

# Serveis d'àudio i vídeo

Josep Ciberta Tirado, Oriol Torres Carrió

Serveis de xarxa i Internet



# Índex

<b>Introducció</b>	<b>5</b>
<b>Resultats d'aprenentatge</b>	<b>7</b>
<b>1 Instal·lació i administració del servei d'àudio</b>	<b>9</b>
1.1 Servidors de reproducció en temps real	9
1.2 Àudio digital	10
1.2.1 Formats d'àudio digital	12
1.2.2 El format més popular: l'MP3	14
1.2.3 Llistes de reproducció	15
1.3 Subscripció d'àudio	17
1.3.1 'Podcast'	17
1.3.2 Diferències entre 'podcasting' i reproducció en temps real	18
1.4 Reproducció en temps real	21
1.4.1 Protocols bàsics	22
1.4.2 Reproducció en temps real d'informació multimèdia	23
1.4.3 Difusió en temps real a adreces de multidesinació	24
1.4.4 Difusió en temps real de ràdio	24
1.5 Programari de servidors de difusió en temps real d'àudio	25
1.5.1 Servidor Darwin	25
1.5.2 'Streaming' d'àudio des de la consola: IceCast	26
1.5.3 Servidor Ampache	27
1.5.4 Subsonic/LibreSonic/Airsonic	27
1.5.5 GNUP3d	27
<b>2 Instal·lació i administració del servei de vídeo</b>	<b>29</b>
2.1 Vídeo digital	29
2.1.1 Formats d'imatge	30
2.1.2 Formats contenidors de vídeo	32
2.1.3 Còdecs de vídeo	33
2.2 Servidors de vídeo	35
2.2.1 Servidors de continguts continus	36
2.2.2 Descàrrega progressiva ('pseudostreaming')	36
2.2.3 Subscripció de vídeo	38
2.3 Videoconferències	39
2.3.1 Funcionament	39
2.3.2 Programari	42



## Introducció

En el mòdul *Serveis de xarxa i Internet* s'estudia i practica la instal·lació i configuració de diversos serveis de xarxa. Molts d'aquests serveis són molt coneguts i es destinen a proporcionar serveis d'internet a l'usuari final (per això són populars): per exemple, el servei web (HTTP), el de transferència de fitxers (FTP), el de correu, el d'àudio i de vídeo... Tanmateix, hi ha altres serveis que, tot i ser imprescindibles a internet, són menys coneguts pels usuaris. Es tracta de serveis com DHCP, DNS o SMTP, que, tot i ser omnipresents, no són tan coneguts perquè no van destinats a l'usuari final, sinó a la configuració de les xarxes, a fer que les xarxes funcionin correctament.

En l'apartat **“Instal·lació i administració del servei d'àudio”** s'explica com mantenir i administrar adequadament els servidors de reproducció en temps real d'informació multimèdia. A grans trets, es mostren els paràmetres que ha de tenir en compte l'administrador a l'hora de definir els serveis de difusió en temps real de clips d'àudio i/o ràdio.

Cal que us familiaritzeu amb el format d'àudio digital, amb especial rellevància per a la conversió analogicodigital, per acabar centrant l'atenció en el format MP3. També s'aprofundeix en les principals diferències entre el *podcasting* i la reproducció en temps real.

La reproducció en temps real (*streaming*) transmet informació multimèdia en temps real. Cal saber definir i configurar el servidor de difusió en temps real d'àudio. S'expliquen els aspectes que cal tenir en compte a l'hora de configurar el servidor, com compartir la informació amb els diferents usuaris, etc.

En l'apartat **“Instal·lació i administració del servei de vídeo”** s'explica com mantenir i administrar adequadament els servidors de reproducció en temps real d'informació multimèdia. A grans trets, es mostra quins paràmetres ha de tenir en compte l'administrador a l'hora de definir els serveis adients per a la difusió en temps real d'arxius de vídeo.

S'estudien els principis fonamentals en què es basa el vídeo digital. Partint del fet que una seqüència de vídeo digital consisteix en una sèrie d'imatges que, en reproduir-se unes rere les altres, creen una sensació de moviment, es tracten els diferents formats d'imatge digital i s'aprofundeix en els formats de vídeo digital.

També es tracta l'entorn de l'ordinador tot estudiant la importància dels còdecs per, finalment, entrar a conèixer els principals paràmetres dels servidors de vídeo i de continguts continus. Així mateix, es veu la subscripció de vídeo fins a enllaçar amb un dels fenòmens més importants d'internet com és Youtube i el protocol en què es basa (*pseudostreaming*). Coincidint amb la importància de Youtube, s'exposa una eina que ha anat guanyant rellevància tant des del punt de vista empresarial com personal: les videoconferències.

Els dos temes tractats en aquesta unitat estan força relacionats. Amb tot, és preferible que feu una primera lectura global dels diferents apartats i que en una segona lectura aneu practicant *in situ* els passos descrits. Aquest procés pràctic es pot ampliar al mateix temps seguint els apunts i les activitats contingudes en el material web.

## Resultats d'aprenentatge

En finalitzar aquesta unitat, l'estudiant:

1. Administra serveis d'àudio identificant les necessitats de distribució i adaptant els formats.
  - Descriu la funcionalitat del servei d'àudio.
  - Instal·la i configura un servidor de distribució d'àudio.
  - Instal·la i configura el client per a l'accés al servidor d'àudio.
  - Reconeix i utilitza formats d'àudio digital.
  - Utilitza eines de reproducció d'àudio en el client.
  - Utilitza serveis d'àudio mitjançant el navegador.
  - Utilitza tècniques de sindicació i subscripció d'àudio.
  - Elabora documentació relativa a la instal·lació i administració del servidor d'àudio.
2. Administra serveis de vídeo identificant les necessitats de distribució i adaptant els formats.
  - Descriu la funcionalitat del servei de vídeo.
  - Instal·la i configura un servidor de vídeo.
  - Configura el client per a l'accés al servidor de vídeo.
  - Reconeix i utilitza formats de compressió de vídeo digital.
  - Utilitza tècniques de sindicació i subscripció de vídeo.
  - Descriu les característiques i els protocols utilitzats en el servei de videoconferència.
  - Instal·la i configura eines gràfiques per fer videoconferències.
  - Utilitza eines gràfiques i navegadors per fer videoconferències.
  - Elabora documentació relativa a la instal·lació i l'administració del servidor de vídeo i del servei de videoconferència.





## 1. Instal·lació i administració del servei d'àudio

La manera com escoltem música o mirem la televisió ha canviat molt en els darrers anys. De fet, fins i tot s'ha canviat el verb: ara tot aquest tipus de continguts multimèdia es *consumeix*.

En el cas del món de la música (i de l'àudio en general) la transformació ha estat enorme. De fet, ha patit diverses transformacions. Una va ser la transformació de tota una era analògica cap a un món digital amb la irrupció de les primeres tecnologies digitals (el *compact disc* o disc compacte) que aporten una millora en la qualitat del so.

Una altra transformació va ser la creació del format MP3, juntament amb el creixement d'internet, pel que fa a l'àmbit domèstic. Va revolucionar la manera de distribuir la música, amb la qual cosa el model anterior va quedar totalment obsolet.

Una darrera transformació ha estat l'aparició d'una nova tecnologia anomenada *streaming*, la reproducció en temps real, que fa que l'usuari ja ni disposi de fitxers MP3 per tal d'escoltar la seva música preferida, sinó que la consumeixi directament des d'internet, sense passar per un emmagatzematge previ.

Totes aquestes transformacions han anat impactant per generacions i han fet que les darreres generacions ja no estiguin tan familiaritzats amb conceptes com àudio analògic, disc, etc.

### 1.1 Servidors de reproducció en temps real

La reproducció en temps real s'acostuma també a anomenar amb el terme anglosaxó *streaming*, que vol dir 'corrent' o 'flux'. Al cap i a la fi, és una metàfora per indicar com flueixen les dades que s'estan transmetent.

La reproducció en temps real o *streaming* s'associa normalment amb continguts multimèdia, és a dir, a la transmissió i la distribució principalment d'àudio i vídeo. No obstant això, l'*streaming* també es pot utilitzar per a la transferència en temps real d'altres tipus de dades, com per exemple monitoratges o simulacions. De totes maneres, en la distribució d'àudio i vídeo és on ha agafat més rellevància.

La **reproducció en temps real** o *streaming* consisteix a anar consumint (reproduint, en el cas dels continguts multimèdia) les dades que es transmeten sense emmagatzemar-les.

És a dir, es tracta de consumir dades mentre es van descarregant, tal com es pot veure en la figura 1.1. La tècnica consisteix a tenir un *buffer*, que és una memòria intermèdia, que permeti emmagatzemar temporalment el que es reproduirà. D'aquesta manera sempre es tenen les dades amb anterioritat a la reproducció en condicions de transmissió constants (ample de banda).

FIGURA 1.1. Procés de reproducció en temps real



Els protocols principals per a la transmissió de dades en temps real són el protocol de transport en temps real (RTP) i el protocol de control RTP (RTCP). Aquest serveixen com a base per a altres protocols, com el protocol *Real Time Streaming Protocol* (RTSP). Aquests solen usar el protocol de transport *User Datagram Protocol* (UDP), ja que és un protocol no orientat a connexió i no fiable que fa augmentar la velocitat de transmissió en no demanar reconeixement (*acknowledge*) que les dades han arribat al receptor. No obstant això, també pot treballar amb el protocol de transport (TCP, *Transmission Control Protocol*).

#### Protocol no fiable

Un protocol és no fiable quan no comprova si les dades han arribat al destí. A vegades la fiabilitat la dona un protocol d'una capa superior, o a vegades no cal.

Darrerament, algunes empreses especialitzades en la distribució de continguts multimèdia han desenvolupat altres protocols per a la distribució de dades en temps real que tenen en compte altres característiques. Una d'aquestes consisteix a detectar la disponibilitat d'ample de banda per part del servidor i el client per tal d'ajustar el flux (*stream*) i la seva qualitat. Aquests protocols s'anomenen protocols d'*streaming* de *bitrate* adaptatiu, i els més coneguts són HLS, HDS, Smooth Streaming i MPEG-DASH.

## 1.2 Àudio digital

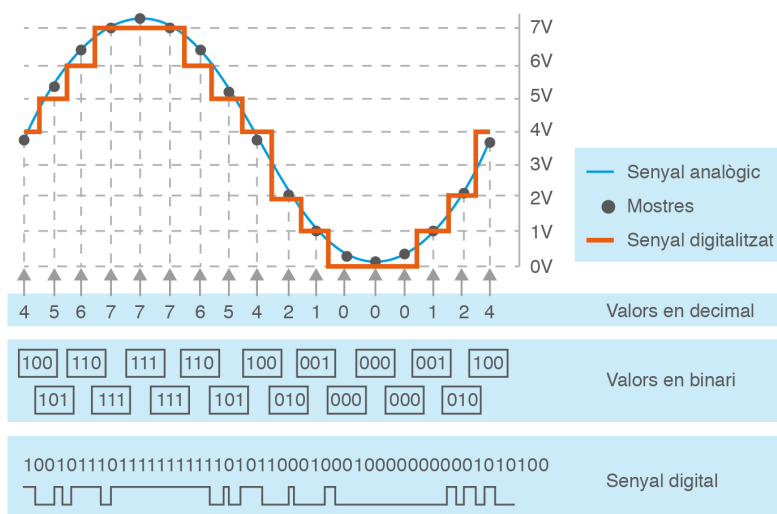
L'àudio digital és aquell que utilitza senyals binaris per a l'emmagatzematge i la reproducció del so. La transformació d'un senyal sonor (ona mecànica) a un senyal elèctric (ona electromagnètica) se sol fer a través d'un transductor (micròfon). Per tant, aquest senyal sonor es convertirà en un senyal elèctric binari, és a dir, en tot un seguit de 0 i 1, que quedaran ben definits per dos voltatges principals (per exemple, 0 volts per al valor 0 i 5 volts per al valor 1).

El senyal elèctric (analògic) pot patir un processat abans de la conversió analògicodigital que pot incloure reducció del soroll, l'amplificació, l'eliminació de freqüències i l'equalització, entre altres processos.

