

Arquitectures

Alexandre Ribelles García

PID_00198473



Els textos i imatges publicats en aquesta obra estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 Espanya de Creative Commons. Podeu copiar-los, distribuir-los i transmetre'ls públicament sempre que en citeu l'autor i la font (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), no en feu un ús comercial i no en feu obra derivada. La llicència completa es pot consultar a <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.ca>

Índex

Introducció	5
Objectius	6
1. Internet TV	7
1.1. Els inicis: el servidor web clàssic	7
1.2. El servidor de transmissió de vídeo i àudio en temps real	8
1.2.1. Estructura	9
1.2.2. Procés de descàrrega i reproducció	9
1.2.3. Característiques d'un servidor de <i>streaming</i>	11
2. IPTV	15
2.1. IPTV i el <i>triple play</i>	16
2.2. Confusions habituals en parlar de la IPTV	16
2.3. Avantatges de la IPTV	18
2.4. Inconvenients de la IPTV	19
2.5. Arquitectura d'una xarxa IPTV	19
2.5.1. Des del punt de vista dels agents	20
2.5.2. Des del punt de vista de les dades	21
2.5.3. Des del punt de vista de la xarxa	24
2.6. IPTV a Espanya	26
2.7. IPTV al món	26
3. HbbTV	27
4. Plataformes de distribució de continguts	30
4.1. Funcionament	31
4.2. Estructura típica d'una CDN	34
4.3. Serveis que ofereixen	36
4.4. El mercat de la CDN avui dia	37
5. D'igual a igual (P2P)	38
5.1. Característiques d'una xarxa P2P	39
5.2. Gestió del flux de dades en emissió i recepció	40
5.3. Estructures habituals en xarxes P2P	42
5.4. Transmissió P2P de dades d'àudio i vídeo en temps real avui dia	44
6. CDN-P2P híbrid	45
6.1. CDN-P2P avui dia	46

Introducció

Aquest mòdul descriu les arquitectures més freqüents de publicació i distribució des de la solució més senzilla (i històricament més antiga) fins a les noves apostes distribuïdes que es perfilen avui dia, en algun cas, de manera exclusivament investigadora.

Començarem aquesta revisió amb la definició del concepte *Internet TV* i el model bàsic de servidor web, per a passar immediatament al model de servidor de transmissió de vídeo i àudio en temps real (*streaming*), pilar fonamental del mòdul. Analitzarem la combinació de diversos servidors de transmissió de vídeo i àudio en temps real, uns com a origen de dades i altres com a rèpliques d'aquestes dades, i com una conseqüència d'això descriurem una arquitectura de plataforma de distribució de continguts (CDN, de la sigla anglesa) com un cas de nivell superior.

Les xarxes propietàries IPTV són un cas que es nodreix dels mateixos conceptes que es descriuen en els exemples anteriors, encara que per les característiques especials que tractarem a part. També tractarem de manera independent d'una versió alterada de les xarxes propietàries com és l'HbbTV.

Finalment, descriurem les plataformes que no es basen en el model client-servidor i que són motiu de recerca avui dia, com P2P i també l'híbrid CDN-P2P.

Objectius

Amb l'estudi d'aquest mòdul, assolireu els objectius següents:

- 1.** Saber identificar i diferenciar els conceptes d'Internet TV, IPTV, CDN, HbbTV, P2P i CDN-P2P.
- 2.** Ser capaços de descriure el model client-servidor per a transmissió de vídeo i àudio en temps real i el model *peer-to-peer*, i saber enumerar els beneficis i les mancances de cada model.
- 3.** Aprendre a valorar i seleccionar l'opció més adequada per a la implementació d'un servei de transmissió de vídeo i àudio en temps real o VoD.

1. Internet TV

Internet TV és un concepte ampli que es refereix a la distribució de contingut audiovisual per una xarxa de commutació de paquets com Internet mitjançant el mecanisme de transmissió de vídeo i àudio en temps real¹.

⁽¹⁾En anglès, *streaming*.



1.1. Els inicis: el servidor web clàssic

La primera arquitectura que hi va haver es basava en la clàssica estructura client-servidor, en la qual un servidor web clàssic (és a dir, orientat a donar servei web) podia donar una qualitat de servei acceptable a un volum moderat d'usuaris simultàniament. Si bé al principi el concepte s'aplicava sobre transmissions en viu a la Xarxa, avui dia també inclou la distribució de material emmagatzemat. N'hi ha prou de visitar el web de qualsevol empresa de televisió, activar en un dispositiu mòbil l'aplicació mòbil (*app*) a què està associada o fer servir un televisor intel·ligent (*smart TV*) per a poder accedir tant a l'emissió en directe com a un catàleg de material preemès.

Exemples

L'*iPlayer* de la BBC, *A la carta* de RTVE i *TV3alacarta* de TV3 són alguns dels exemples d'Internet TV a què es pot accedir per web i per aplicació.

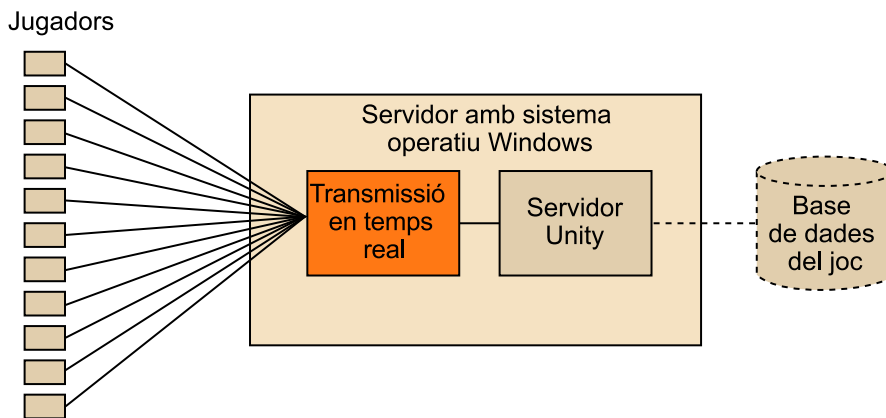
Il·lustració 1. Accessos per web i aplicació mòbil a serveis d'Internet TV

The image shows three examples of Internet TV services. On the left is the BBC iPlayer website interface, displaying featured content like 'The Public Philosopher' and 'Making History', along with a 'Most Popular' section. In the middle is a tablet displaying the iPlayer mobile application interface. On the right is the RTVE website (rtve.es) showing a live broadcast 'Directo: Debate de los Presupuestos en el Congreso' and promoting mobile applications for 'rtve Noticias Directos', 'rne Radio en Directo', and 'clan Series infantiles'.

La primera transmissió de vídeo i àudio en directe data de 1993. Llavors tenia una capacitat limitada perquè basava les comunicacions en el protocol HTTP² i en el protocol de xarxa TCP, combinació perfecta per a transferència de pàgines web i dels fitxers que contenen aquestes pàgines (en general imatges) però –com sabem– no gaire adequada per a transmissió multimèdia. Com a tècnica de publicació, al principi les opcions que es feien servir eren el vídeo incrustat i al cap d'uns anys la **descàrrega progressiva** com a conseqüència del desenvolupament dels contenidors de vídeo més ben adaptats a aquesta situació.

La primera opció era l'única possible quan els contenidors que hi havia estaven pensats més per a emmagatzematge que no pas per a transmissió; per exemple, AVI 1.0 i MOV no tenien marques de temps per a sincronitzar els continguts de vídeo i àudio, i ni tan sols asseguraven que els dos continguts imbricats dins del fitxer es poguessin reproduir en temps real si no era per lectura en un disc local.

Il·lustració 2. Estructura d'un servidor de jocs en línia que presta servei a centenars d'usuaris simultàniament



El servidor treballa tant com a unitat d'emmagatzematge com de distribució. Font: adaptat de UnityPark3d.

El problema de fons, però, hi continuava essent: la capacitat concurrent de servei era molt limitada, ja que per a duplicar el volum d'usuaris a què donava servei simultàniament, obligava a instal·lar un nou servidor web i duplicar la connectivitat a la Xarxa, inversions importants que el retorn de la inversió (ROI³) només podia justificar en casos comptats. En resum, el problema era l'**escalabilitat del sistema**.

1.2. El servidor de transmissió de vídeo i àudio en temps real

Hi havia una necessitat imperiosa de fer que el replantejament de la publicació i la distribució atacés el problema des de diferents aspectes: nous protocols lleugers per al transport de dades per la xarxa, nous contenidors que asseguressin una reproducció correcta en la mesura que es pogués (i si podia ser, sense haver d'esperar que s'hagués descarregat tot), un augment de la capacitat de les comunicacions de banda ampla pel cantó del client, etc. I la demanda

⁽²⁾HTTP és la sigla de l'expressió anglesa *hypertext transfer protocol*.

Vegeu també

La problemàtica de transmissió d'àudio i vídeo sobre xarxa IP la podeu veure en l'apartat 3 del mòdul "Transmissió" d'aquesta assignatura.

⁽³⁾Abreugem *retorn de la inversió* per ROI, la sigla d'aquesta expressió en anglès.

⁽⁴⁾Abreujat, *servidor de streaming*.

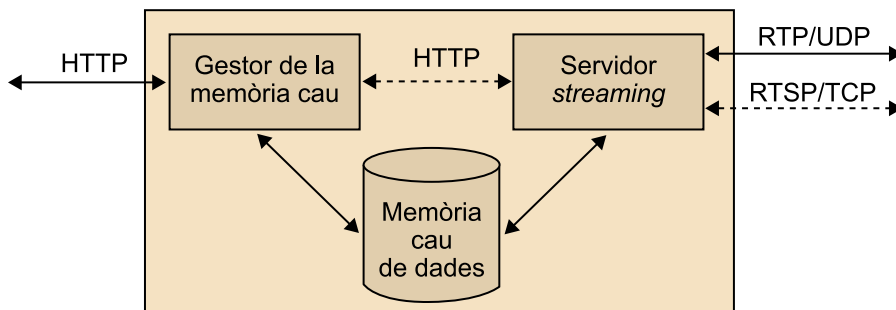
de continguts multimèdia creixia exponencialment i apareixien noves oportunitats de negoci. El servidor de transmissió de vídeo i àudio en temps real⁴ possibilita donar aquest servei.

Si bé ja coneixem aquest element fonamental dels mecanismes de descàrrega (hi apareixia com l'evolució natural d'aquests mecanismes) i els protocols de transport que fa servir, tot seguit en presentarem l'estructura, el funcionament i les característiques amb més detall.

1.2.1. Estructura

El servidor de transmissió de vídeo i àudio en temps real disposa d'un gestor de l'emmagatzematge local:

Il·lustració 3. Estructura d'un servidor de *streaming*



Quan el servidor rep del client una petició de dades, acostuma a ser mitjançant RTSP sobre TCP. Així, el servidor mira primer si les dades estan emmagatzemades localment en la memòria cau (*cache*), o dispositiu local d'emmagatzematge; si no hi són, el gestor de la memòria cau fa una petició HTTP al servidor on hi ha les dades originals o als gestors de memòria cau de servidors de *streaming* de més a la vora (des del punt de vista de la xarxa, no de la distància física). Quan el gestor ha copiat les dades a la memòria d'emmagatzematge local del servidor, passa al servidor de *streaming* l'adreça amb l'emplaçament local del fitxer demanat, de manera que el servidor ja pot començar a fer l'enviament, normalment mitjançant RTP sobre UDP.

1.2.2. Procés de descàrrega i reproducció

El procés des de la petició del client fins al començament de la reproducció del material audiovisual des de cert punt és el següent: l'usuari fa un clic sobre l'enllaç al **metafitxer**, que no és altra cosa que un fitxer XML, és a dir, un descriptor d'informació en què s'indica l'autor, el títol i l'adreça del material o els materials que es vol reproduir (se'n poden indicar uns quants de manera consecutiva).

Vegeu també

Els mecanismes de descàrrega, entre els quals hi ha el servidor de *streaming*, s'introdueixen en l'apartat 5 del mòdul "Transmissió" d'aquesta assignatura.

Memòria cau

Una memòria cau només és una memòria ràpida que emmagatzema una còpia de cada element que demana per primera vegada qualsevol client. La següent ordre que dona qualsevol altre client es llegeix des d'aquesta memòria ràpida en comptes de fer-ho del disc.

Exemples de metafitxers

Vegem un parell d'exemples de metafitxers:

```
#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
```

Aquest primer cas és un metafitxer M3U ampliat, emprat per Apple per als seus dispositius iOS. De primer s'indica el descriptor de format (#EXTM3U), i després, les següents parelles de línies indiquen la durada en segons, l'autor i l'àlbum, i la ruta del material (local o remota). Com es veu, es pot indicar una escaleta de material que es reproduirà de manera consecutiva.

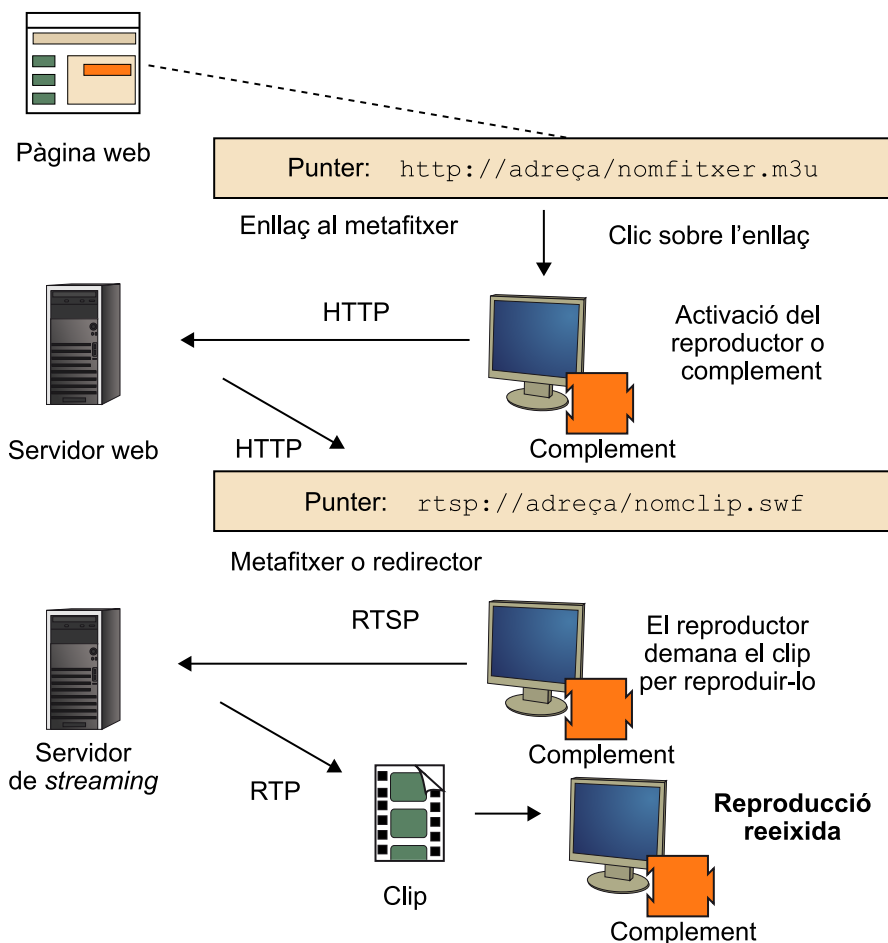
```
<asx version="3.0">
<entry>
<ref href="rtsp://www.windowserver.com/myMediaFile.wma" />
</entry>
<entry>
<ref href="rtsp://www.windowserver.com/mySecondFile.wma" />
</entry>
<entry>
<ref href="rtsp://www.windowserver.com/myThirdFile.wma" />
</entry>
</asx>
```

Aquest segon cas és un metafitxer ASX de Microsoft, que també té altres estàndards de metafitxer més antics com WMX o ASF. N'hi ha d'altres d'equivalents, com MOV per a QuickTime d'Apple, PLS per a algunes aplicacions sobre Linux, i RAM per a RealMedia.

