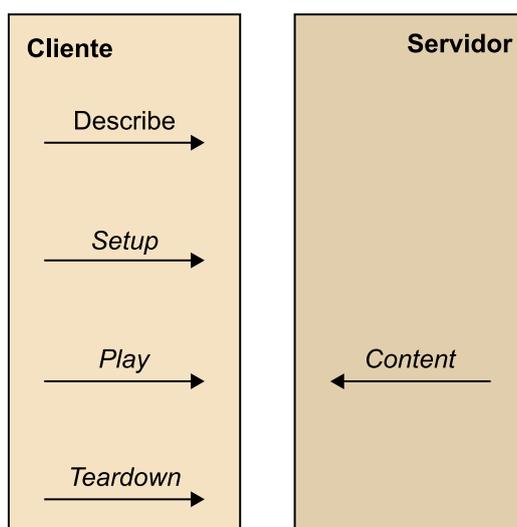
Para una emisión multidifusión de un evento en directo, el protocolo de red utilizado ha de ser ágil y sencillo, quizás incluso poco seguro, sin posibilidad de recuperar los paquetes perdidos.

Para una **transmisión multidifusión** de eventos en directo en una red *IPTV* se suele emplear un protocolo de transporte ligero como **RTP** y en menor medida con **UDP**.

En cambio, para una **transmisión unidifusión** de material pregrabado en una red *IPTV* desde el servidor de *VoD* hasta el cliente, la transmisión se suele apoyar en el protocolo **RTSP**.

Solo RTSP es capaz de ofrecer la interactividad necesaria para el control completo del material. Es el compañero perfecto para las transmisiones unidifusión en las redes *IPTV*.

Ilustración 12. Los comandos básicos de RTSP entre cliente y servidor *VoD*

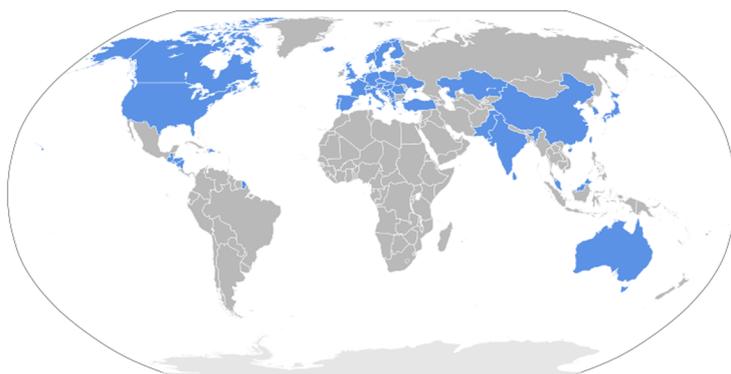


2.6. IPTV en España

Como líder de *IPTV* en España actualmente está Imagenio de Movistar, servicio que se inició en el año 2000 en Alicante, Madrid y Barcelona y ahora está extendido por toda la geografía nacional. Inicialmente reservado para su red de fibra y cable, Telefónica cambió su táctica de apoyo sin fisuras a la fibra cuando ADSL creció exponencialmente a partir del 2000, ofreciendo Imagenio también sobre este tipo de conexión de banda ancha.

Jazztel fue la primera en responder con su propia oferta de *IPTV* en diciembre del 2005, denominada Jazztelia TV, empezando inicialmente en Zaragoza y extendiéndose progresivamente. Wanadoo TV (ahora Orange TV), Ono TV, etc., siguieron la senda. Sin embargo, Ya.com inició sus andaduras en *IPTV* cuando aún pertenecía T-Online, filial de Deutsche Telekom, basándola en la plataforma Microsoft TV y ofreciendo un descodificador con disco duro interno, pero abandonó al ser adquirida por France Telecom. Todas ellas tienen oferta de juego triple, incluso algunas añaden ofertas comerciales indirectas a los servicios de telefonía móvil.

Ilustración 13. *IPTV* en el mundo



Fuente: Wikipedia, 2010

2.7. IPTV en el mundo

La empresa pionera en *IPTV* fue Kingston Interactive TV (Gran Bretaña) a finales de 1999, aunque abandonó en 2006. En Francia, France Telecom lanzó su primer servicio *IPTV* en 2003. Deutsche Telekom hizo lo propio en Alemania en 2004, y Fastweb en Italia. Verizon y Bellsouth en Estados Unidos son los líderes actualmente, y existen redes *IPTV* en Canadá y Australia, China e India, algunos países sudamericanos, etc.

3. HbbTV

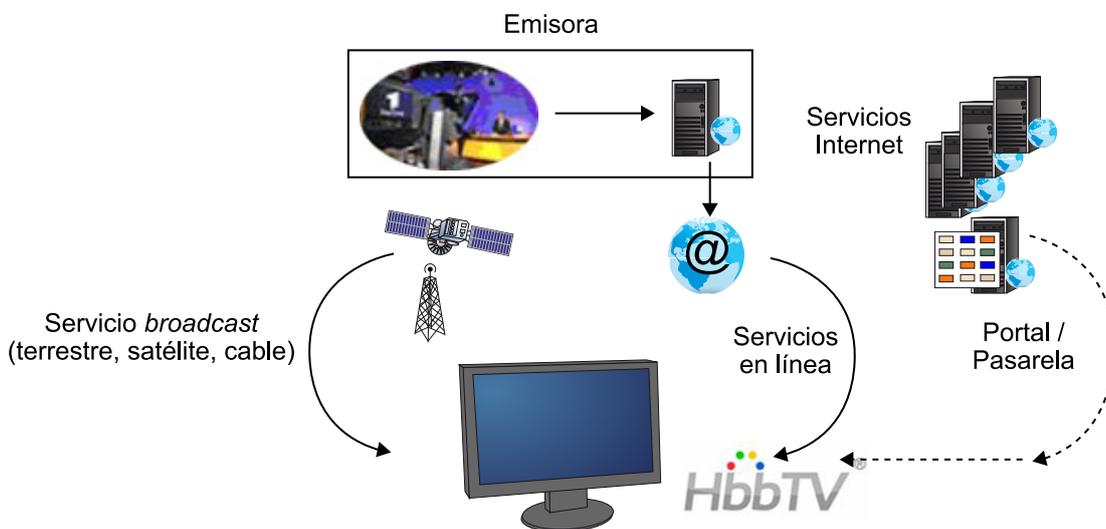
La difusión TV de banda ancha híbrida (HbbTV²⁸) es una combinación del servicio tradicional de televisión digital (ya sea terrestre, por cable o por satélite) con una red de datos como Internet, de manera que a la recepción tradicional unidireccional se le añaden una serie de servicios interactivos y contenidos ofrecidos por la red. El receptor del usuario, evidentemente, ha de ser compatible con ambos sistemas, es decir, es un receptor IP compatible con un sistema de distribución digital clásico como, por ejemplo, la TDT.

⁽²⁸⁾ HbbTV es la sigla de la expresión inglesa *hybrid broadcast broadband TV*.