La conversió d'un senyal analògic a digital (en aquest cas, un senyal d'àudio) es fa mitjançant un procediment anomenat modulació per impulsos codificats

(PCM, *Pulse Code Modulation*) a través d'un conversor analògicodigital (ADC, A/D o *analog-to-digital converter*). Consta de tres etapes principals: mostreig, quantificació i codificació, tal com es pot veure en la figura 1.2:

FIGURA 1.2. Conversió d'un senyal analògic a digital



El **mostreig** és l'etapa que consisteix a agafar mostres (valors del senyal) depenent d'una freqüència prefixada, anomenada freqüència de mostreig. Com més alta sigui aquesta freqüència, més qualitat tindrà l'àudio digital. No obstant això, l'oïda humana no percep freqüències superiors als 20 KHz aproximadament.

El **teorema de Nyquist** (teorema de mostreig de Nyquist-Shannon) indica que per obtenir un senyal digital que contingui components fins a una certa freqüència cal mostrejar com a mínim al doble d'aquesta freqüència.

Per tant, mostrejar per sobre d'aquest valor no aportarà més informació per a les freqüències més baixes (demostració matemàtica fora de l'abast), és a dir, el senyal digital contindrà la mateixa informació que el senyal analògic per a aquestes freqüències.

#### Altres freqüències de mostreig

- 8 KHz per a telefonia digital
- 22,05KHz per a ràdio digital

Per exemple, la freqüència de mostreig en un CD de música (*Compact Disc Digital Audio* o CDDA) és de 44.100 Hz, és a dir, es prenen 44.100 mostres per segon.

La **quantificació** és l'etapa que assigna valors discrets a les mostres (valors analògics). En aquest pas es produeix una pèrdua de qualitat del senyal respecte a l'original que és inherent a l'àudio digital. Aquesta discretització es fa dins una escala determinada que determinarà la **precisió** de la mostra discreta.

La **codificació** és l'última etapa que assigna una seqüència de bits al valor quantificat. La longitud d'aquesta seqüència dependrà de l'escala que s'hagi fet

**Valor analògic:** valor que pot prendre un nombre infinit de valors.

**Valor discret:** valor que pot prendre un nombre finit de valors.

servir en la quantització, i s'anomena **resolució** (nombre de bits per mostra). Per exemple, si el rang de l'escala en què s'ha quantificat el senyal digital té 7 valors, llavors es necessitaran 3 bits per codificar-la, ja que  $2^3 \geq 7$ . Per exemple, en un CD de música la codificació és de 16 bits, és a dir, el rang és de 65.536 valors discrets diferents.

A més a més, un àudio digital pot tenir diversos canals. Per exemple, el so estereofònic té dos canals (dret i esquerre), la qual cosa fa que en escoltar el so l'experiència sigui més natural en provocar que l'àudio provingui de diferents fonts. Altres exemples són el sistema 5.1, que disposa de 6 canals. Tot el procés de conversió d'un senyal analògic a digital es realitza per a cada canal.

Per tant, els principals paràmetres que s'han de tenir en compte en la conversió d'un senyal analògic a digital són:

- Freqüència de mostratge
- Resolució (nombre de bits per mostra)
- Nombre de canals

### 1.2.1 Formats d'àudio digital

Els formats d'àudio digital es poden classificar en 3 grans grups:

- Formats d'àudio no comprimits
- Formats d'àudio comprimits sense pèrdua (*lossless compression*)
- Formats d'àudio comprimits amb pèrdua (*lossy compression*)

#### MIDI

Els arxius MIDI no contenen àudio en si. Realment contenen una seqüència de música enregistrada amb un conjunt de números que indiquen com s'ha de reproduir.

Hi ha algun altre format d'àudio que no prové d'un senyal digital d'àudio. És el cas del format MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*, interfície digital d'instruments musicals), que és un estàndard de comunicació entre components musicals electrònics tals com instruments electrònics o ordinadors.

Els formats d'àudio no comprimits no s'usen per a la distribució d'àudio a causa de la seva mida, sinó per a l'edició d'àudio digital (per la rapidesa a l'hora de processar el senyal). Posteriorment, si s'ha de distribuir per algun mitjà que requereixi alguna limitació, com per exemple un ample de banda concret, es codifiquen en un format comprimit.

Els formats d'àudio comprimits basen la reducció de la seva mida en algorismes que tenen en compte les característiques de l'oïda humana.

Una altra cosa que cal tenir en compte quan es parla de formats, i sovint s'usa indistintament o de forma genèrica, és la distinció entre còdecs d'àudio i formats contenidors (en el cas d'àudio, però també és vàlid per a vídeo).

Un **còdec** és un codificador que permet la compressió del senyal digital per al seu emmagatzematge o transmissió i també el descodificador per a la seva reproducció.

De fet, *còdec* és l'abreviació de codificador-descodificador. Alguns còdecs tenen el mateix nom que el fitxer contenidor que els conté (per exemple, MP3) i d'altres no (AAC/MP4). Fins i tot hi ha variants en les extensions dels fitxers contenidors (MP4, M4A, etc.).

Formats d'àudio no comprimits:

- **WAV** (*Waveform Audio File Format*): format desenvolupat per Microsoft i IBM.
- **AIFF** (*Audio Interchange File Format*): format desenvolupat per Apple.
- **AU**: format desenvolupat per la desapareguda Sun Microsystems (absorbida per Oracle el 2010).

Formats d'àudio comprimits sense pèrdua:

- **FLAC** (*Free Lossless Audio Codec*): format obert i lliure de *royalties* mantingut per la fundació Xiph.Org.
- **ALAC** (*Apple Lossless Audio Codec*): format desenvolupat per Apple. El còdec que dona nom al format, tot i que inicialment era propietari, actualment està publicat sota una llicència de codi obert i lliure de *royalties*.
- **WMA lossless** (*Windows Media Audio*): format propietari desenvolupat per Microsoft.

Formats d'àudio comprimits amb pèrdua:

- **MP3** (*MPEG Audio layer III*): format molt popular desenvolupat pel Moving Picture Experts Group.
- **WMA lossy** (*Windows Media Audio*): format propietari desenvolupat per Microsoft.
- **OGG/Opus**: Opus és un còdec obert i lliure de *royalties* desenvolupat per la fundació Xiph.Org i estandarditzat per Internet Engineering Task Force (IETF) com a RFC6716. Aquest còdec sol anar dins del format contenidor obert OGG (Ogg Vorbis).
- **AAC** (*Advanced Audio Coding*): dissenyat per ser el successor de l'MP3, aconsegueix taxes de compressió superiors a aquest tot mantenint la mateixa qualitat. Com a contenidor usa el format MP4 (a vegades l'extensió és M4A per identificar clarament que és un fitxer d'àudio). És el còdec/format usat per iTunes i YouTube, entre altres grans distribuïdors.

- **AC3** (*Audio Codec 3*): també és conegut com a Dolby Digital. És un format molt estès en el cinema i en els DVD, entre d'altres.
- **RA** (*Real Audio*): format molt utilitzat per a la reproducció d'àudio en temps real (es va reproduint mentre es realitza la descàrrega). Avui en dia ha perdut força popularitat.

### 1.2.2 El format més popular: l'MP3

L'MP3 (també conegut de manera formal com a MPEG-1 Audio Layer III i MPEG-2 Audio Layer III) és un format de codificació d'àudio digital. Aquest és un format de compressió d'àudio amb pèrdua, fet que permet una reducció considerable de la mida d'un fitxer al mateix temps que garanteix una alta qualitat sonora.

El format MP3 es basa en la reducció o eliminació de certs components del so que no són percebuts per la majoria dels humans. El mètode es basa en dos algorismes matemàtics: la transformada discreta del cosinus modificada (MDCT, *Modified Discrete Cosine Transform*), que és el nucli de l'MP3, i la transformada ràpida de Fourier (FFT, *Fast Fourier Transform*). Aquestes permeten fer l'anàlisi espectral del so i filtrar-lo de forma digital. Amb aquestes tècniques es redueix de mitjana entre un 75 i un 95% la mida d'un fitxer.

MP3 forma part dels estàndards MPEG, tant dels estàndards MPEG-1 com del MPEG-2. L'estàndard MPEG-1 part 3 (que inclou l'MP3) va ser publicat el 1993, i l'estàndard MPEG-2 part 3, el 1995.

#### Fraunhofer-Gesellschaft

Organisme que agrupa tots els centres (instituts) de recerca d'Alemanya especialitzats en diversos camps de la ciència aplicada. El seu nom ve del físic alemany Joseph von Fraunhofer.

Els inventors que apareixen a la patent americana són Bernhard Grill, Karlheinz Brandenburg, Thomas Sporer, Bernd Kurten i Ernst Eberlein. No obstant això, el que ha passat a la història per ser el pare de l'MP3 és Karlheinz Brandenburg, que va liderar la recerca al Fraunhofer Institute d'Alemanya.

A l'inici, el format MP3 estava patentat, i permetia la reproducció (descodificació). Aquest fet va facilitar la distribució d'àudios en format MP3, concretament de música. Un dels reproductors més conegut d'aquella època (mitjan anys noranta) va ser el WinAmp, de la companyia NullSoft, que juntament amb l'expansió d'internet va fer que el format MP3 esdevingués un dels formats més populars.

No obstant això, per a la creació (codificació) dels MP3 s'havia de pagar la patent, fins que un estudiant australià, utilitzant tècniques d'enginyeria inversa, va crear un codificador i el va publicar. Aquest fet, i l'aparició de xarxes d'igual a igual (*peer-to-peer*), va significar l'inici d'una nova era en la indústria de la música (infraccions dels drets d'autor, demandes, pirateria, etc.) que sempre quedarà associat al format MP3 i que va abocar el sector a un nou model radicalment diferent.

Actualment, la tecnologia MP3 és lliure de patents a Europa des de 2012 i als Estats Units des de 2017. Tot i que encara continua gaudint de certa popularitat, està sent desplaçada pel nou format MP4.

Pel que fa a la compressió, el format és capaç de codificar un disc digital compacte, passant d'un *bitrate* de 1.411 kbit/s a *bitrates* de 320 kbit/s o inferiors. Els *bitrates* més típics són 192 i 128, tot i que n'hi ha d'altres (160, 144, etc.).

---

Un CD té 44.100 mostres per segon, codificat amb 16 bits i 2 canals; això dona 1411200 bit/s, és a dir 1.411 kbit/s

---

Les característiques més rellevants del format MP3 són:

- Compressió elevada
- Qualitat acceptable
- Facilitat en la distribució

### 1.2.3 Llistes de reproducció

La reproducció en temps real permet la reproducció contínua d'elements multimèdia. Per exemple, en el cas de la reproducció de cançons per a un fil musical es pot enllaçar la finalització d'una cançó amb l'inici de la següent. Això es fa gràcies a l'ús de llistes de reproducció.

Les **llistes de reproducció** (*playlists*, en anglès) són unes llistes de fitxers d'àudio (també poden ser de vídeo) preparades per ser reproduïdes en algun mitjà tant de forma seqüencial com aleatòria. Les entrades de fitxer d'àudio poden estar referenciades de forma externa, és a dir, fer referència a una cançó en un altre servidor.

A més, les *playlists* poden contenir informació addicional, com ara títol, autor, disc, etc. Hi ha diferents formats per a les llistes de reproducció, i la seva interpretació depèn del programari on es reprodueixin.

Els programaris més coneguts són:

- **m3u** (MP3 URL): format desenvolupat originalment pel Fraunhofer Institute, és un dels formats més populars i més suportats. Té una sintaxi senzilla en forma de text pla.
- **m3u8**: versió *unicode* de m3u. *Unicode* és un estàndard per a la codificació de caràcters que permet codificar la totalitat d'alfabets actuals, entre altres característiques.
- **pls**: un altre format de *playlist* una mica més complet que m3u.
- **smil** (*Synchronized Multimedia Integration Language*): format desenvolupat pel W3C (World Wide Web Consortium) per a la presentació de continguts multimèdia.

- **asx** (*Advanced Stream Redirector*): format desenvolupat per Microsoft que emmagatzema les llistes de reproducció en XML.
- **xspf**: format XML desenvolupat per la fundació Xiph.org encarregada de crear i promocionar formats multimèdia lliures (còdecs, *playlists*, etc.)
- **wpl** (Windows Media Player Playlist): format propietari desenvolupat per Microsoft basat en smil.