Metafitxers i extensions MOV

El fet que coincideixi l'extensió MOV del metafitxer amb la MOV del fitxer de vídeo, sempre és motiu de confusió.

Il·lustració 4. Procés de petició i descàrrega de material



El clic sobre l'enllaç al metafitxer força que el reproductor⁵ o el complement⁶ facin una petició HTTP al servidor web per descarregar el metafitxer mitjançant HTTP. El client analitza la informació emmagatzemada en el metafitxer i llegeix la llista de punters. Tot seguit, el reproductor demana al servidor de *streaming* el material mitjançant el protocol indicat en el punter (RTSP, en l'exemple), i mitjançant RTP el servidor descarrega el clip demanat al client.

⁽⁵⁾En anglès, *player*.

⁽⁶⁾En anglès, *plug-in*.

1.2.3. Característiques d'un servidor de *streaming*

Davant altres tipus de servidors, el servidor de *streaming* té característiques pròpies:

1) **Escalabilitat.** Un servidor centralitzat se sobrecarrega amb facilitat en termes d'entrada i sortida davant un públic nombrós i concurrent. Es requereix un mecanisme d'escalabilitat que augmenti la necessitat de recursos no per l'augment de clients sinó pel nombre d'ítems diferents a què accedeixen aquests clients. Per aquest motiu es diferencia el servidor de continguts⁷ dels servidors finals de *streaming*⁸. Quan hi ha molts clients de la mateixa localitat que accedeixen al mateix contingut del servidor, el contingut només ha de ser transferit una vegada des del servidor de continguts fins al servidor final de *streaming* de la localitat, de manera que es redueix el trànsit en el nucli de la xarxa. Si el contingut no és disponible en el servidor final de *streaming*, aquest servidor pot preguntar als servidors finals de *streaming* pròxims, que són més a prop que el servidor de continguts (des del punt de vista de la xarxa, no del físic). Si el contingut és en un servidor final de *streaming* pròxim, el client pot ser reenaminat a aquest servidor final de *streaming* o bé el contingut pot copiar-se de servidor a servidor.

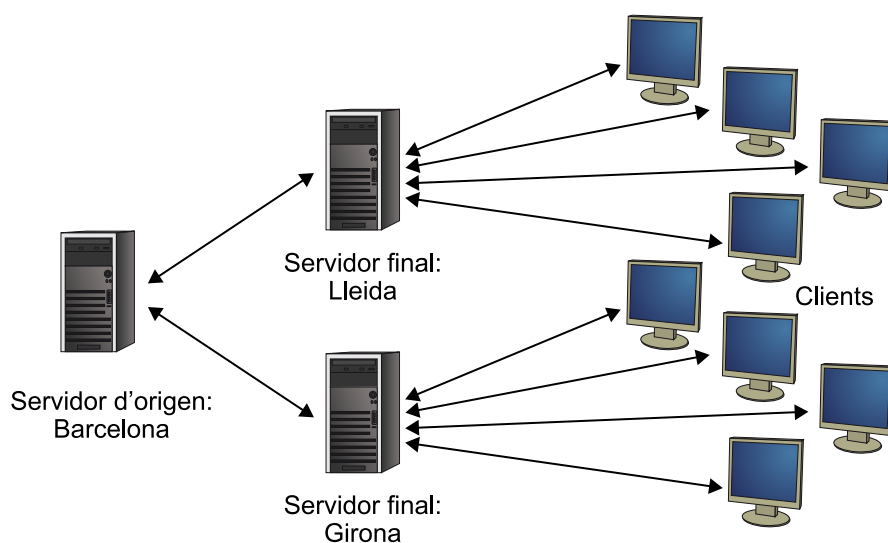
⁽⁷⁾En anglès, *origin server*.

⁽⁸⁾En anglès, *edge servers*.

Exemple

En les versions 1 i 2, Adobe Flash Media Server tenia dues edicions diferents de programari: versió *origen* i versió *edge*. Des de la versió 3, en canvi, té les dues configuracions seleccionables des del mateix programari, rebatejat com a Adobe Flash Media Interactive Server.

Il·lustració 5. Arquitectura escalable d'origen i final de *streaming*



Aquesta mateixa idea d'arquitectura, a una escala molt més gran (planetària) i afegint-hi serveis de control d'accés i facturació, control de qualitat, balanç de trànsit i altres serveis, és la base de les plataformes de distribució de continguts (CDN⁹), a les quals més endavant dedicarem un apartat especial perquè ja tenen una entitat diferent.

2) Anàlisi del contenidor del material. El servidor de *streaming* està capacitat per a l'anàlisi del material, és a dir, la lectura de la capçalera del contenidor abans de fer-ne la transmissió, de manera que segons la velocitat de codificació indicada, pot reservar de manera òptima els recursos necessaris per a fer-ne l'emissió. El servei de *streaming*, tal com sabem, només es pot fer si s'empren contenidors preparats per a aquest servei.

3) Resposta en condicions canviant. L'*streaming* requereix grans amplades de banda i retards estables d'extrem a extrem. Així es poden tenir resolucions de vídeo acceptables i la velocitat de quadre lliurada és constant durant la reproducció. Lamentablement, aquestes condicions no es poden assegurar ni en el millor escenari de comportament d'Internet, sobretot si els servidors de continguts i els clients es troben a grans distàncies (de xarxa, evidentment).

Respecte al retard, no és un problema gaire greu si es fa servir un mecanisme de memòria intermèdia¹⁰ i s'accepta que el client es pot esperar entre la petició de visualització i el començament d'aquesta visualització, lapse que assegura tant al servidor final de *streaming* com al receptor que les seves memòries intermèdies tenen material i poden "camuflar" les variacions que tinguin després la recepció de la resta del material.

Respecte a les variacions d'amplada de banda, el que s'ha d'adaptar és el servidor final de *streaming*, que pot reaccionar als canvis locals en condicions molt més bones i més ràpides que no pas el servidor de continguts que hi ha al nucli de la xarxa del proveïdor de continguts. Posem-nos en el cas d'un client mòbil, la situació geogràfica del qual pot fer que salti d'una cobertura UMTS (3G) a GPRS (2G) i reduir l'amplada de banda en un factor de 10. El servidor final de *streaming* ha de ser prou intel·ligent per a ajustar tota l'estona el flux de dades a l'amplada de banda real, i fins i tot aprofitar els moments amb una gran amplada de banda amb el client per avançar l'enviament de material que es podrà aprofitar quan es redueixi l'amplada de banda.

4) Ús eficient de recursos. En *streaming*, sobretot en esdeveniments en directe que volen veure milers o milions d'usuaris, és inviable que cadascun d'aquests usuaris accedeixi al servidor de continguts que hi ha en el nucli de la xarxa del proveïdor. La tasca dels servidors finals de *streaming* és replicar el flux generat pel servidor de continguts a tots els seus usuaris pròxims.

⁽⁹⁾CDN és la sigla anglesa de l'expressió *content distribution network*.

Vegeu també

Les plataformes de distribució de continguts es tracten en l'apartat 4 d'aquest mòdul didàctic.

Vegeu també

El servei de *streaming* es presenta en el subapartat 5.2 del mòdul "Transmissió" d'aquesta assignatura.

⁽¹⁰⁾En anglès, *buffer*.

En aquesta tasca es disposa sens dubte del protocol de transmissió a grups sobre xarxes IP¹¹, que ja hem presentat; el problema és que no tots els operadors troncal d'Internet tenen activada aquesta funcionalitat en els encaminadors (menys del 30% el 2012). La transmissió a grups sobre xarxes IP continua relegada a l'entorn de recerca i a l'entorn universitari per tres factors principals:

- Si hi ha algun punt feble en el protocol, els pirates informàtics el podran fer servir per a un atac de denegació de servei que pot bloquejar grans seccions d'Internet.
- El trànsit generat per transmissió a grups és exigent quant a recursos per allò que hem comentat al principi del punt anterior: gran amplada de banda i retard estable. I assegurar aquests dos conceptes és molt costós quan els encaminadors¹² s'han de compartir amb una miriada de fluxos de dades.
- Alguns autors suggereixen un problema de naturalesa política en la implantació d'aquest protocol (ISCIS 2006).

La solució per a aplicar la transmissió a grups sobre xarxes IP és simular-la en el nivell de l'aplicació, cosa que s'anomena **application level multicast**. És un sistema en ús i ben conegut. Per exemple, el xat de tipus IRC treballa en transmissió a grups en el nivell d'aplicació enllaçant els usuaris mitjançant un únic arbre de connexions (**tècnica d'arbre d'expansió** o **spanning tree**). Un altre cas és la distribució de dades d'igual a igual (*peer-to-peer*, P2P). Sens dubte, no és una solució tan eficient com la transmissió a grups sobre xarxes IP, però almenys avui dia és explotable.

Un segon recurs eficient és la capacitat dels servidors finals de *streaming*, ja que el material multimèdia sempre té grans necessitats. Quan un servidor final de *streaming* copia un clip d'un altre servidor final de *streaming* o del servidor de continguts, l'estadística demostra que hi ha certes parts del clip que són més vistes que d'altres. Així, és més efectiu subdividir el clip i només copiar les parts demanades més sovint, cosa que augmenta els accessos a la memòria cau i l'eficiència d'emmagatzematge quan aquest emmagatzematge és sempre limitat.

5) Suport de vídeo en temps real. Les fonts de vídeo en temps real continuen augmentant després de la incorporació de càmeres de vídeo en telèfons mòbils i les aplicacions de videoconferència, tant mòbils (FaceTime, Mirial, Vidyo, etc.) com de taula (Messenger, Skype, etc.), amb grups de persones com a destinataris. El servidor final de *streaming* ha de ser capaç d'oferir una pujada¹³ del flux de dades que possibiliti l'emmagatzematge d'aquestes dades fins i tot per sobre de la capacitat del dispositiu que genera aquest flux. La infraestructura de servidors, a més, ha de possibilitar compartir aquest volum de dades (sia en temps real sia més endavant).

⁽¹¹⁾En anglès, *IP multicast*.

Vegeu també

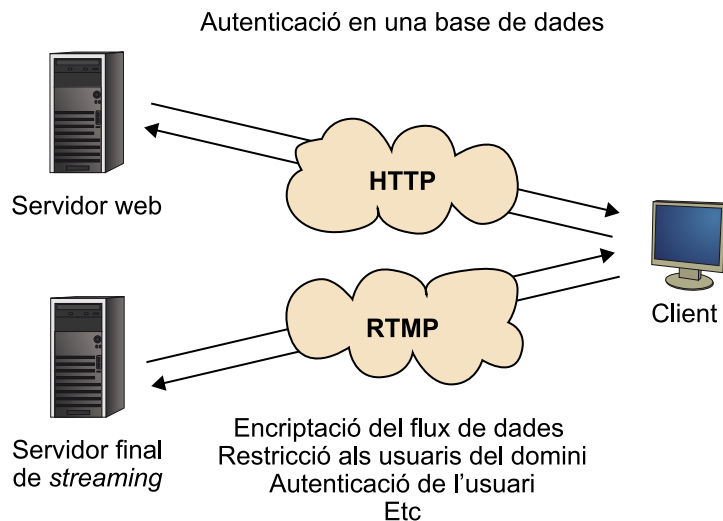
La tècnica de transmissió a grups sobre xarxes IP es presenta en el subapartat 4.2 del mòdul "Transmissió" d'aquesta assignatura.

⁽¹²⁾En anglès, *routers*.

⁽¹³⁾En anglès, *upload*.

6) **Possibilitar el control d'accés als continguts.** Alguns servidors de *streaming* poden treballar de manera col·laborativa amb servidors d'autenticació per limitar l'accés als continguts. Normalment és més senzill que sigui l'aplicació client la que gestioni de primer l'autenticació i després estableixi o no la sessió amb el servidor de *streaming*, però en general les solucions actuals són una combinació de diferents tècniques d'autenticació i control d'accés variable segons el fabricant.

Il·lustració 6. Estructura del control d'accés al servidor final de *streaming* en el cas Adobe Flash



2. IPTV

Internet Protocol TV (IPTV¹⁴) és una tecnologia que possibilita el servei de televisió mitjançant una xarxa de commutació de paquets com Internet. Aquest sistema de distribució és el seleccionat per a xarxes tancades propietàries amb servei per subscripció.

⁽¹⁴⁾Abreugem l'expressió *internet protocol TV* amb la sigla *IPTV*.



Sens dubte, la xarxa seleccionada ha de ser de banda ampla per a resistir aquests serveis. El concepte d'IPTV s'ha anat ampliant des del començament fins a englobar altres serveis que hi estan associats, com vídeo a la carta (*video on demand*¹⁵) i Time-Shifted TV, i fins i tot ha donat nom al mateix model de negoci.

Exemples

Imagenio de Movistar, OnoTV i Jazztel TV són alguns dels exemples de xarxes IPTV a Espanya.

L'usuari selecciona lliurement, mitjançant la connexió a una xarxa de dades, els continguts que vol visualitzar i el moment de fer-ho. El proveïdor del servei proveeix de la infraestructura de la xarxa i a més hi afegeix el rol de proveïdor de continguts. IPTV es basa sempre en aquesta xarxa tancada de dades (preferentment de fibra, coaxial o fins i tot de coure tradicional). Per això IPTV també es pot definir (i la CMT a Espanya ho fa així des del 2006) com a "servei de televisió distribuïda mitjançant línies xDSL". Almenys fins a l'hora de redactar aquest mòdul, ja que es fan proves d'IPTV sobre WiMax en petites poblacions.

⁽¹⁵⁾Abreugem l'expressió *video on demand* amb la sigla *VoD*.

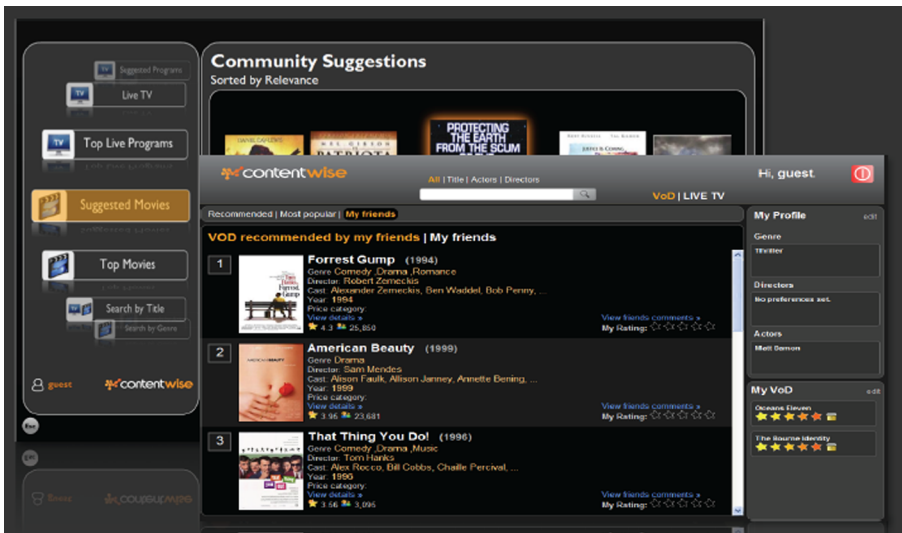
En IPTV, a diferència d'Internet TV, s'ofereixen:

- a) **serveis clàssics de transmissió** (és a dir, es pot seleccionar una cadena de televisió de les que hi ha en la plataforma TDT);
- b) **serveis de vídeo a la carta (VoD)**, i
- c) altres **serveis interactius** (com ara televisió interactiva, Internet d'alta velocitat, telefonia de veu sobre IP (VoIP) i videovigilància remota).