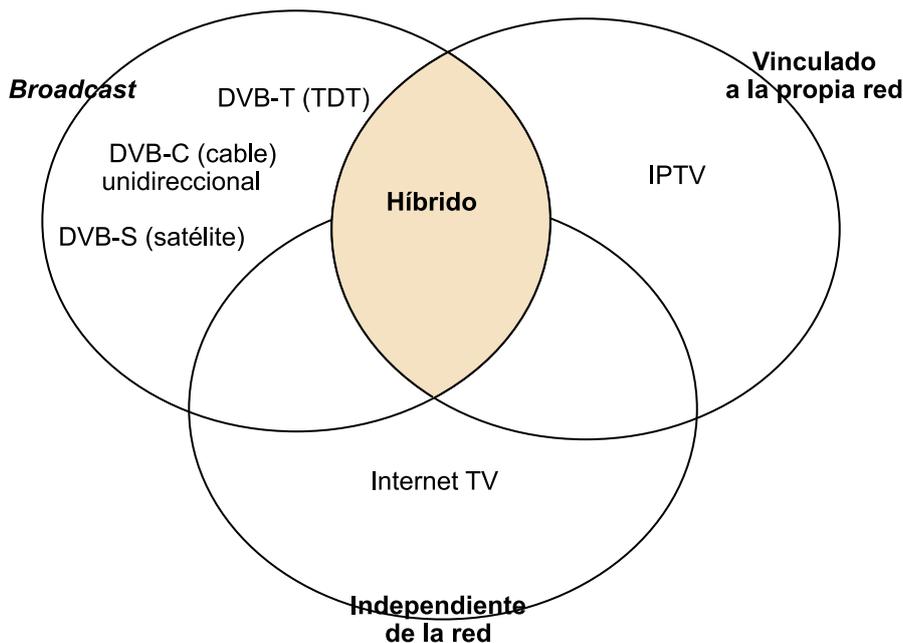
El gráfico siguiente (ilustración 14) expresa esos dos flujos de datos que recibe el receptor: por una parte, a través del canal de TV seleccionado de la TDT, satélite o cable, y por otra, a través de la conexión de red que lo enlaza vía Internet al servidor de la misma empresa de difusión. Además, se aprovecha la capacidad de navegación y la conexión a Internet para poder trabajar con servicios de terceros, visitar webs, realizar videoconferencias, etc.

Ilustración 14. Diagrama de flujos de los datos al receptor HbbTV



La idea no es nueva: ya a finales del siglo XX se ideó un estándar MHP²⁹ que capacitaba a los primeros receptores de TDT de gama alta para ejecutar mini-aplicaciones Java. Sin embargo, su precio frente a los receptores de TDT básicos, o *zappers*, impidió su popularidad, a pesar de que varias emisoras de difusión lo implementasen en sus emisiones desde 1999 y bastantes empresas pequeñas y medianas apoyasen el desarrollo de aplicaciones.

⁽²⁹⁾ MHP es la sigla de la expresión inglesa *multimedia home platform*.

Ilustración 15. Ubicación de la *HbbTV*

La primera plataforma híbrida en el mundo fue de Telefónica (2005) e integrada en su servicio *IPTV* clásico Imagenio. Sin embargo, hasta 2011 no existió un estándar de *IPTV* híbrido que facilitase y abaratase la comercialización y desarrollo de los servicios en los receptores de satélite, cable y terrestre para acelerar su implantación.

El estándar *HbbTV* (TV híbrida de difusión y banda ancha) es una iniciativa europea, abierta y neutral de 2010, que combina los servicios de la *TDT* con los habituales de Internet. Con los actuales receptores *HbbTV* en comercialización, el consumidor puede acceder a los proveedores de contenidos y servicios que usualmente son las mismas empresas de difusión u otras de reciente creación: vídeo bajo demanda (*VoD*), publicidad interactiva, personalización, voto electrónico, juegos en línea asociados al programa en emisión, guía electrónica rápida de programación, etc.

Que pueda clasificarse *HbbTV* como un tipo de *IPTV* es discutible, pues no hay ninguna vinculación hasta ahora entre los contenidos y el operador y dueño de la red IP de banda ancha con que se conecta el equipo, al menos en el horizonte a corto plazo. La relación entre *HbbTV* e *IPTV* por ahora es sobre todo de estándares y de tecnología, ya que se ha basado en buena medida en estándares previos y probados como el Open *IPTV* Fórum. Así:

- utiliza el estándar MPEG DASH para realizar transmisión de datos de audio y vídeo en tiempo real;
- usa los lenguajes XHTML, CSS2, el modelo de objeto documento DOM2 para interactuar con objetos HTML, XHTML y XML, XML para la gestión de la interfaz gráfica y la comunicación entre la emisora de TV y receptor, y entre el receptor y los servidores de contenidos;
- protege los contenidos mediante un estándar de encriptación universal;



Ilustración 16. *HbbTV* ya existe en varios canales de *TDT* e *IPTV*
En la imagen: TV3

- etc.

Si bien en general las redes *IPTV* híbridas amplían las capacidades de la TV digital, actualizando así este servicio que pronto contará con 100 años de vida, los detractores apuntan a que Internet ofrece actualmente mucha mayor flexibilidad y oferta que la que pueda dar ahora o en el futuro este sistema. Otro obstáculo es que por ahora es un servicio OTT³⁰, es decir, que no cuenta con el proveedor de la red que posibilita la transmisión de servicios y datos entre el usuario y los servidores indicados por la cadena de TV sintonizada en ese momento, por lo que no se beneficiará de este, cosa sin duda resuelta completamente en un modelo cerrado como el de *IPTV*.

⁽³⁰⁾ OTT es la sigla de la expresión inglesa *over the top*.

4. Plataformas de distribución de contenidos

Basándose en el modelo servidor de contenidos/servidor final de datos de vídeo y audio en tiempo real que se presentó en el apartado de Internet TV, puede crearse una estructura de alcance nacional, continental o planetaria denominada plataforma de distribución de contenidos. Estas plataformas surgen como mecanismo para superar estas limitaciones.

Las **plataformas de distribución de contenidos (CDN)** ofrecen la infraestructura necesaria y los mecanismos de presentación de contenidos y servicios de una manera escalable, y mejorar la experiencia de los usuarios web.



Akamai es la plataforma de distribución de contenidos más extensa del planeta

El uso de estas plataformas puede encontrarse en muchas comunidades, tales como instituciones académicas, medios de publicidad y compañías publicitarias centradas en Internet, centros de datos, proveedores de servicios Internet (ISP³¹), los minoristas de música en línea, los operadores móviles, los fabricantes de electrónica de consumo y otras.

⁽³¹⁾ISP es la sigla de la expresión inglesa correspondiente al término proveedor de servicios de Internet.

Algunos ejemplos ilustrativos

Algunos ejemplos ilustrativos del uso de plataformas de distribución de contenidos son:

- Se desea publicar un vídeo publicitario en la Red para ser visualizado por miles de usuarios cada día distribuidos por todo el planeta, asegurando ancho de banda para todos ellos. Y con un presupuesto limitado.
- Se desea crear una plataforma en línea internacional que dé servicio simultáneo a más de 50.000 personas en todo el planeta, que sea completamente segura, rápida e incluso ser económicamente viable.
- Una TV y una radio plantean dar en directo por Internet su programación diaria, pero tienen un presupuesto limitado para adquirir y mantener la gran infraestructura informática y de comunicación necesaria para dar este servicio a miles de usuarios simultáneos de manera fiable.
- Una empresa internacional con sedes en varios países desea compartir una serie de vídeos formativos y realizar reuniones con videoconferencia a través de una red que las intercomunique, sin necesidad de mantener ni administrar una infraestructura de comunicaciones compleja.

Los aumentos puntuales de gran dimensión de las solicitudes de contenidos (como por ejemplo la ocurrida durante el 11-S en EE.UU., el 11-M en España, etc.) es un fenómeno denominado **multitud de flash** (flash crowds³² o **efecto Slashdot**). Puede causar en minutos una gran carga de trabajo en uno o varios servidores web específicos y, como resultado, crearse un cuello de botella. Hacer frente a tal demanda inesperada causa una tensión significativa en el

⁽³²⁾De la novela de ciencia ficción del mismo nombre: Larry Niven (1971).

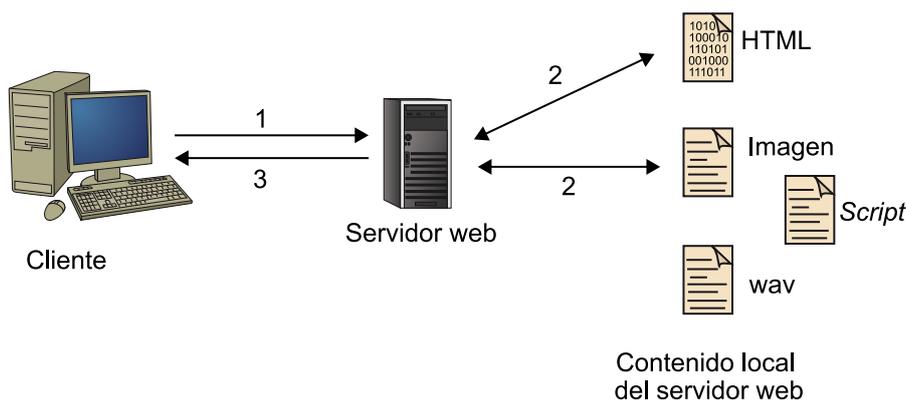
servidor web que, finalmente, queda totalmente abrumado por el aumento súbito de tráfico, y el sitio web que lo contiene deja de estar disponible temporalmente.