Alguns exemples són:

- **M3u**:

```
1 #EXTM3U
2
3 #EXTINF:123,Artista – Títol
4 C:\Documents and Settings\usuari\My Music\Exemple.mp3
5
6 #EXTINF:321,Artista – Títol
7 http://www.web.com/~usuari/Exemple.mp3
```

- **Pls**:

```
1 [playlist]
2 File1=http://www.web.com:8020/
3 Title1=Estacio de ràdio
4 File2=Exemple.mp3
5 Title2=Artista – Títol
6 Length2=120
7 NumberOfEntries=2
```

- **Xspf**:

```
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <playlist version="1" xmlns="http://xspf.org/ns/0/">
3   <trackList>
4     <track>
5       <title>Windows Path</title>
6       <location>file:///C:/music/Exemple.mp3</location>
7     </track>
8     <track>
9       <title>Linux Path</title>
10      <location>file:///media/music/Exemple.mp3</location>
11    </track>
12    <track>
13      <title>Relative Path</title>
14      <location>music/Exemple.mp3</location>
15    </track>
16    <track>
17      <title>External Example</title>
18      <location>http://www.web.com/music/Exemple.ogg</location>
19    </track>
20  </trackList>
21 </playlist>
```

Cal tenir en compte que no tots els reproductors i servidors admeten totes les llistes de reproducció. Per exemple, el servidor Ampache suporta els següents formats: m3u, m3u8, asx, pls i xspf.



## 1.3 Subscripció d'àudio

En els últims anys, la ràdio i la televisió s'han transformat a causa d'internet i les noves tecnologies. La digitalització d'ambdues tecnologies ha estat constant, si bé ha estat la darrera la que ha patit la transformació més gran, ja que no transmet de forma analògica. La ràdio, en canvi continua emetent-se en analògic a través de les modulacions AM i FM, i la digitalització en aquest cas ha estat menor. L'**RDS** (*Radio Data System*) és un estàndard que permet enviar informació digital sobre ones analògiques. D'aquesta manera, cada emissora pot enviar informació com el nom de la cançó o la freqüència alternativa per quan el senyal perdi potència, entre altres característiques.

No obstant això, la part de la ràdio que més s'ha transformat és la d'internet. Han aparegut una multiplicitat de ràdios en línia per la facilitat de muntar servidors i la no-necessitat d'una estructura com la de la ràdio convencional (llicència per emetre, antenes, etc.). També ha canviat la manera com s'escolta la ràdio: en viu (en temps real) o en forma de *podcast*, que permet descarregar l'arxiu per escoltar-lo més tard.

### 1.3.1 'Podcast'

El terme *podcast* va ser usat primer cop pel periodista Ben Hammersley en un article al diari britànic *The Guardian* per intentar descriure el fenomen de les descàrregues automàtiques de programes d'àudio el 2004. No obstant això, Adam Curry, juntament amb Dave Winer, passa per ser el gestador de la idea i de la creació del primer programari per a la descàrrega automàtica d'arxius, anomenat iPodder. Per fer-ho possible van utilitzar les especificacions RSS, en el desenvolupament de les quals havia participat Dave Winer.

La paraula **podcast** és la combinació d'iPod, conegut reproductor portable, i *broadcast*, que en anglès significa 'difusió'.

Un **podcast** és un programa (de veu o musical) o conjunt de programes preparats per ser descarregats de forma automàtica a través d'internet mitjançant una subscripció, tot i que també es poden descarregar de forma individual i poden ser reproduïts posteriorment en qualsevol altre moment.

La subscripció es fa de diverses maneres:

- A través d'una extensió del navegador.
- A través d'un lector de RSS web. Google Reader va ser un lector molt popular, tot i que ja està obsolet. Actualment hi ha alternatives com Feedly.

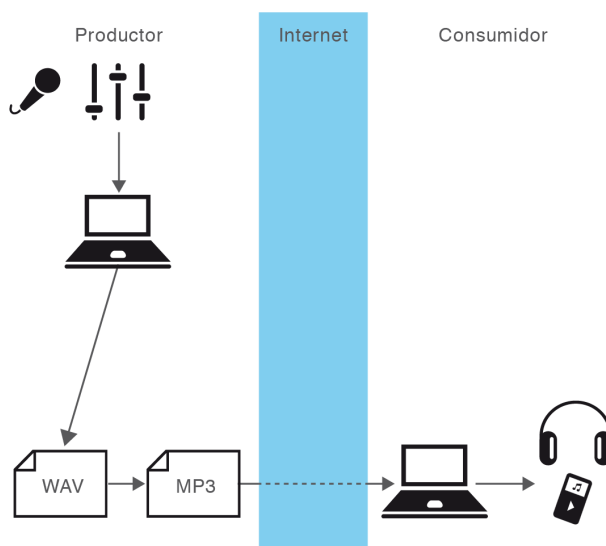
- Per a ordinadors, a través d'un programari de *podcasts*, com per exemple VLC o gPodder.
- Per a mòbils i tauletes, a través d'alguna aplicació de *podcasts*. En el cas de dispositius Apple, iTunes ja fa aquesta tasca.

Òbviament, també existeix l'opció cancel·lar la subscripció en el cas que no es desitgi rebre més actualitzacions automàtiques dels programes.

Els clients que són capaços de descarregar *podcasts* se'ls anomena **podcatchers**. Tot i que generalment descarreguen àudio, també són capaços de descarregar vídeo, notícies, text i imatges.

En la figura 1.3 podeu observar un esquema del recorregut que fa un *podcast* des de la seva creació fins que arriba a l'oient:

**FIGURA 1.3.** Creació d'un podcast



### 1.3.2 Diferències entre 'podcasting' i reproducció en temps real

Tot i les similituds entre *podcasting* i reproducció en temps real, aquests difereixen en la seva concepció. La principal diferència és que la reproducció en temps real està pensada per al consum multimèdia de forma immediata, mentre que el *podcasting* està pensat per a un consum posterior.

La **sindicació** és una de les principals característiques del *podcasting*, i permet la descàrrega automàtica d'arxius, principalment d'àudio, però també poden ser de vídeo, notícies, text o imatges.

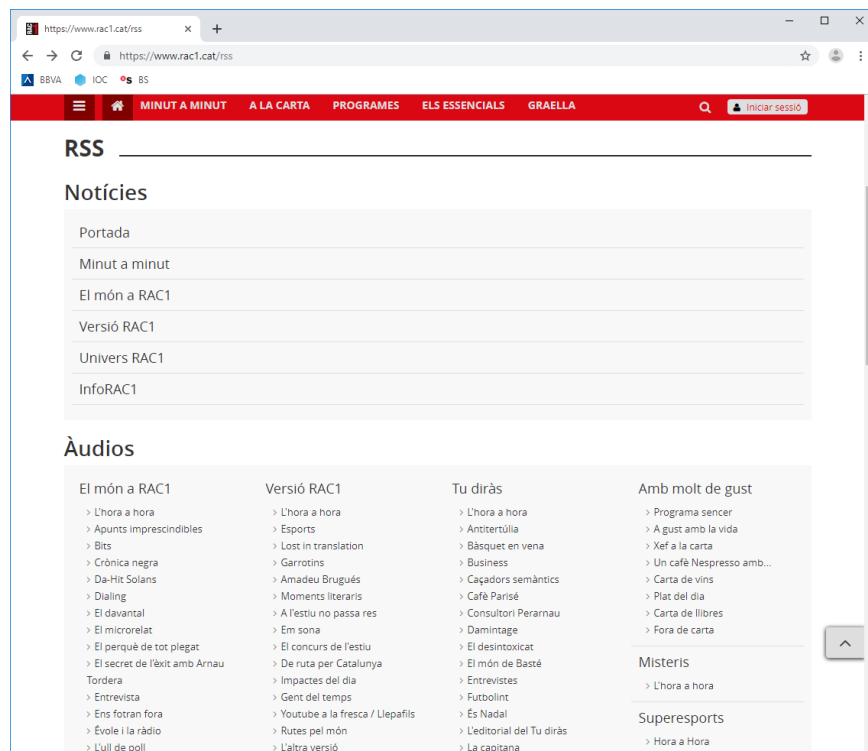
#### Atom

Estàndard de sindicació que intenta resoldre alguns dels problemes de RSS, augmentar-ne les capacitats i comportar-se com un estàndard tradicional (RFC 4287 i 5023).

El sistema de sindicació utilitzat és l'**RSS** (*Really Simple Syndication*), tot i que alguns també permeten l'ús d'Atom.

En la figura 1.4 podeu veure la pàgina de sindicació d'una coneguda ràdio que no tan sols ofereix sindicació per als àudios, sinó també per a les notícies.

**FIGURA 1.4.** RSS d'una ràdio comercial



Vegeu un exemple de fitxer RSS (retallat). Dins de les especificacions RSS només hi pot haver un únic canal (*channel*), i a través dels elements *item* es van publicant els nous continguts:

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <rss xmlns:atom="http://www.w3.org/2005/Atom" xmlns:itunes="http://www.itunes.
  com/dtds/podcast-1.0.dtd" version="2.0">
3   <channel>
4     <title>La competència – Programa sencer</title>
5     <link>http://www.rac1.org/lacompetencia/</link>
6     <description>Podcasts del programa La competència – Programa sencer</
  description>
7     <item>
8       <title>La competència Divendres 2019-08-09 12:00</title>
9       <link>https://audioserver.rac1.cat/get/be39fc26-0f7f-46e0-ae82-3444
    ec2977d0/1/2019-08-09-la-competencia-12h.mp3?source=RSS</link>
10      <pubDate>Fri, 09 Aug 2019 10:00:00 GMT</pubDate>
11    </item>
12    <item>
13      <title>La competència Dijous 2019-08-08 12:00</title>
14      <link>https://audioserver.rac1.cat/get/2d21c240-9a1e-422e-a0e8-963774
    f1728f/1/2019-08-08-la-competencia-12h.mp3?source=RSS</link>
15      <pubDate>Thu, 08 Aug 2019 10:00:00 GMT</pubDate>
16    </item>
17    <item>
18      <title>La competència Dimecres 2019-08-07 12:00</title>
19      <link>https://audioserver.rac1.cat/get/da49f168-4cf1-41e6-af4b-
    d2615a3fbde2/1/2019-08-07-la-competencia-12h.mp3?source=RSS</link>
20      <pubDate>Wed, 07 Aug 2019 10:00:00 GMT</pubDate>
21    </item>
22    ...
23  </channel>
24 </rss>