Els tres conceptes s'entrecreuen en el producte final, perquè és habitual que el vídeo a la carta es pugui reproduir, deixar en pausa, rebobinar, etc., quan l'usuari vulgui; és a dir, és interactiu.

Pel que fa al producte final, IPTV pot oferir des de vídeo en qualitat estàndard fins a alta definició, multicàmera o 3D, depenent tot de les dimensions de la xarxa i dels recursos que s'hi hagin invertit.

Il·lustració 7. Interfície d'accés a continguts d'una plataforma IPTV



2.1. IPTV i el triple play

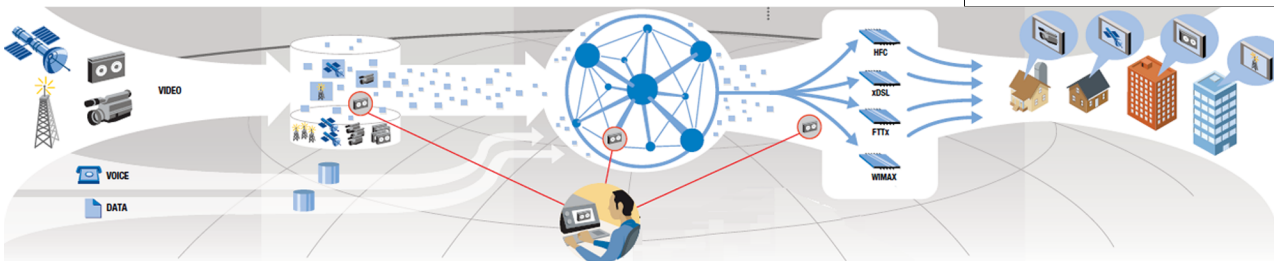
El *triple play* és un terme que es fa servir per a descriure el lliurament de veu, vídeo i dades fins a casa de l'abonat.

Hi ha un gran nombre d'ofertes comercials conjuntes per a aquests tres serveis que fan servir diferents tecnologies, però la verdadera triple jugada és proporcionar-los mitjançant una única connexió a casa del client (normalment fibra, però també pot ser coure). La tecnologia IP no fa falta per a lliurar tots aquests serveis.

Una única connexió a casa de l'abonat

La convergència dels serveis audiovisuals, informàtics i de telecomunicacions que s'anunciava (Nora i Minc, 1978; Sola Pool, 1983) des de finals dels anys setanta ja és una realitat.

Il·lustració 8. Vídeo i àudio, veu i dades: l'oferta de triple jugada de qualsevol IPTV que es preui



Font: Tektronix.

2.2. Confusions habituals en parlar de la IPTV

Habitualment es confon IPTV amb altres xarxes que ofereixen serveis semblants en aspecte i forma però que es gestionen de manera ben diferent i són un altre tipus de negoci, com les xarxes de cable. Fins i tot es confon amb un servei en particular, el de vídeo per Internet (Internet TV).

a) IPTV no és Internet TV

Quan accedim a un canal de televisió en viu via web o visualitzem a la carta el capítol d'una sèrie des d'un servidor, no usem IPTV sinó televisió per Internet (Internet TV¹⁶). Amb IPTV, els proveïdors de servei comercialitzen als seus subscriptors una sèrie de canals de televisió i de continguts multimèdia amb un aspecte general semblant al de la televisió de pagament tradicional. La televisió per Internet és l'accés via Internet a continguts audiovisuals, sense cap lligam contractual excepte el del mateix servei d'Internet. Sens dubte, tant l'una com l'altra es basen en la mateixa tecnologia IP, però divergeixen en uns quants punts:

- Diferents plataformes: Internet TV fa servir Internet (és clar) com a mitjà de transmissió dels continguts audiovisuals. IPTV fa servir una xarxa privada tancada per a transmetre'ls, que és operada i mantinguda exclusivament pel proveïdor del servei IPTV.
- Àmbit: Internet no té limitacions geogràfiques i es pot accedir als serveis que ofereix des de qualsevol punt del globus terraqüi. En canvi, a IPTV només s'hi pot accedir des de llocs geogràfics determinats, normalment circumscrits a una nació. Un usuari d'Internet no pot accedir als continguts d'una xarxa IPTV.
- Qualitat de servei: l'estat d'Internet canvia tota l'estona, de manera que no es pot assegurar que la recepció del vídeo a la carta o de l'emissió en directe arribarà amb qualitat i sense interrupcions. En canvi, en IPTV el proveïdor assegura sempre el servei amb la qualitat contractada.
- Accés: en IPTV és imprescindible tenir un receptor descodificador¹⁷, mentre que en Internet TV un ordinador pot accedir als serveis d'Internet mitjançant una aplicació (normalment un navegador). Aquesta diferència es va difuminant a escala formal quan el receptor descodificador té una extensió de l'estil Wi-Fi i possibilita accedir via tauleta o telèfon intel·ligent a casa de l'abonat. N'hi ha de molt sofisticats i que inclouen serveis de gestió de continguts (PVR¹⁸). En tots dos casos hi pot haver protecció de drets d'accés a continguts DRM¹⁹, encara que a diferents nivells.
- Cost a l'usuari final: IPTV es basa en un model de subscripció normalment mensual semblant al de la televisió de pagament clàssica en TDT o satèl·lit (com ara Digital+ o Gol TV), mentre que en Internet TV la majoria de continguts són gratuïts i no impliquen un càrrec per a l'usuari final, encara que aquest model es va posant en dubte de manera creixent.

b) IPTV no és televisió per cable

Igual que en IPTV, la televisió per cable és una xarxa tancada des del proveïdor fins al client, però es diferencia d'aquella per diverses raons:

⁽¹⁶⁾Hi ha fonts que d'Internet TV en diuen Web TV.

⁽¹⁷⁾En anglès, *set-top box*.

⁽¹⁸⁾PVR és la sigla de l'expressió anglesa *personal video recorder*.

⁽¹⁹⁾DRM és la sigla de l'expressió anglesa *digital rights management*.

Serveis d'Internet TV de pagament

Ja han sortit serveis d'Internet TV de pagament –de vídeo a la carta (VoD) amb subscripció hi ha iTunes, Netflix, Hulu, Amazon Instant Video, etc., i d'àudio a la carta hi ha Spotify, iTunes, etc.).

- Tots els canals de televisió són transmesos constantment fent servir tota l'amplada de banda, tant si l'usuari visualitza un canal com si no.
- La informació circula unidireccionalment del proveïdor a l'usuari, i no a l'inrevés, de manera que no hi ha llibertat per a triar el contingut, sinó només el canal de televisió.
- La transmissió de vídeo i àudio és sobretot analògica, sovint multiplexats amb altres canals, mentre que en IPTV és totalment digital i només es transmet el contingut que l'usuari ha seleccionat.

En la televisió per cable parlem de *canals* i en IPTV, de *continguts*, ja que l'usuari tria el que vol veure. Sens dubte, els proveïdors de cable han allargat la seva vida útil afegint el servei de dades d'Internet a l'oferta i migrant a una xarxa IP per possibilitar IPTV, sobretot als Estats Units, on l'oferta de televisió per cable es remunta als anys cinquanta.

2.3. Avantatges de la IPTV

A grans trets, la IPTV aporta diversos avantatges respecte a la distribució audiovisual tradicional:

- Simplifica i pot reduir el cost total de la infraestructura gràcies a la convergència de la veu, les dades, l'àudio i el vídeo i també altres aplicacions i serveis de xarxa.
- Com que és una infraestructura de xarxa tancada, el proveïdor pot assegurar constantment la qualitat de servei, l'amplada de banda, etc.
- La infraestructura funciona amb qualsevol tipus de format d'àudio i vídeo.
- La xarxa IP funciona amb un nombre il·limitat de canals.
- Una infraestructura comuna es beneficia d'un suport tècnic més eficient.
- El monitoratge de la xarxa es pot centralitzar i controlar a distància per a reduir costos.
- L'usuari només fa servir l'amplada de banda necessària per a cada servei en el moment d'accedir a cadascun d'aquests serveis, de manera que no rep constantment tots els canals o serveis.
- El protocol IP facilita la integració d'equips, serveis i aplicacions diversos.

- L'usuari pot accedir als serveis mitjançant diferents dispositius (televisió amb adaptador de receptor descodificador, ordinador, tauleta, telèfon intel·ligent, etc.).
- Es beneficia de l'economia d'escala dels dispositius Ethernet.
- La comunicació és totalment bidireccional, de manera que la televisió interactiva és factible, i es poden triar els continguts i el moment de visualitzar-los (*trick mode*: l'usuari pot reproduir o deixar en pausa la reproducció quan vulgui).
- Hi funciona tant el vídeo a la carta com l'enregistrament de vídeo digital descarregat de la xarxa (NDVR²⁰).

⁽²⁰⁾NDVR és la sigla de l'expressió anglesa *network digital video recording*.

2.4. Inconvenients de la IPTV

Per contra, podem enumerar alguns desavantatges de la IPTV:

- La necessitat d'alta redundància a la xarxa per a assegurar sempre el servei i el nivell de qualitat d'aquest servei.
- Com que és una xarxa tancada, cada proveïdor ha de fer fortes inversions en infraestructura per ampliar la cobertura i mantenir la que té abans de començar a obtenir beneficis.
- La IPTV no s'ha desenvolupat del tot en relació amb altres mètodes més tradicionals de distribució de vídeo (com les xarxes de cable o la transmissió per satèl·lit).
- Aquesta falta de desenvolupament dificulta la interoperabilitat.
- Necessita complexos sistemes de xarxa IP i mesura constant de la qualitat de servei a l'usuari final per a detectar possibles problemes.
- Pot requerir costoses codificacions en diversos formats (MPEG-2, H.264, 3GPP, etc.).

2.5. Arquitectura d'una xarxa IPTV

Una xarxa IPTV es pot analitzar des de tres punts de vista o àmbits diferents:

- 1) Des del punt de vista dels agents.
- 2) Des del punt de vista de les dades.

3) Des del punt de vista de la xarxa.

2.5.1. Des del punt de vista dels agents

Com a agents implicats en la gestió i el funcionament d'una xarxa IPTV, podem enumerar els següents (il·lustració 9):

a) El **proveïdor de continguts**, que dona els senyals d'àudio i vídeo en directe o el material audiovisual digitalitzat.

b) El **proveïdor de servei**, que té granges de servidors de vídeo a la carta on s'emmagatzema el material audiovisual digitalitzat i, temporalment, els senyals en directe degudament digitalitzats, i també la capçalera (*head-end*).

- La **capçalera** (anomenada també *IPTV data center*) és la que rep els continguts (productores, satèl·lit, canals de televisió TDT gratuïts, canals de pagament, etc.), els digitalitza i prepara, i els envia als servidors VoD. Alhora, centralitza la gestió dels drets dels subscriptors i la tarifació d'aquests drets.
- El proveïdor de servei també cataloga el material emmagatzemat, classifica els senyals en viu i genera la guia electrònica de programació (EPG) perquè el client pugui saber tot el material estàtic i dinàmic a què pot accedir.

c) El **proveïdor de xarxa**, que connecta el proveïdor de serveis amb el client mitjançant la xarxa IP pròpia. En general, el nucli²¹ del proveïdor és cable de fibra, mentre que a casa del client la major part de vegades s'hi arriba per cable coaxial de coure (mòdem de cable) o fins i tot cable de parells trenat (xarxa telefònica clàssica gràcies a la tecnologia ADSL, ADSL2, ADSL2+, etc.).

⁽²¹⁾En anglès, *core*.

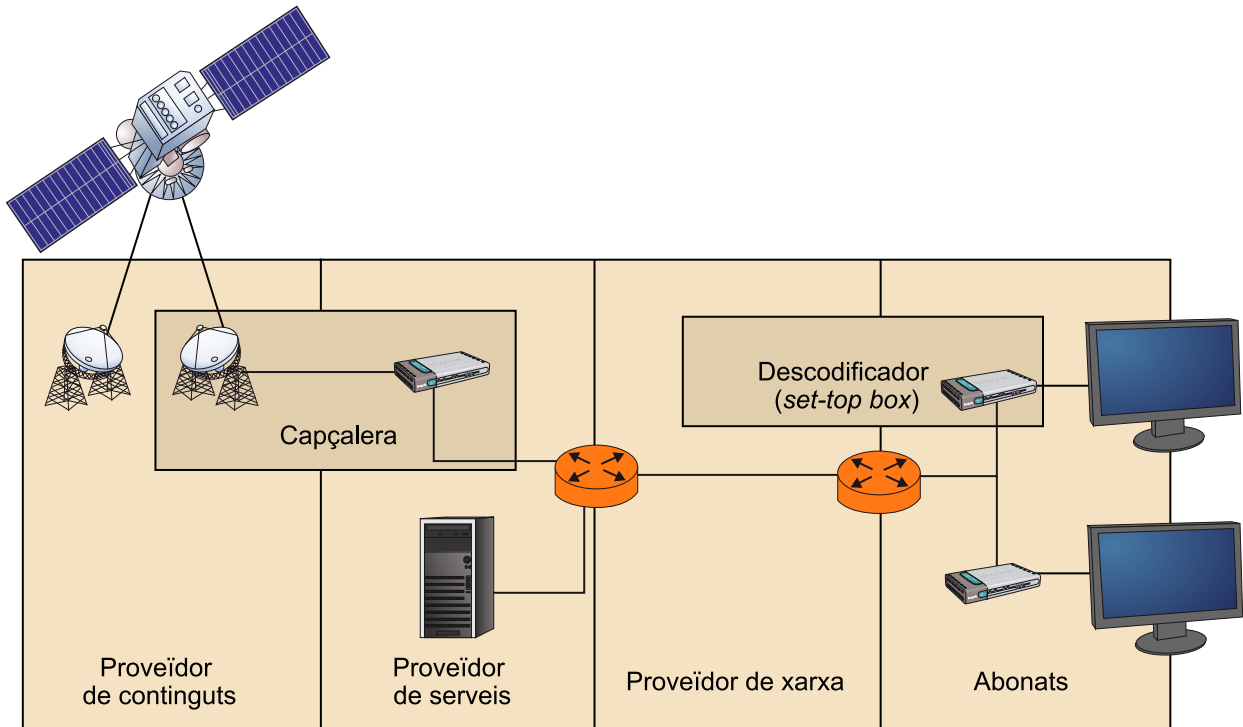
d) El **client**, amb el seu receptor IP connectat a la xarxa del proveïdor. Normalment connectat alhora al televisor i també a la xarxa local domèstica si té contractat el servei d'Internet (recordem la triple jugada).

Vegeu també

Es parla de la triple jugada en el subapartat 2.1 d'aquest mòdul didàctic.

En bona part de les IPTV actuals, el proveïdor de servei i el de xarxa poden ser el mateix.