4.1. Funcionamiento

Habitualmente, cuando un navegador visita una página de un sitio web, hace una serie de peticiones HTTP al servidor web que almacena localmente los ficheros de todo el sitio, tantas como elementos posea la página web visitada en ese momento (la página HTML, las imágenes que incorpora, la hoja de estilo asociada, los *scripts* que incluya la página, ficheros de audio, de vídeo, etc.). Como el navegador solo puede gestionar la descarga simultánea de un número limitado de elementos en cada petición HTTP a un mismo dominio (usualmente, solo dos elementos), debe realizar un largo proceso de peticiones que reduce la eficiencia de la conexión.

Ilustremos este mecanismo en un caso sencillo de un único cliente contra un servidor web al cual demanda una cierta página web:

Ilustración 17. Una conexión clásica a un servidor web



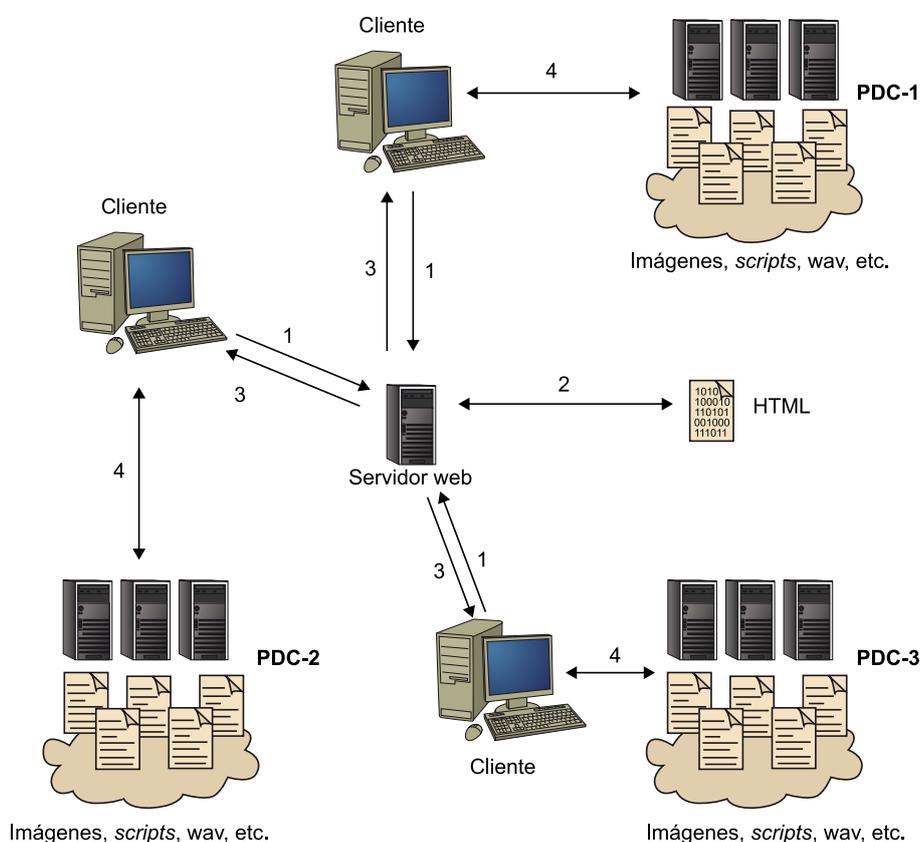
Inicialmente (1) el navegador realiza una petición HTTP al servidor web sobre esa página específica. El servidor web (2) procesa la petición y devuelve un número limitado de elementos de la página (generalmente dos), por ejemplo el código HTML y una de las imágenes. Estos son transmitidos (3) al navegador, el cual comienza la composición en pantalla. Para recibir a continuación dos elementos más, como por ejemplo un *script* y *wav*, se ha de repetir todo el proceso: (1) (2) (3).

Tal como puede deducirse, este mecanismo es comprometido en situaciones de alta congestión, pues el número de peticiones puede superar la capacidad de gestión del servidor web. Este hándicap se intenta minimizar con varias técnicas en el lado del servidor (añadiendo una caché, servidores en paralelo, etc.) y reducir la latencia de las peticiones. La mayoría de las veces es suficiente, pero si se desea un aumento superior ha de utilizarse un mecanismo de servicio que se base en una plataforma de distribución de contenido.

Las **plataformas de distribución de contenidos (CDN)** no son más que una colección colaborativa de elementos de red distribuida por Internet donde el contenido se replica en varios **servidores web espejo** con el fin de realizar la entrega de los contenidos a los usuarios finales de manera transparente y eficaz.

Las *CDN* se han diseñado para superar las limitaciones inherentes de Internet y posibilitar que el usuario perciba una buena calidad de servicio (*QoS*) al tener acceso al contenido web en situaciones tan congestionadas. Así, proporcionan servicios que mejoran el rendimiento de la red, maximizan el ancho de banda, y mejoran la accesibilidad, el mantenimiento y los cambios del contenido mediante un **mecanismo de replicación de contenido**.

Ilustración 18. Tres clientes sobre una web apoyada en *CDN*



Siguiendo con nuestro ejemplo, el contenido HTML se mantiene en el servidor web original (lamentablemente el código HTML no puede cachearse) pero el resto del contenido se duplica en varios servidores espejo ubicados alrededor del mundo como si fuesen una caché masiva. En algunas referencias son denominados “la Nube³³”.

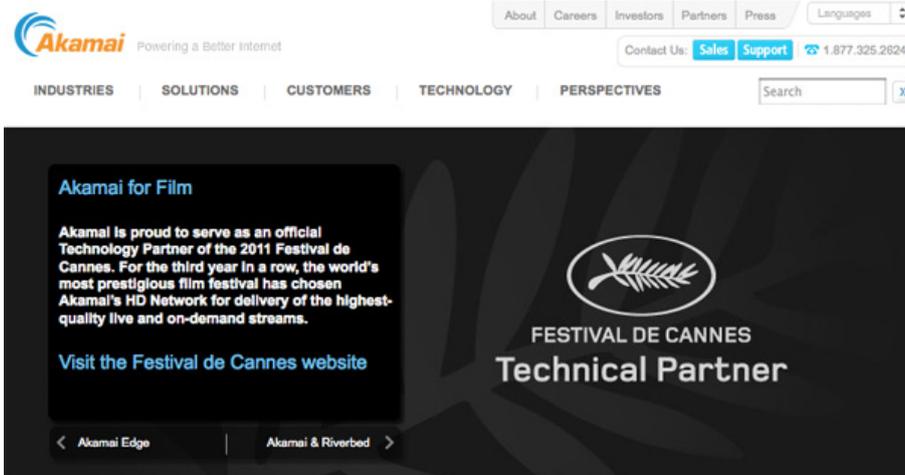
⁽³³⁾ En inglés, *the Cloud*.

Con el gráfico a continuación como referencia (ilustración 18), una vez cada cliente lee (3) la página HTML recogida (2) como respuesta a su petición (1), en la página HTML se indican las direcciones genéricas de ubicación de los elementos, y se realizan el resto de peticiones (4) mediante un mecanismo de

direccionamiento al *CDN* más cercano al cliente. Además, como cada *CDN* son varios servidores, el navegador puede hacer varias peticiones en paralelo sobre diferentes servidores de cada *CDN*.

Sin duda se acelera dramáticamente la lectura de la página web, incluso en condiciones de alta carga, de forma totalmente transparente al cliente, pero trasladando la mayor parte del problema a los mecanismos de sincronización y redireccionamiento internos de la *CDN*.