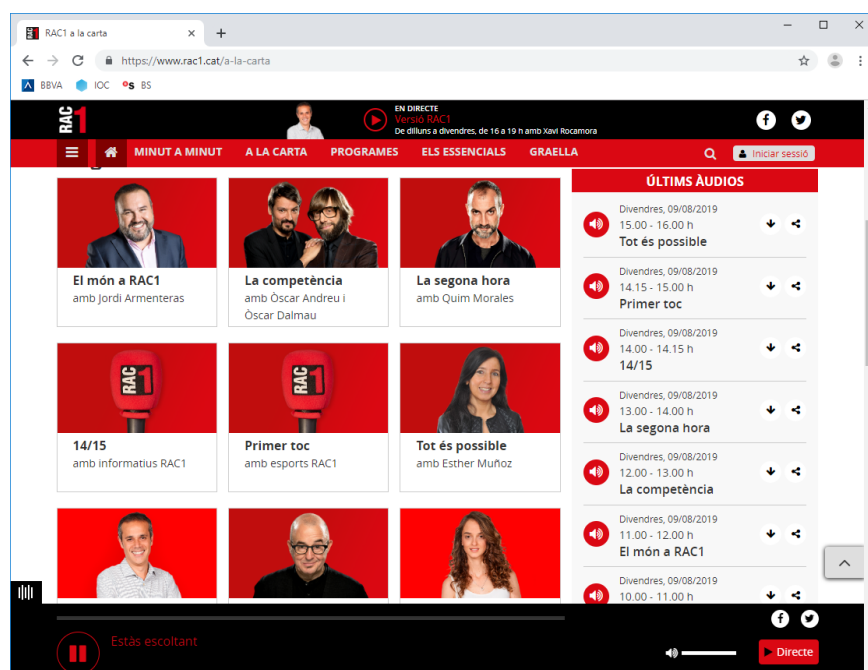
```

Les principals diferències que hi ha entre la reproducció en temps real (*streaming*) i el *podcasting* són:

- En la reproducció en temps real no es descarrega inicialment un fitxer per ser seguidament reproduït, sinó que l'arxiu d'àudio es va reproduint (es pot anar escoltant) mentre aquest es descarrega. Un cop consumit l'arxiu (finalitzada la reproducció), si es vol tornar a escoltar cal tornar a realitzar l'*streaming*, és a dir, es torna a descarregar l'arxiu. En canvi, en el *podcasting* l'arxiu es descarrega un sol cop i es pot reproduir tantes vegades com es vulgui.
- El *podcasting* és passiu. La distribució de programes és automàtica i gràcies a la sindicació es descarreguen els nous arxius quan estan disponibles. Posteriorment es pot reproduir quan es desitgi. La reproducció en temps real és activa. Cal que l'usuari faci alguna acció per tal de reproduir un àudio.
- La reproducció en temps real és dependent de la connexió a internet. Si aquesta és deficient o hi ha problemes puntuals, es veuran afectats en la qualitat de la transmissió. En el *podcasting*, com que l'arxiu està descarregat localment, no es produeixen aquests incidents.
- La reproducció en temps real és més simple per a l'usuari, ja que no ha de pensar a subscriure's a cap canal ni ha de saber on estan emmagatzemats els fitxers. Fent una analogia, es podria comparar amb la ràdio tradicional (*streaming*) i els CD de música (arxius descarregats).

En la figura 1.5 podeu veure les opcions en una ràdio comercial. A baix de tot es pot escoltar la ràdio en directe, i a la columna de la dreta es pot escoltar la ràdio a la carta o baixar el programa per escoltar-lo més endavant.

FIGURA 1.5. Opcions de servei per internet



## 1.4 Reproducció en temps real

La reproducció en temps real consisteix a anar mostrant el contingut mentre es va descarregant, normalment contingut multimèdia. Això sol ser degut a la grandària dels arxius que es volen mostrar. Si s'haguessin de descarregar completament abans, aquest tipus de continguts no haurien estat tan populars (per exemple, si cada vegada que es visualitza un vídeo de Youtube el consumidor s'hagués d'esperar perquè es descarregués completament, segurament aquesta plataforma no hauria tingut tanta repercussió).

Per tal de poder mostrar aquests continguts s'ha de transmetre aquest flux de manera constant, és a dir, a la mateixa velocitat. Això es coneix com a **taxa de bits**.

La **taxa de bits** (en anglès, *bitrate*) es defineix com la freqüència amb què es transmeten les dades per un canal, o el nombre de bits que es transmeten per segon i que defineixen l'ample de banda. Les unitats en el sistema internacional són els bits/segon (a vegades escrit bps, bits per segon), tot i que depenent de la magnitud s'usen múltiples unitats (Kb/s, Mb/s).

Cal tenir en compte que aquests són múltiples de 1.000 i no de 1.024 (com passa amb els bytes).

Aquest terme s'usa també per a la codificació i la compressió d'àudio i vídeo. Hi ha dos tipus principals de tècniques a l'hora de codificar o comprimir un arxiu multimèdia: CBR i VBR.

La **taxa de bits constant** (CBR, *Constant Bit Rate*) estableix el *bitrate* de forma numèrica (amb mètodes estadístics) i es manté constant per a tota la duració de l'arxiu. Aquest mètode fa que l'arxiu resultant sigui bastant extens, però és molt útil a l'hora de transmetre continguts multimèdia per determinats canals on l'ample de banda té poca capacitat.

La **taxa de bits variable** (VBR, *Variable Bit Rate*) estableix un *bitrate* de mitjana, però que va variant en funció de les característiques del senyal, és a dir, hi ha parts d'un arxiu multimèdia que necessiten una taxa de bits més alta per representar aquella porció d'informació perquè té un nivell més alt de detall. Per exemple, en una cançó, un tall que tingui molts instruments i presenti una multiplicitat de freqüències diferents amb molts harmònics necessitarà molts més bits per unitat de temps per codificar aquesta informació que un altre tall més simple. Aquest mètode aconsegueix una qualitat més alta, i la mida de l'arxiu pot variar considerablement.

Per tant, a l'hora de codificar arxius multimèdia s'ha d'escollir entre un mètode i l'altre. Aquesta elecció dependrà de les característiques que es vulguin tenir per a l'arxiu resultant en funció de la qualitat, l'emmagatzematge i la distribució.

### Bits/bytes

Cal anar alerta per no confondre bits (símbol b) amb bytes (símbol B), ja que bytes és una magnitud 8 vegades superior. És un error típic confondre l'ample de banda de les línies de telefonia.

### 1.4.1 Protocols bàsics

Per poder realitzar aquest tipus de transmissió s'usen uns protocols especials que fan que no calgui usar tot l'ample de banda disponible. Una característica comuna a tots aquests protocols és la de descarregar inicialment un *buffer* (memòria intermèdia temporal) per tal de corregir possibles fluctuacions en el senyal (*jitter*). D'aquesta manera, la part descarregada sempre va per davant de la part que s'està reproduint.

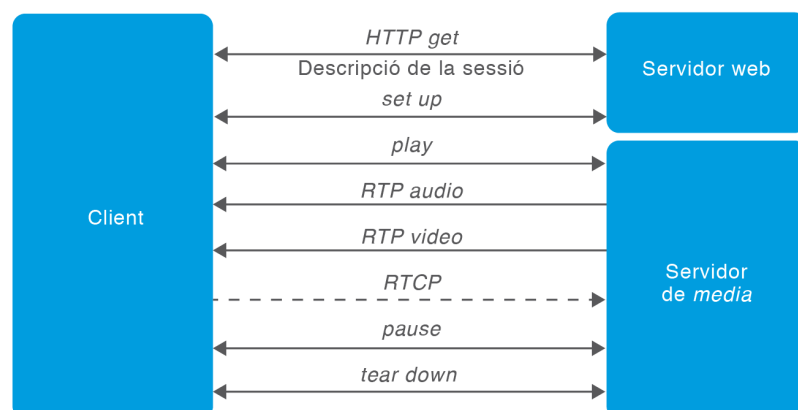
Els protocols més coneguts per a la transmissió de dades en temps real són l'RTP, juntament amb l'RTCP.

El protocol de transport en temps real (**RTP**) proporciona serveis de transport per a aplicacions que transmetin en temps real, com poden ser d'àudio, vídeo o dades per a simulacions. L'adreçament d'aquests serveis pot ser tant *unicast* com *multicast*. Normalment, RTP usa UDP, però també està preparat per treballar amb altres protocols de transports o de xarxa. No proporciona mecanismes per assegurar el lliurament en un temps concret ni proveeix cap garantia de qualitat del servei, sinó que confia en les capes subjacents. Aquest protocol està molt relacionat amb l'TCP (protocol de control RTP) i treballen estretament. La versió segura d'aquest protocol és l'SRTP (*Secure Real-time Transport Protocol*), que ofereix confidencialitat i autenticació de missatges, entre altres característiques.

El protocol de control RTP (**RTCP**) es basa en la transmissió periòdica de paquets de control a tots els participants. Una de les funcions principals és proporcionar dades sobre la qualitat de la transmissió (distribució de dades).

En la figura 1.6 podeu veure un esquema del funcionament dels protocols RTP/RTCP.

FIGURA 1.6. Esquema del funcionament dels protocols RTP/RTCP



### 1.4.2 Reproducció en temps real d'informació multimèdia

Per a la reproducció en temps real de continguts d'àudio i vídeo es pot utilitzar el protocol **RTSP** (*Real Time Streaming Protocol*), que estableix i controla un o diversos fluxos sincronitzats tals com àudio o vídeo. Aquests fluxos poden incloure fonts de dades en viu o clips emmagatzemats. Pot treballar per sobre de RTP (no és obligatori), però també per sobre d'UDP o de TCP directament.

Les URL RSTP tenen la següent forma:

```
1 rtsp://media.exemple.com:554/disc/pista
2 rtsp://media.exemple.com:554/disc
```

En el primer cas fa referència a un arxiu (àudio o vídeo), mentre que en el segon identifica una presentació composta de fluxos d'àudio o vídeo.

Un altre protocol utilitzat és l'**RTMP** (*Real-Time Messaging Protocol*). Aquest és un protocol propietari desenvolupat inicialment per Macromedia (actualment, Adobe) per a l'*streaming* d'àudio i vídeo entre les diferents plataformes Flash. Tot i ser un protocol privat, les especificacions són públiques amb una llicència específica (*RTMP Specification License*). El port usat per defecte per a aquest protocol és el 1935.

Aquest protocol disposa de diverses versions segures:

- **RTMPE**: les dades són encriptades amb un algorisme d'encriptació conegut i se centra en la velocitat de l'encriptació (segons Adobe, requereix un 15% de procés que RTMP).
- **RTMPS**: RTMP sobre TLS/SSL.
- **RTMFP**: les dades són encriptades amb un algorisme de xifratge per blocs.

L'**streaming de bitrate adaptatiu** (*adaptive bitrate streaming*) és una tècnica actual usada en la reproducció de continguts multimèdia. Consisteix a detectar la disponibilitat d'ample de banda per part del servidor i el client per tal d'ajustar el flux (*stream*) i la seva qualitat. Treballen gairebé exclusivament sobre HTTP i estan dissenyats per treballar de forma eficient.

Entre les característiques es destaca un temps d'inici de reproducció ràpid, el poc *buffering* i una bona experiència per a diferents amplituds de banda. Els protocols d'*streaming de bitrate adaptatiu* més coneguts són:

- **HLS** (*HTTP Live Streaming*): protocol desenvolupat per Apple que inicialment permet l'*streaming* des d'un servidor web qualsevol a dispositius basats en iOS (iPhone, iPad, iPod touch, macOS i Apple TV). No obstant això, Apple ha fet públic el protocol en format de RFC (RFC 8216).

- **HDS** (*HTTP Dynamic Streaming*): protocol desenvolupat per Adobe que permet l'*streaming* des d'un servidor web qualsevol a clients que suportin la reproducció de contingut Flash. Les especificacions d'aquest protocol estan publicades en la pàgina web d'Adobe.
- **Smooth Streaming**: protocol propietari de Microsoft per a l'*streaming* de contingut multimèdia. Aquest protocol s'instal·la com a extensió al servidor web de Microsoft, l'Internet Information Services (IIS). Els clients han de suportar Silverlight, *plugin* per als navegadors web que permet la visualització d'aquests continguts.
- **MPEG-DASH** (*Motion Pictures Expert Group Dynamic Adaptive Streaming over HTTP*): protocol de codi obert que intenta solucionar els inconvenients dels anteriors protocols (llicències, clients específics, etc.).

D'altra banda, es pot classificar la manera com es reproduïen els continguts multimèdia en funció del seu origen:

- **Reproducció en temps real en directe**: permet veure esdeveniment que estan succeint en el mateix moment en què s'estan reproduint els continguts. Tots els clients veuen i escolten el mateix.
- **Reproducció en temps real a la carta** (VoD, Video On Demand): permet a l'usuari seleccionar els continguts que han estat prèviament gravats i emmagatzemats en un servidor. El que veu i escolta cada usuari és independent dels altres.

### 1.4.3 Difusió en temps real a adreces de multidesinació

---

**Unicast** (unidifusió):  
enviament d'informació a un  
únic destinatari.

---

**Multicast** (multidifusió  
selectiva): enviament  
d'informació a múltiples  
destinatariis.

---

**Broadcast** (multidifusió  
general): enviament  
d'informació a tots els  
destinatariis (d'una xarxa).

---

En el cas de la reproducció en temps real en directe, si cada client estableix la seva pròpia connexió amb el servei i inicia el seu propi flux (comunicació *unicast*) hi ha un ús considerable de l'ample de banda.

Una solució és la transmissió d'aquests continguts amb una comunicació multicast, en la qual aquest flux és únic i compartit per tots els participants. No obstant això, no sempre és possible aplicar aquesta tècnica.

### 1.4.4 Difusió en temps real de ràdio

Un dels sectors que s'ha vist revolucionat i que ha experimentat bastants canvis ha estat el món de la ràdio. La mateixa forma de consumir els continguts ha variat (ara es pot escoltar per internet), i també es disposa de serveis a la carta d'àudio, bàsicament musicals, que competeixen directament amb les emissores de ràdio musicals tradicionals. Les facilitats per muntar les pròpies emissores, en les quals els costos es veuen absolutament reduïts a la infraestructura de servidor i domini

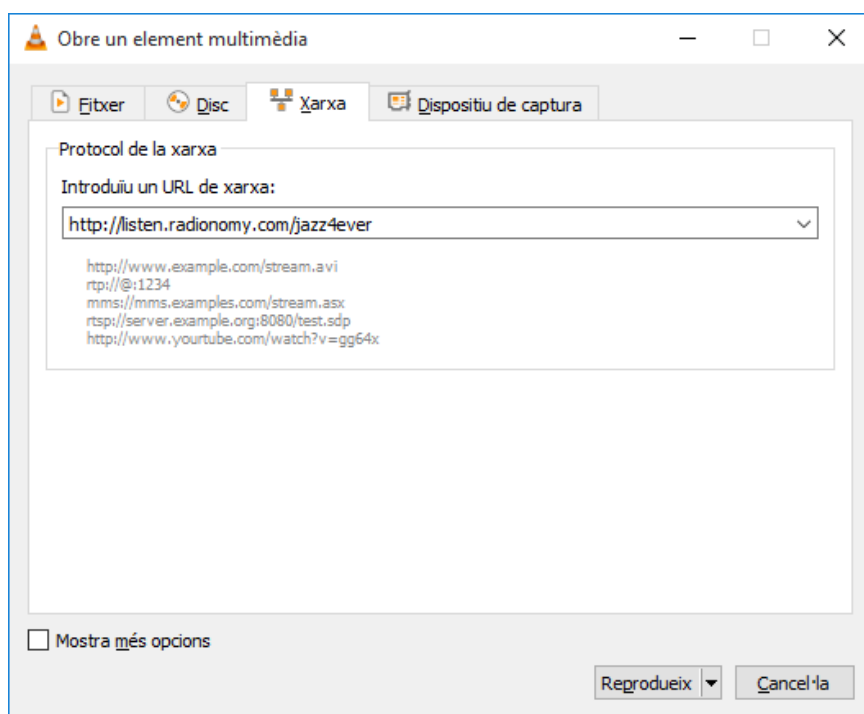


(n'hi ha de gratuïts), així com les facilitats per a l'oient d'escoltar emissores de tot el món, han fet canviar el paradigma de la radiodifusió tal com era conegut.

Per escoltar la ràdio per internet es pot fer de diverses maneres. Normalment les emissores es poden escoltar des de la mateixa pàgina web. No obstant això, a vegades es pot aconseguir la referència de la font d'àudio i reproduir-la amb algun programari amb l'ajuda de la URL.

Per exemple amb el programari VLC. Se selecciona l'opció *Obre un flux de xarxa* de l'apartat *Fitxer multimèdia*, i s'introdueix la URL (vegeu la figura 1.7). Es clica a *Reprodueix* i seguidament es començarà a escoltar l'emissora.

FIGURA 1.7. URL



## 1.5 Programari de servidors de difusió en temps real d'àudio

Com que l'*streaming* és una tecnologia relativament nova, actualment hi ha una gran diversitat de servidors d'*streaming*, alguns d'especialitzats i d'altres de propòsit general. Algunes solucions són propietàries i ofereixen continguts conjuntament. També hi ha solucions de programari lliure que tot i que a vegades no ofereixen les mateixes característiques, la majoria de vegades són suficients.

### 1.5.1 Servidor Darwin

QuickTime és una plataforma multimèdia d'Apple. Aquest sistema comprèn tant la part de servidor com la part de client, a més d'un format propi. Algunes vegades s'ofereix una versió de part del programari en codi obert (s'allibera) que

disposa generalment de les mateixes característiques que la versió tancada, excepte aquelles que tenen patents o llicències restrictives. És el cas de la part servidor de QuickTime, que s'anomena Darwin.

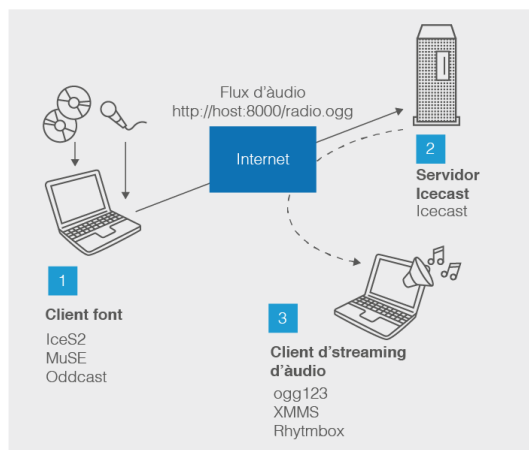
Com que el codi és obert, el servidor d'*streaming* Darwin (DSS, *Darwin Streaming Server*) disposa de versions per a Windows, Mac i Linux. Usa el protocol RTSP per a l'*streaming* multimèdia i és compatible amb els formats més actuals, com MP4 i 3GP.

### 1.5.2 'Streaming' d'àudio des de la consola: IceCast

IceCast és un servidor d'*streaming* multimèdia patrocinat per la fundació Xiph.Org que es pot utilitzar per crear estacions de ràdio. Està disponible per a Linux i Windows. El servidor funciona des de la línia de comandes (això facilita l'emissió de ràdio de forma desatesa), tot i que permet el monitoratge via web. Aquest programari està distribuït sota la llicència GNU GPL, versió 2.

Vegeu el funcionament en la figura 1.8.

FIGURA 1.8. Arquitectura de l'IceCast



IceCast consta dels diferents components:

- **IceCast** és el servidor. Bàsicament distribueix els fluxos d'àudio de les diferents fonts cap als diferents clients. Els fluxos d'entrada els rep a través dels punts de muntatge que s'han definit en el servidor. Els fluxos de sortida s'emeten a través d'un port especial, especificant el punt de muntatge (estació de ràdio).
- **Client font.** A través de diferents programaris (IceS, Ezstream, etc.) s'envia l'*stream* d'àudio cap al servidor per tal que sigui reemès posteriorment per la xarxa a través d'IceCast.
- Els **clients d'*streaming* d'àudio** són els clients que reproduiran l'*streaming*. Poden ser aplicacions específiques o el mateix navegador (si suporta la reproducció d'àudio).

### 1.5.3 Servidor Ampache

Ampache és una aplicació web dissenyada inicialment per a *streaming* de música, però que també incorpora *streaming* de vídeo. Està disponible en format de codi obert sota una llicència AGPLv3 (*GNU Affero General Public License v3*).

Entre les característiques cal destacar que disposa d'un organitzador per a la col·lecció de música a través d'una senzilla interfície web i que es pot escoltar l'*streaming* a través de la majoria de reproductors i en diferents dispositius: ordinador, telèfon i TV.

### 1.5.4 Subsonic/LibreSonic/Airsonic

Subsonic és un servidor web d'*streaming* multimèdia força popular desenvolupat en Java. Inicialment de codi obert, el codi va ser tancat a partir de la versió 6. A partir de la darrera versió del codi obert es va crear un *fork* anomenat LibreSonic, però per posteriors discussions entre els col·laboradors van acabar creant un segon *fork* anomenat AirSonic.

Com que està basat en Java, es pot executar en una multitud de plataformes. LibreSonic i Airsonic són programari lliure i es distribueixen sota la llicència GPLv3 (*GNU General Public License v3*).

#### Fork

Creació d'un projecte paral·lel i que evoluciona de forma deslligada a partir d'aquest punt. És comú en projectes de programari lliure a causa de desavinences en els objectius, el lideratge, etc.