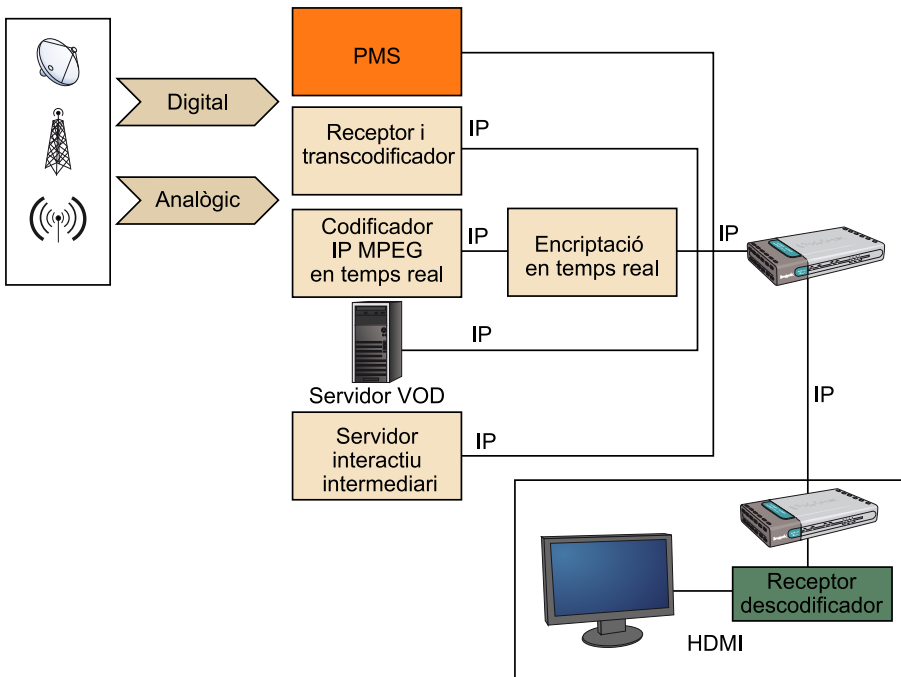
Il·lustració 9. Una xarxa IPTV des del punt de vista dels agents implicats



2.5.2. Des del punt de vista de les dades

Podem distingir sis fases en una típica transmissió d'àudio i vídeo per IPTV fins a casa del subscriptor (il·lustració 10):

Il·lustració 10. Una xarxa IPTV des del punt de vista de les dades



Fase 1: codificació

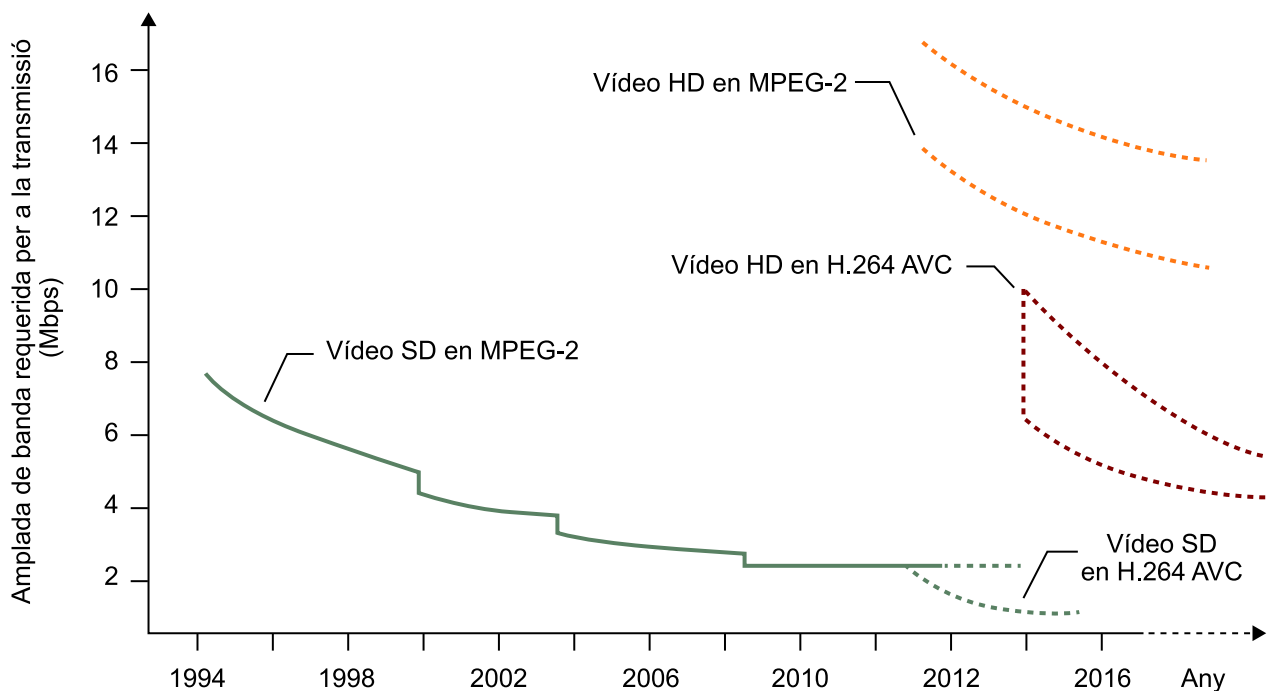
Els senyals de televisió i ràdio en viu es codifiquen en formats digitals comprimits compatibles amb la transmissió posterior via IP, com ara MPEG-2 i H.264/MPEG-4 AVC. El material audiovisual existent, en canvi, s'emmagatzema en granges de servidors VoD, també en aquests formats, en espera de la petició de transmissió.

Els sistemes de televisió digital van aparèixer els anys noranta i avui dia es fan servir en tots els mitjans (TDT, satèl·lit, cable, etc.). En general fan servir MPEG-2 per a vídeo en qualitat estàndard, que ocupa aproximadament entre 2 Mbps i 6 Mbps (pot variar segons el mitjà: 6 Mbps en TDT i entre 2 Mbps i 3 Mbps en IPTV). En canvi, el vídeo d'alta definició requereix una codificació de més compressió com H.264/MPEG-4 AVC per a poder-se empaquetar en un flux de dades²² de 8 Mbps a 14 Mbps.

(22) En anglès, *stream*.

Si mitjançant una xarxa IPTV es volen rebre simultàniament dos canals de televisió (un per a veure'l i un altre per a enregistrar-lo i veure'l després), almenys es requereixen 6 Mbps d'amplada de banda. Si la connexió a la xarxa IPTV, però, és per ADSL de 10 Mbps, per exemple, i a més es vol navegar per Internet, tenim un problema. Per això H.264/AVC s'està imposant definitivament en la codificació de material audiovisual en xarxes IPTV, ja que redueix gairebé en un 50% les necessitats d'amplada de banda comparat amb MPEG-2. El gràfic següent intenta presentar les tendències de compressió en els anys vinents.

Il·lustració 11. Tendències d'ús d'estàndards de compressió per a IPTV



Entre els formats de codificació més habituals hi ha els següents:

- H.261 i H.263 per a videoconferència (menys d'1 Mbps).
- MPEG-2 per a vídeo de qualitat estàndard (en general, de 2 Mbps a 4 Mbps en IPTV).
- H.264/MPEG-4 AVC per a vídeo d'alta definició (en general, de 8 Mbps a 12 Mbps en IPTV).

Els servidors VoD emmagatzemen aquests materials i es poden subministrar uns quants fluxos de dades i vídeo simultàniament a diferents clients. Les característiques fonamentals d'aquests equips són la capacitat d'emmagatzematge i, sobretot, la taxa de transferència de dades a la xarxa. Normalment tenen una connexió del tipus Gigabit Ethernet.

Fase 2: encapsulament IP

En el moment en què el client demana material codificat (emmagatzemat en un servidor VoD o en temps real provinent d'una transmissió en directe), es reformata i s'encapsula per a transmetre'l amb protocol IP.

Fase 3: addició de gestió de drets digitals (DRM)

Si el material ha de ser emmagatzemat temporalment abans de transmetre'l al receptor de l'usuari (en un equip que permeti un emmagatzematge massiu, com un disc dur intern) o és una emissió en directe amb subscripció, s'hi han d'afegir drets digitals perquè no es pugui exportar i no caduqui al cap d'un temps de la descàrrega local o, respectivament, no el puguin visualitzar clients no autoritzats.

La majoria de material d'alta definició (HD), per exemple, necessita un mecanisme de seguretat des de l'origen fins a la pantalla de presentació. Entre les tecnologies d'enciptació més populars hi ha ProIdiom, Verimatrix Video Content Authority System (VCAS) i Widevine Cypher.

Fase 4: transmissió sobre la xarxa IP

El flux de dades és encaminat cap al receptor del client. En aquesta fase es monitora la qualitat de servei de la xarxa (QoS²³) per a assegurar el lliurament en les condicions idònies, tot controlant la prioritat del flux respecte a altres dades segons la naturalesa i l'objectiu que tenen (un flux de dades d'àudio no té els mateixos requisits que un de vídeo, però tots dos tenen prioritat sobre les dades d'Internet que hagi demanat l'usuari en aquell mateix instant).

⁽²³⁾ QoS és la sigla de l'expressió anglesa *quality of service*.

Vegeu també

Els problemes habituals generats en la fase de transmissió sobre la xarxa IP es veuen en el subapartat 2.3 d'aquest mòdul didàctic.

Fase 5: recepció a la xarxa d'accés

La xarxa d'accés és el punt on s'acaba la xarxa del proveïdor i comença l'equip de l'usuari. Aquí hi ha el dispositiu receptor que descodifica. En el cas d'una emissió en directe, quan l'usuari selecciona el canal, el receptor llegeix l'adreça de transmissió a grups per xarxes IP que té associada i en descodifica el flux rebut.

A més, el receptor disposa d'un programari encarregat de proporcionar a l'usuari informació dels diferents serveis mitjançant menús en pantalla que permet la interacció entre el client i el sistema.

L'accés es fa per connexions de banda ampla per coure xDSL (ADSL, ADSL2, ADSL2+, VDSL), per fibra (HFC, FTTx), per WiMax, etc.

Fase 6: visualització i control

El receptor és un descodificador basat en IP (un receptor descodificador, una targeta PCMCIA, integrat en una televisió IP, etc.), de manera que ha d'acceptar fluxos de dades des d'1,5 Mbps fins a 20 Mbps segons el material.

L'entorn gràfic (interfície) de la IPTV facilita la reproducció i el control del material visualitzat (en una mida diferent si el material és en directe o preenregistrat), accions possibles gràcies a la bidireccionalitat de la xarxa.

La connexió del receptor al televisor sol ser HDCP o DTCP sobre cable HDMI, ja que ha de tenir encriptació contra còpia. En general accepta 720p, 1080i i n'hi ha que fins i tot 1080p, a més de la resolució estàndard.

2.5.3. Des del punt de vista de la xarxa

En aquest subapartat, de primer veurem els requisits globals que ha de complir una xarxa IPTV i després ens centrarem en les tècniques de transmissió de dades entre la font d'àudio i vídeo i el destinatari o destinataris. Finalment, veurem quin protocol s'ajusta a cada tècnica de transmissió anterior.

Tècniques de transmissió i de transmissió a grups en IPTV

Las xarxes IPTV empen, segons el servei, alguna de les tres tècniques de transmissió sobre xarxes IP que presentem en aquesta assignatura.

Vegeu també

Les tècniques de transmissió i de transmissió a grups s'estudien en el mòdul "Transmissió" d'aquesta assignatura.

En les xarxes IPTV, en el cas de servei de vídeo a la carta (VoD²⁴, és a dir, la petició d'un "material preenregistrat" (per exemple, una pel·lícula), la transmissió es fa des del servidor de VoD fins al client, de manera que l'opció triada és sempre de transmissió individual²⁵.

En canvi, en el cas d'una emissió "en directe", el mecanisme de transmissió en IPTV és sempre de transmissió a grups²⁶.

⁽²⁴⁾VoD és la sigla de l'expressió anglesa *video on demand*.

⁽²⁵⁾En anglès, *unicast*.

⁽²⁶⁾En anglès, *multicast*.

Protocols de *streaming* emprats en IPTV

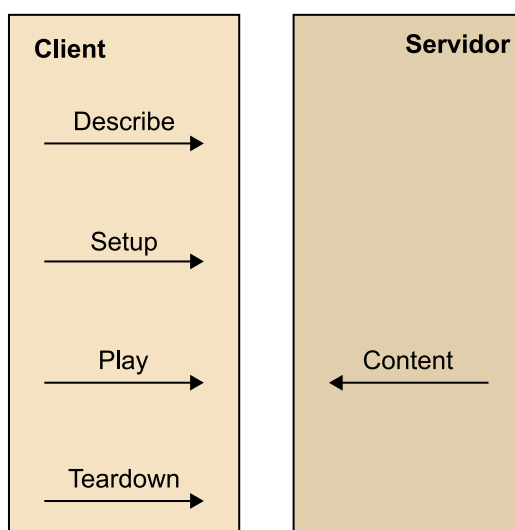
Per a una transmissió a grups d'un esdeveniment en directe, el protocol de xarxa emprat ha de ser àgil i senzill, potser fins i tot poc segur, sense possibilitat de recuperar els paquets perduts.

Per a una **transmissió a grups** d'esdeveniments en directe en una xarxa IPTV se sol emprar un protocol de transport lleuger com RTP i també UDP, encara que no tant.

En canvi, per a una **transmissió individual** de material preenregistrat en una xarxa IPTV des del servidor de VoD fins al client, la transmissió se sol recolzar en el protocol RTSP.

La interactivitat necessària per al control complet del material només és capaç d'oferir-la RTSP. És el company perfecte per a les transmissions individuals a les xarxes IPTV.

Il·lustració 12. Les ordres bàsiques d'RTSP entre client i servidor VoD

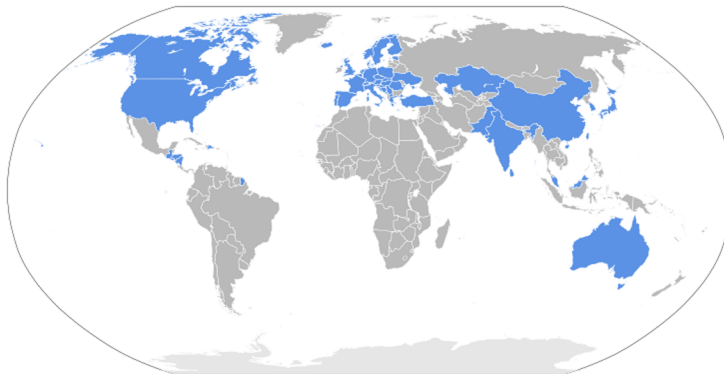


2.6. IPTV a Espanya

Ara mateix el líder d'IPTV a Espanya és Imagenio de Movistar, servei que va començar el 2000 a Alacant, Madrid i Barcelona i que ara està estès arreu de la geografia nacional. Reservat al principi per a la seva xarxa de fibra i cable, Telefónica va canviar la tàctica de suport sense fissures a la fibra quan ADSL va créixer exponencialment a partir del 2000, i també Imagenio va oferir sobre aquest tipus de connexió de banda ampla.

Jazztel va ser la primera de respondre amb la seva pròpia oferta d'IPTV el desembre del 2005, anomenada Jazztelia TV, començant de primer a Saragossa i estenent-se després de mica en mica. Wanadoo TV (ara Orange TV), Ono TV, etc., li van seguir la petja. Ya.com va començar el camí en IPTV quan encara pertanyia a T-Online, filial de Deutsche Telekom, basant-la en la plataforma Microsoft TV i oferint un descodificador amb disc dur intern, però ho va deixar estar quan va ser comprada per France Télécom. Totes tenen oferta de *triple play*, i fins i tot n'hi ha que afegeixen ofertes comercials indirectes als serveis de telefonia mòbil.

