



Escola Universitària
Politècnica de Mataró

Enginyeria Tècnica de Telecomunicació: Especialitat Telemàtica

**Assaig de transmissió de paquets MPEG-2 TS des d'un Servidor
DVB-T
amb control remot des del Client**

**Roberto Romero Jotel
Josep Maria Gabriel i Solanilla**

TARDOR 2009

RESUM

Aquest projecte consisteix en dissenyar i implementar una maqueta que permeti fer proves de difusió de serveis DVB-T per diferents tipus de xarxes, commutada o d'ample de banda compartit.

Després de la introducció i dels objectius, s'explica el projecte DVB, l'estàndard MPEG-2 i el programa reproductor de medis VideoLan VLC. Es realitza un estudi de les diferents opcions de streaming que ofereix VLC, per tal de determinar les més apropiades per aquest treball. En el següent punt es desenvolupa el programa de control amb les aplicacions Servidor i Client, per realitzar el control sobre els mòduls VLC Server i Client, respectivament. A continuació es detalla l'estructura de l'escenari de treball, es verifica el correcte funcionament del programa i es realitzen proves de càrrega per acotar el consum d'ample de banda. Per finalitzar s'expliquen les conclusions del treball realitzat i les línies futures d'actuació que es deriven d'aquest projecte.

RESUMEN

Este proyecto consiste en diseñar e implementar una maqueta que permita hacer pruebas de difusión de servicios DVB-T para diferentes tipos de redes, conmutada o de ancho de banda compartido.

Después de la introducción y de los objetivos, se explica el proyecto DVB, el estándar MPEG-2 y el programa reproductor de medios VideoLan VLC. Se realiza un estudio de las diferentes opciones de streaming que ofrece VLC, para determinar las más apropiadas para este trabajo. En el siguiente punto se desarrolla el programa de control con las aplicaciones Servidor y Cliente, para realizar el control sobre los módulos VLC Server y Client respectivamente. A continuación se detalla la estructura del escenario de trabajo, se verifica el correcto funcionamiento del programa y se realizan pruebas de carga para acotar el consumo de ancho de banda. Para finalizar se explican las conclusiones del trabajo realizado y las líneas futuras de actuación que se derivan de este proyecto.

ABSTRACT

This project consists in designing and implementing a model that allows testing of DVB-T broadcast services to different types of networks, switched or shared bandwidth.

After the introduction and objectives, explained the DVB project, MPEG-2 standard and the program VideoLAN VLC media player. There is realized a study of the different options offered VLC streaming to determine the most appropriate for this job. In the following point is developed control program with the Server and Client applications to perform the control modules VLC Server and Client, respectively. Below is the structure of the stage work, checks the correct operation of the program and load tests for limiting the consumption of bandwidth. Finally explain the conclusions of the work and future lines of action arising from this project.

Índex de continguts

1.	Introducció	1
2.	Objectiu	3
2.1	Objectius del projecte	3
2.2	Objectius personals.....	3
3.	Digital Video Broadcasting (DVB)	5
3.1	Introducció.....	5
3.2	Transmissió DVB-T	6
3.3	Característiques TDT.....	6
3.4	Cronologia de la TDT en Espanya:	7
3.5	Estat DVB-T	8
3.5.1	En Espanya:	9
3.5.2	En Europa:	10
3.5.3	En el món:.....	11
4.	MPEG-2	13
4.1	Introducció:.....	13
4.2	MPEG-2 Video	14
4.2.1	Redundància Temporal.....	15
4.2.2	Redundància Espacial.....	17
4.2.3	Redundància Estadística	18
4.2.4	Elementary Stream	19
4.3	MPEG-2 Àudio.....	23
4.4	MPEG-2 Systems	24
4.4.1	Estructures i multiplexació	24
4.4.2	Model temporització.....	26
4.4.3	Informació de sistema.....	26
4.5	MPEG-2 Transport Stream.....	27
4.5.1	Paquet PES	28
4.5.2	Paquet TS.....	29
4.6	MPEG2-PSI (Program Specific Information)	31
4.7	DVB-SI (Service Information).....	34

5.	Reproductor de medis VideoLan.....	39
5.1	Streaming utilitzant la línia de comandes	40
5.2	Stream DVB-T	43
5.3	Estudi streaming amb VLC	44
5.3.1	Introducció	44
5.3.2	Streaming sobre UDP o RTP	45
5.3.3	Streaming unicast o multicast	49
5.4	Fitxer channels.conf	54
5.4.1	scan.....	55
5.4.2	w_scan.....	57
6.	Programa Control Remot.....	61
6.1	Introducció	61
6.2	Control Remot Servidor	62
6.3	Control Remot Client	64
6.4	Enviar canals	66
6.5	Play.....	67
6.6	Stop.....	71
7.	Escenari de treball	73
7.1	Topologia de l'escenari	73
7.2	Hardware	74
7.3	Software	75
7.3.1	Instal·lació driver receptor DVB-T	75
7.3.2	Instal·lació w_scan:	78
7.3.3	Instal·lació VLC:	79
7.3.4	Instal·lació SUN-JAVA-JRE6.....	80
7.3.5	Resum d'instal·lacions de software	80
7.4	Configuracions addicionals	81
7.4.1	Servidor	81
7.4.2	Clients.....	82

8. Proves i resultats	85
8.1 Proves de funcionament de Control Remot.....	85
8.2 Resultats d'ample de banda	92
8.2.1 Pla de proves i valors teòrics	92
8.2.2 Resultats obtinguts.....	94
9. Conclusions i línies futures.....	99
9.1 Conclusions	99
9.2 Línies futures	100
10. Annexes.....	101
11. Bibliografia	103

Índex de figures

<i>Figura I: Esquema MPEG-2 i DVB</i>	5
<i>Figura II: Estàndards de televisió digital en el món</i>	12
<i>Figura III: Esquema dels tres tipus de compressió</i>	15
<i>Figura IV: Esquema del tipus d'imatges segons la compressió</i>	15
<i>Figura V: Esquema del codificador DPCM</i>	16
<i>Figura VI: Exemple d'un vector de moviment</i>	17
<i>Figura VII: Esquema del procés d'eliminació de la redundància Espacial</i>	18
<i>Figura VIII: Esquema del procés d'eliminació de la redundància Estadística</i>	19
<i>Figura IX: Estructura de les dades</i>	19
<i>Figura X: Relació entre imatges i la seva compressió</i>	20
<i>Figura XI: Ordre d'imatges GOP al codificador i al descodificador</i>	21
<i>Figura XII: Trames que formen un ES de vídeo</i>	22
<i>Figura XIII: Efecte d'emascarament</i>	23
<i>Figura XIV: Formació paquets PES</i>	24
<i>Figura XV: Multiplexació de paquets i formació de MPEG-2 Stream</i>	25
<i>Figura XVI: Esquema procés de generació i descodificació dels paquets TS</i>	27
<i>Figura XVII: Estructura de la capçalera d'un paquet PES</i>	28
<i>Figura XVIII: Formació paquet TS</i>	29
<i>Figura XIX: Estructura de la capçalera d'un paquet TS</i>	30
<i>Figura XX: Representació d'una taula PAT</i>	32
<i>Figura XXI: Exemple d'una taula PMT</i>	32
<i>Figura XXII: Exemple funcionament taules PSI</i>	34
<i>Figura XXIII: Solucions que ofereix VLC</i>	39
<i>Figura XXIV: Visualització del stream sobre UDP</i>	46
<i>Figura XXV: Paquet stream del servidor al client</i>	46
<i>Figura XXVI: Captura amb Wireshark d'un paquet stream sobre UDP</i>	47
<i>Figura XXVII: Captura amb Wireshark d'un paquet TS</i>	47
<i>Figura XXVIII: Encapsulació paquet RTP en IP</i>	48
<i>Figura XXIX: Visualització del stream sobre RTP</i>	48
<i>Figura XXX: Captura amb Wireshark d'un stream sobre RTP</i>	49
<i>Figura XXXI: Exemple de tràfic múltiples unicast i multicast</i>	50

<i>Figura XXXII: Exemple difusió multicast d'un switch sense IGMP Snooping.</i>	51
<i>Figura XXXIII: Exemple difusió multicast d'un switch amb IGMP Snooping.</i>	51
<i>Figura XXXIV: Generació d'un flux de tot el múltiplex enviat per diferents ports.</i>	52
<i>Figura XXXV: Ample de banda ocupat pel servidor.</i>	52
<i>Figura XXXVI: Ocupació ample de banda client en streaming canals per ports.</i>	53
<i>Figura XXXVII: Ocupació ample de banda client en streaming canals per adreces IP.</i>	54
<i>Figura XXXVIII: Exemple de la sintaxi d'un fitxer channels.conf</i>	55
<i>Figura XXXIX: Carpeta fitxers inicials de l'aplicació scan</i>	56
<i>Figura XL: Format dels fitxers inicials de l'aplicació scan</i>	56
<i>Figura XLI: Exemple de funcionament scan</i>	57
<i>Figura XLII: Exemple de funcionament w_scan</i>	59
<i>Figura XLIII: Exemple d'esquema de xarxa per la implementació de Control Remot.</i>	61
<i>Figura XLIV: Esquema comunicació entre Control Remot Servidor i Client.</i>	62
<i>Figura XLV: Directori de les carpetes adapter.</i>	63
<i>Figura XLVI: Estructura servidor TCP.</i>	63
<i>Figura XLVII: Finestra de Control Remot Client.</i>	64
<i>Figura XLVIII: Missatge per tancar manualment VLC.</i>	65
<i>Figura XLIX: Missatge d'error del botó Play</i>	65
<i>Figura L: Missatge d'error del botó Stop</i>	66
<i>Figura LI: Esquema processos de l'ordre de control Enviar canals</i>	67
<i>Figura LII: Esquema processos de l'ordre de control Play</i>	68
<i>Figura LIII: Diagrama de fluxes de l'ordre Play en el servidor.</i>	70
<i>Figura LIV: Esquema processos de l'ordre de control Stop.</i>	71
<i>Figura LV: Esquema topologia escenari</i>	73
<i>Figura LVI: Detecció automàtica del receptor</i>	75
<i>Figura LVII: Finestra de validació per accedir a Gestor de paquets Synaptic</i>	75
<i>Figura LVIII: Finestra de Gestor de paquets Synaptic</i>	76
<i>Figura LIX: Verificació actualització i instal·lació Mercurial</i>	76
<i>Figura LX: Clonació del repositori del driver</i>	77
<i>Figura LXI: Verificació instal·lació driver</i>	77
<i>Figura LXII: Comprovació funcionament receptor DVB-T</i>	78
<i>Figura LXIII: Instal·lació w_scan-20080105</i>	78
<i>Figura LXIV: Instal·lació VLC i plugins.</i>	79

<i>Figura LXV: Instal·lació Java Runtime Environment.....</i>	80
<i>Figura LXVI: Activació entrada automàtica.....</i>	81
<i>Figura LXVII: Configuració per carregar a l'inici de sessió Control Remot Servidor.....</i>	82
<i>Figura LXVIII: Modificació registre de Windows XP.....</i>	83
<i>Figura LXIX: Captura trànsit inicialització connexió i ordre Enviar canals.....</i>	85
<i>Figura LXX: Verificació carrega llista canals.....</i>	86
<i>Figura LXXI: Captura trànsit IGMP v2.....</i>	86
<i>Figura LXXII: Prova de funcionament 1.....</i>	87
<i>Figura LXXIII: Prova de funcionament 2.....</i>	88
<i>Figura LXXIV: Prova de funcionament 3, dos canals en el client.....</i>	88
<i>Figura LXXV: Prova de funcionament 3, dos VLC executant-se en el servidor.....</i>	89
<i>Figura LXXVI: Prova de funcionament 3, un canal en el client i un VLC executant-se en el servidor.....</i>	89
<i>Figura LXXVII: Prova de funcionament 4, llista de canals amb multiplex ocupats.....</i>	90
<i>Figura LXXVIII: Prova de funcionament 4, tres canals, dos en el mateix multiplex.....</i>	90
<i>Figura LXXIX: Prova de funcionament 4, dos VLC executant-se en el servidor, abans de tancar un canal.....</i>	91
<i>Figura LXXX: Prova de funcionament 4, dos canals cadascú en un multiplex.....</i>	91
<i>Figura LXXXI: Prova de funcionament 4, dos VLC executant-se en el servidor, després de tancar un canal.....</i>	92
<i>Figura LXXXII: Resultat prova 1, servidor.....</i>	94
<i>Figura LXXXIII: Resultat prova 1, client.....</i>	94
<i>Figura LXXXIV: Resultat prova 2, servidor.....</i>	95
<i>Figura LXXXV: Resultat prova 2, client.....</i>	95
<i>Figura LXXXVI: Resultat prova 3, servidor.....</i>	95
<i>Figura LXXXVII: Resultat prova 3, client Windows XP.....</i>	96
<i>Figura LXXXVIII: Resultat prova 3, client Ubuntu.....</i>	96
<i>Figura LXXXIX: Resultat prova 4, servidor.....</i>	97
<i>Figura XC: Resultat prova 4, client.....</i>	97

Índex de taules

<i>Taula I: Indicadors TDT a Espanya</i>	9
<i>Taula II: Indicadors TNT a França</i>	10
<i>Taula III: Indicadors TDT a Itàlia</i>	11
<i>Taula IV: Indicadors Freeview al Regne Unit</i>	11
<i>Taula V: Perfils i nivells MPEG-2</i>	23
<i>Taula VI: Definició camps capçalera paquet PES</i>	28
<i>Taula VII: Codi PID pels diferents tipus de taules</i>	37
<i>Taula VIII: Opcions w_scan-20080815</i>	58
<i>Taula IX: Relació entre adreça IP i número de programa</i>	69
<i>Taula X: Prova 1</i>	93
<i>Taula XI: Prova 2</i>	93
<i>Taula XII: Prova 3</i>	93
<i>Taula XIII: Prova 4</i>	94
<i>Taula XIV: Comparativa entre valors teòrics i resultats obtinguts</i>	98

1. Introducció

Normalment a les llars hi ha punts de connexió d'antena en el menjador, la cuina i les habitacions, on es pot connectar un televisor. De vegades, però, la llar només té un o dos punts de connexió i si es vol veure la televisió en un espai on no n'hi ha, cal fer arribar el cable d'antena fins aquella part, essent, de vegades molt complicat de realitzar. Aquest problema pot presentar-se no només a les llars, si no també en centres de treball, bars, escoles, universitats, restaurants, etc.. Aquest projecte vol ser la base per donar solucions a aquest problema.

En l'actualitat el senyal de televisió analògica està en període de transició cap a la televisió digital, definida en el projecte DVB, Digital Video Broadcasting. DVB defineix els mètodes de modulació i codificació segons el medi de transmissió utilitzat, i adopta l'estàndard MPEG-2 per la compressió d'àudio i vídeo, i per la paquetització de les dades a transmetre. La compressió MPEG-2 parteix d'un senyal digital, al que es poden aplicar tres tipus de compressió per reduir la seva redundància temporal, espacial i estadística. Segons el tipus de compressió realitzada s'obtenen imatges I, P o B. L'agrupació de 12 imatges s'anomena GOP i sempre hi ha una imatge I. El flux continu d'imatges amb la informació per la reconstrucció és el Elementary Stream (ES) que es divideix en paquets Packetised Elementary Stream (PES). Aquest paquets són combinats amb informació de sistema i seccionats per formar paquets Transport Stream (TS).

Una de les possibles solucions al problema plantejat és la creació d'un Servidor DVB-T (Digital Video Broadcasting-Terrestrial), consistent en un ordinador amb dos receptors DVB-T connectats als seus ports USB i de diversos clients. Quan el servidor rep una petició d'un dels clients, li respon amb els serveis disponibles permeten així al client seleccionar el servei, com si fos un comandament a distància. El servidor envia el flux de DVB-T a través del reproductor de medis VideoLan VLC i el client accedeix a aquest flux per mitjà del mateix reproductor VLC que li permet veure i escoltar el servei seleccionat. Per implementar aquesta funcionalitat es precisa d'un programa que comuniqui servidor i client, i controli el mòdul VLC, emulant a un comandament IR convencional.