### 1.5.5 GNUP3d

GNUP3d és un altre servidor d'*streaming* per a àudio i vídeo. El seu codi és obert i forma part del programari GNU mantingut per la *Free Software Foundation* (FSF).

#### Free Software Foundation

La *Free Software Foundation* (FSF) és una organització sense ànim de lucre a nivell mundial que promou l'ús de programari lliure per tal de defensar el dret dels usuaris a l'ús de programari de qualitat i lliure de patents.

Segons la web oficial, les característiques principals són:

- És reduït, estable i segur.
- És senzill d'instal·lar, configurar i utilitzar.
- És portable a diferents varietats de Unix/Linux i plataformes Windows.

Podeu consultar les opcions de configuració del servidor consultant la secció "Annexos" del web d'aquest mòdul.



## 2. Instal·lació i administració del servei de vídeo

Els serveis de vídeo han revolucionat el panorama actual de la indústria de la televisió i del cinema. Un dels grans iniciadors d'aquest canvi de paradigma ha estat sens dubte YouTube, ja que la popularització d'aquest servei ha permès que l'usuari final sigui també creador de continguts.

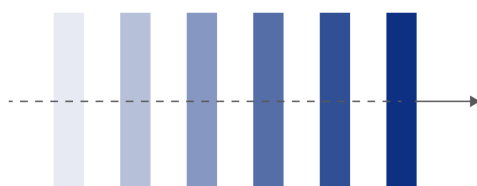
No obstant això, també grans empreses o noves han començat a crear plataformes de continguts (Netflix, Amazon, Apple, Disney, etc.) tot disputant-se una part important del pastís de l'entreteniment mundial.

A part de tota aquesta concurrència, cal tenir en compte una dada important: una gran part de l'ample de banda d'internet es deu al consum de tots aquests serveis d'*streaming* de vídeo.

### 2.1 Vídeo digital

El principi bàsic del vídeo digital és semblant a l'analògic, un conjunt d'imatges en sèrie, és a dir, una darrera l'altra per tal de produir una sensació de moviment si es passen prou ràpidament (vegeu la figura 2.1). Aquestes imatges s'anomenen **fotogrames** (en anglès, *frames*).

FIGURA 2.1. Exemple de seqüència de fotogrames



El problema d'aquest sistema és que encara que les imatges estiguin comprimides, la suma total d'imatges és molt gran i fa que la mida del fitxer de vídeo no sigui apta per al maneig o la transmissió. Aquí és on entren els còdecs (codificadors-descodificadors), que redueixen considerablement la mida d'aquests fitxers de vídeo.

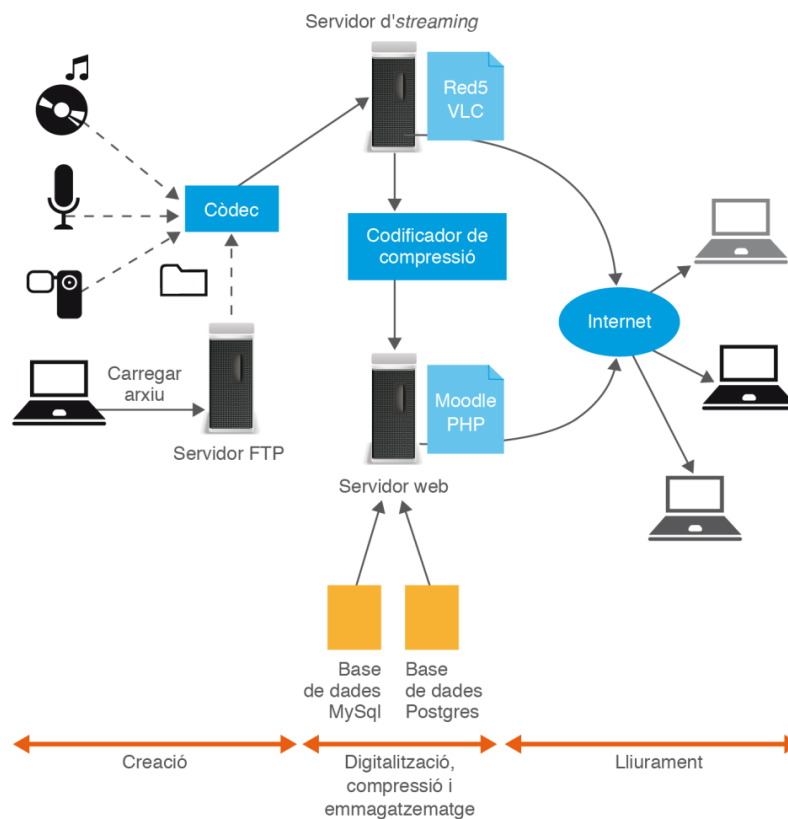
Un altre concepte important per tal de produir la sensació de moviment en anar passant fotogrames un darrere l'altre és la freqüència, és a dir, quantes imatges es visualitzen per unitat de temps. És el que s'anomena velocitat de reproducció (*frame rate*), i la seva unitat de mesura són els fotogrames per segon (*frames per second*, FPS). El seu valor pot variar, però normalment s'usa la xifra de 24 FPS per a la reproducció de vídeo digital, tot i que també s'usen altres valors. Per

En l'apartat "Còdecs de vídeo" s'explica el funcionament de la codificació del vídeo i es tracten els diferents còdecs que hi ha.

exemple, per a animacions senzilles s'usen 12 FPS i per a televisió, depenent de la part del món, s'usen 25 o 30 FPS, ja que s'aprofita la freqüència de la xarxa elèctrica (alterna), i l'electrònica per fer funcionar aquests aparells pren aquesta freqüència com a referència.

En la figura 2.2 es mostra l'arquitectura bàsica d'un servei de vídeo, el qual inclou tres fases principals: la creació de continguts, l'emmagatzematge i la distribució.

FIGURA 2.2. Arquitectura del sistema



### 2.1.1 Formats d'imatge

Els dos principals tipus d'imatges digitals són el mapa de bits i les imatges vectorials.

Es defineix la **profunditat** del color com el nombre de bits necessaris per codificar un color. Com més bits codifiquin un color, més qualitat tindrà una imatge.

#### **Píxel**

Unitat mínima (indivisible) d'una imatge digital. Cada píxel representa un color.

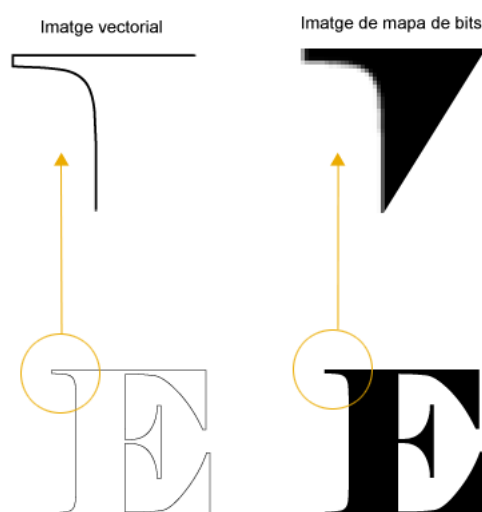
Les imatges de **mapa de bits** consisteixen bàsicament en un conjunt de píxels formant una imatge rectangular on en cada píxel s'hi especifica un color. Depenent de la quantitat de bits que s'usen per codificar el color (profunditat), s'obté un nombre màxim de colors disponibles per a aquella imatge i en determina la qualitat. Per exemple, si s'usa una profunditat de 8 bits, es poden tenir com a màxim 256

colors; en canvi, amb 24 bits s'obté una gamma de més de 16 milions de colors. Aquests tipus d'imatges s'usen en fotografia, tractament d'imatges, etc.

Les imatges **vectorials** consisteixen en un conjunt de vectors que defineixen formes geomètriques. Aquests tipus de gràfics són escalables, és a dir, que es poden augmentar i reduir sense perdre qualitat (a diferència del mapa de bits), ja que les imatges es reconstrueixen amb els vectors donats i un factor de multiplicitat. Aquests tipus d'imatges són molt utilitzades en la cartografia, el disseny CAD i la tipografia.

Vegeu en la figura 2.3 la diferència en l'escalabilitat d'ambdós tipus:

**FIGURA 2.3.** Imatges: vectorial i en mapa de bits



Els formats d'imatges més estesos són:

- **JPEG** (*Joint Photographic Experts Group*): format gràfic de compressió amb pèrdues, però que manté una altra qualitat. El paràmetre de compressió es pot ajustar permetent tenir un balanç qualitat/mida desitjat. Les imatges tenen una profunditat de 24 bits i es fa servir en fotografia digital.
- **GIF** (*Graphics Interchange Format*): format gràfic de compressió sense pèrdua amb una profunditat de 8 bits. L'algorisme de compressió és propietari d'Unisys. Permet gràfics animats.
- **PNG** (*Portable Network Graphics*): format gràfic lliure de compressió sense pèrdua. Les seves especificacions es troben en l'RFC 2083. Va aparèixer com a alternativa al GIF.
- **BMP** (*Windows BitMaP*): format gràfic sense compressió desenvolupat per Microsoft. Permet diverses profunditats de color (fins a 24 bits) i la mida del fitxer és bastant considerable en funció d'aquesta profunditat, la qual cosa fa que no s'utilitzi per a transmissió de dades.
- **TIFF** (*Tagged Image File Format*): format gràfic creat per Aldus, que va ser adquirida posteriorment per Adobe. Aquest format permet la compressió de dades i manté tota una sèrie de metadades (principalment geomètriques) que

### Vector

Representació del desplaçament entre dos punts en un espai euclidià.

facilita l'edició i la impressió de la imatge. És un format molt popular en el món del disseny gràfic. No obstant això, aquest format requereix molt d'espai.

- **SVG** (*Scalable Vector Graphics*): format gràfic realitzat en XML que permet definir gràfics vectorials en dues dimensions. És un estàndard obert desenvolupat pel W3C (World Wide Web Consortium).

---

Tots els formats d'imatge són del tipus mapa de bits excepte l'SVG, que és vectorial.

---

### 2.1.2 Formats contenidors de vídeo

De forma general, un vídeo no conté només imatges, sinó que també incorpora àudio. Fins i tot, pot contenir algun altre tipus de contingut multimèdia, com per exemple subtítols. El fitxer que emmagatzema totes aquestes dades s'anomena contenidor.

Un **format contenidor** (o, simplement, format) és un tipus de fitxer que pot contenir diversos tipus de dades.

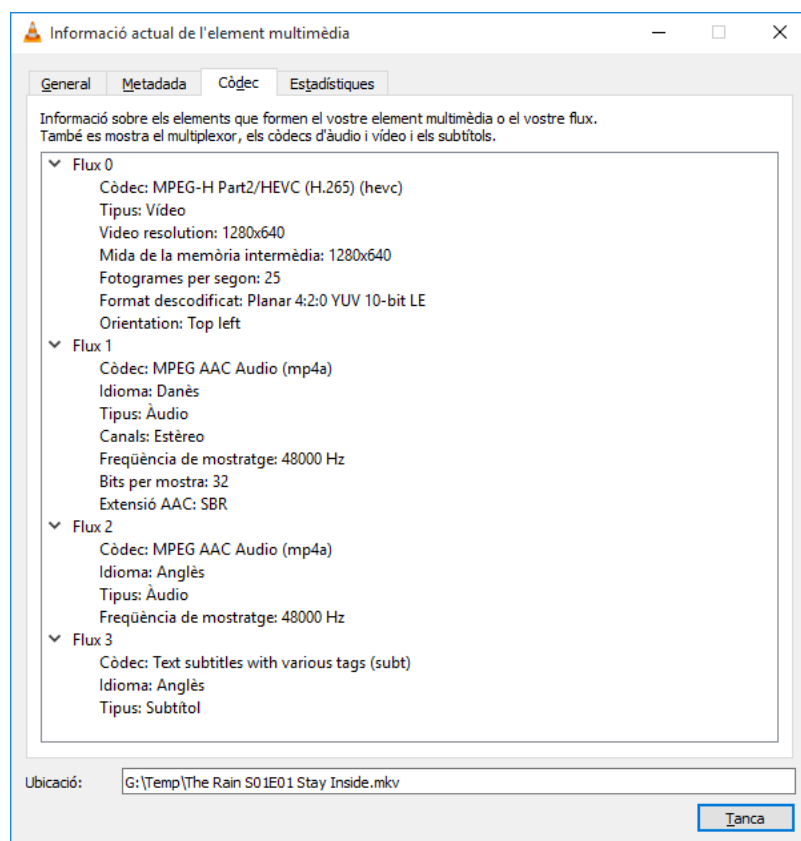
En els contenidors de vídeo, el més normal és que a dins hi hagi també dades d'àudio, de vegades múltiples. Per exemple, àudio en diferents idiomes o en diferents formats (estèreo, 5.1, etc.). Alguns també admeten la possibilitat d'incloure-hi dades de text, com per exemple els subtítols.

Els formats contenidor més coneguts són:

- **AVI** (Audio Video Interleave, intercalat d'àudio i vídeo): contenidor desenvolupat per Microsoft.
- **WMV** (Windows Media Video): contenidor de Microsoft per a determinats còdecs propietaris seus.
- **FLV** (Flash Video): contenidor específic per al Flash d'Adobe. El format és propietari i es necessita Adobe Flash Player per reproduir-lo.
- **MOV**: contenidor de QuickTime d'Apple.
- **MP4**: contenidor estàndard per a continguts multimèdia en MPEG-4.
- **MKV** (Matroska): contenidor obert i gratuït. El nom ve donat per les nines russes i la idea és que un contenidor en pot contenir d'altres alhora, i així successivament si s'escau.
- **3GPP** (3rd Generation Partnership Project): format contenidor utilitzat en telèfons mòbils de tercera generació. S'usen còdecs adaptats als requeriments mòbils (ample de banda, emmagatzematge, etc.).

En la figura 2.4 podeu veure els còdecs utilitzats per un arxiu multimèdia. En concret, hi ha 4 fluxos: un de vídeo, dos d'àudio i un de subtítols.



**FIGURA 2.4.** Diferents fluxos

### 2.1.3 Còdecs de vídeo

Una manera molt senzilla d'emmagatzemar un senyal de vídeo és en forma d'imatges, que s'anomenen fotogrames (*frames*). L'ull humà no és capaç de distingir les imatges a partir d'una freqüència de 25 FPS (fotogrames per segon) i té la sensació de continuïtat entre les imatges, és a dir, no percep salts d'una imatge a l'altra i el que veu és moviment entre una imatge i l'altra. Encara que la imatge estigui comprimida, la suma del que ocupen totes les imatges és molt considerable. Si, a més, aquest senyal de vídeo s'ha de transmetre en temps real a través de la xarxa, el flux de dades per unitat de temps que hauríem de transmetre és pràcticament inviable per a resolucions actuals.