Il·lustració 13. IPTV en el món



Font: Wikipedia (2010).

2.7. IPTV al món

L'empresa pionera en IPTV va ser Kingston Interactive TV (Gran Bretanya) a la fi de 1999, encara que ho va deixar estar el 2006. A França, France Télécom va llançar el seu primer servei IPTV el 2003; a Alemanya, Deutsche Telekom ho va fer el 2004, i a Itàlia, Fastweb. Avui dia, Verizon i Bellsouth són els líders als Estats Units, i hi ha xarxes IPTV al Canadà i Austràlia, la Xina i l'Índia, alguns països sud-americans, etc.

3. HbbTV

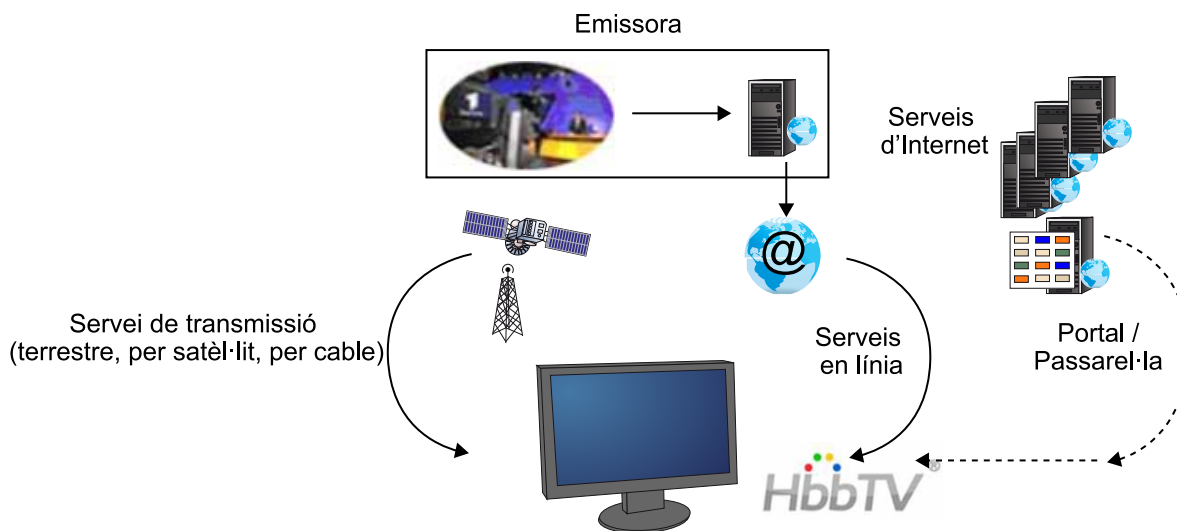
La transmissió *broadcast* de banda ampla híbrida (HbbTV⁽²⁷⁾) és una combinació del servei tradicional de televisió digital (terrestre, per cable o per satèl·lit) amb una xarxa de dades com Internet, de manera que a la recepció tradicional unidireccional s'hi afegixen una sèrie de serveis interactius i continguts oferts per la xarxa. El receptor de l'usuari, és clar, ha de ser compatible amb tots dos sistemes, és a dir, és un receptor IP compatible amb un sistema de distribució digital clàssic, com per exemple la TDT.

(27) HbbTV és la sigla de l'expressió anglesa *hybrid broadcast broadband TV*.



El gràfic següent (il·lustració 14) indica aquests dos fluxos de dades que rep el receptor: d'una banda, mitjançant el canal de televisió seleccionat de la TDT, satèl·lit o cable, i de l'altra, mitjançant la connexió de xarxa que l'enllaça via Internet amb el servidor de la mateixa empresa de *broadcast*. A més, s'aprofita la capacitat de navegació i la connexió a Internet per a poder treballar amb serveis de tercers, visitar webs, fer videoconferències, etc.

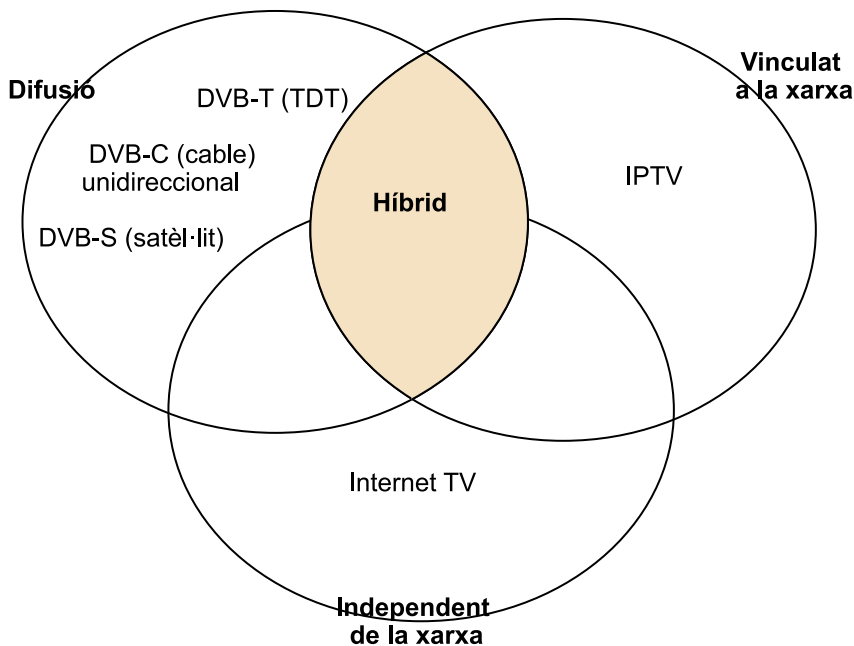
Il·lustració 14. Diagrama de fluxos de les dades al receptor HbbTV



La idea no és nova: a la fi del segle xx ja es va idear un estàndard MHP⁽²⁸⁾ que capacitava els primers receptors de TDT de gamma alta per a executar miniaplicacions Java. No obstant això, el preu d'aquest estàndard respecte als receptors de TDT bàsics (*zappers*) va impedir que es popularitzés, malgrat que hi va haver diverses emissores de *broadcast* que el van implementar en les emissions des de 1999 i bastantes empreses petites i mitjanes que van donar suport al desenvolupament d'aplicacions.

(28) MHP és la sigla de l'expressió anglesa *multimedia home platform*.

Il·lustració 15. Emplaçament de l'HbbTV



La primera plataforma híbrida al món va ser de Telefónica (2005) i estava integrada en el seu servei IPTV clàssic Imagenio. Fins al 2011, però, no hi va haver un estàndard d'IPTV híbrid que facilités i abaratís la comercialització i el desenvolupament dels serveis en els receptors de satèl·lit, per cable i terrestres per a accelerar-ne la implantació.

L'estàndard HbbTV (televisió híbrida de transmissió i banda ampla) és una iniciativa europea, oberta i neutral del 2010, que combina els serveis de la TDT amb els habituals d'Internet. Amb els actuals receptors de l'HbbTV en comercialització, el consumidor pot accedir als proveïdors de continguts i serveis, que solen ser les mateixes empreses de *broadcast* o altres d'acabades de crear: vídeo a la carta (VoD), publicitat interactiva, personalització, vot electrònic, jocs en línia associats al programa en emissió, guia electrònica ràpida de programació, etc.

Un fet discutible és que HbbTV es pugui classificar com un tipus d'IPTV, ja que fins ara no hi ha cap vinculació entre els continguts i l'operador i propietari de la xarxa IP de banda ampla amb què es connecta l'equip, almenys a curt termini. Ara per ara, la relació entre HbbTV i IPTV és sobretot d'estàndards i de tecnologia, ja que s'ha basat sobretot en estàndards previs i provats com l'Open IPTV Forum. Així:

- fa servir l'estàndard MPEG DASH per a fer transmissió de dades d'àudio i vídeo en temps real;
- emprava els llenguatges XHTML, CSS2, el model d'objecte document DOM2 per a interactuar amb objectes HTML, XHTML i XML, XML per a la gestió



Il·lustració 16. L'HbbTV ja existeix en diversos canals de TDT i IPTV
En la imatge: TV3.

de la interfície gràfica i la comunicació entre l'emissora de televisió i el receptor, i entre el receptor i els servidors de continguts;

- protegeix els continguts mitjançant un estàndard d'enciptació universal;
- etc.

Si bé en general les xarxes IPTV híbrides amplien les capacitats de la televisió digital, i actualitzen així aquest servei que aviat farà cent anys, els detractors apunten que avui dia Internet és molt més flexible i té molta més oferta que la que pugui donar ara o en el futur aquest sistema. Un altre obstacle és que ara per ara és un servei OTT²⁹, és a dir que no disposa del proveïdor de la xarxa que possibilita la transmissió de serveis i dades entre l'usuari i els servidors indicats per la cadena de televisió sintonitzada en aquell moment, de manera que no es beneficiarà d'aquest proveïdor, cosa que sens dubte queda resolta del tot en un model tancat com el d'IPTV.

⁽²⁹⁾OTT és la sigla de l'expressió anglesa *over the top*.

4. Plataformes de distribució de continguts

Basant-se en el model servidor de continguts / servidor final de dades de vídeo i àudio en temps real que hem presentat en l'apartat d'Internet TV, es pot crear una estructura d'abast nacional, continental o planetària anomenada *plataforma de distribució de continguts*. Aquestes plataformes sorgeixen com un mecanisme per a superar aquestes limitacions.

Les **plataformes de distribució de continguts (CDN)** ofereixen la infraestructura necessària i els mecanismes de presentació de continguts i serveis d'una manera escalable, i milloren l'experiència dels usuaris web.



Akamai és la plataforma de distribució de continguts més extensa del planeta.

L'ús d'aquestes plataformes es pot trobar en moltes comunitats, com ara institucions acadèmiques, mitjans de publicitat i companyies publicitàries centrades a Internet, centres de dades, proveïdors d'Internet (ISP³⁰), detallistes de música en línia, operadors mòbils, fabricants d'electrònica de consum.

Exemples

Vegem algun dels exemples il·lustratius de l'ús de plataformes de distribució de continguts:

- Es vol publicar un vídeo publicitari a la Xarxa perquè el visualitzin milers d'usuaris cada dia distribuïts arreu del planeta i assegurar l'amplada de banda per a tots aquests usuaris.
- Es vol crear una plataforma en línia internacional que doni servei simultàniament a més de cinquanta mil persones arreu del planeta, que sigui completament segura, ràpida i econòmicament viable.
- Una televisió i una ràdio plantegen oferir en directe per Internet la programació diària, però tenen un pressupost limitat per a adquirir i mantenir la gran infraestructura informàtica i de comunicació que fa falta per a oferir aquest servei a milers d'usuaris simultàniament de manera fiable.
- Una empresa internacional amb seus en diversos països vol compartir una sèrie de vídeos formatius i fer reunions amb videoconferència per mitjà d'una xarxa que les intercomuniqui, sense haver de mantenir ni d'administrar una infraestructura de comunicacions complexa.

Els augments puntuals de gran dimensió de les sol·licituds de continguts (com les que hi van haver l'11 de setembre del 2001 als Estats Units i l'11 de març del 2004 a Espanya) és un fenomen anomenat *flash crowds*³¹ (*multitud de flaix*) o **efecte Slashdot**. En poca estona pot causar una gran càrrega de treball en un o diversos servidors web específics i, com a resultat d'això, crear un coll d'ampolla. Fer front a una demanda inesperada com aquesta, causa una tensió significativa en el servidor web, que al final se satura per l'augment sobtat de trànsit, i el lloc web que el conté deixa d'estar disponible temporalment.

⁽³⁰⁾ISP és la sigla de l'expressió anglesa corresponent al terme *Internet service provider*.

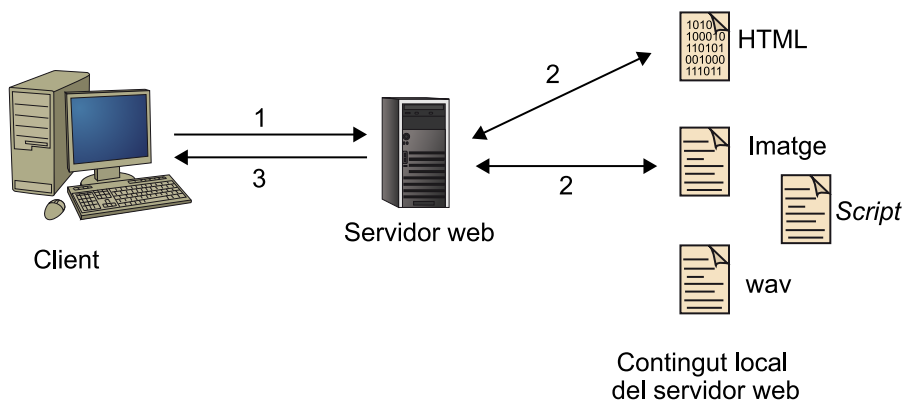
⁽³¹⁾De la novel·la de ciència-ficció de Larry Niven (1971) titulada també així.

4.1. Funcionament

Habitualment, quan un navegador visita una pàgina d'un lloc web, fa una sèrie de peticions HTTP al servidor web que emmagatzema localment els fitxers de tot el lloc, tantes com elements tingui la pàgina web visitada en aquell moment (la pàgina HTML, les imatges que incorpora, el full d'estil que hi té associat, els *scripts* que inclogui la pàgina, els fitxers d'àudio, de vídeo, etc.). Com que el navegador només pot gestionar la descàrrega simultània d'un nombre limitat d'elements en cada petició HTTP a un mateix domini (en general, només dos elements), ha de fer un llarg procés de peticions que redueix l'eficiència de la connexió.

Il·lustrem aquest mecanisme amb un cas senzill d'un client únic contra un servidor web al qual demana una pàgina web determinada:

Il·lustració 17. Una connexió clàssica a un servidor web

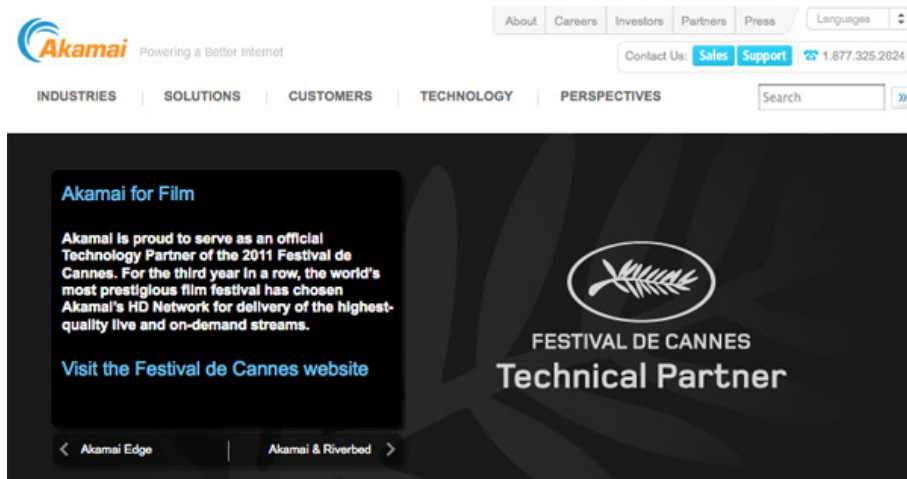


D'entrada (1) el navegador fa una petició HTTP al servidor web sobre aquesta pàgina específica. El servidor web (2) processa la petició i retorna un nombre limitat d'elements de la pàgina (generalment dos), per exemple el codi HTML i una de les imatges. Aquests elements són transmesos (3) al navegador, que comença la composició en pantalla. Per a rebre tot seguit dos elements més, com ara un *script* i un WAV, s'ha de repetir tot el procés: (1) (2) (3).