El programa de control dissenyat consta de dues aplicacions, una pel servidor i un altre pel client i permet als clients triar el canal disponible que volen veure, a més d'optimitzar el màxim possible els recursos de la xarxa en la transmissió del streaming de ràdio i/o televisió generat al servidor DVB-T. Les proves de funcionalitat del programa han estat satisfactòries.

2. Objectiu

2.1 Objectius del projecte

Aquest projecte neix amb l'objectiu principal de crear una maqueta per fer proves de difusió de serveis DVB-T sobre diferents xarxes d'àrea local (LAN) tant Ethernet commutada com xarxes d'ample de banda compartit com Wi-Fi (Wireless Fidelity) i/o PLC (Power Line Communications).

El primer objectiu és adquirir coneixements del projecte DVB-T, i l'estàndard MPEG-2, fent més èmfasi en el procés de creació d'estructures de MPEG-2 TS.

El següent objectiu és aprendre a realitzar la difusió del streaming amb un reproductor de medis estàndard (VLC) de la forma més òptima possible per la seva posterior implementació en xarxes d'ample de banda compartit.

Un altre objectiu és el desenvolupament d'un programa, amb dues aplicacions, servidor i client, que permet als clients seleccionar un servei disponible, i a través de VLC veure'l. L'aplicació del servidor tindrà les funcions d'executar, gestionar i tancar la transmissió del streaming de generat en VLC Server i l'aplicació client permetrà executar i tancar VLC Client. El programa ha de funcionar independentment del nombre de receptors DVB-T i ha de ser compatible amb diverses plataformes.

Per acabar, es vol realitzar una comparativa entre els valors teòrics i els resultats pràctics de càrrega d'ample de banda de la xarxa LAN Ethernet obtinguts a partir d'un pla de proves predefinit.

2.2 Objectius personals

A nivell personal neix la motivació d'aplicar tots els coneixements adquirits durant la formació acadèmica així com d'aprendre el funcionament del estàndard DVB-T i dels conceptes de transmissió multimèdia en xarxa fent una aproximació cap al streaming de

- 4 -
Objectiu

serveis de TV, sector amb tendència d'expansió i millorant el meu perfil laboral cap aquest sector.

3. Digital Video Broadcasting (DVB)

3.1 Introducció

El projecte DVB (Digital Video Broadcasting) va néixer en 1993 per desenvolupar la televisió digital. El projecte DVB està format per més de 250 empreses, inicialment d'Europa, però en l'actualitat de tot el món, cobreix tot l'espectre del mercat del sector de la televisió digital, operadors, proveïdors, contingut audiovisual, fabricants d'hardware per la transmissió, tractament i recepció del senyal. Les seves especificacions són acceptades per les organitzacions europees de normalització com el ETSI i el CENELEC.

DVB utilitza l'estàndard MPEG-2 per compressió de vídeo i àudio, per paquetització, sincronització i multiplexació de les dades a transmetre. DVB defineix la transmissió de les dades, és a dir, els mètodes de modulació i codificació per la correcció d'errors segons el medi de transmissió utilitzat, cable, satèl·lit o terrestre (DVB-C, DVB-S, DVB-T, respectivament). A més, defineix la transmissió de la informació de servei (DVB-SI). En la *Figura 1* [1] es visualitza l'esquema de les diferents àrees dels estàndards MPEG-2 i DVB.

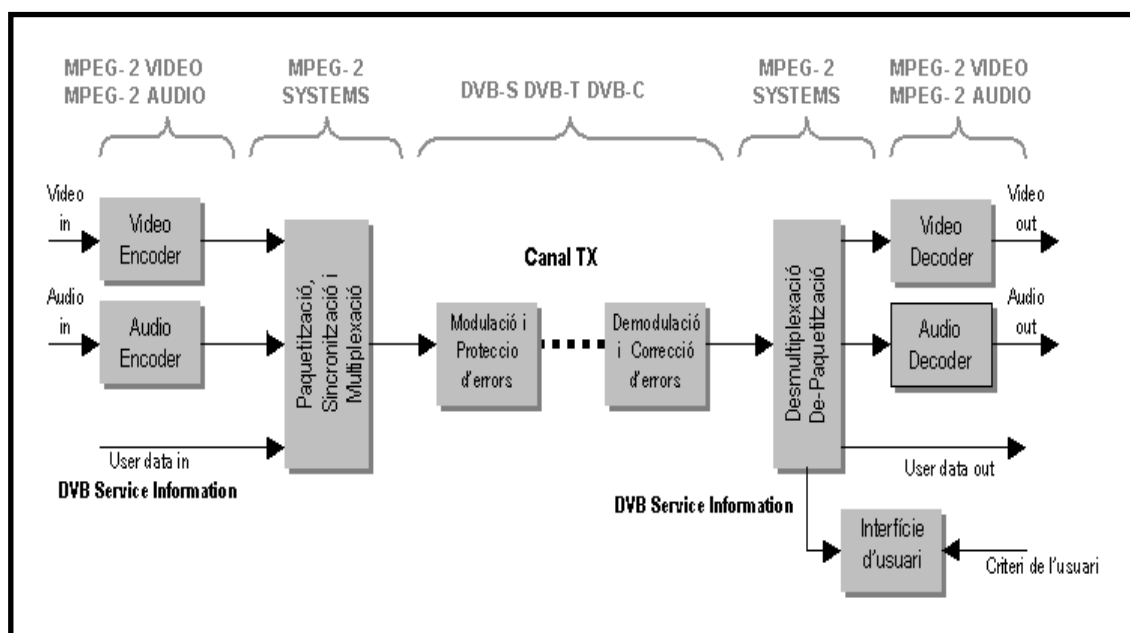


Figura 1: Esquema MPEG-2 i DVB

Alguns dels estàndards creats pel projecte DVB són:

- DVB-C: Televisió digital per cable.
- DVB-CI: Interfície comuna per a ús de l'accés condicional.
- DVB-H: Televisió digital terrestre per dispositius portàtils.
- DVB-IPTV: Continguts de vídeo i àudio utilitzant el protocol d'Internet.
- DVB-NIP: Protocols per a televisió interactiva.
- DVB-S: Televisió digital via satèl·lit.
- DVB-SH: Televisió digital via satèl·lit per dispositius portàtils.
- DVB-SI: Sistema d'informació de servei.
- DVB-T: Televisió digital via terrestre.

Espanya va adoptar l'estàndard DVB-T per l'emissió del senyal de TDT.

3.2 Transmissió DVB-T

Per la transmissió de DVB-T cal aplicar els processos següents al flux de dades MPEG-2 segons [2]:

- Adaptació de la multiplexació i aleatorització per dispersar l'energia.
- Outer coding (Reed Solomon).
- Interleaving convolucional (outer interleaver).
- Inner coding.
- Inner interleaver.
- Mapejat.
- Adaptació de frame (inserció de senyals pilot i TPS).
- OFDM.
- Inserció de d'interval de guarda.
- Conversió D/A.

3.3 Característiques TDT

El canvi de la televisió analògica a la digital ofereix molts avantatges. Tot seguit es numeren els més importants:

- Millor aprofitament de l'espai radioelèctric.
- Millor qualitat de vídeo i àudio.
- Serveis addicionals i serveis interactius.

- Permet SFN (Single Frequency Network) i MFN (Multi Frequency Network).
- Emissions en obert i de pagament.
- Augment del nombre de canals.

3.4 Cronologia de la TDT en Espanya:

L'evolució de la història de la TDT en Espanya es pot dividir en quatre etapes:

- Primeres emissions: 2000-2002.
- Estancament: juny 2002-2005.
- Reactivació: novembre 2005-2008.
- Apagada analògica: abril 2008-abril 2010.

Tot seguit s'expliquen les fites més importants de l'evolució de la TDT:

- **1998:**
 - *Reial Decreto 2169/1998: Plan Técnico Nacional de la TDT (PTNTDT).*

- **2000:**
 - Primera emissió de TDT per Quiero TV (plataforma de pagament).

- **2002:**
 - Desaparició de Quiero TV.
 - Inici emissions TDT de Neo i Veo TV.
 - Emissió simulcast¹ en àmbit nacional de La Primera, La 2, Antena 3, Telecinco i Sogecable.
 - Primeres concessions autonòmiques a Catalunya, La Rioja, Madrid i Navarra.
 - Emissió en TDT de TV3 i Canal 33.
 - Inici emissió de serveis interactius en MHP, TVC.

- **2003:**
 - Flexibilització de les condicions de concessió de Neo i Veo TV.

¹ Emissió simultània de la mateixa programació en analògica i digital.

- **2004:**
 - o *Reial Decreto 439/2004: Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital Local (PTNTVVDL).*
 - o Inici emissions locals digitals.

- **2005:**
 - o *Reial Decreto 944/2005: PTNTDT*
 - o 20 canals nacionals en TDT (5 de RTVE, 3 de Telecinco, Antena 3 i Sogecable i 2 de Veo TV, Net TV i La Sexta).
 - o Novembre cobertura del 80,45% de la població.

- **2007:**
 - o *Plan Nacional de Transición a la TDT.*
 - o Emissió en proves en HD, TVC HD.
 - o Juny cobertura del 85,4% de la població.

- **2008:**
 - o Cessament emissions locals analògiques.
 - o Projectes pilot d'apagada analògica (A Fonsagrada i Sòria).
 - o Desembre cobertura del 92,38% de la població.

- **2009:**
 - o Projectes pilot d'apagada analògica a Segovia i Mataró.
 - o FASE I: apagada analògica el 30 de juny de 2009 de les poblacions amb menys de 500.000 habitants amb bona cobertura.
 - o FASE II: apagada el 31 de desembre de 2009 de les poblacions entre 500.000 i 700.000 habitants.

3.5 Estat DVB-T

Per conèixer l'estat de la DVB-T cal observar els índexs de població amb cobertura de DVB-T, sintonitzadors DVB-T venuts, penetració de la DVB-T a les llars, quota de pantalla, i dates d'apagada analògica.

Aquest apartat es divideix en l'estat DVB-T en Espanya i Europa, per últim hi ha un apartat dedicat a l'adopció del DVB-T o altres estàndards a nivell mundial.

3.5.1 En Espanya:

La situació de la DVB-T en Espanya pels índexs de població amb cobertura de DVB-T, sintonitzadors DVB-T venuts, penetració de la DVB-T a les llars, quota de pantalla segons l'observatori [3] és:

Indicador	Període	Valor
Població amb cobertura	Juliol 2009	96,27 %
Nº sintonitzadors venuts ¹	Setembre 2009	22.451.064 unitats
Penetració en les llars ²	Maig 2009	65,6%
Quota de pantalla ³	Octubre 2009	47,1%

Taula I: Indicadors TDT a Espanya

L'apagada analògica està definida en tres fases:

- FASE III: apagada el 3 d'abril 2010 dels grans i mitjans nuclis urbans que superin els 700.000 habitants, en aquesta fase la població amb cobertura serà del 95 i 98% dels operadors privats i públics respectivament.

El nombre de canals és:

- 20 canals nacionals.
- 1 canal nacional de pagament.
- 4 canals autonòmics.
- 4 canals locals.

Quan es produeixi l'apagada analògica el nombre de canals serà:

- 33 canals nacionals.
- 4-8 canals autonòmics, Catalunya fins a 12.
- 4-8 canals locals.

¹ Suma de les diferents tipologies: descodificador TDT, TV, DVD i PC.

² Elaboració a partir de 30.000 entrevistes. Exclòs segon habitatge i sintonitzador TDT de PC.

³ Panell audímetre ubicat en 45.000 llars, en els que hi viuen 11.897 persones de més de 4 anys.

3.5.2 En Europa:

En Europa hi ha països que ja han completat l'apagada analògica, i d'altres que encara es troben en el procés de transició. Els països que ja han finalitzat l'apagada analògica són: Holanda i Luxemburg en 2006, Finlàndia i Suècia en 2007, Alemanya i Suïssa en 2008. Els països més importants que es troben en procés de transició són: Espanya, França, Itàlia i Regne Unit. Tots tres països disposen d'uns percentatges molt més elevats que Espanya en televisió digital per satèl·lit, cable i ADSL. El model de TDT seguit per aquests països ha estat canals en obert i de pagament. Tot seguit es mostren els indicadors de l'estat de la DVB-T en cadascú dels països, excepte d'Espanya que ja han estat mostrats en el punt 3.5.1.

FRANÇA:

El nom del sistema DVB-T a França és Télévision Numérique Terrestre (TNT).

En la següent taula es visualitzen els indicadors de l'estat de DVB-T a França [3] :

Indicador	Període	Valor
Població amb cobertura	Octubre 2009	88 %
Nº sintonitzadors venuts	Març 2008	13.000.000 unitats
Penetració en les llars ¹	Octubre 2009	43,1%
Quota de pantalla ²	Agost 2009	15,6%

Taula II: Indicadors TNT a França.

L'apagada analògica es produeix en diferents fases i serà complerta el 30 de novembre de 2011.

ITÀLIA:

Destaca el gran nombre de descodificadors TDT amb capacitat interactiva MHP.

En la següent taula es visualitzen els indicadors de l'estat de DVB-T a Itàlia [4] :

¹ Addicionalment, es llogaven 4,4 milions de descodificadors de plataformes IPTV, cable i satèl·lit que incorporen sintonitzador TNT

² Suma del nº de sintonitzadors venuts, més els 4 milions de descodificadors de lloguer de plataformes de pagament que incorporen el sintonitzador TNT

Indicador	Període	Valor
Població amb cobertura	Finals 2005	80 %
Nº sintonitzadors venuts	Juliol 2009	17.960.000 unitats
Penetració en les llars	Juliol 2009	46,6%
Quota de pantalla	Agost 2009	16%

Taula III: Indicadors TDT a Itàlia.

L'apagada analògica es produeix en diferents fases i serà completa al 2012.

REGNE UNIT:

El nom del sistema DVB-T gratuït al Regne Unit és Freeview.

En la següent taula es visualitzen els indicadors de l'estat de DVB-T a Itàlia [5] :

Indicador	Període	Valor
Població amb cobertura	Octubre 2006	73 %
Nº sintonitzadors venuts	Setembre 2009	46.100.000 unitats
Penetració en les llars	Setembre 2009	71,2%

Taula IV: Indicadors Freeview al Regne Unit.

L'apagada analògica es produirà al 2012.

3.5.3 En el món:

En la *Figura II* es mostren els països que implementen el sistema DVB-T i els altres sistemes de televisió digital com ATSC, ISDB-T i DMB-T/H. Gràfic actualitzat al 7 d'octubre de 2009 segons [6].

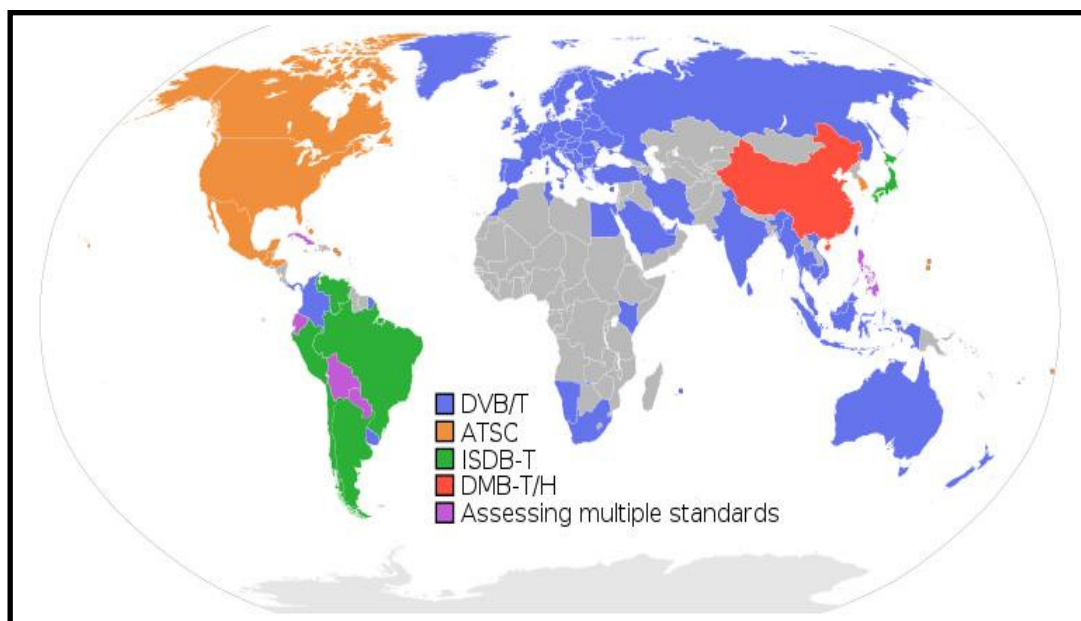


Figura II: Estàndards de televisió digital en el món.