Ilustración 19. Akamai: la plataforma de distribución de contenidos más extensa del planeta



Akamai, actualmente la *CDN* más extensa del planeta, ofrece sus servicios de manera transparente a las empresas más importantes.

A partir del ejemplo podemos enumerar las funciones típicas de una *CDN*:

- **Redirección de las solicitudes y servicio de prestación de contenidos**, es decir, redirige una solicitud de contenido al servidor de la *CDN* más cercano al solicitante que posea una copia de tal contenido (servidor caché) utilizando los mecanismos adecuados para evitar la congestión, y así sobrellevar situaciones de sobrecarga.
- **Externalización de los contenidos y de los servicios de distribución**, para replicar o hacer caché (copia) del contenido desde el servidor de origen hasta los servidores web distribuidos de la *CDN*.

En base a esto, la *CDN* necesita dos servicios adicionales igualmente importantes para su supervivencia:

- **Servicios de negociación del contenido**, para satisfacer las necesidades específicas de cada usuario o grupo de usuarios (acceso bajo pago, restricciones horarias del acceso, restricciones por la ubicación geográfica del usuario, etc.).
- **Servicios de gestión**, para administrar los componentes de red, para llevar la contabilidad, y vigilar e informar sobre el uso del contenido.

Los ámbitos de aplicación de la *CDN* son principalmente los servicios públicos de redes de contenido y las redes empresariales de tamaño medio y grande. Como *CDN* es un mercado próspero en estos momentos, se ha convertido en un campo de investigación en donde se introducen constantemente nuevos avances, soluciones y servicios, a un precio en caída constante. Hay todo un abanico de aplicaciones, como se puede ver en la siguiente tabla resumen:

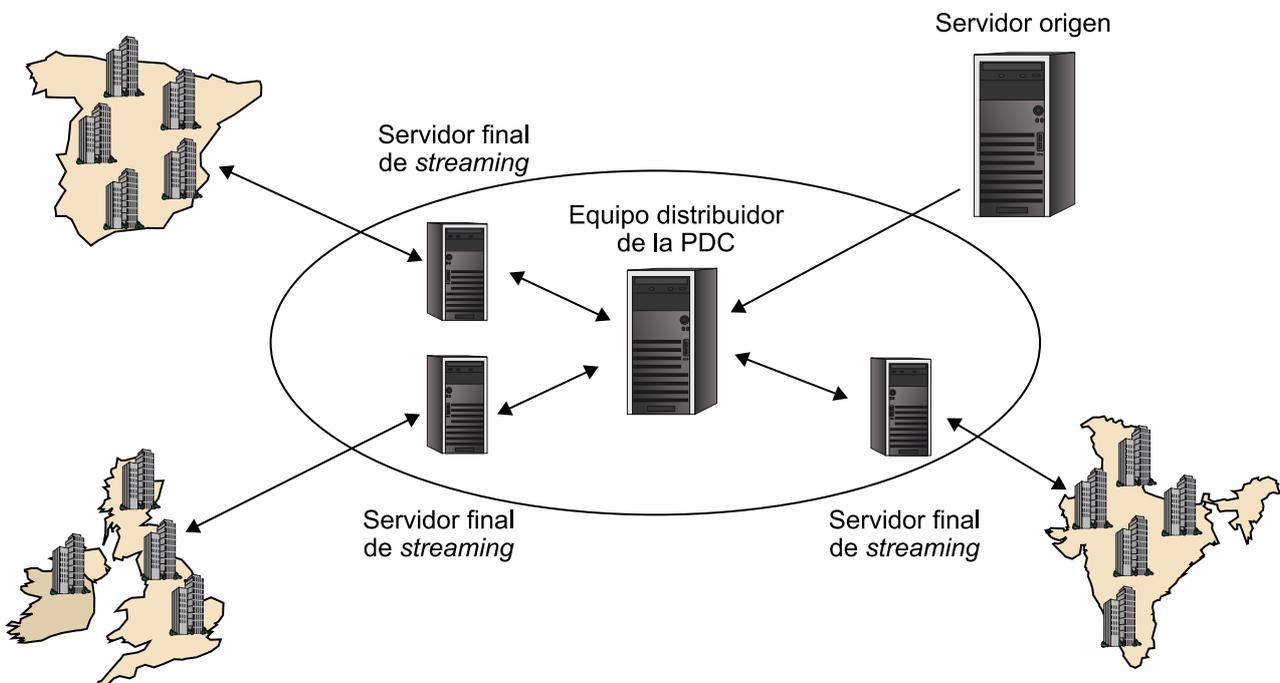
	En tiempo real	No tiempo real
Multimedia	<ul style="list-style-type: none"> • Vídeo en vivo • Videoconferencia • Internet audio en vivo • Intercoms (<i>hoot & holler</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • Replicación de vídeos entre servidores web • Distribución de contenidos
Sólo datos	<ul style="list-style-type: none"> • Datos de la Bolsa • <i>News feeds</i> • Compartición de documentos entre varios usuarios en paralelo (<i>whiteboarding</i>) • Juegos interactivos 	<ul style="list-style-type: none"> • Distribución de información de servidor a servidor y servidor a cliente • Replicación de bases de datos • Distribución de software

Cisco Systems

4.2. Estructura típica de una *CDN*

La figura siguiente (ilustración 20) muestra el modelo básico de la *CDN* en donde los servidores web, replicados a lo largo del planeta, se sitúan en las redes a las que pertenecen los usuarios que se conectan habitualmente a ellos.

Ilustración 20. Estructura de *CDN*



La *CDN* distribuye el contenido a un conjunto de servidores web esparcidos por el mundo con el fin de intentar que la entrega de este contenido a los usuarios finales se lleve a cabo de una manera eficaz y segura. El contenido se replica o bien cuando los usuarios solicitan este contenido, o bien previamente a esa solicitud, mediante un mecanismo programado que distribuye el contenido nuevo a lo largo de todos los servidores web distribuidos.

Cada usuario accede de manera transparente e involuntaria al contenido del servidor web “réplica”³⁴ más cercano desde el punto de vista de red. Así, el usuario termina, sin saberlo, comunicando con un servidor cercano perteneciente a la *CDN* y accediendo a los archivos de ese servidor.

⁽³⁴⁾En inglés, *edge server*.

La tarea fundamental de la *CDN* es construir su infraestructura de red propia para dar los servicios de almacenamiento y gestión de contenidos de terceros, su distribución en los servidores réplica, gestión de las copias, gestión de los contenidos estáticos (páginas HTML estáticas, imágenes, documentos, software, actualizaciones, etc.), dinámicos (servicios de directorio, servicios de e-commerce, servicios de transferencia de ficheros, etc.) y de transmisión de datos de audio y vídeo en tiempo real (Internet TV, *IPTV*, transmisión de audio en tiempo real), gestión de soluciones de seguridad³⁵ y recuperación en caso de desastres, y monitorización del rendimiento y de incidencias.

⁽³⁵⁾En inglés, *backup*.

Sus clientes, los proveedores de contenidos, contratan la *CDN* para aprovechar tal infraestructura y los servicios comentados, y tienen su contenido almacenado en los servidores replicados. Estos clientes van desde grandes empresas, proveedores de servicios web, empresas de publicidad y de multimedia en general, empresas de *broadcast* que amplían sus servicios a Internet, etc., hasta incluso proveedores virtuales de Internet, plataformas de música en línea, operadores de telefonía móvil, fabricantes de electrónica de consumo, etc. La suma de tales clientes posibilita el mantenimiento y la actualización de la vasta red propia de la *CDN* distribuida a lo largo de varios países, o incluso de varios continentes.