Tal com es pot deduir, en situacions d'alta congestió aquest mecanisme és compromès, ja que el nombre de peticions pot superar la capacitat de gestió del servidor web. Aquest inconvenient s'intenta minimitzar amb diverses tècniques pel cantó del servidor (afegint-hi una memòria cau, servidors en paral·lel, etc.) i reduint la latència de les peticions. La major part de les vegades n'hi ha prou de fer això, però si es vol un augment superior s'ha d'emprar un mecanisme de servei que es basi en una plataforma de distribució de contingut.

Les plataformes de distribució de continguts (CDN) no són altra cosa que una col·lecció col·laborativa d'elements de xarxa distribuïda per Internet en què el contingut es replica en diversos **servidors web** **rèplica** amb la finalitat de fer el lliurament dels continguts als usuaris finals de manera transparent i eficaç.

Il·lustració 18. Akamai: la plataforma de distribució de continguts més extensa del planeta



Akamai, avui dia la CDN més extensa del planeta, ofereix serveis de manera transparent a les empreses més importants.

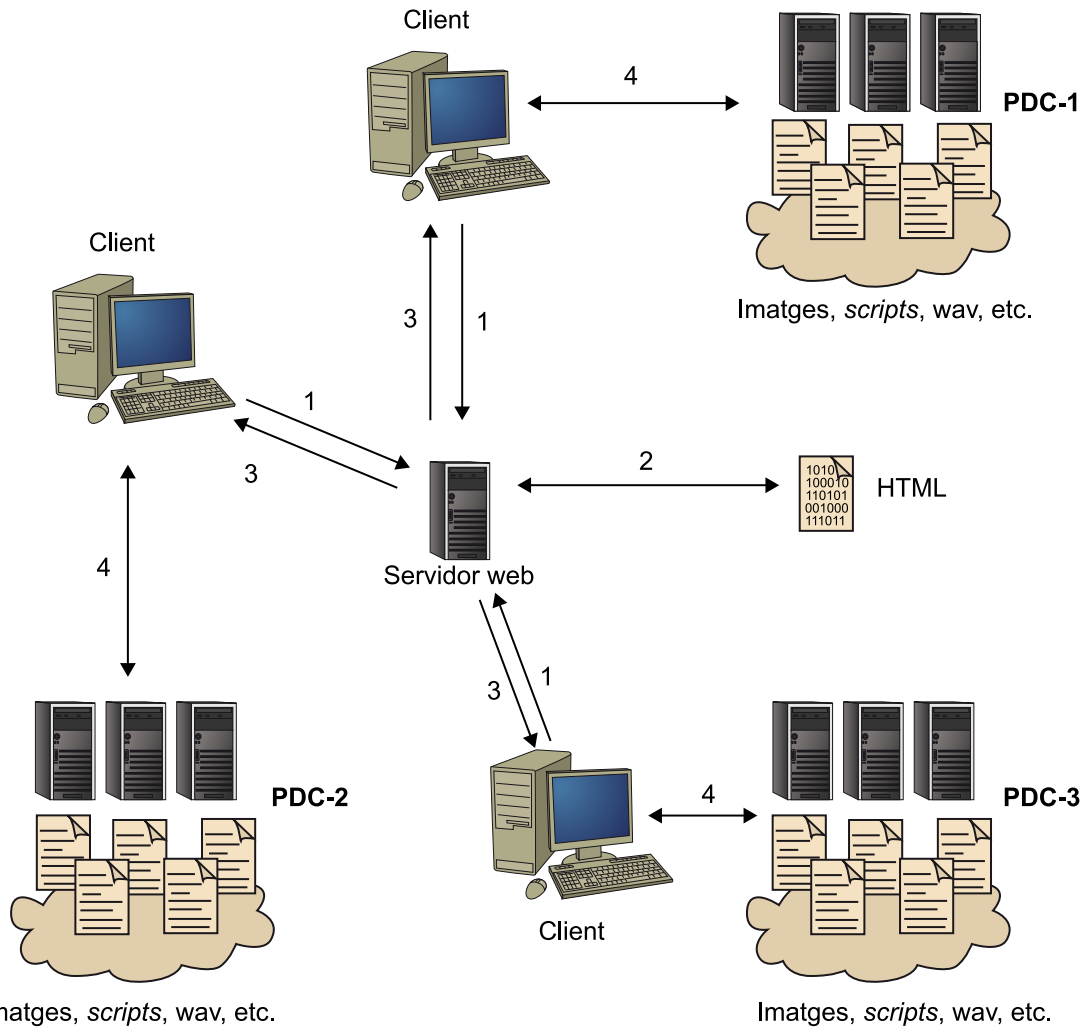
Les CDN s'han dissenyat per a superar les limitacions inherents d'Internet i possibilitar que l'usuari rebi una bona qualitat de servei (QoS) quan accedeixi al contingut web en situacions tan congestionades. Així, proporcionen serveis que milloren el rendiment de la xarxa, maximitzen l'amplada de banda, i milloren l'accessibilitat, el manteniment i els canvis del contingut mitjançant un **mecanisme de replicació de contingut**.

Continuant amb el nostre exemple, el contingut HTML es manté en el servidor web original (lamentablement el codi HTML no es pot copiar) però la resta del contingut es duplica en diversos servidors rèplica que hi ha al voltant del món com si fossin una memòria cau massiva. En algunes referències se'n diu "el núvol"³².

⁽³²⁾En anglès, *the cloud*.

Amb el gràfic següent com a referència (il·lustració 19), quan cada client llegeix (3) la pàgina HTML recollida (2) com a resposta a la seva petició (1), a la pàgina HTML s'indiquen les adreces genèriques d'emplaçament dels elements, i es fan la resta de peticions (4) mitjançant un mecanisme d'encaminament al CDN que el client té més a la vora. A més, com que cada CDN són diversos servidors, el navegador pot fer diverses peticions en paral·lel sobre diferents servidors de cada CDN.

Il·lustració 19. Tres clients sobre una web que funciona amb CDN



Sens dubte s'accelera dramàticament la lectura de la pàgina web, fins i tot en condicions d'alta càrrega, de manera totalment transparent al client, però traslladant la major part del problema als mecanismes de sincronització i reencaminament interns de la CDN.

A partir de l'exemple podem enumerar les funcions típiques d'una CDN:

- **Reencaminament de les sol·licituds i dels serveis de prestació de continguts**, és a dir, reencamina una sol·licitud de contingut al servidor de la CDN que hi ha més a la vora del sol·licitant que tingui una còpia d'aquest contingut (servidor còpia) emprant els mecanismes adequats per a evitar la congestió, i així resistir situacions de sobrecàrrega.
- **Externalització dels continguts i dels serveis de distribució**, per a replicar o fer una còpia (*cache*) del contingut des del servidor d'origen fins als servidors web distribuïts de la CDN.

Sobre la base d'això, la CDN necessita dos serveis addicionals igualment importants per a sobreviure:

- **Serveis de negociació del contingut**, per a satisfer les necessitats específiques de cada usuari o grup d'usuaris (accés per pagament, restriccions horàries de l'accés, restriccions per l'emplaçament geogràfic de l'usuari, etc.).
- **Serveis de gestió**, per a administrar els components de xarxa, per a portar la comptabilitat, i vigilar i informar sobre l'ús del contingut.

Els àmbits d'aplicació de la CDN són principalment els serveis públics de xarxes de contingut i les xarxes empresarials de mida mitjana i gran. Com que ara mateix la CDN és un mercat pròsper, ha esdevingut un camp de recerca en què s'introdueixen constantment nous avenços, solucions i serveis, a un preu que cau constantment. Hi ha tot un ventall d'aplicacions, com es pot veure en la taula resum següent:

	En temps real	No en temps real
Multimèdia	<ul style="list-style-type: none"> • Vídeo en viu • Videoconferència • Internet àudio en viu • <i>Intercoms (hoot and holler)</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Replicació de vídeos entre servidors web • Distribució de continguts
Només dades	<ul style="list-style-type: none"> • Dades de la borsa • <i>News feeds</i> • Compartició de documents entre diversos usuaris en paral·lel (<i>whiteboarding</i>) • Jocs interactius 	<ul style="list-style-type: none"> • Distribució d'informació de servidor a servidor i de servidor a client • Replicació de bases de dades • Distribució de programari

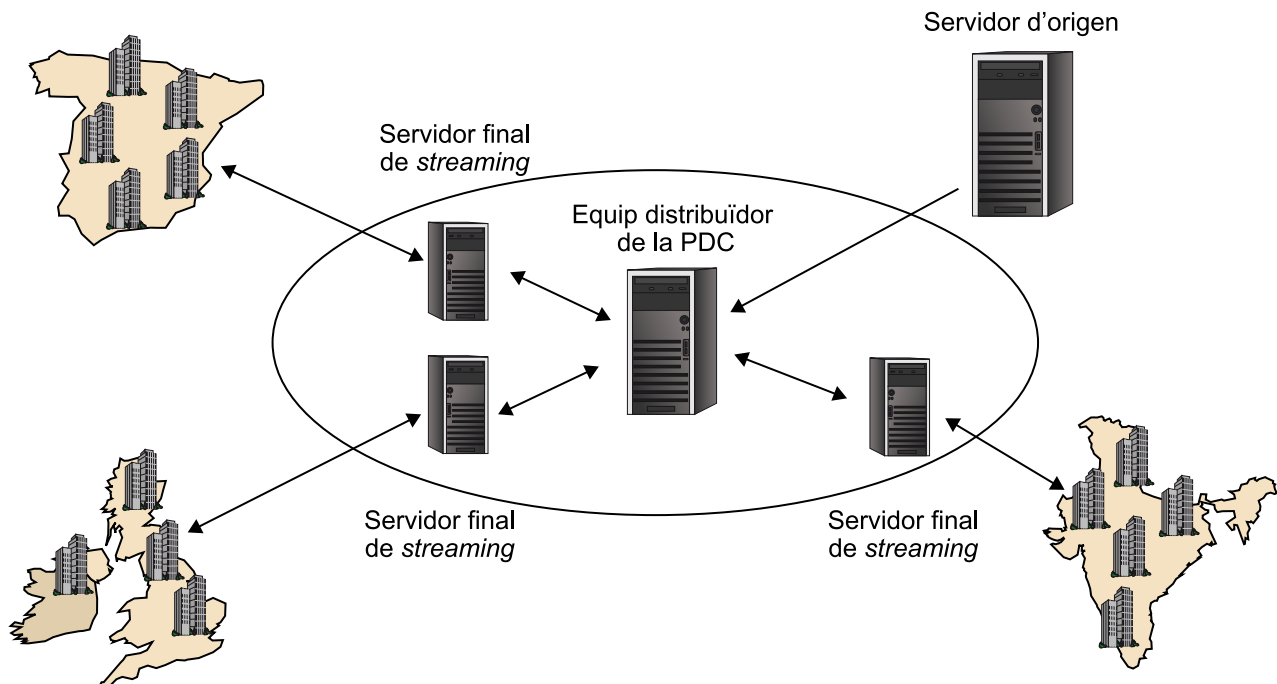
Cisco Systems

4.2. Estructura típica d'una CDN

La il·lustració 20 mostra el model bàsic de la CDN, en el qual els servidors web, replicats al llarg del planeta, se situen en les xarxes a què pertanyen els usuaris que s'hi solen connectar.

La CDN distribueix el contingut a un conjunt de servidors web escampats pel món amb la finalitat d'intentar que el lliurament d'aquest contingut als usuaris finals es dugui a terme d'una manera eficaç i segura. El contingut es replica quan els usuaris sol·liciten aquest contingut o bé abans d'aquesta sol·licitud, mitjançant un mecanisme programat que distribueix el contingut nou al llarg de tots els servidors web distribuïts.

Il·lustració 20. Estructura de la CDN



Cada usuari accedeix de manera transparent i involuntària al contingut del servidor web “rèplica”⁽³³⁾ més pròxim del punt de vista de xarxa. Així, l’usuari, sense saber-ho, acaba comunicant amb un servidor pròxim pertanyent a la CDN i accedint als arxius d’aquest servidor.

⁽³³⁾En anglès, *edge server*.

La tasca fonamental de la CDN és construir la infraestructura de xarxa pròpia per donar els serveis d’emmagatzematge i gestió de continguts de tercers, de distribució d’aquests continguts en els servidors rèplica, de gestió de les còpies, de gestió dels continguts estàtics (pàgines HTML estàtiques, imatges, documents, programari, actualitzacions, etc.), dinàmics (serveis de directori, serveis de comerç electrònic, serveis de transferència de fitxers, etc.) i de transmissió de dades d’àudio i vídeo en temps real (Internet TV, IPTV, transmissió d’àudio en temps real), de gestió de solucions de seguretat⁽³⁴⁾ i de recuperació en cas de desastres, i de monitoratge del rendiment i de les incidències.

⁽³⁴⁾En anglès, *backup*.

Els clients de la CDN, els proveïdors de continguts, la contracten per aprofitar aquesta infraestructura i els serveis esmentats, i tenen el contingut emmagatzemat en els servidors replicats. Aquests clients van des de grans empreses, proveïdors de serveis web, empreses de publicitat i de multimèdia en general, empreses de *broadcast* que amplien serveis a Internet, etc., fins a proveïdors virtuals d’Internet, plataformes de música en línia, operadors de telefonia mòbil, fabricadors d’electrònica de consum, etc. La suma d’aquests clients possibilita mantenir i actualitzar la vasta xarxa pròpia de la CDN distribuïda al llarg d’uns quants països, o fins i tot d’uns quants continents.

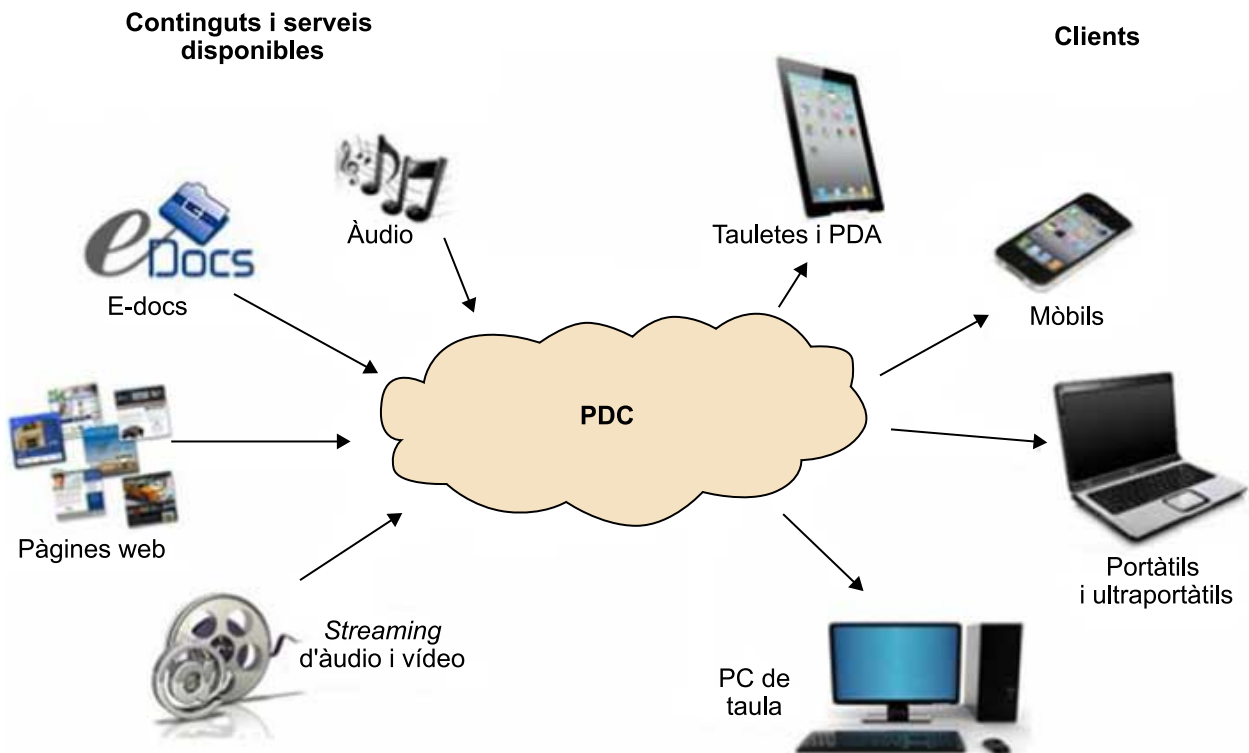
4.3. Serveis que ofereixen

En el cas de la distribució d'un flux de dades, la CDN ofereix un punt d'accés³⁵ a la font de vídeo per la qual s'introdueix el flux de dades d'origen en la CDN. En el cas de distribució de fitxers, ofereix un espai virtual per a emmagatzemar-los.