4. MPEG-2

4.1 Introducció:

En 1992 un comitè de l'ISO format per persones procedents de diferents àrees (informàtica, telecomunicacions, electrònica, etc.), anomenat MPEG (Motion Picture Experts Group) va finalitzar l'estàndard MPEG-1, ISO 11172. Estàndard dissenyat per aplicacions d'emmagatzematge en format digital a un bit rate de 1,4 Mbps. Durant el desenvolupament d'aquest estàndard, MPEG va verificar que les tècniques desenvolupades eren adequades per aplicacions que necessitaven més resolució i un bit rate superior. Aquest fet va fer pensar impulsar l'avançament del desenvolupament de la TV Digital. Per tant, amb l'objectiu d'unificar criteris per la implementació de la TV Digital, MPEG va desenvolupar l'estàndard MPEG-2, oficialment ISO 13818.

MPEG-2 és un estàndard genèric, és a dir, les seves especificacions estan destinades a una gran varietat d'aplicacions i condicions d'operació: diferents bit rates, diferents canals de transmissió o formats d'emmagatzematge, sistemes amb retard constant o variable, etc.. Així doncs, MPEG-2 és un estàndard flexible utilitzat en diverses aplicacions digitals, fet on radica la seva complexitat. MPEG-2 només especifica els formats en què s'han de representar les dades a l'entrada del descodificador, un conjunt de regles i els processos de descodificació, degut a les diferents complexitats dels codificadors segons l'aplicació necessitada, i per permetre la continua optimització i millora dels codificadors.

Principals aplicacions de MPEG-2:

- TV: Per radiodifusió de cable, satèl·lit i terrestre.
- HDTV: Per radiodifusió de cable, satèl·lit i terrestre.
- Vídeo en DSM (sistemes d'emmagatzematge digital): CD-ROM, DVD.
- VoD (Vídeo sota demanda).
- Vídeo comunicació: Vídeo multi-punt i múltiples qualitats.
- Network Vídeo: Vídeo sobre diferents xarxes: ATM, Ethernet, LAN.
- Vídeo Professional: Edició no lineal, post producció.

L'estàndard MPEG-2 està dividit en deu parts, però la part 8: **ISO/IEC 13818-8 10-Bit Vídeo** que descriu la codificació del senyal de vídeo per un sistema de 10 bits de

quantificació, es va cancel·lar pel baix interès de la indústria. Les dues primeres parts es van desenvolupar amb la col·laboració de la ITU-T.

- **ISO/IEC 13818-1 Systems:** Especifica la sincronització i multiplexació de diferent tipus d'informació en un sol stream perquè pugui ser transmès o emmagatzemat. També coneguda com ITU-T Rec. H.222.0.
- **ISO/IEC 13818-2 Vídeo:** Descriu la codificació del senyal de vídeo. També coneguda com ITU-T Rec. H.262.
- **ISO/IEC 13818-3 Àudio:** Especifica la codificació del senyal d'àudio.
- **ISO/IEC 13818-4 Conformance:** Descriu el disseny dels tests de verificació dels bitstreams i dels descodificadors.
- **ISO/IEC 13818-5 Software:** Especifica sistemes per la simulació per software de les parts: Systems, Vídeo i Àudio.
- **ISO/IEC 13818-6 Digital Storage Media – Command and Control (DSM-CC):** Descriu protocols per controlar la interacció dels usuaris amb bitstreams de MPEG-1 o 2 emmagatzemats en DSM.
- **ISO/IEC 13818-7 Non Backward Compatible (NBC) Audio:** Especifica codificació avançada d'àudio. (AAC).
- **ISO/IEC 13818-9 Real Time Interface (RTI):** Descriu una interfície a Temps Real entre l'adaptador al canal de transmissió i el descodificador de Transport Stream de MPEG-2 Systems.
- **ISO/IEC 13818-10 DSM-CC Conformance:** Especifica tècniques per verificar si una implementació DSM-CC compleix la part 6 de MPEG-2.

Com l'estàndard DVB només utilitza les tres primeres parts: MPEG-2 Systems, MPEG-2 Vídeo i MPEG-2 Àudio, la resta de parts no s'expliquen.

4.2 MPEG-2 Vídeo

MPEG-2 Vídeo parteix del senyal de vídeo digital d'acord amb el format de la recomanació ITU-R601: 4:2:2 o 4:2:0 segons l'aplicació. El flux necessari per transmetre els formats és de 270 Mbps pel 4:2:2 i de 162 Mbps pel 4:2:0, aquest fet fa necessari un sistema de compressió per reduir els bits rates tan elevats.

La compressió de vídeo es basa en l'incapacitat de l'ull humà per diferenciar les variacions d'alta freqüència en el senyal de color. S'apliquen tres tipus de compressió: redundància temporal, espacial i estadística. Els dos primers són compressions amb pèrdues, no es recupera el senyal original, s'obté una aproximació, ja que el factor de compressió és inversament proporcional a la qualitat. La redundància estadística és una compressió sense pèrdues, el senyal descodificat és igual a l'original. En la *Figura III* [8] es visualitza un esquema dels tres tipus de redundància, amb el procediment per realitzar l'eliminació de la respectiva redundància.

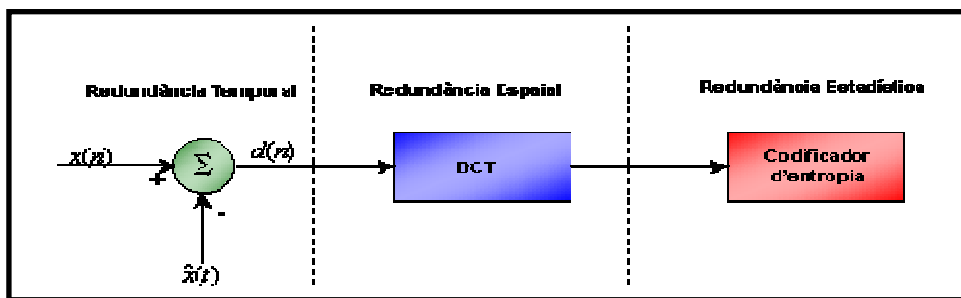


Figura III: Esquema dels tres tipus de compressió.

Les dades que entren al codificador, com per exemple les imatges, s'anomenen unitats de presentació i les dades comprimides són les unitats d'accés.

Les imatges poden ser de tipus I (Intraframe), P (Predicció) i B (Bidireccionals) segons el tipus de compressió utilitzat, com s'observa en la *Figura IV* [9]:

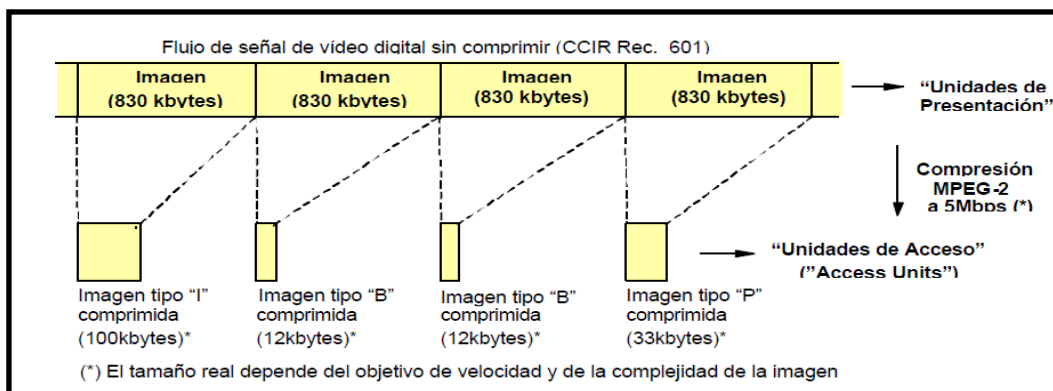


Figura IV: Esquema del tipus d'imatges segons la compressió.

4.2.1 Redundància Temporal

L'eliminació de la redundància temporal és el procés que comprimirà més la imatge. Utilitza mostres de la imatge anterior i/o posterior, i amb tècniques predictives es dedueix

aproximadament la posició dels píxels en la imatge actual. La tècnica més utilitzada per la compressió és DPCM (Differential Pulse Code Modulation).

L'esquema del codificador DPCM es mostra en la *Figura V* [8]:

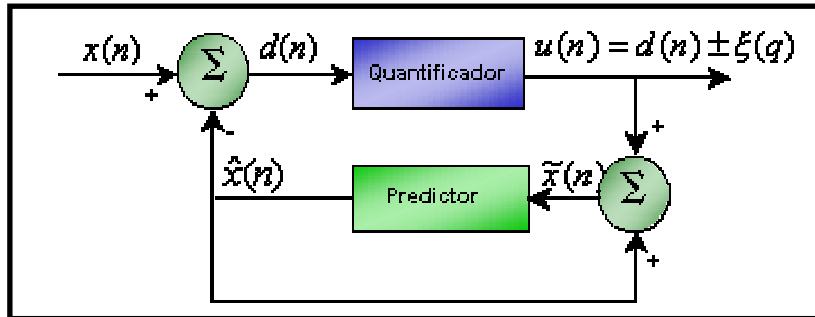


Figura V: Esquema del codificador DPCM.

Com es pot observar hi ha dos blocs diferents, el quantificador i el predictor.

- **Quantificador:** s'assigna un valor determinat (quantificat) de menys bits a la mostra que ve del senyal $d(n)$.
- **Predictor:** s'utilitza un predictor interframe amb la tècnica de compensació de moviment, s'obté la imatge predita a partir de vectors de moviment, aquí és on es produeix el màxim factor de compressió.

El funcionament de l'eliminació de la redundància temporal és observar el següent frame per veure com s'assembla a l'actual. S'observa si el Macrobloc (2 Blocs de crominància i 2 de luminància) situat a la mateixa posició del següent frame és igual.

Hi ha 3 situacions possibles:

- 1.- Si és igual, no es fa cap codificació. S'indica que el Macrobloc no ha canviat.
- 2.- Si no és igual:
 - Pel cas d'un P-frame, es busca si el Macrobloc existeix en una posició diferent en el I o P-frame anterior.
 - Pel cas d'un B-frame, es busca si el Macrobloc existeix en el I o/i P-frame anteriors i posteriors.

Si és així s'envien els vectors de moviment respecte la seva posició anterior, a la *Figura VI* [8] es mostra un exemple de vector de moviment.

- 3.- Si la imatge és nova (canvi de pla), es realitza codificació intraframe (només s'aplica l'eliminació de redundància espacial).

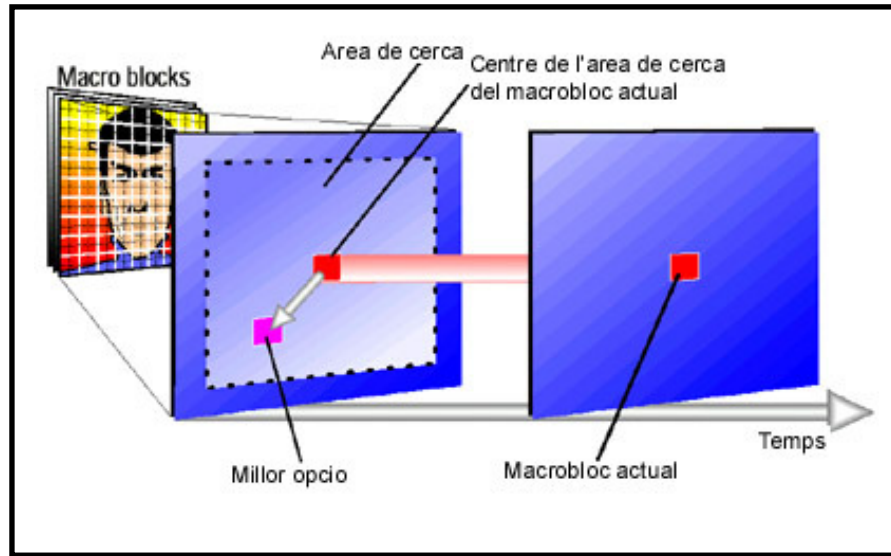


Figura VI: Exemple d'un vector de moviment.

La compensació de moviment no és perfecta, i per tant, no es pot crear llargues seqüències d'imatges obtingudes fent servir vectors de moviment, perquè qualsevol error es propagaria indefinidament i s'amplificaria. MPEG defineix que s'ha d'enviar una imatge I cada 12 grups d'imatges (GOP).

4.2.2 Redundància Espacial

Comença de la base de senyals Y, U, V obtinguts del procés de digitalització. Es divideix cada frame en blocs de 8x8 píxels per reduir el temps de processat de la DCT (Discrete Cosine Transform). Es realitza la DCT (compacta molt l'energia, permetent transmetre pocs coeficients) de cada bloc i s'obtenen matrius de 64 coeficients. Aquests coeficients representen les components de freqüències espaials, i s'organitzen dins la matriu de manera que en l'origen (cantonada superior esquerra) hi ha la component DC, l'eix X indica l'augment de la component freqüencial horitzontal, i l'eix Y representa l'augment de la component freqüencial vertical. La DCT no redueix la quantitat d'informació a transmetre, la reducció es provocada per la ponderació d'aquests valors amb la resposta psicovisual de l'ull humà (més importància als coeficients de baixa freqüència que de l'alta). Cada coeficient de la matriu DCT és dividit pel seu valor corresponent en la matriu de quantificació definida (per MPEG-2 o pel codificador). Aquesta divisió provoca

decimals que cal arrodonir. El coeficient DC es codifica de forma independent, mitjançant codificació DPCM. Aquest procés es resumeix en la *Figura VII*.

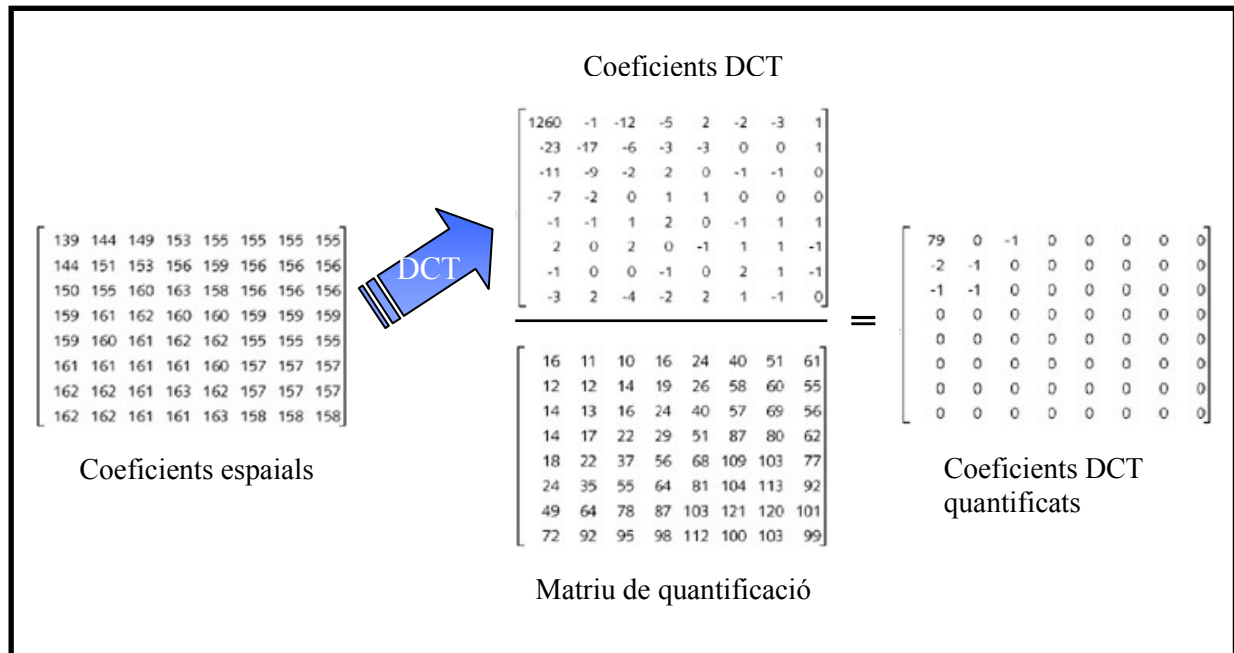


Figura VII: Esquema del procés d'eliminació de la redundància Espacial.