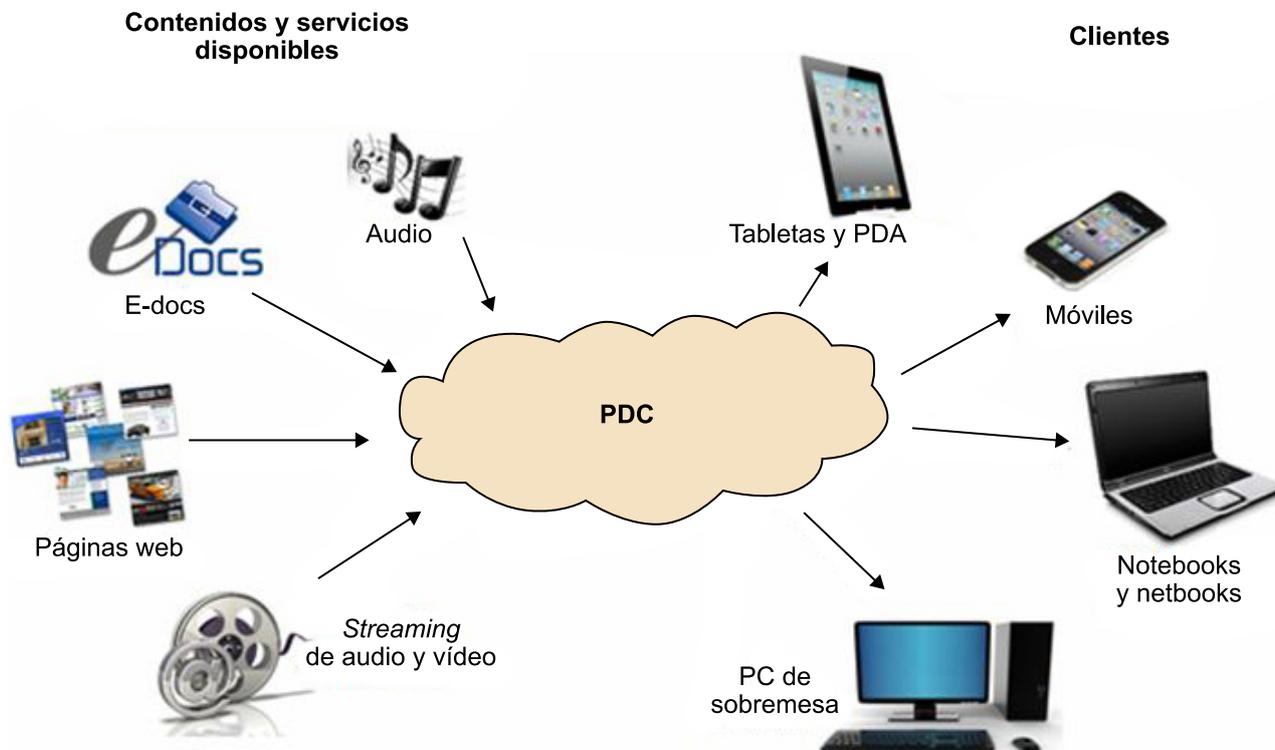
4.3. Servicios que ofrecen

En el caso de la distribución de un flujo de datos, la *CDN* ofrece un **punto de acceso**³⁶ a la fuente de vídeo por el cual se introduce el flujo de datos de origen en la *CDN*. En el caso de distribución de ficheros, ofrece un espacio virtual en donde almacenarlos.

⁽³⁶⁾En inglés, *entry-point*.

Los usuarios finales, ajenos a la existencia de la *CDN* entre ellos y el contenido del proveedor, interactúan con ella especificando el contenido que desean descargar, visualizar o escuchar de los proveedores de contenidos, ya sea desde su smartphone, tableta, móvil, portátil u ordenador.

Ilustración 21. Servicios y contenidos frecuentes proporcionados por una *CDN*



La *CDN* cobra a sus clientes, los proveedores de contenido, de acuerdo con el volumen de datos entregado (tráfico) desde los servidores réplica a los usuarios finales. Como ya se ha comentado, la *CDN* posee mecanismos para obtener esta información casi en tiempo real para incluso detectar incidencias en el servicio o colapsos internos. El coste de este servicio sigue siendo elevado para pequeñas y medianas empresas así como para organizaciones sin ánimo de lucro, aunque es obvio que irá descendiendo a lo largo de los próximos años, aunque muy lentamente.

Algunas *CDN* de bajo coste

Existen algunas *CDN* de bajo coste como la suministrada por la empresa Value y la empresa MediaMotion. Acceded a sus web para comparar sus precios actuales. En ellos usualmente se indica el volumen de datos que puede almacenarse y el volumen de transferencia de tales datos en un mes.

4.4. El mercado *CDN* en la actualidad

El entorno de crisis económica iniciada en 2008 ralentizó la implantación de nuevas plataformas de distribución y aumentó la competencia entre las existentes, algunas de las cuales han cedido ante la reducción de los márgenes comerciales.

En general, aquellas empresas con grandes clientes (Akamai, EdgeCast, Limelight), las que son *spin-off* de empresas exitosas en otro sector (Amazon Cloudfront) y las creadas como ampliación de su servicio de redes de datos (las denominadas Telco CDN: ATT, BT, NTT, Telefónica, etc.) compiten fieramente por un mercado en aumento.

En Internet existen listados actualizados de proveedores de *CDN*. Entre ellos, Adobe presenta una lista de los que utilizan tecnología Flash:

- “Adobe Media and Advertising Solution Partners - content delivery network”

5. Peer-to-peer (P2P)

Las soluciones vistas hasta ahora en este módulo se han basado en la estructura cliente-servidor y como elemento básico el servidor de *streaming* (léase servidor de contenidos en general): el cliente abre una sesión con el servidor y este le envía el material pedido “directamente”.

En la versión CDN, el modelo es el mismo, solo que el servidor de contenidos distribuye el material a varios servidores finales de *streaming* situados estratégicamente y estos son lo que ofrecen directamente el material a los clientes de sus cercanías. Sin duda, una CDN reduce el retardo en el inicio del envío, reduce el tráfico global en el núcleo de la red y sirve a los clientes como si fuese una entidad única. Y, sobre todo, es una estructura escalable, con lo que el colapso siempre puede obviarse con mayores inversiones en servidores.

Con las técnicas actuales de compresión se puede conseguir calidad estándar de TV a partir de 400 Kbps, por lo que las provisiones de ancho de banda de un servidor han de ser, al menos de $400 N$ siendo N el número máximo de usuarios simultáneos a los cuales se piensa dar servicio con ese servidor. El coste de esta previsión de ancho de banda para el peor caso posible se añade al coste de alquiler o compra de servidores para aumentar de N en N el número de usuarios a los que dar servicio.

La solución eficiente a este problema sería la aplicación del protocolo de multidifusión sobre redes IP que, a nivel de red, posibilita la distribución de datos desde una fuente a una multitud de clientes de una manera eficiente al ser capaz además de definir grupos de usuarios IP de manera abierta y dinámica. Sin embargo, tal como se ha comentado, no se está apoyando su uso por razones varias y tampoco se puede asegurar que en un escenario mundial este protocolo no generaría situaciones no previstas.

La solución alternativa es trasladar esta funcionalidad deseada al nivel de la aplicación (es decir, es la aplicación que se ejecuta la que gestiona las peticiones de datos y su reenvío), dejando el nivel de red con los protocolos actuales ya conocidos; sin duda es menos eficiente pero aun así demuestra tener beneficios. Este nuevo paradigma o modelo es en el que se basan las redes *peer-to-peer* y el desarrollo de aplicaciones y servicios distribuidos. Otras fuentes denominan este servicio como *P2PTV* o *peercasting*.



YouTube: un ejemplo de P2P

YouTube es un ejemplo ilustrativo de plataforma P2P. Pero tiene dos problemas: supone grandes provisiones de ancho de banda para cada servidor para mantener una calidad de servicio para todos y cada uno de sus usuarios concurrentes, y si bien la estructura es escalable, el ritmo de inversiones que supone es alto para poder abastecer la demanda de distribución audiovisual en constante aumento (a más del 30% cada año).