⁽³⁵⁾En anglès, *entry-point*.

Els usuaris finals, aliens a l'existència de la CDN entre ells i el contingut del proveïdor, interactuen amb la CDN especificant el contingut que volen descarregar, visualitzar o escoltar dels proveïdors de continguts, sia des del telèfon intel·ligent, la tauleta, el mòbil, el portàtil o l'ordinador.

Il·lustració 21. Serveis i continguts freqüents proporcionats per una CDN



La CDN cobra als clients, els proveïdors de contingut, d'acord amb el volum de dades lliurat (trànsit) des dels servidors rèplica als usuaris finals. Com ja hem comentat, la CDN disposa de mecanismes per a obtenir aquesta informació gairebé en temps real per a detectar fins i tot incidències en el servei o col·lapses interns. El cost d'aquest servei continua essent elevat per a petites i mitjanes empreses i també per a organitzacions sense ànim de lucre, encara que és clar que anirà baixant durant els anys vinents, tot i que molt a poc a poc.

CDN de baix cost

Hi ha CDN de baix cost, com les que subministren les empreses Value i MediaMotion. Accediu als seus llocs web per comparar els seus preus actuals. En general s'hi indica el volum de dades que es pot emmagatzemar i el volum de transferència d'aquestes dades en un mes.

4.4. El mercat de la CDN avui dia

L'entorn de crisi econòmica començada el 2008 va alentir la implantació de noves plataformes de distribució i va augmentar la competència entre les que hi havia, alguna de les quals ha cedit davant la reducció dels marges comercials.

En general, les empreses que tenen grans clients (Akamai, EdgeCast, Limelight), les que són derivades (*spin-off*) d'empreses d'èxit en un altre sector (Amazon Cloudfront) i les creades com a ampliació del seu servei de xarxes de dades (les anomenades *telco* CDN, això és, ATT, BT, NTT, Telefónica, etc.) competeixen ferotgement per un mercat en augment.

A Internet hi ha llistes actualitzades de proveïdors de CDN. Adobe en presenta una dels que fan servir tecnologia Flash:

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

5. D'igual a igual (P2P)

Les solucions que hem vist fins ara en aquest mòdul s'han basat en l'estructura client-servidor i com a element bàsic el servidor de *streaming* (llegiu-hi servidor de continguts en general): el client obre una sessió amb el servidor, que li envia el material demanat "directament".

En la versió CDN, el model és el mateix, però el servidor de continguts distribueix el material a diversos servidors finals de *streaming* situats estratègicament, que són els que ofereixen directament el material als clients del seu entorn. Sens dubte, una CDN redueix el retard al començament de l'enviament, redueix el trànsit global en el nucli de la xarxa i serveix els clients com si fos una entitat única. I, sobretot, és una estructura escalable, de manera que el col·lapse sempre es pot evitar fent inversions més grans en servidors.

Amb les tècniques actuals de compressió es pot assolir una qualitat estàndard de televisió a partir de 400 Kbps, de manera que les provisions d'amplada de banda d'un servidor han de ser, almenys, de $400 \times N$, en què N és el nombre màxim d'usuaris a què es pensa donar servei simultàniament amb aquest servidor. El cost d'aquesta previsió d'amplada de banda per al més dolent dels casos s'afegeix al cost de lloguer o compra de servidors per a augmentar de N en N el nombre d'usuaris a què es pot donar servei.

La solució eficient a aquest problema és l'aplicació del protocol de transmissió a grups sobre xarxes IP que, des del punt de vista de la xarxa, possibilita la distribució de dades des d'una font a molts clients d'una manera eficient, ja que a més és capaç de definir grups d'usuaris IP de manera oberta i dinàmica. No obstant això, tal com hem comentat, no es dona suport a aquest ús per raons diverses i tampoc no es pot assegurar que en un escenari mundial aquest protocol no generaria situacions no previstes.

La solució alternativa és traslladar aquesta funcionalitat volguda a l'àmbit de l'aplicació (és a dir, l'aplicació que s'executa és la que gestiona les peticions i la reexpedició de dades) i deixar l'àmbit de la xarxa amb els protocols actuals coneguts; sens dubte no és tan eficient però així i tot demostra que té beneficis. Aquest nou paradigma o model és aquell en què es basen les xarxes d'igual a igual (*peer-to-peer*) i el desenvolupament d'aplicacions i serveis distribuïts. Hi ha fonts que d'aquest servei en diuen *P2PTV* o *peercasting*.



YouTube: un exemple de P2P

YouTube és un exemple il·lustratiu de plataforma P2P. Té dos problemes, però: comporta grans provisions d'amplada de banda per a cada servidor per a mantenir una qualitat de servei per a tots els usuaris que hi concorren; i, si bé l'estructura és escalable, el ritme d'inversions que comporta és alt per a poder proveir la demanda de distribució audiovisual, que augmenta constantment (més del 30% cada any).

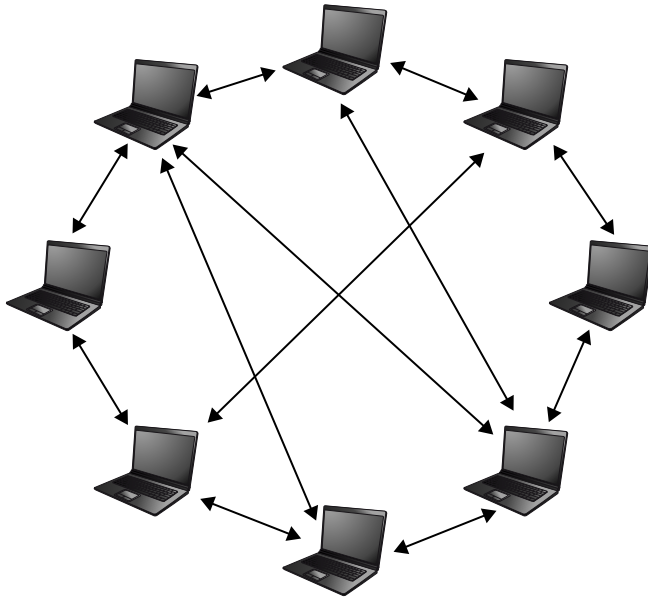
Vegeu també

Vegeu l'apartat 2 d'aquest mòdul didàctic.

Xarxes d'igual a igual

Las xarxes P2P són xarxes d'igual a igual, entre nodes, de parells, de punt a punt, etc. Les traduccions són molt diverses.

Il·lustració 22. Xarxes P2P



Una xarxa P2P no té un servidor centralitzat: tots els clients són ara servidors.

Des de Napster el 1998 i els *torrents* subsegüents, la tecnologia P2P ha estat de gran èxit per a la distribució de fitxers de contingut divers a gran escala. Sense entrar en les conegudes qüestions de legalitat d'aquestes distribucions, les aplicacions P2P actuals són un gran percentatge del trànsit a la Xarxa i, d'aquest percentatge, bona part és de distribució de contingut audiovisual.

La filosofia base de la tecnologia P2P és que qualsevol client també pot treballar com a servidor –anomenat node³⁶– a cada equip capacitat per a aquesta doble funció. Cada node no solament descarrega arxius de la Xarxa, sinó que ofereix els que ha descarregat per pujar-los a altres clients que ho demandin. Si bé sovint l'amplada de banda de la connexió client és més gran en descàrrega que no pas en pujada, l'aplicació que controla el node aprofita i administra de manera eficient l'amplada de banda de pujada.

⁽³⁶⁾En anglès, *peer*.

Doncs bé, per què no es fa servir una infraestructura com P2P per a crear solucions de distribució de vídeo i àudio en temps real i de VoD a un cost molt inferior al del model centralitzat client-servidor? El gran problema de l'escalabilitat queda resolt convertint qualsevol client (part del problema) en una solució del problema, encara que deixa en l'aire moltes preguntes.

5.1. Característiques d'una xarxa P2P

Destaquem les característiques següents de les xarxes P2P:

a) Escalabilitat: sens dubte és el gran punt a favor respecte al model client-servidor i el motiu pel qual se n'investiga profusament l'ús per a moltes aplicacions. Cada nou usuari és no solament un client, sinó un nou servidor.

b) Control central reduït: P2P és sinònim de descentralització, en què tots els nodes tenen la mateixa funcionalitat. Els membres es connecten mitjançant polítiques definides pel sistema, i formen una certa topologia. L'excepció va ser Napster, que tenia una sèrie de servidors centralitzats només per a indexar els fitxers i així tenir un servei de directori o cerca unificat. L'intercanvi de fitxers era, això sí, d'usuari a usuari.

c) Heterogeneïtat: els membres de la xarxa P2P són heterogenis en termes de capacitat de xarxa, d'emmagatzematge, de sistema operatiu, etc. Una xarxa d'aquest tipus pot englobar des de nodes universitaris d'altres prestacions fins a ordinadors portàtils (fins i tot telèfons intel·ligents i tauletes) d'usuaris domèstics amb connexions senzilles.

d) Topologies planes de xarxa: tots els membres de la xarxa P2P són tractats de la mateixa manera, encara que hi ha alguns nodes que poden ser supernodes.

e) Autonomia: el temps i els recursos que pot oferir un node a la xarxa P2P com a contribució són dinàmics i impredecibles. Sovint, els nodes estan sota diferents controls administratius, fusos horaris, etc., de manera que costa molt aplicar polítiques globals.

f) Resistència a fallades: els membres de la xarxa P2P es poden associar o se'n poden anar en qualsevol moment. Per això la comunitat és dinàmica i no es pot fer una assumpció sobre la disponibilitat de recursos o de camins de xarxa. Un sistema P2P ha de ser capaç de recuperar-se de l'abandonament sense avis d'algun dels nodes.

5.2. Gestió del flux de dades en emissió i recepció

La font de dades, per la seva naturalesa distribuïda en l'ús que se'n fa per a fluxos de dades en temps real, és un servidor que distribueix cada porció (*chunk*) d'àudio i vídeo a diferents usuaris i dispersa ràpidament la informació per als clients que l'han demanada. Ha de quedar clar, però, que **no** duplica ni triplica l'enviament de la mateixa porció a diferents usuaris, tal com faria un servidor de *streaming* clàssic, sinó que només l'envia una vegada a un sol usuari cada vegada. Els usuaris són els que reenvien de seguida la informació que han rebut (evidentment, la immediatesa és crítica).

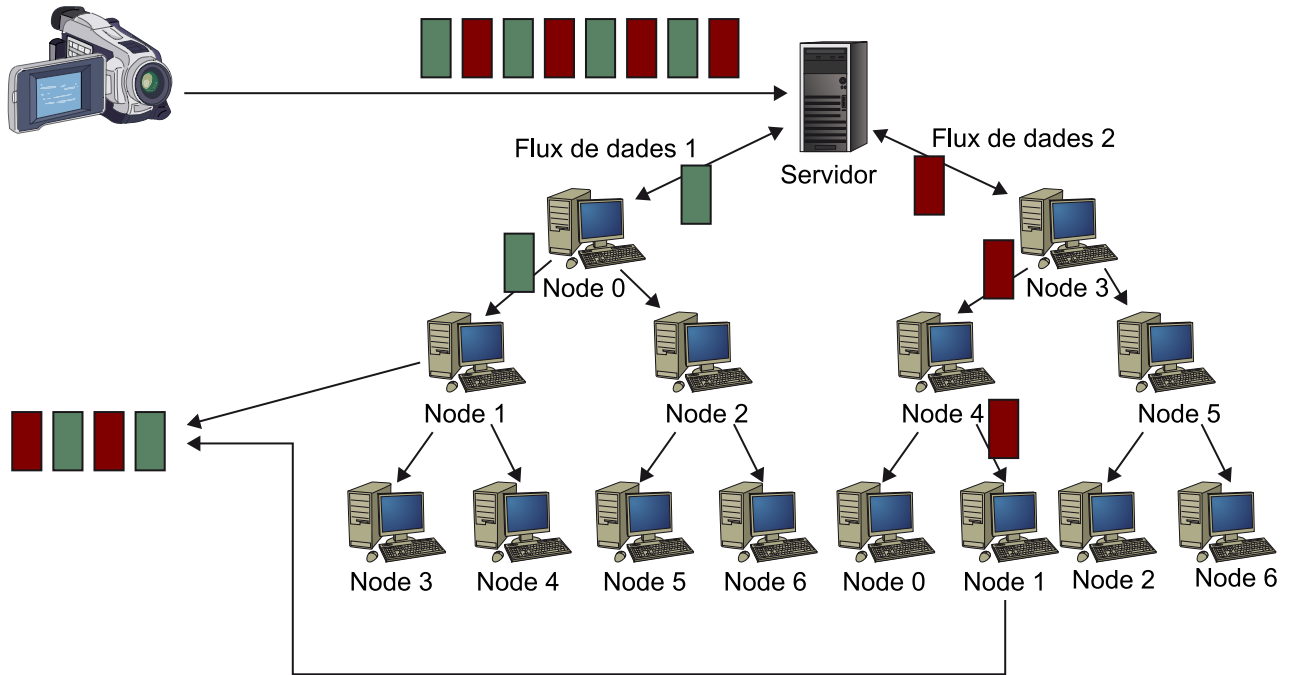
Vegeu també

Recordem que els contenidors de fitxers compatibles amb transmissió de dades d'àudio i vídeo en temps real estructurats les dades internes en porcions. Ho expliquem en el subapartat 5.2 del mòdul "Transmissió" d'aquesta assignatura.

Exemple de gestió del flux de dades

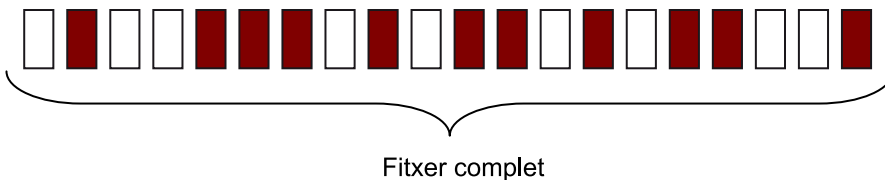
L'usuari 1 rep fragments del flux de dades per mitjà de l'usuari 0 i de l'usuari 4, de manera que reconstrueix el flux de dades i el reproduïx, i en paral·lel l'ofereix als usuaris 3 i 4.