El resultat és un gran nombre de zeros pels coeficients d'altres freqüències.

4.2.3 Redundància Estadística

L'eliminació de la redundància estadística es basa en què hi ha símbols que es repeteixen constantment, aquest fet provoca que es puguin enviar aquestes seqüències que es repeteixen amb menys bits, això és possible per la codificació d'entropia.

Un cop quantificats els coeficients transformats, es realitza un escombrat ziga-zaga o alternat de la matriu per obtenir un flux binari sèrie amb ordre de menys a més freqüència. La majoria de vegades els coeficients de més alta freqüència són 0, s'utilitza la paraula "fi de bloc" (End Of Bloc), que avisa al descodificador que, a partir d'aquest moment, tots els altres coeficients de la matriu són 0. En aquest punt la RLC (Run Length Code) codifica les dades per parelles, el primer terme (run) indica el nombre de zeros que hi ha entre la dada anterior i el segon terme (level). Finalment el codificador de VLC (Variable Length Code), codificador aritmètic o Huffman, codifica aquells coeficients que siguin més freqüents estadísticament, amb un número de bits menor.

A la *Figura VIII* [10] s'observa el procés explicat.

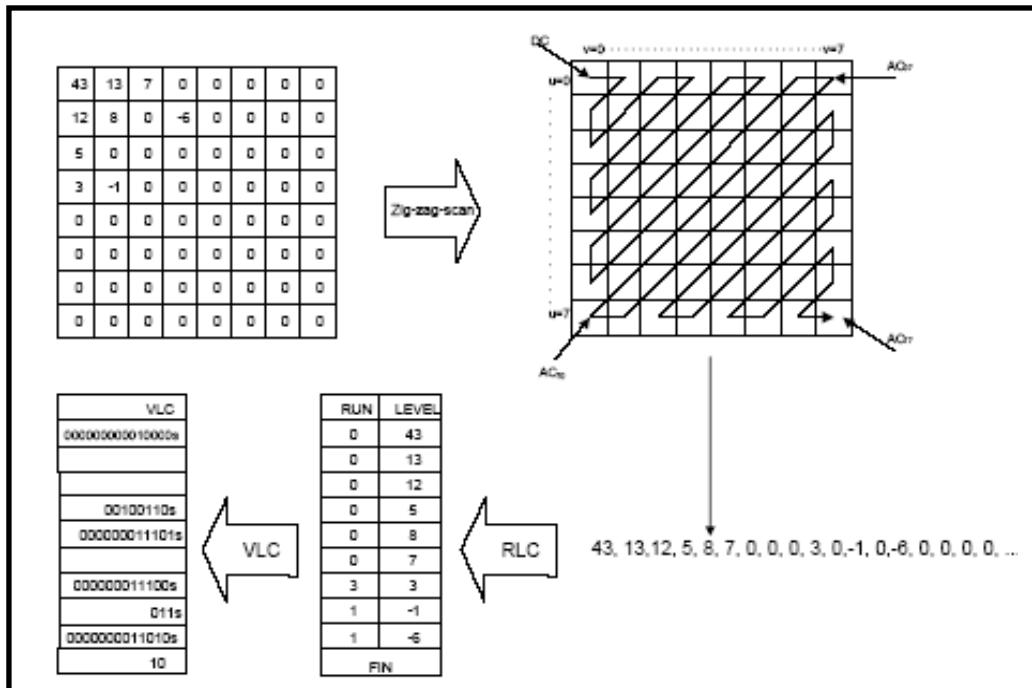


Figura VIII: Esquema del procés d'eliminació de la redundància Estadística.

4.2.4 Elementary Stream

Elementary Stream (ES) defineix l'estructura de les dades i com s'ha d'afegir la informació necessària per poder reconstruir els frames de forma òptima.

En la Figura IX [8] es visualitza l'estructura de les dades jerarquizada per capes:

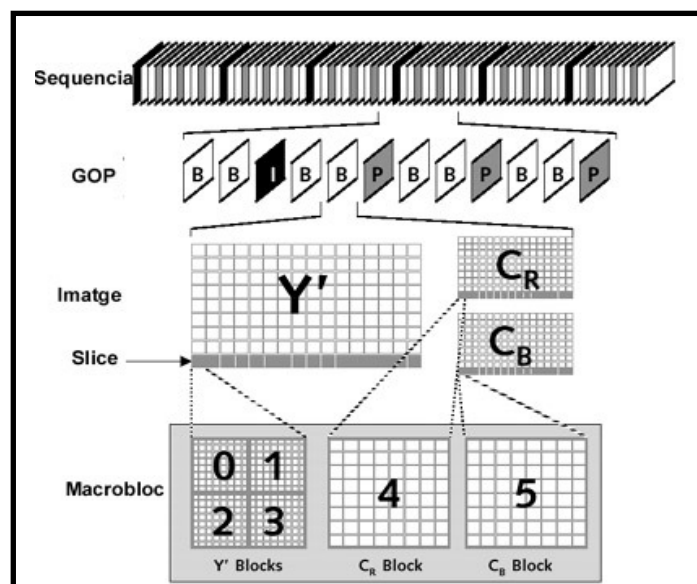


Figura IX: Estructura de les dades.

- **Bloc:** 8 x 8 píxels. Capa on s'efectua la DCT.
- **Macrobloc:** És una agrupació de 16x16 mostres de Y i de 8x8 de U i de 8x8 de V. Capa on es realitza la compensació de moviment.
- **Slice:** Conjunt de Macrobllocs (normalment una línia horitzontal).
- **Imatge:** És l'agrupació de slices. És la unitat de codificació bàsica. Capa elemental de visualització. Les imatges poden ser de tipus I (Intraframe), P (Predicció) i B (Bidireccionals), tot seguit s'expliquen:
 - *Imatges I:* punts d'entrada obligatori per l'accés a una seqüència d'imatge o GOP. S'apliquen tècniques de compressió de redundància espacial i estadística. Disposen de tota la informació necessària per la seva reconstrucció. Són les imatges menys comprimides. Sense la seva transmissió periòdica, el sistema podria degradar-se ràpidament, com a mínim hi ha d'haver un I-frame per cada GOP.
 - *Imatges P:* són predites a partir d'una imatge I o P de frames anteriors. En aquestes imatges s'apliquen els tres tipus de compressió.
 - *Imatges B:* són les que permeten la màxima compressió. Són codificades per interpolació entre dos frames de tipus I o P anteriors i posteriors. En aquestes imatges s'apliquen els tres tipus de compressió.

En la *Figura X* [8] es mostra una possible relació entre les imatges comprimides:

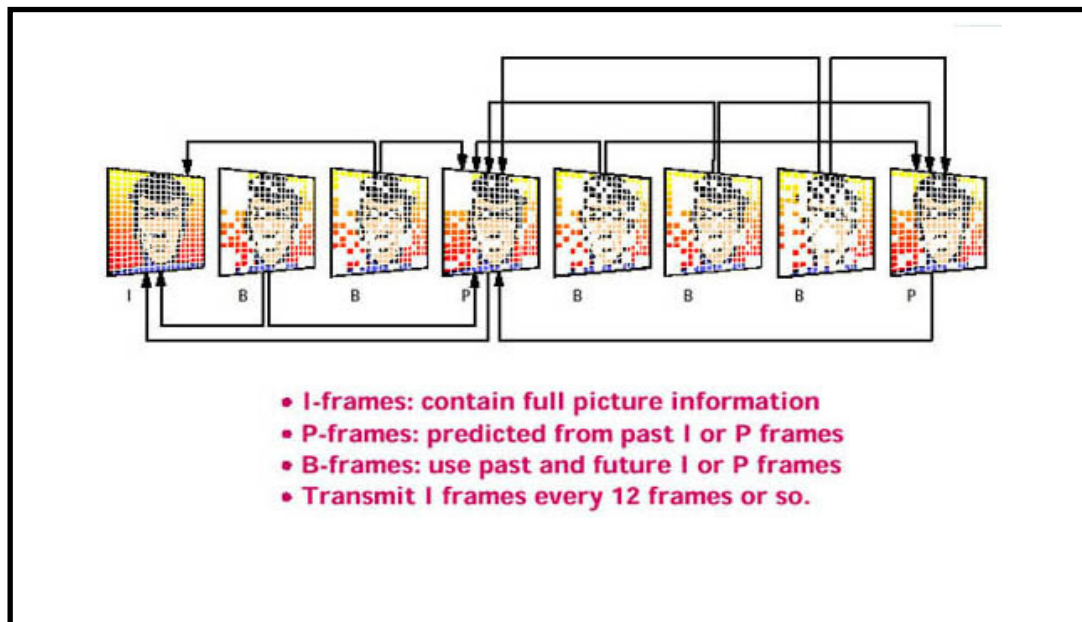


Figura X: Relació entre imatges i la seva compressió.

- **GOP (Grup de imatges):** normalment compost de 12 imatges (una I-frame com a mínim), un número més elevat d'imatges provoca un error més prolongat en el temps, és la base per realitzar la codificació temporal de les imatges, sempre comença amb un I-frame. Abans de descodificar les imatges B, el descodificador ha de conèixer alguna de les imatges I o P que la precedeixen, aquestes imatges s'envien abans en el temps, però la seva presentació és posterior, per això el descodificador les ha d'ordenar. En la *Figura XI* [8] s'observa el procés explicat:

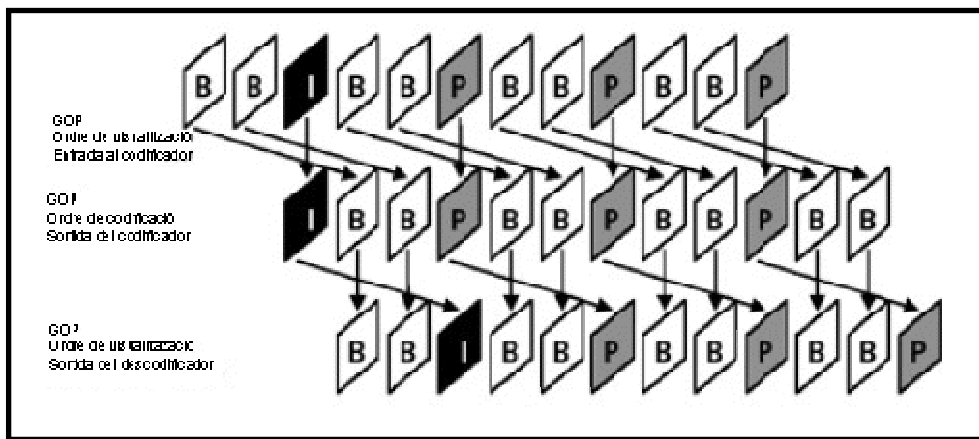


Figura XI: Ordre d'imatges GOP al codificador i al descodificador.

- **Seqüència:** Capa superior. Determina el context en què es defineix la seqüència (paràmetres de vídeo bàsics tals com: les dimensions de la imatge, l'aspecte ràtio, el format del mostreig, la freqüència d'imatge, l'escombrat progressiu o entrellaçat, el perfil, el nivell, el bit rate i les matrius de quantificació).

Les capes organitzades conjuntament formen un ES de vídeo, es defineix ES com un stream continu d'imatges comprimides i codificades amb la informació necessària per a la seva reconstrucció. A la *Figura XII* [8] es visualitza les diferents trames de cada capa:

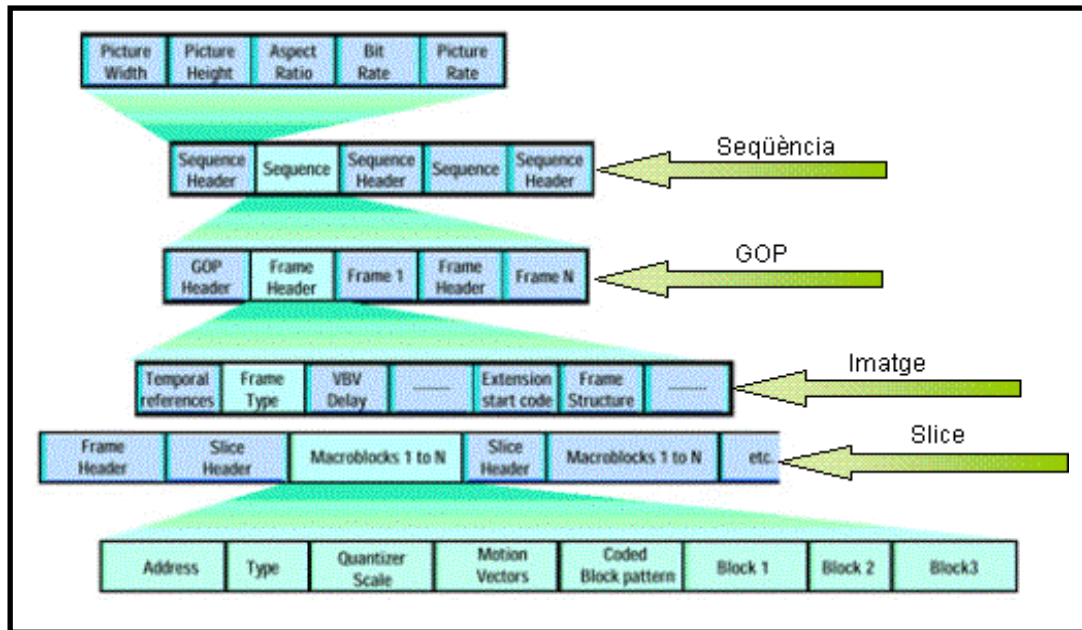


Figura XII: Trames que formen un ES de vídeo.

PERFILS I NIVELLS:

Hi ha cinc tipus de perfils que indiquen el sistema de compressió a utilitzar:

- **Simple:** Video conferència amb baix retard.
- **Principal:** Radiodifusió de vídeo.
- **Escalable en SNR:** Permet múltiples graus de qualitat.
- **Espacialment escalable:** Permet múltiples graus de qualitat i resolució espacial.
- **Alt:** Permet múltiples graus de qualitat, resolució espacial i format de cromà.

A la *Taula V* hi ha un resum de tots els perfils i nivells, així com les taxes de bit màximes, el número de mostres i el tipus d'imatges que contempla la normativa MPEG-2.

PROFIE LEVEL	SIMPLE	MAIN	4:2:2	SNR	SPATIAL	HIGH
HIGH		4:2:0 1920x1152 80 Mb/s I, P, B				4:2:0,4:2:2 1920x1152 100 Mb/s I, P, B
HIGH-1440		4:2:0 1440x1152 60 Mb/s I, P, B			4:2:0 1440x1152 60 Mb/s I, P, B	4:2:0,4:2:2 1440x1152 80 Mb/s I, P, B
MAIN	4:2:0 720x576 15Mb/s I, P	4:2:0 720x576 15 Mb/s I, P, B	4:2:2 720x608 50 Mb/s I, P, B	4:2:0 720x576 15 Mb/s I, P, B		4:2:0,4:2:2 720x576 20 Mb/s I, P, B
LOW		4:2:0 352x288 4 Mb/s I, P, B		4:2:0 352x288 4 Mb/s I, P, B		

Taula V: Perfils i nivells MPEG-2.