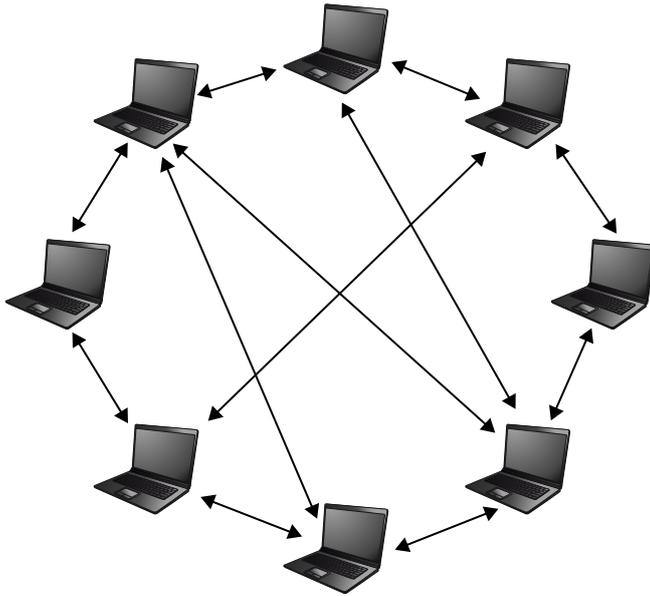
Ved también

Podéis ver el apartado 2 de este módulo didáctico.

Redes *peer-to-peer*

Las redes *peer-to-peer*, abreviado P2P, son redes entre iguales, entre nodos, de pares, punto a punto...Las traducciones son muy diversas.

Ilustración 22. Redes P2P



Una red P2P no tiene servidor centralizado: todos los clientes son a su vez servidores

Desde Napster en 1998 y los *torrents* subsiguientes, P2P ha sido de gran éxito para la distribución de ficheros de variado contenido a gran escala. Sin entrar en las conocidas cuestiones de legalidad de estas distribuciones, las aplicaciones P2P actuales son un gran porcentaje del tráfico actual en la Red y, de este, buena parte es distribución de contenido audiovisual.

La filosofía base de P2P es que todo cliente puede trabajar también como servidor –denominando *nodo*³⁷– a cada equipo capacitado para esta doble función. Cada nodo no solo descarga de la Red, sino que ofrece lo descargado para ser subido a otros clientes que lo demanden. Si bien es frecuente que el ancho de banda de la conexión cliente sea mayor en descarga que en subida, la aplicación que controla el nodo aprovecha y administra de manera eficiente el ancho de banda de subida.

⁽³⁷⁾En inglés, *peer*.

Pues bien, ¿por qué no utilizar una infraestructura como P2P para crear soluciones de distribución de vídeo/audio en tiempo real y de *VoD* a un coste muy inferior al del modelo centralizado cliente-servidor? El gran problema de la escalabilidad queda resuelto al convertir todo cliente (parte del problema) en una solución del problema. Aunque deja en el aire muchas preguntas.

5.1. Características de una red P2P

Destacamos las características siguientes de las redes P2P:

a) **Escalabilidad:** sin duda es el gran punto a favor respecto al modelo cliente-servidor y por lo que se investiga profusamente en su uso para multitud de aplicaciones. Cada nuevo usuario es no solo un cliente, sino un nuevo servidor.

b) Control central reducido: P2P es sinónimo de descentralización en donde todos los nodos tienen la misma funcionalidad. Los miembros se conectan a través de políticas definidas por el sistema, formando una cierta topología. La excepción fue Napster, que poseía una serie de servidores centralizados exclusivamente para indexar los ficheros y así tener un servicio de directorio o búsqueda unificado. El intercambio de ficheros era, eso sí, de usuario a usuario.

c) Heterogeneidad: los miembros del P2P son heterogéneos en términos de capacidad de red, de almacenamiento, de sistema operativo, etc. Una red de este tipo puede englobar desde nodos universitarios de altas prestaciones hasta ordenadores portátiles (incluso *smartphones* y *tablets*) de usuarios domésticos con conexiones sencillas.

d) Topologías planas de red: todos los miembros de la red P2P son tratados de igual manera, aunque hay algunos nodos que pueden ser supernodos.

e) Autonomía: el tiempo y recursos que un nodo puede ofrecer a la red P2P como contribución es dinámico e impredecible. A menudo, los nodos están bajo diferentes controles administrativos, husos horarios, etc., por lo que la aplicación de políticas globales es muy difícil.

f) Resistencia a fallos: los miembros de la red P2P pueden asociarse o abandonarla en cualquier momento. Por ello la comunidad es dinámica y no se puede hacer una asunción sobre la disponibilidad de recursos o de caminos de red. Un sistema P2P debe ser capaz de recuperarse del abandono sin aviso de alguno de sus nodos.

5.2. Gestión del flujo de datos en emisión y recepción

Por su naturaleza distribuida, en su uso para flujos de datos en tiempo real, la fuente de datos es un servidor que distribuye cada porción (*chunk*) de audio y vídeo a diferentes usuarios dispersando rápidamente la información por aquellos clientes que la han pedido. Que quede claro: **no** duplica o triplica el envío de la misma porción a diferentes usuarios, tal como haría un servidor de *streaming* clásico, sino que solo lo envía una vez a un solo usuario cada vez. Son los usuarios los que inmediatamente reenvían la información que han recibido (evidentemente, la inmediatez es crítica).

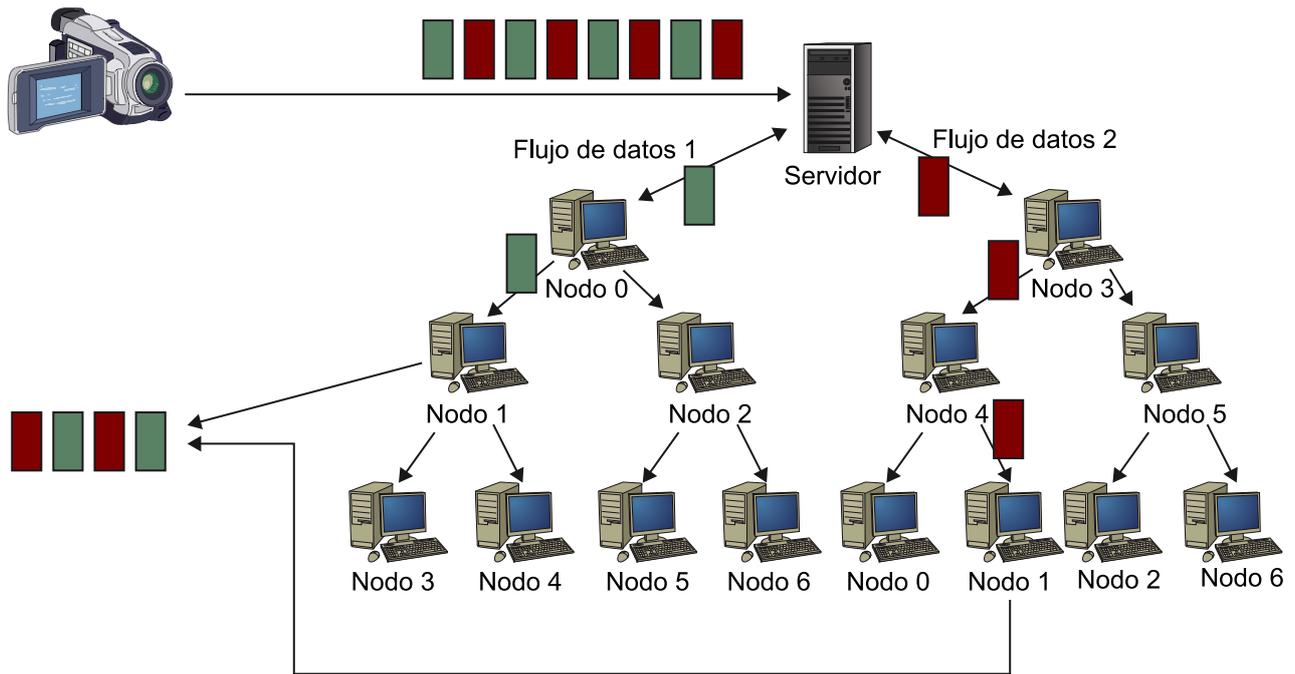
Ved también

Recordemos que los contenedores de ficheros compatibles con transmisión de datos de audio y vídeo en tiempo real estructuran sus datos internos en *chunks*. Se explica en el subapartado 5.2 del módulo "Transmisión" de esta asignatura.