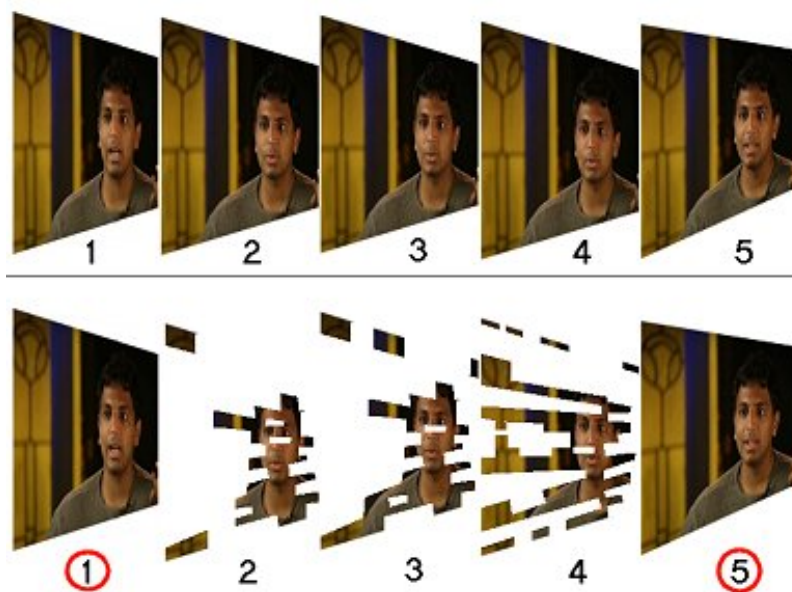
Per tal de reduir la quantitat de dades transmeses o emmagatzemades, igual que en els serveis d'àudio, les dades es codifiquen per tal de comprimir-les i poder reduir l'ample de banda o espai utilitzat.

El principi bàsic en què es fonamenten la majoria de còdecs de vídeo és a emmagatzemar les diferències d'un *frame* a un altre, és a dir, de l'anterior al següent, en les quals en la majoria de les vegades varia un percentatge molt petit de la imatge (imaginem una persona parlant: a grans trets, la part on hi ha més canvis és a la cara). Això fa que es redueixi moltíssim la mida d'un fitxer.

Evidentment hi ha certs refinaments, com que cada cert temps tornem a tenir tota la imatge. Si no fos així, per reconstruir un fotograma en concret necessitaríem

un munt de fotogrames anteriors. En la figura 2.5 podeu veure un exemple dels diferents fotogrames que s'emmagatzemen en un fitxer de vídeo. Els fotogrames sencers s'anomenen fotogrames clau (*key frames*) o **I-frames** (*intra-coded frame*), i els altres s'anomenen *delta frames*. D'aquests n'hi ha de dos tipus: **P-frame** (*predicted picture*) i **B-frame** (*bidirectional predicted picture*). En els *P-frame* s'usen els fotogrames anteriors per reconstruir la imatge, mentre que en els *B-frame* s'usen els anteriors i posteriors. Aquests darrers permeten encara estalviar més espai de disc a costa de més complexitat en la descodificació.

FIGURA 2.5. Fotogrames clau



Els còdecs de vídeo més usats són:

#### ITU

La International Telecommunication Union és un organisme de les Nacions Unides encarregat de la regulació de les telecomunicacions a escala mundial, entre diferents administracions i proveïdors.

#### ISO/IEC

La International Organization for Standardization és una organització no governamental que es dedica a l'elaboració d'estàndards a nivell mundial. La International Electrotechnical Commission és una organització internacional que es dedica a la normalització en els camps elèctric i electrònic i tecnologies relacionades. Moltes normes han estat desenvolupades conjuntament per les dues organitzacions.

- **H.264:** desenvolupat conjuntament per la ITU i l'ISO/IEC. Aquest còdec es troba a les especificacions de l'ISO/IEC com a **MPEG-4, Part 10**, tot i que també se'l coneix amb el nom més genèric d'**AVC** (Advanced Video Codec). H.264 té un rendiment superior que els altres, però amb un consum més alt de CPU. Una implementació amb llicència GPL d'aquest estàndard és el x264.
- **H.265:** també conegut com a **HEVC** (High Efficiency Video Coding). Aquest ha estat dissenyat per ser el successor del H.264. Desenvolupat també per la ITU i l'ISO/IEC, aconsegueix codificar amb un *bitrate* menor que l'H.264, tot mantenint la qualitat. Una implementació d'aquest estàndard és el x265, amb una llicència doble (GPLv2 i comercial).
- **AV1** (AOMedia Video 1): còdec obert i lliure de *royalties* desenvolupat per l'Alliance for Open Media (AOMedia) que inclou companyies com Amazon, Cisco, Google, Intel, Microsoft, Mozilla, Netflix, etc. Competeix directament amb el còdec HVEC.
- **VP6:** còdec propietari desenvolupat per On2 Technologies. És el que s'usa en Adobe Flash Player.

- **VC-1:** és un estàndard de compressió de vídeo SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers), concretament l'**SMPTE 421M**. Una implementació d'aquest estàndard és el WMV9 (Windows Media Video) de Microsoft.
- **MPEG-4 Part 2:** desenvolupat per l'ISO/IEC sota la designació d'**ISO/IEC 14496-2**. Implementacions d'aquest estàndard són els populars DivX i XviD.
- **MPEG-2 Part 2:** còdec que també rep el nom de **ITU H.262**, **ISO/IEC 13818-2** i **MPEG-2 Video**. S'usa en els DVD, en els SVC (Super VCD) i en els sistemes de distribució per cable.
- **DV (Digital Video):** còdec de vídeo utilitzat principalment per les càmeres de vídeo digital domèstiques.

Altres còdecs no tan utilitzats són:

- **H.261:** desenvolupat per la ITU, és dels més antics. S'usa per donar compatibilitat amb productes anteriors.
- **H.263:** desenvolupat per la ITU, és un estàndard de compressió dissenyat per a comunicacions amb un *bitrate* baix.
- **MPEG-1 Part 2:** s'usa per als CD de vídeo (VCD). La qualitat és semblant a la d'un vídeo analògic VHS.
- **RealVideo:** desenvolupat per RealNetworks, aquest còdec propietari ja no gaudeix de tanta popularitat.

## 2.2 Servidors de vídeo

Quan parlem de servidors de vídeo ens referim a un ample espectre de serveis, bàsicament serveis que permeten la transmissió de vídeo i àudio. La font d'aquests continguts pot ser heterogènia, des de càmeres i micròfons fins a continguts emmagatzemats en un disc dur.

Dintre d'aquest ventall de serveis hi ha els circuits tancats de televisió (CCTV) (*Closed Circuit Television*), normalment destinats a temes de seguretat, que avui en dia, i gràcies a internet, es poden connectar mitjançant el protocol TCP/IP.

No obstant això, els serveis de vídeo que s'han popularitzat més recentment són els servidors de reproducció en temps real o *streaming*, que moltes vegades engloben tota una plataforma tecnològica que ofereix una gran diversitat de serveis.

### 2.2.1 Servidors de continguts continus

Els servidors de continguts en temps real no difereixen gaire dels servidors d'*streaming* d'àudio. El principi bàsic és el mateix: anar reproduint el vídeo a mesura que es va descarregant, sense passar per cap emmagatzematge local. Tot això, amb l'ajuda d'una memòria intermèdia anomenada *buffer*, permet compensar les petites variacions del flux de dades.

Vegeu a "Reproducció en temps real d'informació multimèdia" de l'apartat dedicat a "Instal·lació i administració del servei d'àudio" els protocols usats per a la retransmissió dels continguts digitals.

Darrerament, cada cop es fan servir més protocols en ***streaming de bitrate adaptatiu*** (*adaptive bitrate streaming*) per tal de detectar la disponibilitat d'ample de banda per part del servidor i el client, i així ajustar el flux (*stream*) i la qualitat. Un bon exemple d'aquests protocols són HLS (HTTP Live Streaming), HDS (HTTP Dynamic Streaming), Smooth Streaming i MPEG-DASH (Motion Pictures Expert Group Dynamic Adaptive Streaming over HTTP).

### 2.2.2 Descàrrega progressiva ('pseudostreaming')

Una tècnica diferent de la reproducció en temps real és la descàrrega progressiva, que consisteix a anar descarregant parts d'un fitxer multimèdia perquè, un cop descarregades, es reproduïxin tot seguit, produint el mateix efecte de flux o *streaming*.

El **pseudostreaming** (també anomenat descàrrega progressiva) és una tècnica basada en Flash que consisteix a descarregar un fitxer multimèdia en parts petites que ja es poden anar reproduint. Una de les característiques més destacades és que permet cercar una posició concreta de l'arxiu multimèdia.

Un exemple típic de posicionament seria:

1 <http://exemple.com/video.mp4?start=212.34>

Els fitxers que permeten fer aquest posicionament han de contenir les metadades que aporten informació per a la indexació del fitxer. Si el fitxer no aporta aquestes dades, alguns servidors la poden recrear, però a costa de carregar el servidor. Per tant, és una bona idea preparar els continguts multimèdia per al *pseudostreaming*.

Una altra diferència amb l'*streaming* (anomenat també *streaming* pur, per diferenciar-lo) és que el *pseudostreaming* emmagatzema de forma temporal el contingut multimèdia que es rep, mentre que l'*streaming* pur es reproduïx directament sense passar pel disc dur.

Aquesta tècnica usa el protocol HTTP i la majoria dels servidors web (Apache, IIS, Lighttpd, Nginx) la suporten, normalment a través d'algun mòdul. També la suporten diverses plataformes de continguts digitals, entre les quals hi ha YouTube.

YouTube és una plataforma per a la compartició de vídeos creada el 2005 per Chad Hurley, Steve Chen i Jawed Karim, tres extreballadors de la companyia PayPal. El primer vídeo pujat va ser *Me at the zoo*, per un dels fundadors. El mateix any, l'empresa ja va rebre una injecció de capital important i va experimentar un creixement vertiginós fins a l'octubre del 2006, quan va ser comprada per Google. Amb aquesta adquisició, YouTube es protegia amb millors aliats de possibles infraccions de drets d'autor. El creixement ha continuat i s'ha diversificat molt l'oferta, oferint tot un ventall de serveis que ha vegades són específics per a països (per tal d'adaptar-se a les diferents legislacions).

Pel que fa a la seva infraestructura, tot i que inicialment tenia la seva pròpia, ara està integrada en els *data centers* de Google com a un més dels seus serveis. El sistema operatiu és un Debian modificat migrat progressivament d'un RedHat a partir del 2013. El servidor web és un servidor propi, el *Google Web Server* (o *gws*), que es creu que és una versió modificada d'Apache, tot i que Google no dona cap informació.

Si es fa un *nmap* al lloc web de YouTube es pot veure que dona servei als ports 80 (HTTP) i 443 (HTTPS), i es pot comprovar que el servei web ja es cataloga com a *gws*.