4.3 MPEG-2 Àudio

Dos canals d'àudio en qualitat CD requereixen un bit rate de 1,4 Mbps, però utilitzant tècniques de compressió s'arriba a 200 Kbps amb una qualitat similar. La compressió del senyal d'àudio aprofita la resposta psicoacústica de l'oïda humana, on els tons d'alta intensitat tendeixen a emmascarar els tons d'intensitat inferior adjacents. La idea és "si no ho pots escoltar, no ho codifiquis". En la *Figura XIII* [8] s'observa aquest efecte:

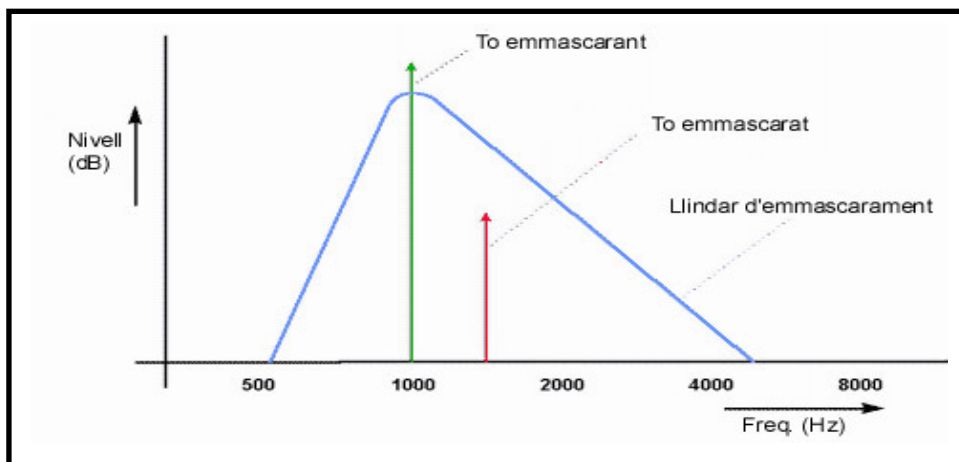


Figura XIII: Efecte d'emascarament.

El procés de compressió, part del senyal d'àudio de 0 Hz a 22 KHz (aproximadament l'espectre auditiu). Aquest senyal és dividit en 32 subbandes freqüencials, cada subbanda és filtrada, quantificada i codificada segons la resposta psicoacústica de l'oïda humana.

4.4 MPEG-2 Systems

ES (Elementary Stream) és un stream continu que no conté informació de temporització ni de sincronització. MPEG-2 Systems resol el problema de sincronització, i descriu com a partir dels ESs es generen noves estructures més òptimes per la transmissió i emmagatzematge.

L'estructura continua del ES dificulta la seva combinació i transmissió, s'ha de definir com es processen els ESs per aconseguir estructures més útils per la seva transmissió.

L'objectiu de MPEG-2 System és generar programes (conjunt d'ES visualitzats conjuntament i de forma sincronitzada), els ESs contenen informació de vídeo i àudio, aleshores és necessari un sistema d'associació entre ells i un sistema de temporització per la sincronització, que ha de solucionar els següents aspectes:

- Proporcionar informació per reordenar les imatges I, P i B.
- Els retards aleatoris introduïts pel canal de transmissió.

Per solucionar els aspectes comentats, MPEG-2 Systems especifica:

4.4.1 Estructures i multiplexació

Un cop el senyal de vídeo i àudio són codificats, els ESs són dividits i empaquetats per produir paquets Packetised Elementary Stream (PES). Compost d'una capçalera i un camp de dades, tal i com es mostra en al *Figura XIV* [1]:

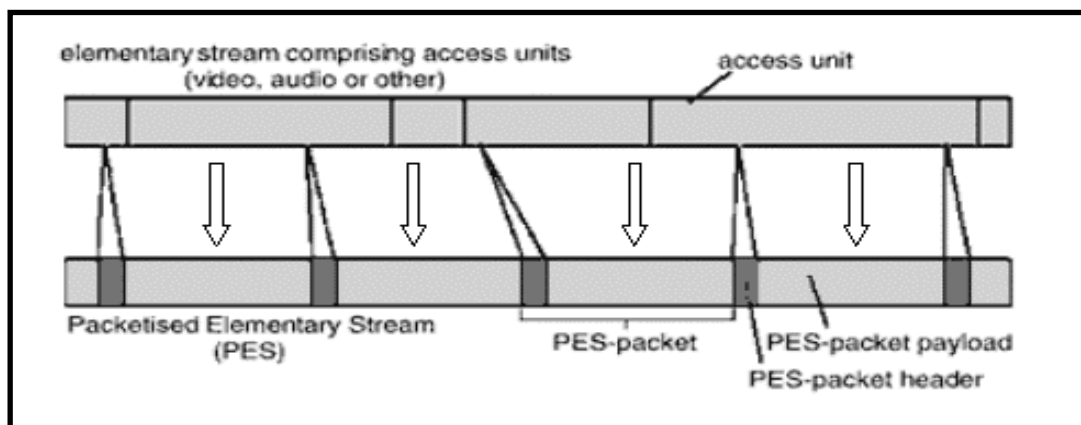


Figura XIV: Formació paquets PES.

El camp de dades està format per un nombre variable de bytes procedents d'un sòl ES i en el mateix ordre que la seqüència original. Posteriorment, els paquets PES són combinats amb informació de Sistema per formar un Transport Stream (TS) o un Program Stream (PS).

MPEG-2 Systems especifica com es combinen un o més PES de vídeo, àudio i altres dades, en un o múltiples streams, per proporcionar aquesta combinació és necessari trencar la naturalesa continua dels ESs. MPEG-2 Systems especifica un mètode de multiplexació i sintaxi del stream resultant. MPEG-2 Systems utilitza el mètode de multiplexació per paquets, els paquets de dades que arriben dels diferents PES de vídeo, àudio o dades són intercalats dins d'un MPEG-2 Stream. Aquest mètode s'observa en a *Figura XV* [9]. Aquest tipus de multiplexació permet que els ESs puguin ser transmesos en bit rate constant (CBR) o variable (VBR), variant la longitud o la freqüència dels paquets.

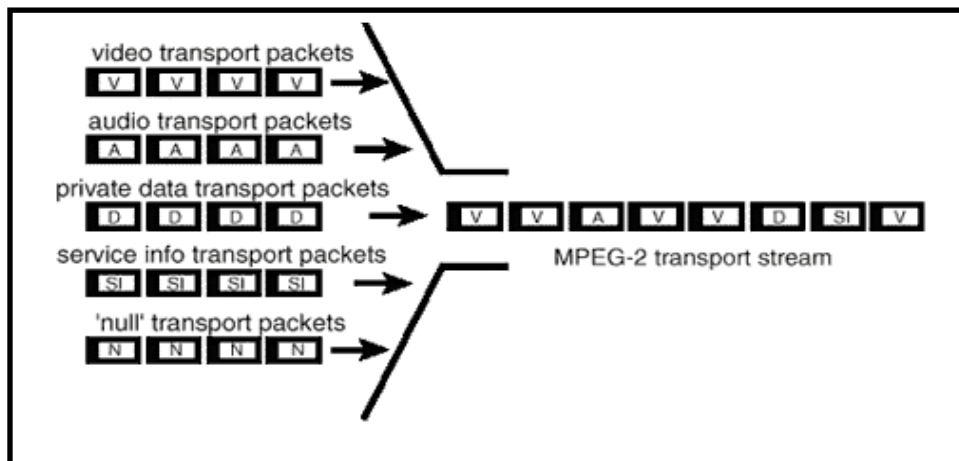


Figura XV: Multiplexació de paquets i formació de MPEG-2 Stream.

El requeriment per multiplexar és conservar l'ordre seqüencial entre els paquets d'un mateix tipus de PES. Del procés de multiplexació s'obtenen dos tipus diferents de streams: TS o PS. El TS s'aconsegueix a partir de la divisió dels paquets PES en paquets més petits, i el PS per l'agrupació de diversos paquets PES. Cada tipus de stream és vàlid per diferents aplicacions de transmissió i d'emmagatzematge, per un o més programes, el TS, i per un sol programa, el PS. El bit rate del TS pot ser variable o constant, i com a mínim sempre és igual a la suma de tots els bit rates dels ES contribuents. En el cas particular de ES a VBR i TS a CBR s'utilitza multiplexació estadística, això implica la utilització de paquets buits

per mantenir el CBR quan les imatges a comprimir no són gaire complicades i el bit rate requerit és inferior al del TS.

4.4.2 Model temporització

Té l'objectiu d'aconseguir la sincronització entre el codificador i el descodificador, la presentació sincronitzada dels ES, el reordenament de les imatges I,P i B, i l'anul·lació dels retards aleatoris introduïts per les xarxes comunicacions.

Es basa en la inserció de timestamps en la PES header i de referències de rellotge a la capçalera dels paquets TS. Els timestamps i les referències de rellotge són mostres del rellotge que intervé en el procés de codificació i multiplexació de cada programa. Cada programa té assignat un rellotge que rep el nom de System Time Clock (STC). Aquest rellotge és la base de temps del programa associat. En un TS cada programa és associat a un STC, però un STC pot estar associat a un o varis programes a la vegada.

Hi ha tres tipus de mostres de rellotge:

- El SCR (System Clock Reference) o PCR (Program Clock Reference) permeten la regeneració, en el descodificador, del rellotge de referència del programa escollit. PCR és la terminologia que s'usa en el TS.
- El DTS (Decoding Time Stamp) indica a quin moment s'ha de descodificar cada imatge.
- El PTS (Presentation Time Stamp) indica a quin moment s'ha de presentar cada imatge o mostra d'àudio.

MPEG-2 només defineix les característiques que han de complir el STC i el PCR. MPEG-2 especifica les sintaxis dels timestamps i com s'han d'usar, però no es tracta en aquest projecte, per més informació [1][8].

4.4.3 Informació de sistema

Per facilitar al descodificador el procés de demultiplexació, MPEG-2 Systems defineix pel TS, la Program Specific Information (PSI).

La PSI és la definició sintàctica d'un conjunt de quatre taules:

- Program Association Table (PAT).

- Program MAP Table (PMT).
- Condicional Acces Table (CAT).
- Network Information Table (NIT).

La seva funció és proporcionar informació del sistema com paràmetres de xarxa, programes que componen el TS, paràmetres de l'Accés Condicional i altres.

A la *Figura XVI* [10] s'observa un esquema bàsic del procés de generació i descodificació del TS. En la descodificació, primer cal extreure la informació de sistema per poder identificar les dades rebudes per poder regenerar els ES, tot seguit els ES són descodificats, les unitats de presentació són emmagatzemades en una memòria intermèdia per ser presentades en l'instant establert.

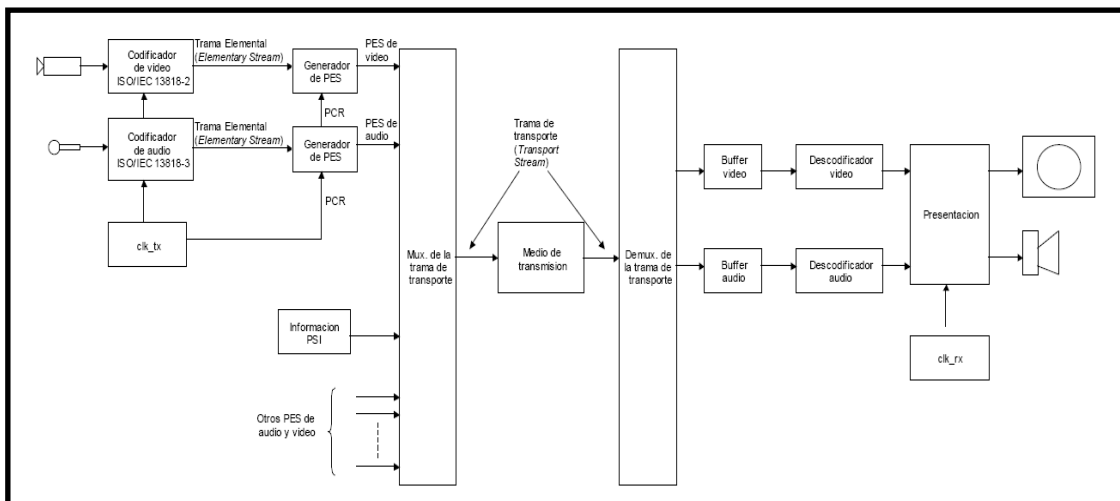


Figura XVI: Esquema procés de generació i descodificació dels paquets TS.

4.5 MPEG-2 Transport Stream

Com s'ha explicat en MPEG-2 Systems, per generar TS primer de tot cal trencar l'estructura continua del ES, un cop trencada s'obté paquets PES, que posteriorment són dividits en paquets més petits anomenats TS.

En aquest apartat s'expliquen els paquets PES i TS.

4.5.1 Paquet PES

El paquet PES és compost d'una capçalera, la PES header, i d'un camp de dades (payload o càrrega útil). La seva longitud és variable i depèn de l'aplicació, normalment és 64 Kbytes. La capçalera PES té la funció de proporcionar informació de temporització i característiques dels ES. En la *Figura XVII* es visualitza els diferents camps de la capçalera d'un paquet PES.

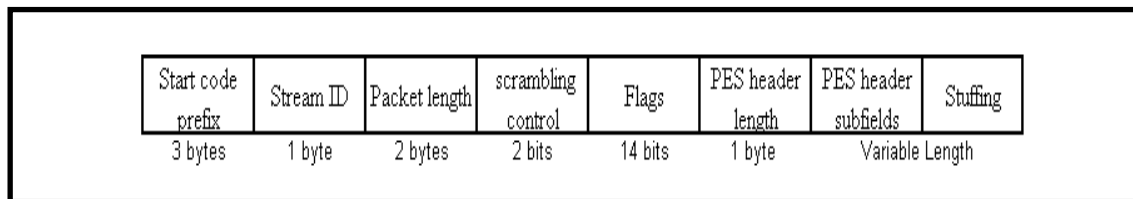


Figura XVII: Estructura de la capçalera d'un paquet PES.

En la *Taula VI* es mostra més detalls de cada camp que forma la capçalera d'un paquet PES.

Camp	Definició	Nº de bits
Start_code_prefix	Codi d'inici	24
Stream_ID	Identificador del PES	8
Packet_length	Longitud del paquet PES	16
PES_scrambling_control	Indica si hi ha encriptació, i el seu codi	2
Flags	Marcadors	14
PES_header_length	Longitud restant de la capçalera (x+y)	8
PES_header_subfields	Camp variable, funció dels flags	x bytes
Stuffing	Camp variable, per farcir	y bytes

Taula VI: Definició camps capçalera paquet PES.

El camp Stream ID, identificador del PES, permet identificar els paquets PES que pertanyen als diferents ES d'un mateix programa. El Stream ID s'assigna a cada ES de forma unívoca dins el programa del que forma part el ES, no cal que sigui únic en el TS. El Stream ID adquireix diferents valors segons el tipus de ES associat (dades, vídeo, àudio,...).

4.5.2 Paquet TS

Els PES packets són seccionats en paquets més petits de longitud fixa anomenats TS packets. Aquests paquets tenen una longitud de 188 bytes. Estan formats per una capçalera de 4 bytes i un camp de dades (payload) o camp d'adaptació (Adaption field), o ambdós. Com els paquets PES són de longitud variable i els paquets TS de longitud fixa, són necessaris bytes de farciment (stuffing bytes) en el paquet TS, ja que és difícil que la longitud dels paquets PES sigui exactament un número enter de paquets TS.

Hi ha dues formes per minimitzar l'ús de bytes de farciment:

- Aprofitar aquests bytes per incloure informació a través del camp d'adaptació, però perdent eficiència de la capacitat del canal.
- Seleccionar una longitud elevada dels paquets PES.

En la següent figura [1] es mostra la formació de paquets TS:

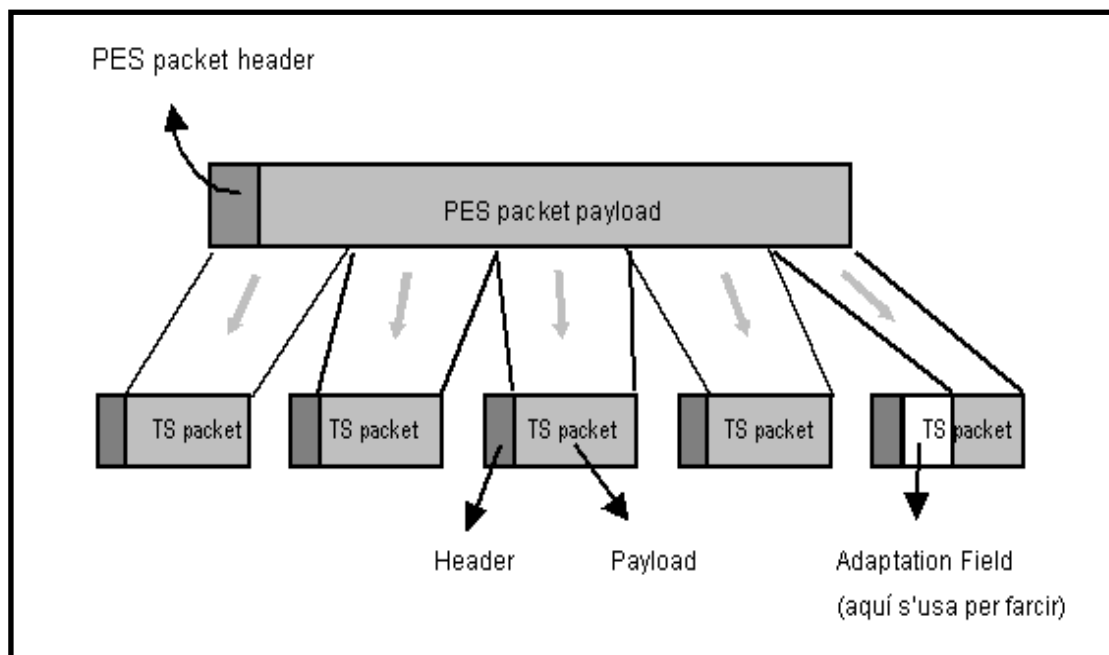


Figura XVIII: Formació paquet TS.