Ejemplo de gestión del flujo de datos

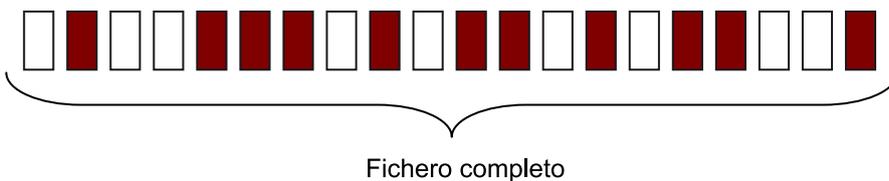
El usuario 1 recibe fragmentos del flujo de datos a través del usuario 0 y del usuario 4, de manera que reconstruye el flujo de datos y lo reproduce, y en paralelo lo ofrece a los usuarios 3 y 4.

Ilustración 23. Gestión del flujo de datos en emisión y recepción



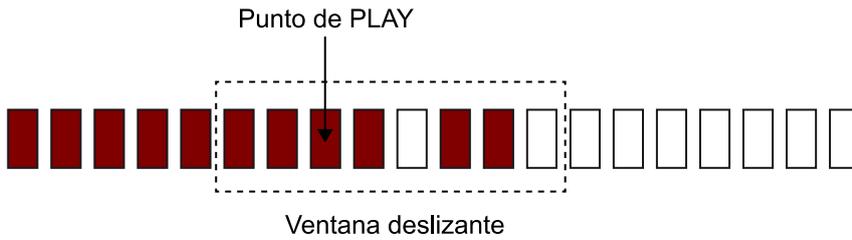
El cliente 1 recibe por diferentes caminos los fragmentos del flujo de datos.

Recordemos el funcionamiento de una red P2P clásica: mediante una aplicación, el cliente busca un fichero y comienza a descargarlo simultáneamente de diferentes clientes que lo poseen total o parcialmente. De cada uno de ellos descarga una porción más o menos grande (en función de, por ejemplo, su capacidad de subida a la Red), cuya suma final formará el fichero pedido. Hasta que no finaliza la descarga de todas las porciones, el usuario no poseerá su copia del fichero.



Sin embargo, en una red P2P para transmisión de datos de audio y vídeo en tiempo real no se pide la descarga de un fichero, sino de un flujo de datos: ya sea una transmisión de datos de audio y vídeo en tiempo real o ya sea visualizar una película en *VoD* a partir de cierto punto según deseo del cliente, con poseer algunos fragmentos consecutivos del flujo de datos de audio y vídeo ya puede iniciarse la reproducción del material.

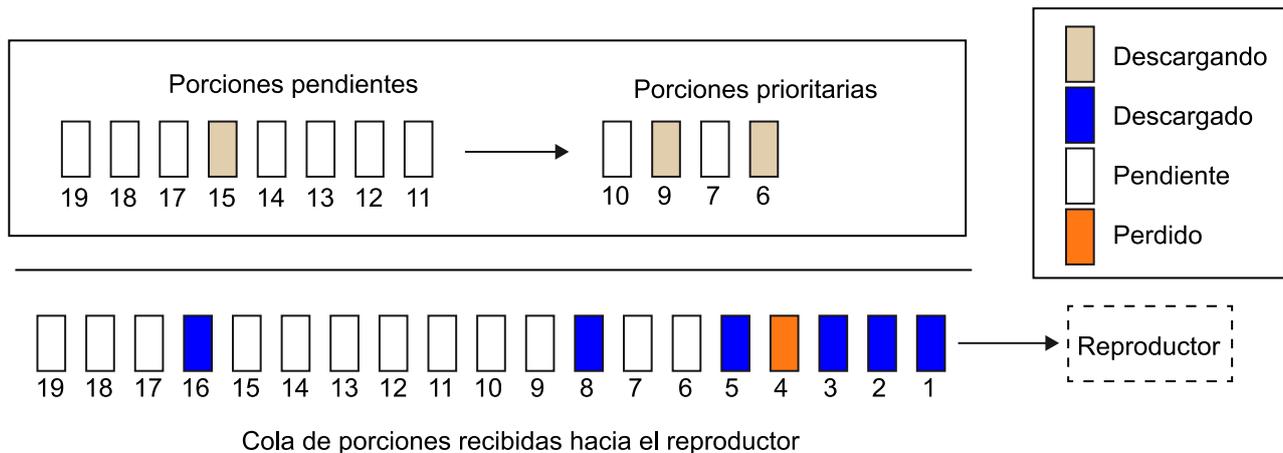
En cada momento, la aplicación P2P del cliente se preocupa de la descarga de las porciones que van inmediatamente a continuación de la porción que se está reproduciendo. Se entiende que ha de definirse cuántas porciones como máximo hay que cuidar para asegurar la reproducción de los siguientes segundos o minutos, es decir, una ventana deslizante de porciones.



Si este flujo de datos posee pocas fuentes de donde descargar, la ventana deberá ser más pequeña, de manera que la aplicación se concentrará en la descarga de pocas porciones optimizando el uso de las descargas para que no falte material en tiempo de reproducción. En cambio, si posee muchas fuentes, la ventana puede ser más grande. En el ejemplo anterior, la ventana definida es de 8 porciones.

Sin duda, cada cliente posee una memoria o cola de porciones en la entrada a su reproductor local, y en ella sitúa de manera ordenada las porciones que va recibiendo antes de entregarlas al reproductor. Por ejemplo, para una ventana de 10 porciones, la situación podría ser la siguiente en algún instante de tiempo:

Ilustración 24. Un ejemplo de gestión detallada de las porciones



A punto de reproducirse la porción 1, se han descargado algunas de ellas y de las faltantes se priorizan las pertenecientes a la ventana (6, 7, 9 y 10). La porción 4 se ha perdido, pues aunque se encontrase en algún cliente, la aplicación cree que ya no hay tiempo suficiente para su descarga vista la experiencia vivida hasta el momento en cuanto a tráfico de red.

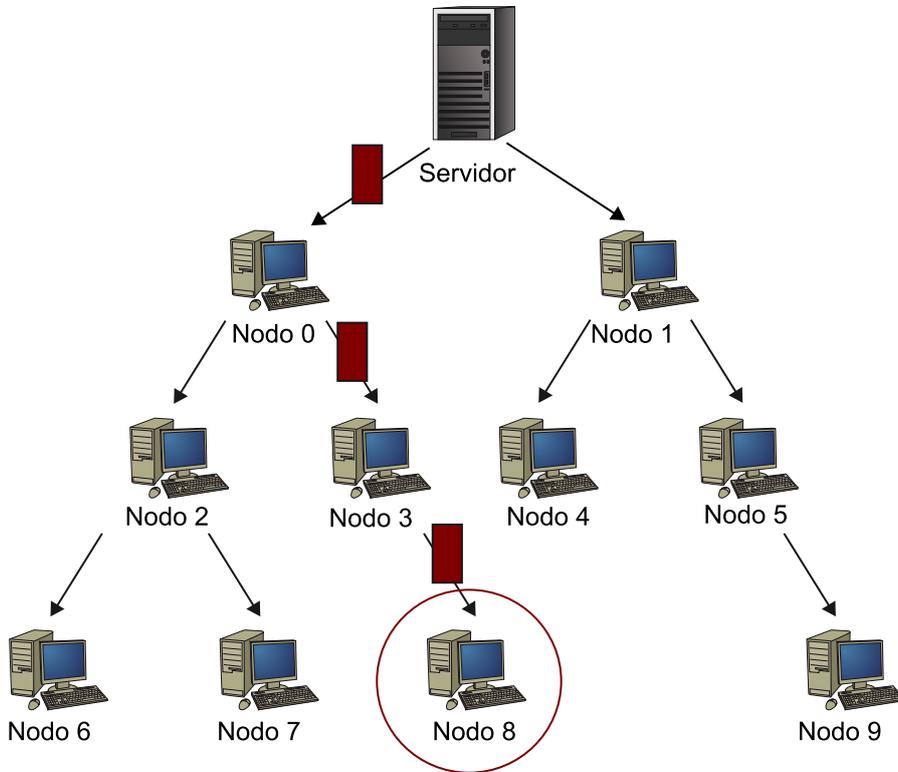
5.3. Estructuras habituales en redes P2P