```
1 # nmap -T4 -A youtube.com
2 Starting Nmap 7.70 ( https://nmap.org ) at 2019-11-16 08:03 Romance Standard
   Time
3 Nmap scan report for youtube.com (172.217.168.174)
4 Host is up (0.23s latency).
5 rDNS record for 172.217.168.174: mad07s10-in-f14.1e100.net
6 Not shown: 998 filtered ports
7 PORT      STATE SERVICE  VERSION
8 80/tcp    open  http     gws
9 | fingerprint-strings:
10 |   GetRequest:
11 |     HTTP/1.0 200 OK
12 |     Date: Sat, 16 Nov 2019 07:03:54 GMT
13 <retallat>
14 | http-server-header:
15 |   YouTube Frontend Proxy
16 |_ gws
17 |_http-title: Did not follow redirect to https://youtube.com/
18 443/tcp    open  ssl/https gws
19 | http-server-header:
20 |   YouTube Frontend Proxy
21 |_ gws
22 |_http-title: Did not follow redirect to https://www.youtube.com/
23 | ssl-cert: Subject: commonName=*.google.com/organizationName=Google LLC/
   stateOrProvinceName=California/countryName=US
24 | Not valid before: 2019-11-05T07:46:16
25 |_Not valid after: 2020-01-28T07:46:16
26 |_ssl-date: 2019-11-16T07:04:16+00:00; -3s from scanner time.
27 <retallat>
28
29 OS and Service detection performed. Please report any incorrect results at
   https://nmap.org/submit/ .
30 Nmap done: 1 IP address (1 host up) scanned in 70.22 seconds
```

### 2.2.3 Subscripció de vídeo

La subscripció de vídeo tampoc no és gaire diferent de la d'àudio. Es fa a través de la sindicació.

La **sindicació** és una tècnica que permet la descàrrega automàtica d'arxius, que poden ser d'àudio, vídeo, notícies, text o imatges a través de diferents estàndards, com pot ser el RSS o l'Atom. No obstant, en el cas del vídeo molts d'aquests arxius no són realment descarregats, sinó que es descarrega l'URL per posteriorment poder visualitzar el vídeo en *streaming*.

#### JSON

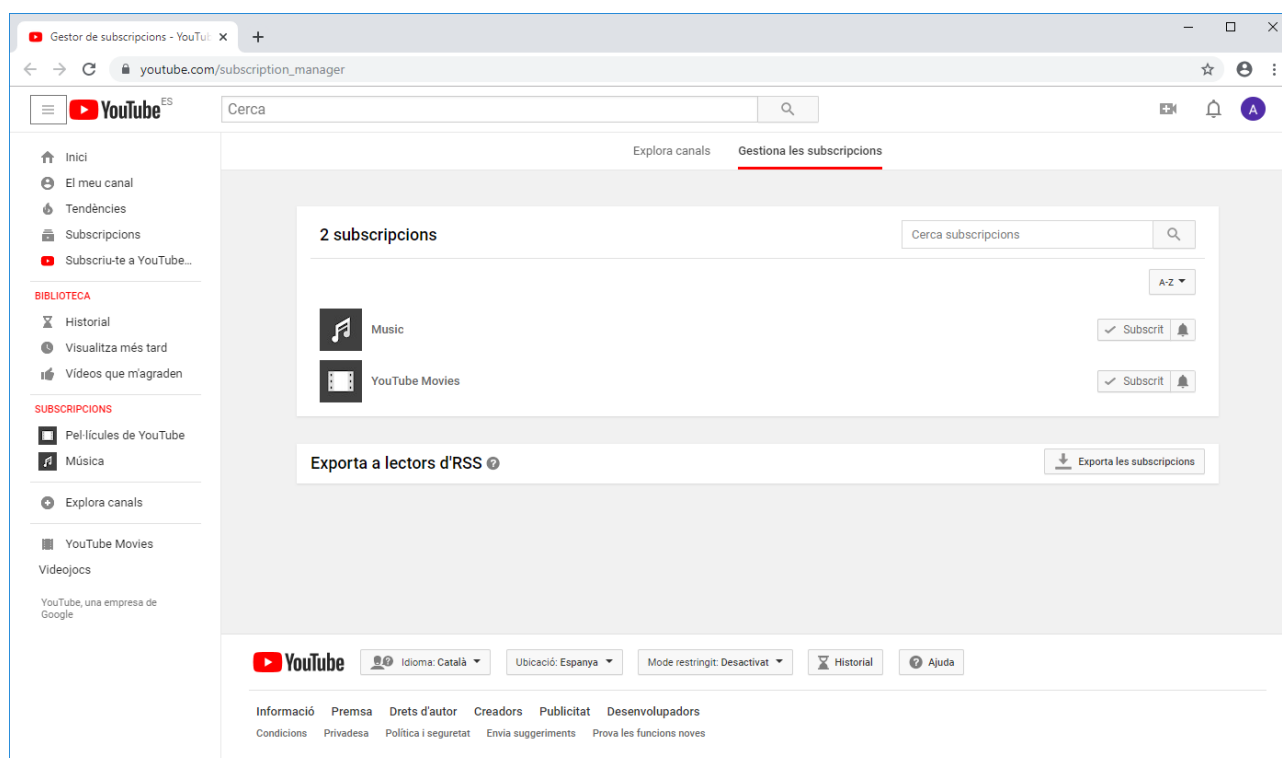
Format d'intercanvi de dades més lleuger que l'XML i més senzill d'interpretar.

Això fa que algunes plataformes disposin de formats propis. Per exemple, les subscripcions a YouTube utilitzen un format propi basat en **JSON** (JavaScript Object Notation), que es pot consultar a la documentació de l'API de Google (igual per a les llistes de reproducció). Malgrat tot, es permet exportar totes les subscripcions en format **OPML** (Outline Processor Markup Language), que posteriorment es pot importar en una altra aplicació, com per exemple Feedly.

OPML és un format de fitxer XML que permet importar/exportar totes les subscripcions d'un determinat canal a partir de les seves sindicacions (RSS majoritàriament).

En la figura 2.6 podeu veure l'administrador de subscripcions de Youtube. En l'apartat *Exporta a lectors d'RSS* es poden descarregar les subscripcions en format OPML.

**FIGURA 2.6.** Administrador de subscripcions de Youtube



## 2.3 Videoconferències

Un dels altres serveis de vídeo que ha augmentat molt el creixement ha estat el de les videoconferències, gràcies a l'increment de l'ample de banda que ha experimentat internet. En aquest cas no és un usuari final qui reproduïx un senyal de vídeo, sinó que tant l'emissor com el receptor són generadors i consumidors. Això fa que els còdecs utilitzats també hagin de codificar en temps real (en els casos anteriors només calia que la descodificació fos en temps real, permetent optimitzar més els còdecs, ja que no importava si el temps de codificació era més gran).

La **videoconferència** és la comunicació de vídeo i al mateix temps so. La videoconferència és un mitjà pel qual els individus a distància es poden trobar cara a cara i en temps real a través de la pantalla. Es necessita un ordinador amb un programari, una càmera de vídeo i una connexió a internet de bona qualitat.

El primer servei de videotelefonia públic es va utilitzar per comunicar les oficines de correu alemanyes (Reichpost) el 1936 entre Berlín i Leipzig, cobrint una distància d'uns 160 km, i es va utilitzar cable coaxial. No obstant això, el primer servei comercial que es va presentar va ser un producte d'AT&T, el Picturephone, el 1964, dins el marc d'una fira a Nova York. No obstant això, aquest servei no va tenir gaire èxit a causa de les dificultats tècniques i l'alt cost de l'època.

Amb l'arribada de l'era digital, i l'augment d'internet tant pel que fa a nombre d'usuaris com a la capacitat de transmissió, juntament amb el desenvolupament de còdecs que permetien reduir considerablement la mida dels paquets enviats a través d'aquesta xarxa, va fer possible l'aparició de programari de videoconferències, fins i tot en l'àmbit d'usuari domèstic. Una de les aplicacions que va fer molt popular el servei de videotrucades és Skype, vigent encara avui en dia, tot i que amb altres competidors (Google Hangouts, Whatsapp, etc.).

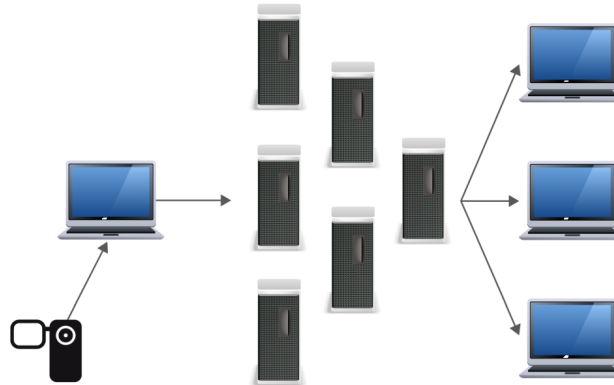
### 2.3.1 Funcionament

La principal funció de les videoconferències és permetre la comunicació a un determinat nombre de persones que poden estar ubicades en diferents llocs a través de la comunicació simultània i en temps real de serveis d'àudio i de vídeo, tot i que pot incloure altres serveis com xat, transmissió de documents, etc. D'aquesta manera, es permet que la situació geogràfica no sigui un impediment per a reunions de qualsevol tipus, permetent així un estalvi econòmic important tant per a les empreses com per als individus en particular.

En la figura 2.7 podeu veure un esquema del funcionament de les videoconferències. Els elements que intervenen als extrems són dispositius que incorporen com

a mínim una càmera i un micròfon per a l'emissió de les dades i uns altaveus i una pantalla per a la recepció. Els equips intermedis són els que s'encarreguen de transportar les dades.

**FIGURA 2.7.** Funcionament de les videoconferències



Depenent del nombre de participants en una videoconferència, les videoconferències són punt a punt o multipunt:

- **Punt a punt:** és la forma més simple de videoconferència. Bàsicament un usuari busca en el seu directori un altre usuari i inicia una trucada per fer la videoconferència (vegeu la figura 2.8). Actualment es poden fer des de qualsevol tipus de dispositiu amb connexió a internet: ordinador, telèfon intel·ligent, tauleta, etc. Un exemple seria una trucada d'Skype o una trucada de vídeo de Whatsapp.

**FIGURA 2.8.** Modalitat punt a punt

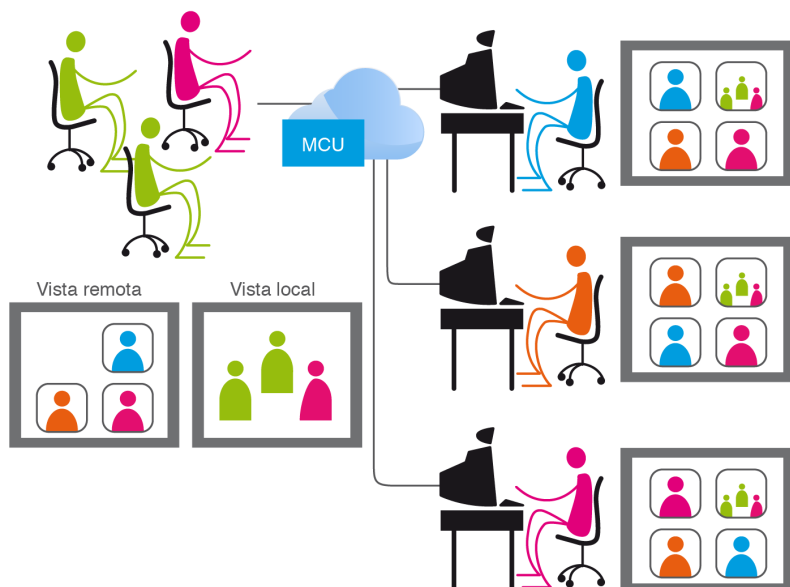


- **Multipunt:** quan hi ha més de dos participants el sistema requereix algun dispositiu que actuï com a nucli per tal de rebre i redistribuir el



senyal. Aquests dispositius s'anomenen unitat de control multipunt (MCU) (*Multipoint Control Unit*), i poden ser tant de programari com de maquinari (vegeu la figura 2.9).

FIGURA 2.9. Modalitat multipunt



El tipus de videoconferència multipunt es pot desglossar en dos grans subtipus:

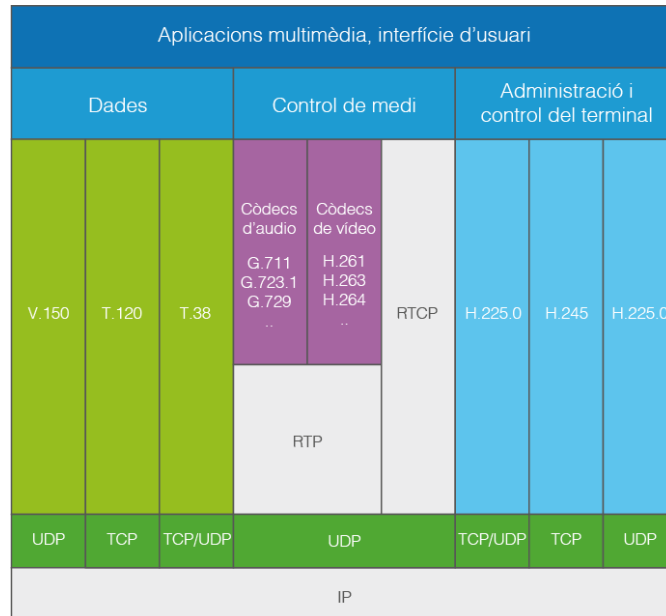
- **Videoconferència programada.** Aquest tipus de videoconferència permet a l'usuari programar i organitzar els recursos. També poden anar vinculats a algun sistema de calendari, tant al núvol com en una aplicació. Un exemple són els webinars.
- **Videoconferència sense reserva.** És l'alternativa a la videoconferència programada, que permet la llibertat de crear una videoconferència de forma immediata sense especificar els participants ni la duració. Un exemple és Google Hangouts (tot i que permet videoconferències punt a punt).

#### Webinar ('web-based seminar')

Videoconferència de múltiples participants bàsicament encarada a la formació (cursos) on es dona la possibilitat als assistents d'interactuar amb la resta de participants. S'aplica a la formació a distància per tal d'augmentar-ne la qualitat.

El principals conjunts de normatives/estàndards que es fan servir per a les videoconferències són l'estàndard H.323 i el protocol SIP:

- **H.323:** normativa realitzada per la ITU (International Telecommunication Union) el 1996 que fixa els estàndards per a la comunicació de veu i vídeo en temps real sobre el protocol IP (admet altres protocols de xarxa). Es fixen els estàndards de l'establiment de la trucada, la compressió d'àudio i vídeo i la gestió de l'ample de banda, i utilitza els protocols RTC i RTCP per a la transferència dels continguts multimèdia. En la figura 2.10 podeu veure alguns dels protocols que formen part de l'especificació H.323:

**FIGURA 2.10.** Pila de protocols de l'especificació H.323

- **SIP** (*Session Initiation Protocol*): és un protocol més senzill desenvolupat per l'IETF MMUSIC (Multiparty Multimedia Session Control). És un protocol de senyalització per a la gestió de sessions en temps real que incloguin àudio i vídeo, entre d'altres. Les seves especificacions es troben definides en l'RFC 3261. SIP treballa amb altres protocols com l'SDP (Session Description Protocol), que és usat per descriure la inicialització d'una sessió multimèdia, RTP i RTCP.

### 2.3.2 Programari

En els darrers temps hi ha hagut una proliferació de programari per a la realització de videoconferències. Molts són solucions particulars o propietàries (Cisco Webex, Adobe Connect, Zoom, etc.) que ofereixen diferents plans depenent del nombre de participants, la necessitat d'emmagatzematge o altres característiques.

No obstant això, també hi ha un conjunt important de programari de codi obert que porta a terme les principals tasques. Alguns són de propòsit general i d'altres estan encarats a solucions en particular, com per exemple l'ensenyament a distància.

Un altre aspecte que cal tenir en compte a l'hora d'escollir el programari de videoconferències és que compleixi el Reglament General de Protecció de Dades de la Unió Europea (**GDPR**).

Algunes de les plataformes de codi lliure més destacades són les següents:

- **OpenMeetings**: es distribueix amb llicència Apache i permet fer videoconferències, edició col·laborativa de documents, missatgeria instantània, pissarra i compartició d'escriptori.

#### GDPR

Reglament de la UE per tal unificar tots els criteris per a la protecció de dades. Inclou un marc regulador per a les multinacionals i per a la transferència fora de la UE.

#### Learning Management System (LMS)

Programari dissenyat per a la gestió integral de cursos en línia.

- BigBlueButton: es distribueix amb llicència LGPL i ofereix videoconferències, presentacions, missatgeria instantània, etc. Està encarat a l'aprenentatge en línia i alguns LMS com Moodle tenen *plugins* per a la seva integració.
- Jitsi: es distribueix amb llicència Apache i el seu punt fort és la varietat de plataformes en que està disponible.