Per aquest procés de paquetització, MPEG-2 Systems especifica dues normes:

- Cada paquet TS només pot contenir dades d'un sol paquet PES.
- El primer byte de cada paquet PES ha d'ocupar el primer byte del payload d'un paquet TS.

En la *Figura XIX* es visualitza els diferents camps de la capçalera d'un paquet TS:

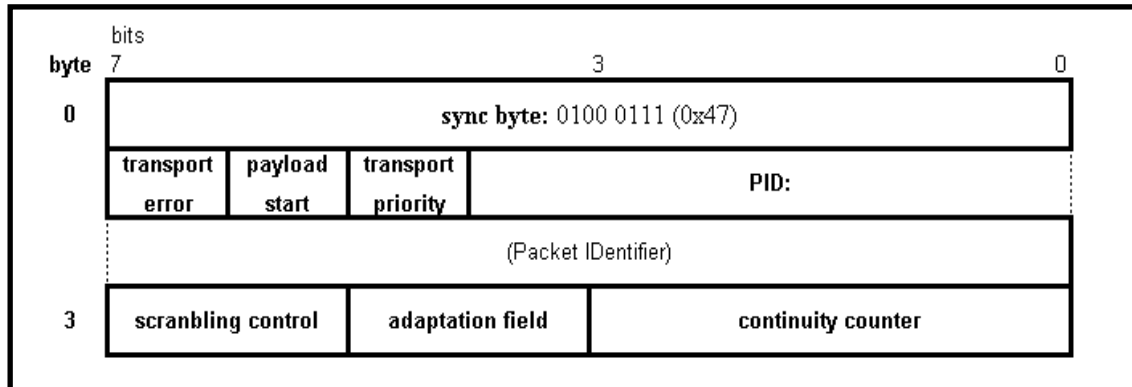


Figura XIX: Estructura de la capçalera d'un paquet TS.

Definició dels camps:

- **sync_byte (1 byte):** És el byte de sincronisme. Sempre té el valor '01000111' (0x47). Aquest valor no es pot repetir en altres camps del paquet TS. Cada 188 bytes es repeteixi el sync_byte, això permet als descodificadors la identificació de l'inici dels paquets.
- **transport_error_indicator (1 bit):** Quan té valor de '1', indica que com a mínim existeix un bit erroni incorregible en la transmissió.
- **payload_unit_start_indicator (1bit):** Només té significat pels paquets TS que transporten paquets PES o dades PSI.
- **transport_priority (1 bit):** Indica la prioritat del paquet. Quan aquest val '1' indica que el paquet associat és prioritari enfront la resta de paquets que tenen el mateix PID però que tenen l'indicador a '0'.
- **PID (Packet Identifier, 13 bits):** Indica a quin ES pertanyen les dades transportades per cada paquet TS. Tots els paquets TS obtinguts d'un mateix ES tenen el mateix valor de PID. Un valor de PID, únic i irrepetible dins la totalitat del TS, només pot ser assignat a un sol ES.

Dels 213 valors possibles pel PID, 17 estan reservats per ús especial. Per tant, hi ha 8.175 valors que poden ser assignats a diferents ES, i representa el màxim número de ESs que hi poden haver en un sol Transport Stream. És responsabilitat del multiplexor, assegurar que cada ES té assignat un sol PID.

- **transport_scrambling_control (2 bits):** Indica si hi ha o no encriptació de les dades de la càrrega útil del paquet TS. La capçalera del paquet TS i el Adaptation field (quan

està present) no es poden encriptar, ja que contenen paràmetres que poden ser llegits i modificats durant el seu transport. En els paquets sense càrrega útil, el `transport_scrambling_control` val '00'.

- **adaptation_field_control (2 bits):** indica si la capçalera del paquet TS va seguida del camp d'adaptació i/o de la càrrega útil.
- **continuity_counter (4 bits):** és un comptador que el codificador incrementa a cada paquet TS enviat per indicar l'ordre dels paquets de mateix PID.

El Adaptation field és un camp opcional i de longitud variable. Des de 2 bytes fins a la totalitat del paquet (184 bytes). Quan està present disminueix la longitud del camp de dades. Proporciona informació a nivell de transport, multiplexació i sincronització. Conté el camp PCR que transporta les mostres del STC de cada programa, un camp de longitud variable per transportar dades privades, i un altre que s'encarrega dels bytes de farciment.

4.6 MPEG2-PSI (Program Specific Information)

La PSI proporciona informació per la configuració automàtica del IRD, per la demultiplexació i la descodificació de diversos fluxes de programes del múltiplex.

Tots els paquets TS que pertanyen a un ES tenen el mateix PID, el desmultiplexor pot seleccionar un determinat ES acceptant els paquets amb el PID corresponent, i per tant seleccionar un programa sabent els PIDs de vídeo, àudio i dades que el componen.

La PSI proporciona al descodificador els PIDs que formen cada programa, que és imprescindible pel seu funcionament.

La PSI està estructurada en quatre taules segons [11]:

- **PAT(Program Association Table):** és obligatòria, conté una llista complerta de tots els programes disponibles en el TS, dóna la correspondència entre un programa i el PID dels paquets TS que transporten la taula amb les dades que identifiquen aquest programa (PMT).

Tot TS ha de contenir una PAT vàlida i complerta, i mai encriptada.

Es transporta pels paquets amb `PID = 0x0000`.

En la *Figura XX* [9] es mostra un exemple de la representació d'una taula PAT:

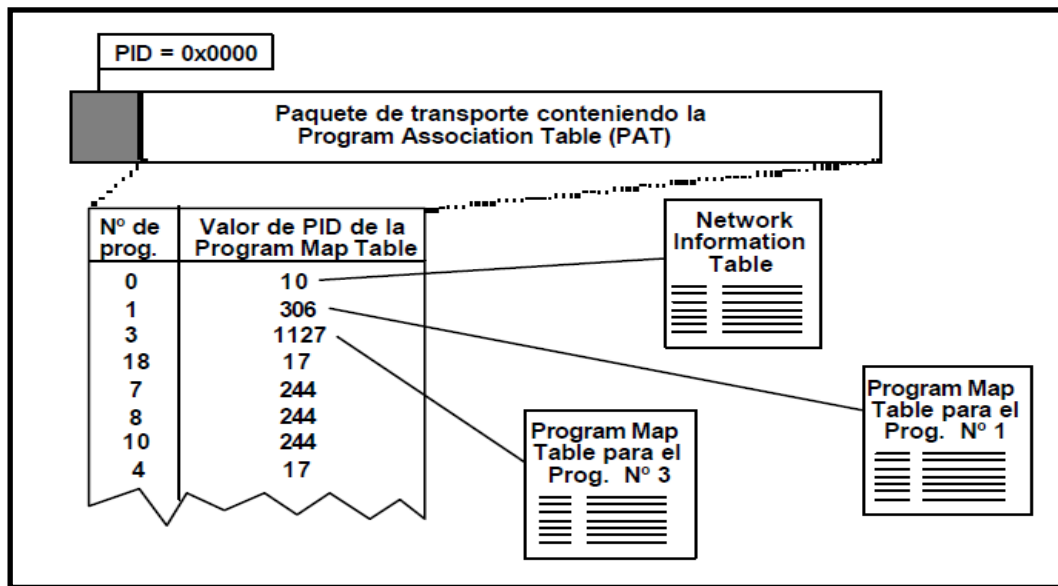


Figura XX: Representació d'una taula PAT.

- **PMT(Program Map Table):** subministra un mapa de relacions entre el programa i els elements de programa que el formen, un programa d'un TS té una taula PMT associada a ell.

Una taula PMT pot contenir detalls de diversos programes, com s'observa en la *Figura XX* [9]. Els paquets que contenen taules PMT poden tenir valors arbitraris de PID, amb excepció dels valors reservats per PAT, CAT i les especificacions DVB-SI (veure Taula VII). Aquests paquets han de ser transmesos sense encriptar, no obstant poden contenir informació privada relativa al programa, que si pot estar encriptada.

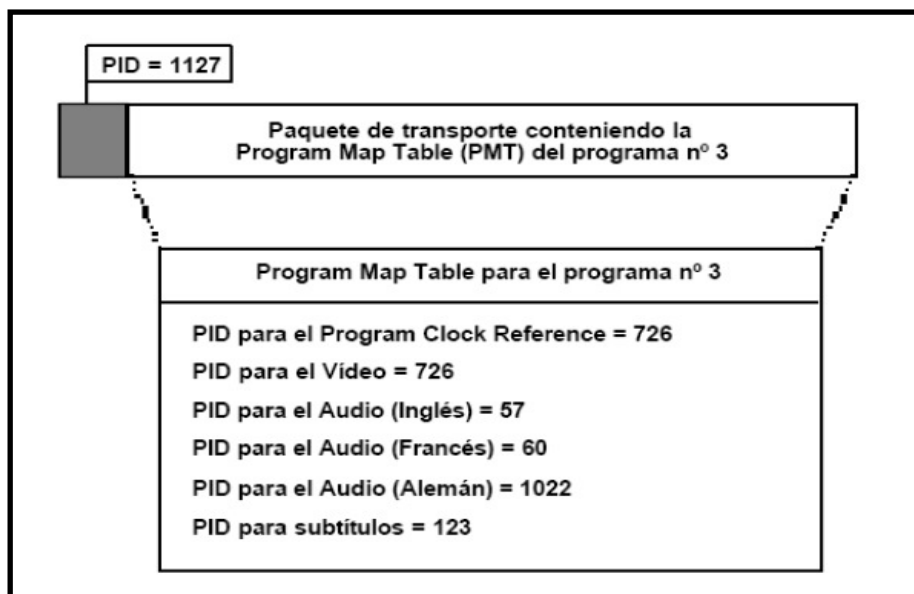


Figura XXI: Exemple d'una taula PMT.

- **CAT (Conditional Access Table):** ha de ser present si com a mínim un programa del múltiplex és d'accés condicional, proporciona detalls dels sistemes de xifrats utilitzats, així com els valors dels PIDs dels paquets de transport que contenen informació del control d'accés condicional.

Les dades per l'accés condicional s'envien en forma de EMM (Entitlement Management Messages), les dades EMM especifiquen els nivells d'autorització o els serveis que poden accedir determinats descodificadors.

El format d'aquesta informació no està especificat per MPEG-2.

Es transporta pels paquets amb PID = 0x0001.

- **NIT(Network Information Table):** Els continguts de la NIT són privats i no estan especificats per MPEG-2 Systems. S'explica en el punt 4.7 DVB-SI (Service Information).

A més, existeixen una sèrie d'elements per incloure informació addicional:

- **Private Sections:** amb les taules PSI es pot transportar dades privades com per exemple DVB-SI, però MPEG-2 Systems no defineix en quin format s'han de transmetre, no obstant ofereix que les dades privades siguin estructurades igual que les taules PSI.
- **Descriptors:** conjunt d'estructures sintàctiques que permeten el transport d'informació addicional de forma estandarditzada, s'utilitza quan la informació de les taules PSI és insuficient o es vol enviar més informació.

FUNCIONAMENT DE LA PSI:

Cada TS està identificat amb un `transport_stream_id`, i cada programa amb un `program_number`.

Un cop sintonitzat el TS (gràcies a DVB-SI), el descodificador buscarà tots els paquets TS amb PID=0, aquests paquets contenen les dades PAT. Mitjançant la lectura de la PAT es pot saber els PIDs corresponents a la NIT i a les taules PMT transportades, una per cada programa. Es selecciona després els paquets amb el PID que contenen les dades de la PMT associada al `program_number` desitjat (la *Figura XXII*, pel `program_number=1` s'obté un `PID_PMT=20`).

Mitjançant la lectura de la PMT s'obté els PIDs corresponents al vídeo (PID=19), àudios (PID=33, 29), dades que componen el programa, i el PID dels paquets que contenen el PCR del programa.

Amb tota aquesta informació el descodificador pot seleccionar els paquets TS necessaris per poder reconstruir els ESs que componen el programa.

A la figura [12] següent s'observa un exemple de funcionament de les taules PSI.

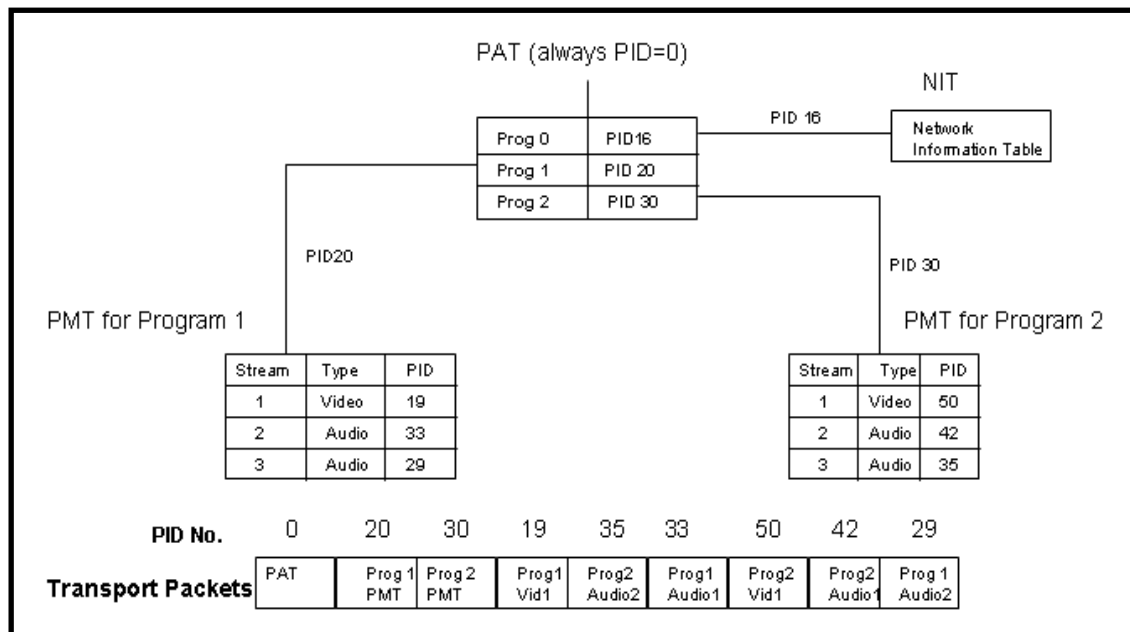


Figura XXII: Exemple funcionament taules PSI.

4.7 DVB-SI (Service Information)

La TV digital proporciona una gran varietat de serveis com: canals de TV, teletexts, emissores de ràdio, serveis interactius. La DVB-SI proporciona ajuda al telespectador i al Integrated Receiver Decoder (IRD) per seleccionar el servei desitjat i la visualització dels serveis disponibles. Aquest suport al IRD necessita més informació que la subministrada per les taules MPEG-PSI.

DVB-SI s'encarrega de proporcionar informació de: els serveis disponibles, els esdeveniments de cada servei, descripcions textuais i tècniques de qualsevol element (xarxa, servei, esdeveniment, stream...), etc. Està definida pel ETSI en [13].

Les taules DVB-SI subministren informació sobre serveis i esdeveniments transportats per altres TSs, i fins i tot per TSs transmesos per altres xarxes, mentre que les taules PSI només subministren informació del TS en el que estan contingudes. Aquesta característica de les taules DVB-SI permet la commutació de l'IRD entre diferents TS de manera invisible per l'usuari.