Hay dos planteamientos de interconexión de nodos en una red P2P que obliga a diferentes modos de gestión:

1) **En árbol:** los nodos se interconectan de una manera predefinida, usualmente en forma de árbol. Los datos se envían de padres a hijos, de manera que los padres envían siempre todos los datos recibidos a los hijos. Tiene mucho

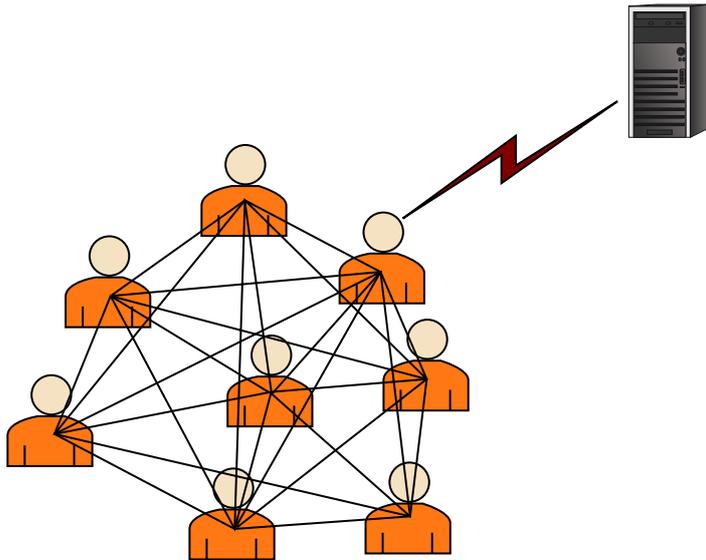
cuidado en la incorporación de nuevos nodos y en el abandono de nodos en funcionamiento. Hay supernodos que indexan la ubicación del material disponible en la red, por lo que la búsqueda de material es rápida.

Ilustración 25. Red P2P en árbol



2) **Desorganizado u orientado a datos:** los nodos se conectan en función de la necesidad de datos, de manera que la estructura varía en cada momento. Se recupera rápidamente de una pérdida de nodo, aunque el sistema genera más retardo en la distribución de datos. La búsqueda de material se realiza enviando mensajes de petición a los nodos cercanos, generando un tráfico adicional poco eficiente.

Ilustración 26. Red P2P desorganizada / orientada a datos



5.4. Transmisión P2P de datos de audio y vídeo en tiempo real en la actualidad

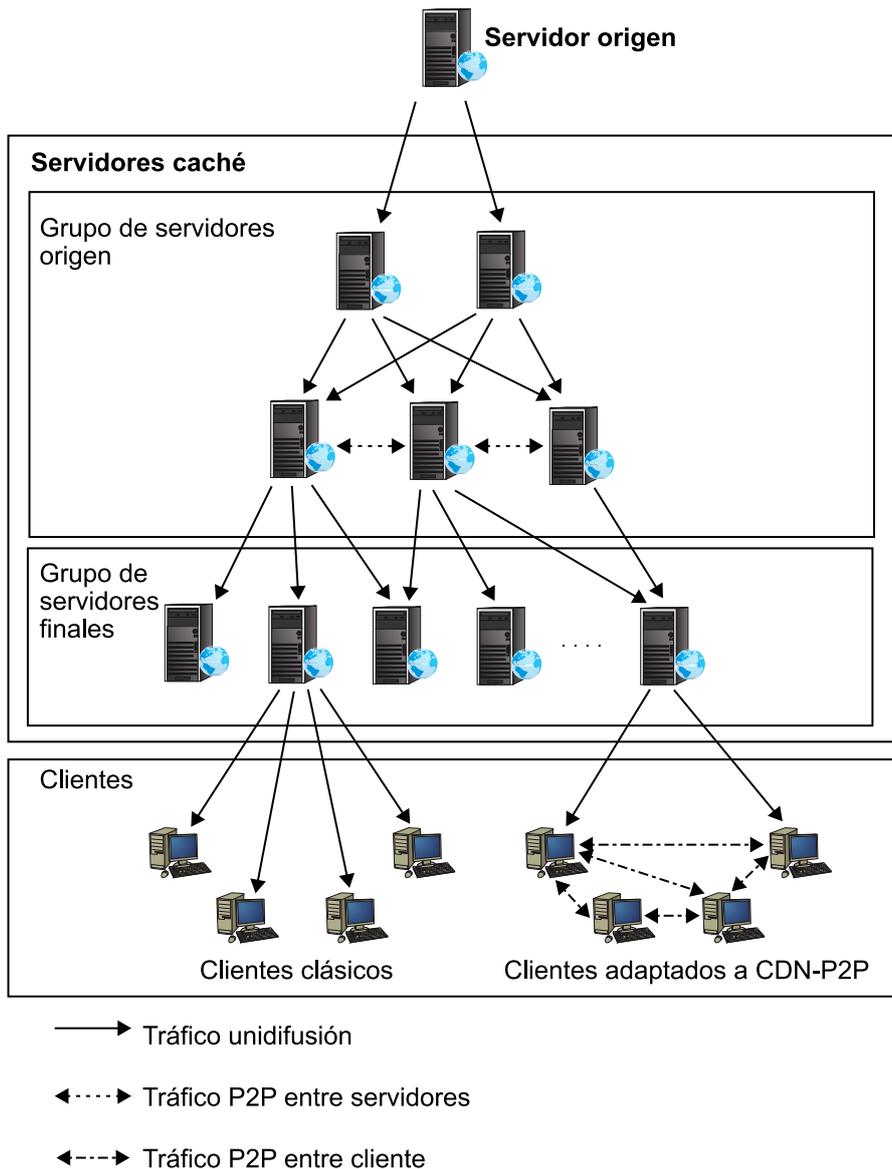
Hay varias soluciones propietarias de redistribución de vídeo en tiempo real y/o bajo demanda de empresas como Octoshape, Alluvium, etc.

El proyecto D/P2P de la EBU (European Broadcaster Union) desde 2008 intenta motivar las empresas tradicionales de TV de las posibilidades de las redes P2P para la distribución como un mercado potencial y prever las oportunidades de negocio en este campo.

6. CDN-P2P Híbrido

Visto lo anterior, sin duda P2P posee beneficios frente a CDN como coste y escalabilidad, pero CDN la supera en fiabilidad y son necesarios muchos clientes para conseguir la misma calidad en una red P2P. La idea de combinar los dos modelos aparece de manera natural.

Ilustración 27. Una posible estructura CDN-P2P



En una arquitectura híbrida CDN-P2P, un servidor *CDN* usualmente actúa como un componente que asegura la accesibilidad del recurso pedido (en nuestro caso, un flujo de datos en vivo o un fichero para *VoD*) y la velocidad de

transmisión y estabilidad del retardo en la entrega de este recurso. Tal como se presenta en el diagrama adjunto (ilustración 27), en este modelo hay dos grandes novedades:

- Aparece un nivel intermedio entre el servidor de contenidos y los servidores finales de *streaming*, compuesto de varios servidores que intercambian sus contenidos mediante un mecanismo P2P.
- Los clientes finales no solo realizan la función de petición, sino que apoyan al servidor *CDN* en el proceso de distribución a otros nodos clientes.

Las implementaciones de este modelo en pequeña escala parciales demuestran que un conjunto de nodos bien organizados y colaborativos pueden reducir sensiblemente la carga del servidor.

6.1. CDN-P2P en la actualidad

Al ser un tema candente, las novedades en este campo son constantes, por lo que una búsqueda por Google será más efectiva que la lista de ejemplos siguientes:

- Kontiki posee un núcleo de servidores *CDN* apoyado en clientes P2P y ofrece su servicio a pequeñas y medianas empresas.
- La tecnología *distributed cloud streaming* de Giraffic es un ejemplo de apoyo a cualquier website o servicio de Internet TV que desee mejorar su transmisión de datos de audio y vídeo en tiempo real y reducir costes de ancho de banda.
- Ignite
- etc.