Il·lustració 23. Gestió del flux de dades en emissió i recepció



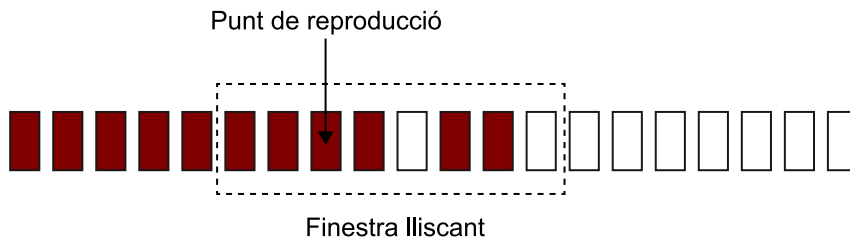
El client 1 rep per diferents camins els fragments del flux de dades.

Recordem el funcionament d'una xarxa P2P clàssica: mitjançant una aplicació, el client cerca un fitxer i comença a descarregar-lo simultàniament de diferents clients que el tenen totalment o parcialment. De cadascun d'aquests clients en descarrega una porció més o menys gran (segons, per exemple, la seva capacitat de pujada a la Xarxa), la suma final de la qual forma el fitxer demanat. Fins que no s'acabi la descàrrega de totes les porcions, l'usuari no tindrà la còpia del fitxer.



No obstant això, en una xarxa P2P per a transmissió de dades d'àudio i vídeo en temps real no es demana la descàrrega d'un fitxer, sinó d'un flux de dades: sia una transmissió de dades d'àudio i vídeo en temps real, sia la visualització d'una pel·lícula en VoD a partir de cert punt segons la voluntat del client. Quan es tenen uns quants fragments consecutius del flux de dades d'àudio i vídeo, ja es pot començar la reproducció del material.

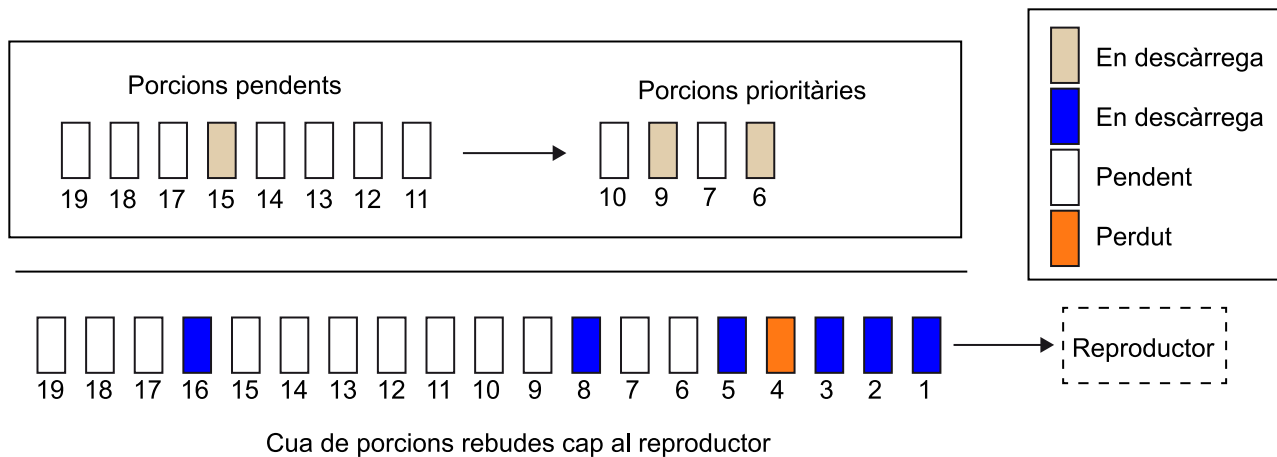
L'aplicació P2P del client es preocupa tota l'estona de la descàrrega de les porcions que van just després de la porció que es reproduceix. S'entén que s'ha de definir quantes porcions com a màxim cal tenir en compte per assegurar la reproducció dels següents segons o minuts, és a dir, una finestra lliscant de porcions.



Si aquest flux de dades no té gaires fonts per a fer la descàrrega, la finestra ha de ser més petita, de manera que l'aplicació es concentrarà en la descàrrega de poques porcions optimitzant l'ús de les descàrregues perquè no falti material en temps de reproducció. En canvi, si té moltes fonts, la finestra pot ser més gran. En l'exemple anterior, la finestra definida és de 8 porcions.

Sens dubte, cada client té una memòria o cua de porcions a l'entrada del reproductor local, i hi situa de manera ordenada les porcions que va rebent abans de lliurar-les al reproductor. Per exemple, per a una finestra de 10 porcions, la situació podria ser la següent en algun instant:

Il·lustració 24. Un exemple de gestió detallada de les porcions



A punt de reproduir-se la 1, s'ha descarregat alguna de les porcions, i d'entre les que falten, se'n prioritzen les que pertanyen a la finestra (6, 7, 9 i 10). La porció 4 s'ha perdut, ja que, encara que fos en algun client, l'aplicació considera que ja no hi ha temps per a descarregar-la en vista de l'experiència que ha tingut fins llavors quant a trànsit de xarxa.

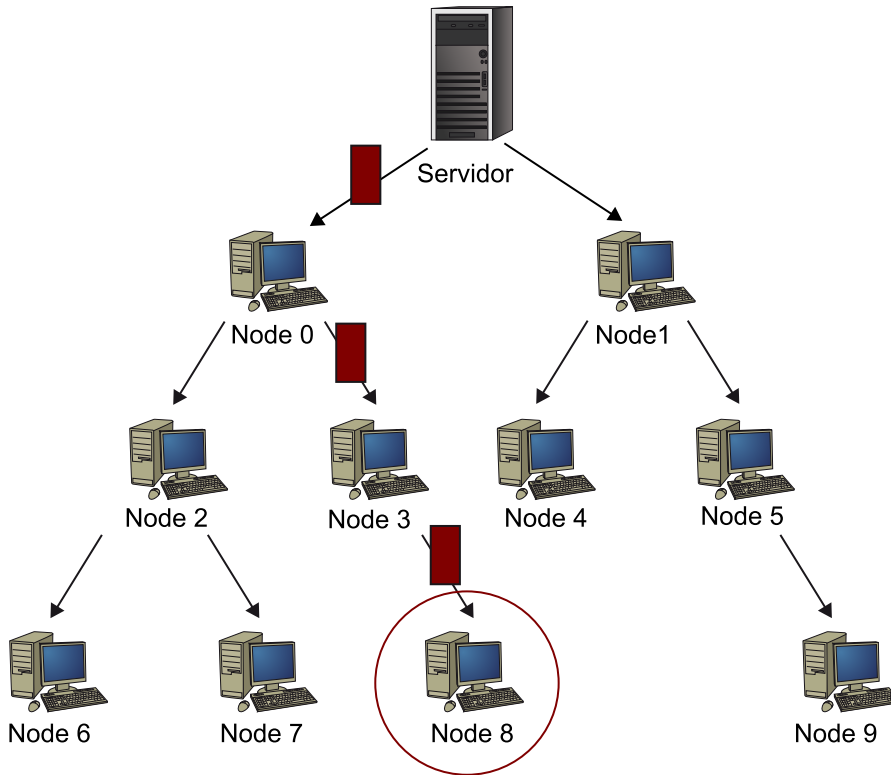
5.3. Estructures habituals en xarxes P2P

Hi ha dos plantejaments d'interconnexió de nodes en una xarxa P2P que obliguen a tenir diferents modes de gestió:

1) **En arbre:** els nodes s'interconnecten d'una manera predefinida, en general en forma d'arbre. Les dades s'envien de pares a fills, de manera que els pares envien sempre totes les dades rebudes als fills. Aquest mode va molt

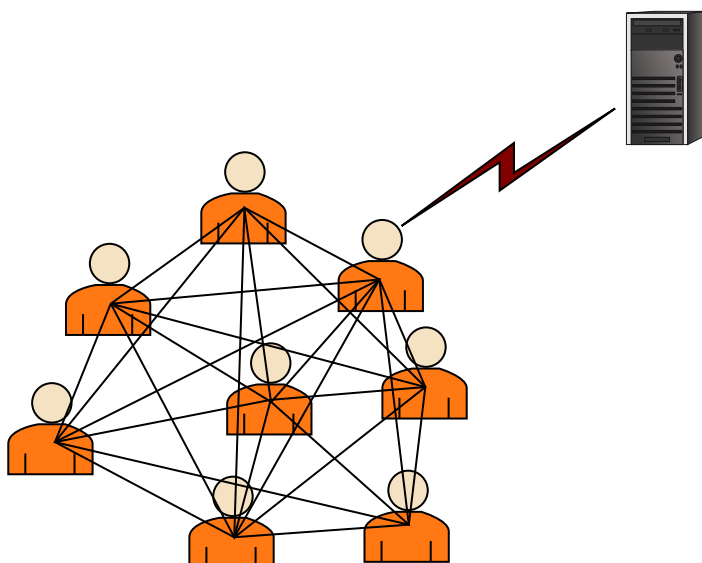
amb compte en la incorporació de nous nodes i en l'abandonament de nodes en funcionament. Hi ha supernodes que indexen l'emplaçament del material disponible a la xarxa, de manera que la cerca de material és ràpida.

Il·lustració 25. Xarxa P2P en arbre



2) **Desorganitzat** o **orientat a dades**: els nodes es connecten segons la necessitat de dades, de manera que l'estructura varia tota l'estona. Es recupera de seguida d'una pèrdua de node, encara que el sistema genera més retard en la distribució de dades. La cerca de material es fa enviant missatges de petició als nodes pròxims, cosa que genera un trànsit addicional poc eficient.

Il·lustració 26. Xarxa P2P desorganitzada / orientada a dades



5.4. Transmissió P2P de dades d'àudio i vídeo en temps real avui dia

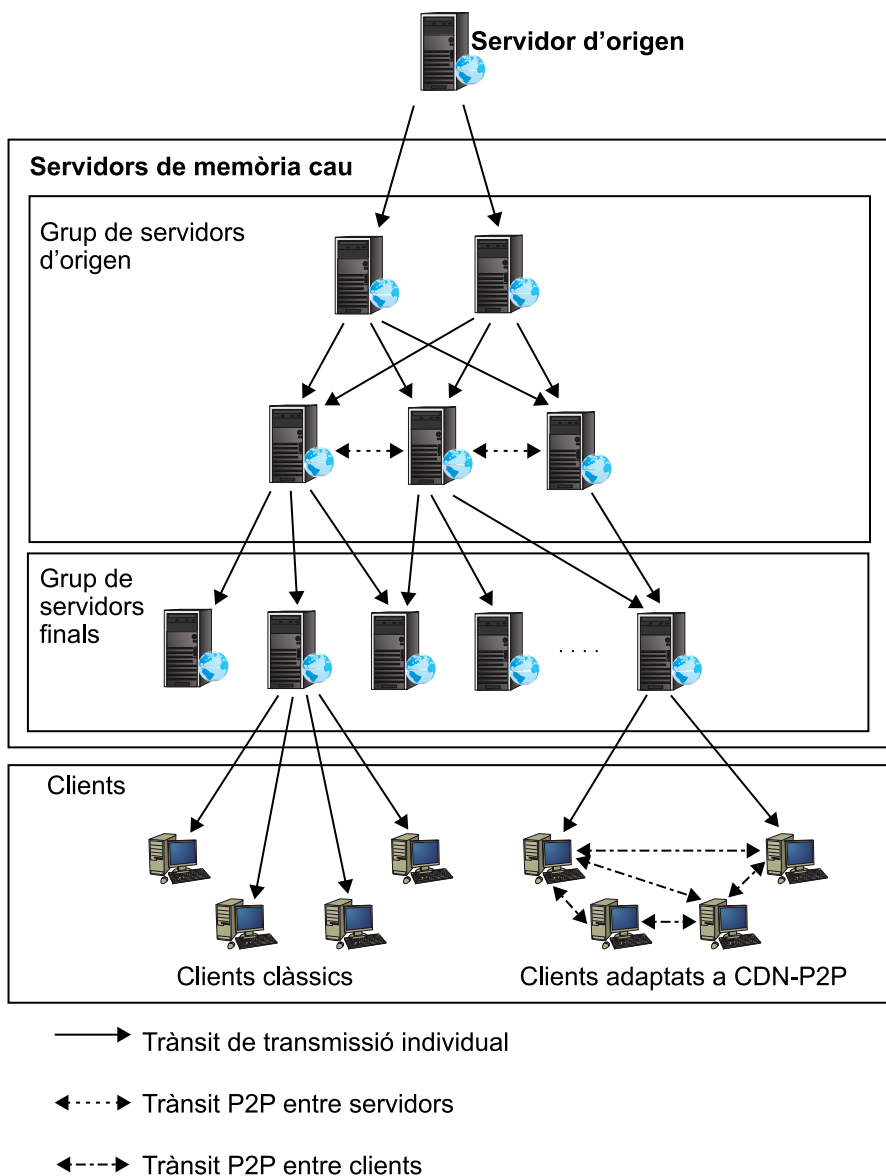
Hi ha diverses solucions propietàries de redistribució de vídeo en temps real o a la carta d'empreses com Octoshape o Alluvium.

El projecte D/P2P de la Unió Europea de Radiodifusió (EBU) intenta motivar des del 2008 les empreses tradicionals de televisió de les possibilitats de les xarxes P2P per a la distribució com un mercat potencial i preveure les oportunitats de negoci en aquest camp.

6. CDN-P2P híbrid

En vista d'això que acabem de veure, sens dubte la tecnologia P2P té beneficis en relació amb la CDN pel que fa a cost i escalabilitat, però la CDN la supera en fiabilitat i fan falta molts clients per a aconseguir la mateixa qualitat en una xarxa P2P. La idea de combinar aquests dos models apareix de manera natural.

Il·lustració 27. Una possible estructura CDN-P2P



En una arquitectura híbrida CDN-P2P, un servidor CDN sol actuar com un component que assegura l'accessibilitat del recurs demanat (en el nostre cas, un flux de dades en viu o un fitxer per a VoD) i la velocitat de transmissió i l'estabilitat del retard en el lliurament d'aquest recurs. Tal com es presenta en el diagrama adjunt (il·lustració 27), en aquest model hi ha dues grans novetats:

- Un nivell intermedi entre el servidor de continguts i els servidors finals de *streaming*, compost de diversos servidors que intercanvien els continguts mitjançant un mecanisme P2P.
- Els clients finals no solament fan la funció de petició, sinó que donen suport al servidor CDN en el procés de distribució a altres nodes clients.

Les implementacions parcials d'aquest model a petita escala demostren que un conjunt de nodes ben organitzats i col·laboratius poden reduir sensiblement la càrrega del servidor.

6.1. CDN-P2P avui dia

Com que és un tema candent, les novetats en aquest camp són constants, de manera que una cerca a Google és més efectiva que no pas la llista d'exemples següents:

- Kontiki té un nucli de servidors CDN que té el suport de clients P2P i ofereix el servei a petites i mitjanes empreses.
- La tecnologia *distributed cloud streaming* de Giraffic és un exemple de suport a qualsevol lloc web o servei d'Internet TV que vulgui millorar la transmissió de dades d'àudio i vídeo en temps real i reduir costos d'amplada de banda.
- Ignite
- Etcètera.