La DVB-SI és imprescindible per implementar:

- La localització de canals.
- La sintonització automàtica del receptor DVB segons el servei seleccionat.
- La Application Programming Interface (API): dona comunicació entre les aplicacions de software i hardware del IRD.
- La Guia Electrònica de Programes (EPG): aplicació de software per facilitar la presentació de serveis, és equivalent a la programació televisiva d'un diari.
- Accés condicional (CA).

La sintaxi DVB-SI està estructurada en nou taules d'informació de serveis que són transportades en l'estructura Private Section. Les taules es divideixen en inserció obligatòria i opcionals dins del TS.

TAULES OBLIGATÒRIES:

- **EIT (Event Information Table):** transmet informació (nom de l'esdeveniment, hora d'inici, durada, etc.) dels esdeveniments actuals o futurs en el múltiplex MPEG rebut en l'actualitat, i de vegades sobre altres múltiplexs MPEG.

Es transporta pels paquets amb PID = 0x0012.

- **NIT (Network Information Table):** és opcional i els seus continguts són privats, si és present està estructurada en una o varies Private_Sections, està definida com N° de Programa amb valor '0x0000' en la PAT, conté detalls com transport_stream_ids dels TS que el transporta i d'altres TS, proporciona informació de la xarxa física (ample de banda, modulació, mode de transmissió...) utilitzada per transmetre el TS.

Es transporta pels paquets amb PID = 0x0010.

- **SDT (Service Description Table):** conté dades que descriuen els serveis d'una determinada trama MPEG.

Es transporta pels paquets amb PID = 0x0011.

- **TDT (Time and Date Table):** subministra informació relacionada a l'hora i data actual a la zona horària de referència.

Es transporta pels paquets amb PID = 0x0014.

TAULES OPCIONALS:

- **BAT (Bouquet Association Table):** proporciona bouquets (agrupacions de serveis) que serveixen com a base per la presentació ordenada dels serveis.

Es transporta pels paquets amb PID = 0x0011.

- **DIT (Discontinuity Information Table):** s'utilitza en els punts de transició quan la informació és discontinua. Només s'utilitza en fluxes de transport parcials.

Es transporta pels paquets amb PID = 0x001E.

- **RST (Running Status Table):** permet actualitzar l'estat d'un esdeveniment quan succeeixen canvis imprevistos en la programació, les seccions RST només s'envien un sol cop (la resta de taules SI són transmises periòdicament), en l'instant en què l'estat de l'esdeveniment canvia.

Es transporta pels paquets amb PID = 0x0013.

- **SIT (Selection Information Table):** conté un resum de tota la informació que hi ha en el TS. Només s'utilitza en fluxes de transport parcials.

Es transporta pels paquets amb PID = 0x001F.

- **ST (Stuffing Table):** s'utilitzen per invalidar taules que ja no serveixen.

Comparteix valors PID amb altre tipus de taules (veure Taula VII).

- **TOT (Time Offset Table):** proporciona informació de la data i hora real, així com la diferència d'horari local, s'actualitza freqüentment.

Es transporta pels paquets amb PID = 0x0014.

En la *Taula VII* es resumeix els valors de PID que s'han d'utilitzar en els paquets TS que transporten taules PSI i SI, d'acord amb les especificacions [9]:

Taula	PID
PAT	0x0000
CAT	0x0001
TSDT	0x0002
Reserved	0x0003 to 0x000F
NIT, ST	0x0010
SDT, BAT, ST	0x0011
EIT, ST	0x0012
RST, ST	0x0013
TDT, TOT, ST	0x0014
Network synchronization	0x0015
Reserved for future use	0x0016 to 0x001D
DIT	0x001E
SIT	0x001F

Taula VII: Codi PID pels diferents tipus de taules.

El PID ens indica a quin tipus de taula pertany el paquet TS. MPEG-2 Systems deixa els valors de PID entre 0x0010 i 0x1FFE com a definibles per l'usuari.

5. Reproductor de medis VideoLan

VideoLAN és una completa solució de software per la reproducció i el streaming de vídeo, sota llicència GNU General Public License (GPL).

Originalment constava de dos mòduls VLS (Servidor) i VLC (Client) però en l'actualitat s'anomena VLC media player, a partir d'aquest punt del projecte VLC media player es referència com VLC.

VLC és un reproductor multimèdia portàtil, que suporta la majoria de formats d'àudio i vídeo (H.264, Ogg, DivX, MKV, TS, MPEG-2, MP3, MPEG-4, AAC, etc.) dels fitxers, els mitjans físics (DVD,VCD, Àudio CD), targetes de captura de TV/Satèl·lit i protocols de streaming en xarxa (RTP/UDP Unicast, RTP/UDP Multicast, HTTP, RTSP, MMS, etc.). També permet codificar i actuar com a servidor de streaming en unicast o multicast sobre IPv4 o IPv6. No cal cap còdec extern, programa o paquet de codecs per treballar. VLC treballa en varies plataformes: Linux, Windows, Mac OS X, BeOS, Familiar Linux.

En la següent figura [14] es visualitza les solucions de streaming que ofereix VideoLAN.

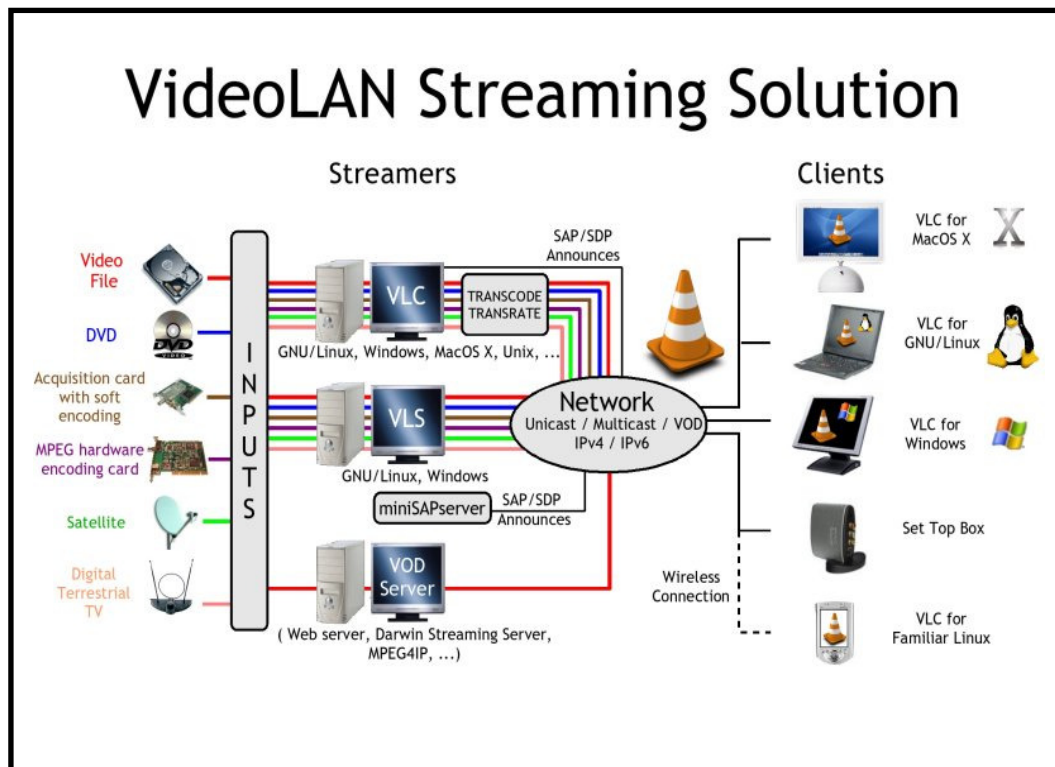


Figura XXIII: Solucions que ofereix VLC

Exemples de necessitats d'ample de banda [14]:

- 0.5 – 4 Mbit/s per stream MPEG-4.
- 3 – 4 Mbit/s per stream MPEG-2 des de receptors DVB –S/T.
- 6 – 9 Mbit/s per DVD.

5.1 Streaming utilitzant la línia de comandes

El flux o stream de sortida inclou diferents mòduls, cada un d'ells amb característiques diferents. Els mòduls disponibles són [15]:

- **standard:** permet enviar el stream a través de l'opció de sortida **access**, per exemple, *http, udp, fitxer, etc.*
- **transcode:** s'utilitza per a codificar (codificar i re-codificar el stream utilitzant un diferent còdec i/o taxes de bits) l'àudio i vídeo del stream d'entrada.
- **duplicate:** permet crear stream diferents, on cada stream es controla de forma independent.
- **display:** permet visualitzar el flux d'entrada, per defecte desactivat. Utilitzat amb el mòdul duplicate, d'aquesta forma es visualitza el stream mentre s'està processant.
- **rtp:** stream sobre RTP (un port UDP per cada ES). Permet suport de RTSP (Real Time Streaming Protocol).
- **es:** permet separar els ESs de sortida d'un stream d'entrada. Per exemple, per emmagatzemar els streams d'àudio i vídeo en arxius separats.

Cada mòdul pot tenir diferents opcions, la sintaxi que cal utilitzar és:

```
vlc input_stream –sout '#transcode{options}:standard{options}'
```

Descripció de mòduls :

- **Standard (àlies std)**

Aquest mòdul emmagatzema el stream en un arxiu o l'envia per xarxa.

Les opcions disponibles són:

access=

Aquesta opció permet determinar el mitjà utilitzat per emmagatzemar o enviar el stream.

És una opció obligatòria. Els seus mètodes són:

- *file*: emmagatzema el stream en un arxiu.
- *udp*: transmet el stream sobre UDP a adreces unicast o multicast. Opció *ttl=<ttl>* per establir el TTL (Time to Live) dels paquets UDP enviats.
- *http*: envia el stream sobre HTTP.
- *https*: envia el stream sobre http, utilitzant connexió segura SSL.
- *mms*: transmet el stream utilitzant el protocol Microsoft MMS.
- *rtp*: difon el stream sobre RTP. És preferible utilitzar el mòdul *rtp* enlloc d'aquesta opció.

mux=

Aquesta opció permet definir el mètode d'encapsulació utilitzat per al flux resultant.

Les opcions són:

- *ts*: encapsulació en MPEG2/TS. Estàndard utilitzat per enviar stream MPEG-2. *ts* es pot utilitzar en qualsevol mètode d'accés. Suporta els codecs MPEG-1/2/3, MJPEG, H.263, H.264, I.263, WMV 1/2 i Theora per vídeo, MPEG àudio, AAC i a52 per àudio.
- *ps*: encapsulació en MPEG2/PS. Estàndard utilitzat per fitxers MPEG-2 (.mpg). Es pot utilitzar en mètodes de sortida *http* i *file*. Suporta codecs MPEG -1/2 i MJPEG per vídeo, MPEG àudio i A52 per àudio.
- *mpeg1*: encapsulat en MPEG-1.
- *ogg*: encapsulació ogg del projecte Xiph.
- *asf*: encapsulat Microsoft ASF.
- *asfh*: versió especial de ASF, s'ha d'utilitzar per streaming MMSH.
- *avi*: encapsulació Microsoft AVI.
- *mpjpeg*: encapsulat JPEG multi part

dst =

Aquesta opció permet donar informació sobre el lloc on el stream s'ha d'emmagatzemar o enviar. Les opcions **dst** depenen dels paràmetres utilitzats en l'opció **access**.

- Si el mètode de sortida és *file*, **dst** és la ruta on s'ha d'emmagatzemar o enviar. Les opcions **dst** depenen dels paràmetres utilitzats en l'opció **access**.
- Si el mètode de sortida és *udp* o *rtp*, **dst** és l'adreça unicast o multicast destí, com a opció es pot posar el port UDP, amb el format *adreça:port*.
- Si el mètode de sortida és *http*, *https* o *mms*, **dst** és l'adreça, port i ruta de la interfície de la xarxa local on el servidor està escoltant les sol·licituds.

▪ **duplicate**

Aquest mòdul permet duplicar el stream, i així el processa a través de diverses cadenes diferents.

dst =

Aquesta opció permet donar a la cadena per quin stream duplicat ha de ser processada. Qualsevol dels mòduls del flux de sortida descrits anteriorment poden ser utilitzats com a paràmetres d'aquesta opció.

select =

Aquestes opcions es poden utilitzar per duplicar només una part dels ESs que formen el stream.

Els paràmetres disponibles són:

- *program* =: duplica només ESs que pertanyen al programa seleccionat (o SID). Aquesta opció només funciona amb fluxes MPEG2/TS.
- *noprogram* =: no duplica ESs que pertanyen al programa seleccionat (o SID). Aquesta opció només funciona amb streams MPEG2/TS.
- *es* =: només duplica el ES amb l'identificador seleccionat.
- *noes* =: no duplica el ES amb l'identificador seleccionat.
- *video*: només duplica ESs de vídeo.
- *novideo*: no duplica ESs de vídeo.
- *audio*: només duplica ESs d'àudio.
- *noaudio*: no duplica ESs d'àudio.
- *SPU*: només duplica ESs de subtítols.
- *nospu*: no duplica ESs de subtítols.

Els paràmetres es separen per comes, els paràmetres *es* i *program* es poden donar en un rang de valors.

```
duplicate{dst=std{...},select="program=100-200,novideo"}
```

▪ **rtp**

Aquest mòdul pot ser utilitzat per enviar un stream utilitzant RTP.

Les diferents opcions disponibles són:

dst=

Permet assignar l'adreça destí UDP, pot ser unicast o multicast.

port=

Configuració del port UDP que envia el primer ES.

port-video=

Configuració del port UDP que envia el primer ES de vídeo.

port-audio=

Configuració del port UDP que envia el primer ES d'àudio

ttl=

Configuració TTL pel paquets UDP.

mux=

Mateixes opcions que l'opció **mux=** del mòdul **Standard**.

Altres opcions:

--sout-all, --no-sout-all

Habilita transmissió de tots els ESs (per defecte desactivat). Per defecte VLC només realitza el streaming d'un ES d'àudio i d'un ES vídeo (els primers).

--sout-keep, -no-sout-keep

Mantenir sortida oberta (per defecte desactivat).

--no-sout-audio

Aquesta opció permet desactivar el stream d'àudio.

--no-sout-video

Aquesta opció permet desactivar el flux de vídeo.

5.2 Stream DVB-T

- *dvb-adapter*: especifica l'adaptador per utilitzar en el cas de tenir més d'un (per defecte 0).
- *dvb-device* : especifica el nom de la targeta DVB a utilitzar (no és necessari en una instal·lació estàndard linux-dvb).
- *dvb-srate*: especifica la velocitat de símbol del senyal modulad, en símbols / s.
- *dvb-inversion*: especifica si hi ha inversió o no (per defecte detecció automàtica).

Opcions del receptor DVB-T:

dvb-frequency i *dvb-bandwidth* són obligatòries.

- *dvb-frequency*: especifica la freqüència per sintonitzar en Hz.

- *dvb-bandwidth*: especifica l'ample de banda del canal OFDM (6, 7, 8 MHz, depenent del país).
- *dvb-hierarchy*: especifica si el canal OFDM utilitza la informació jeràrquica, els valors són -1 (sense jerarquia), 0 (automàtic, per defecte), 1, 2 i 4.
- *dvb-code-rate-hp*, *dvb-code-rate-lp*: especifica la taxa de codi d'ús per les jerarquies superiors i inferiors, respectivament. Sintaxi: code-rate 2/3, s'utilitza el primer número --*dvb-code-rate-hp*=2. Per defecte 9, detecció automàtica.
- *dvb-guard*: especifica l'interval de guarda, valors vàlids són 0 (automàtic, per defecte), 4 (1 / 4), 8 (1 / 8), 16 (1 / 16) i 32 (1 / 32).
- *dvb-transmission*: especifica el mode de transmissió, els valors vàlids són 0 (per defecte, detecció automàtica), 2 (2K) i 8 (8K).

Opcions no específiques de DVB-T:

- *ts-es-id-pid*: opció necessària si s'utilitza el mòdul de sortida **duplicate** per dividir el múltiplex en diverses sortides.
- *programs*: utilitzat per seleccionar un o diversos programes. VLC selecciona tots els ESs coneguts per aquests programes.
- *program*: utilitzat per seleccionar un programa, es diferencia de *programs* perquè només es selecciona un canal i d'aquest només el primer stream d'àudio, no hi ha stream de subtítols.
- *sout-all*: selecciona tots els programes, no es recomana a causa de la càrrega de la CPU, es desmultiplexen programes no desitjats i també presenta problemes amb la CAM desaleatoritzadora.

5.3 Estudi streaming amb VLC

5.3.1 Introducció

Un cop en l'apartat anterior explicades les diferents opcions que permet VLC per realitzar streaming, ara cal seleccionar quines opcions són les més adequades amb els objectius del projecte.

Per realitzar el streaming cal determinar quin protocol de xarxa s'utilitza, en l'apartat anterior s'ha descrit la possibilitat d'utilitzar els protocols UDP, HTTP, RTP, RTSP entre d'altres. Per realitzar el streaming en el format MPEG-2 TS les opcions són UDP i RTP.

Un altre de les possibles opcions utilitzant aquests dos protocols és realitzar el streaming a una adreça unicast o multicast.

En el dos pròxims punts s'intenta determinar la millor opció d'aquestes possibilitats que ofereix VLC.

5.3.2 Streaming sobre UDP o RTP

Streaming sobre UDP

UDP (User Datagram Protocol) és un protocol de la capa de transport, no orientat a connexió, tampoc té control de flux, fiabilitat, control d'errors ni congestió, però molt vàlid per transmetre àudio i vídeo en temps real per la xarxa, ja que no hi ha temps per enviar de nou paquets perduts.

Per enviar el streaming d'un canal de televisió mitjançant el protocol UDP el servidor introdueix la comanda:

```
vlc -vvv dvb:// -dvb-adapter=0 --dvb-frequency=818000000 --dvb-bandwidth=8  
--programs=490 | :sout=#standard{access=udp,mux=ts,dst=192.168.1.34}
```

La comanda està dividida en dues parts, fins la línia en vermell correspon a les opcions del stream d'entrada, en aquest cas, receptor DVB-T 0, selecció de la freqüència 818 MHz, l'ample de banda 8 MHz i el número de programa 490, que correspon a La 1. El número de program s'obté del fitxer channels.conf que s'explica en el punt 5.4 Fitxer channels.conf. Després de la línia vermella, la sintaxi és del stream de sortida, es selecciona el protocol udp, encapsulat MPEG-2 TS i l'adreça IP del client que desitja rebre el flux.

Per rebre el flux, el client introdueix en la terminal la comanda que es visualitza en la *Figura XXIV*, on l'IP és l'IP del client, també es pot rebre per la interfície gràfica del programa.

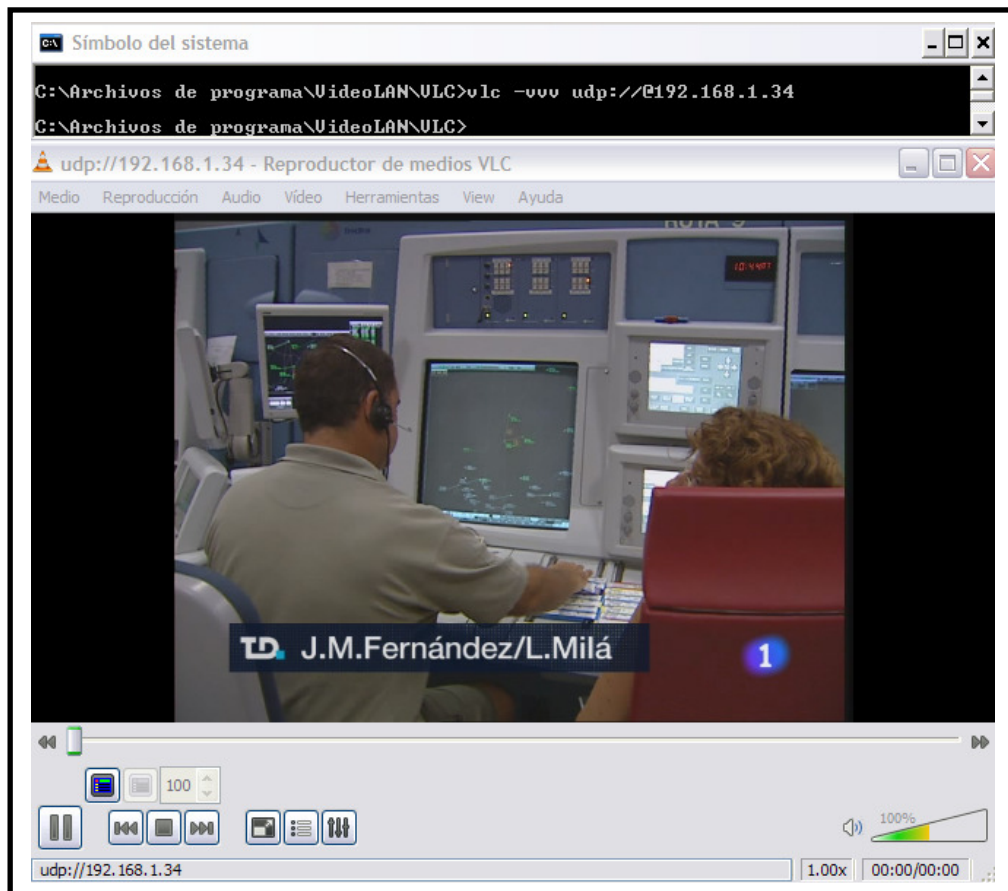


Figura XXIV: Visualització del stream sobre UDP.

Per mitjà de l'analitzador de protocols Wireshark es realitza una captura del tràfic produït pel stream, en la *Figura XXIV* s'observa els streams del servidor (192.168.1.33) cap al client (192.168.1.34) sobre el protocol UDP. La longitud del paquet (marcat amb un rectangle negre) és 1358 bytes i és compost de les capçaleres (Ethernet, IP, UDP) de les diferents capes del model OSI i del camp de dades. En la *Figura XXV* es mostra la mida de cada capçalera, en total 42 bytes de capçaleres.

Capçalera Ethernet 14 bytes	Capçalera IP 20 bytes	Capçalera UDP 8 bytes	Dades 7x188 bytes
-----------------------------	-----------------------	-----------------------	-------------------

Figura XXV: Paquet stream del servidor al client.

La longitud de les dades (marcat amb un rectangle vermell) és 1316 bytes, aquests 1316 bytes són 7 paquets TS de 188 bytes, 7 és el nombre màxim de paquets que es poden enviar per no superar la MTU (Maximum Transmission Unit) de la xarxa Ethernet (1500 bytes).

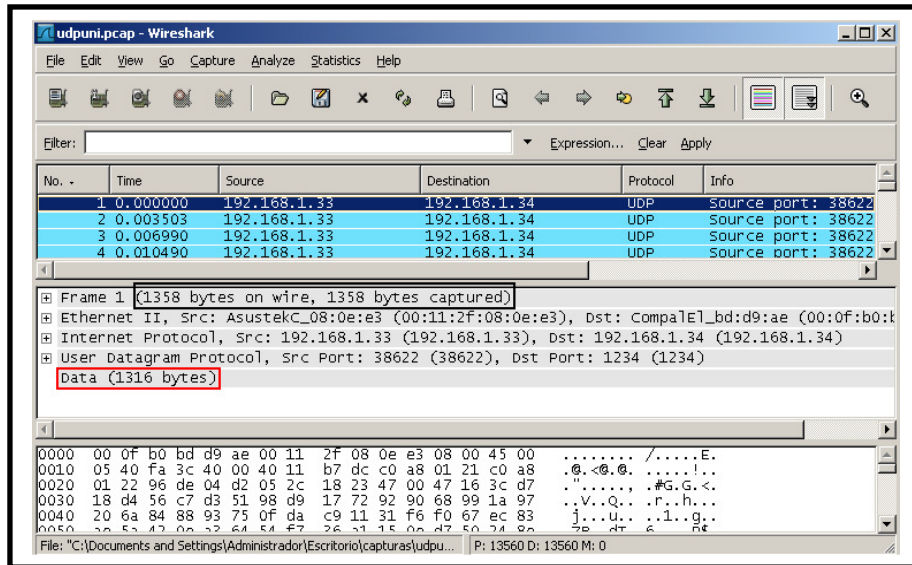


Figura XXVI: Captura amb Wireshark d'un paquet stream sobre UDP.

En la Figura XXVII estan marcats amb un quadrat vermell els bytes de sincronisme dels dos primers paquets TS, que marquen l'inici del paquet TS.

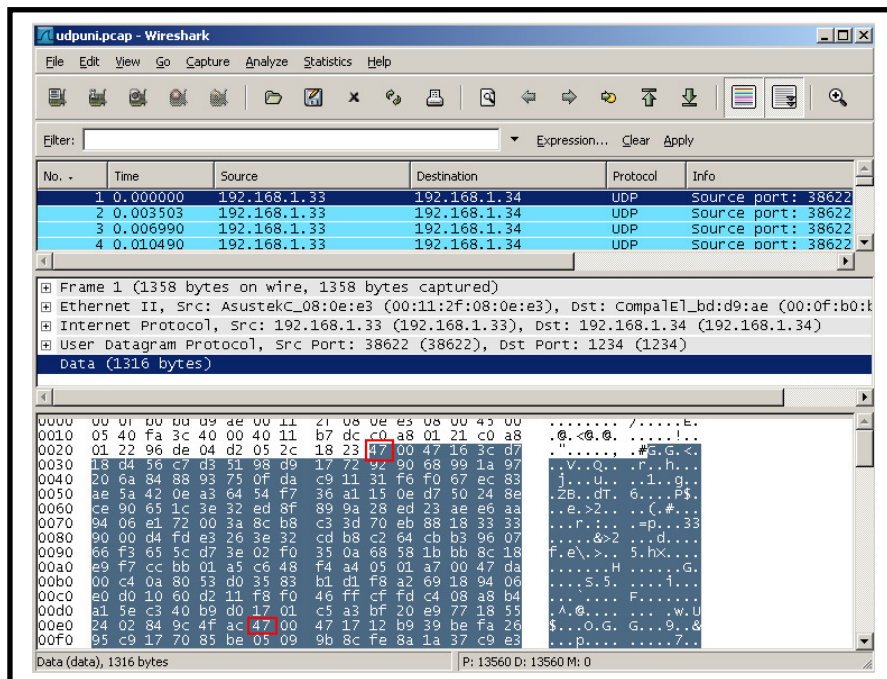


Figura XXVII: Captura amb Wireshark d'un paquet TS.

Stream sobre RTP

RTP (Real-time Transport Protocol) és un protocol de la capa de sessió, utilitzat per la transmissió d'informació en temps real, com per exemple àudio i vídeo. Es situa sobre

UDP en el model OSI [16], la seva encapsulació és UDP, com s'observa en la *Figura XXVIII* [17], i per tant augmentarà la mida del paquet stream.

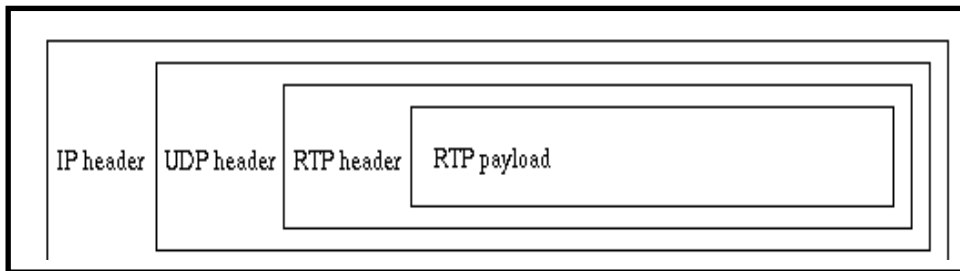


Figura XXVIII: Encapsulació paquet RTP en IP.

Per transmetre el stream sobre RTP la part d'entrada de la comanda és la mateixa que la utilitzada en el cas de UDP, només cal modificar la part de la comanda de sortida amb la sintaxi del mòdul *rtp* de VLC.

```
vlc -vvv dvb:// --dvb-adapter=0 --dvb-frequency=818000000 --dvb-bandwidth=8  
--programs=490 :sout='#rtp{mux=ts,dst=192.168.1.34,port=1234}'
```

La comanda que ha d'utilitzar el client és molt semblant a la utilitzada en UDP, cal modificar el protocol, RTP enlloc de UDP, i afegir el número de port amb la sintaxi mostrada en la *Figura XXIX*.

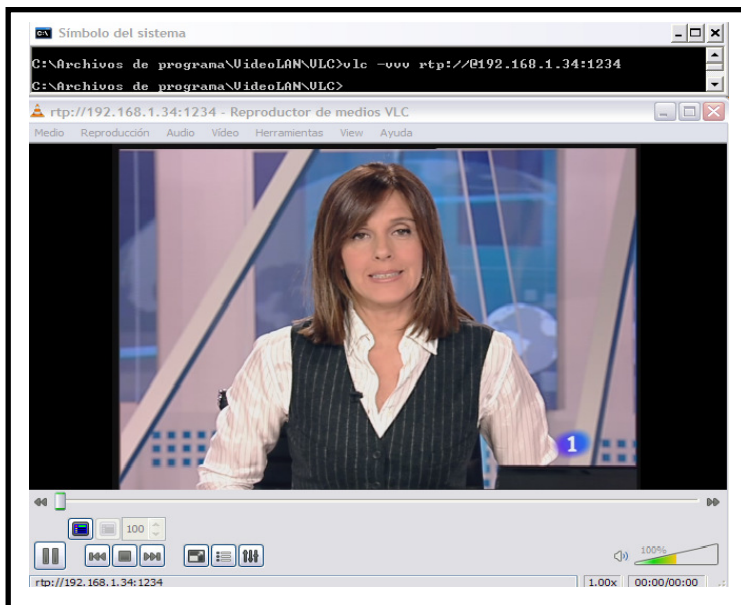


Figura XXIX: Visualització del stream sobre RTP.

En la *Figura XXX* es veu que la mida del paquet i de les dades han augmentat en 12 bytes, que és la mida de la capçalera del protocol RTP.

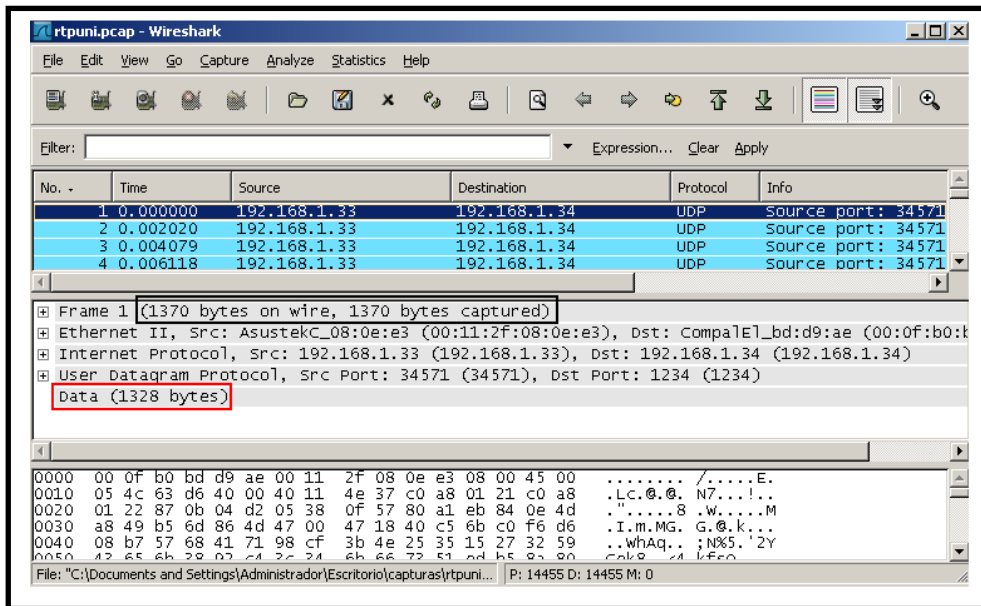


Figura XXX: Captura amb Wireshark d'un stream sobre RTP.

Un cop fetes les proves de transmissió de streaming sobre UDP i RTP, l'elecció del protocol de xarxa a utilitzar per l'enviament de streaming és UDP, ja que amb aquest protocol la mida de les capçaleres és menor, capçaleres ETH/IP/UDP = 42 bytes i capçaleres ETH/IP/UDP/RTP=54 bytes, això representa que utilitzant ETH/IP/UDP es redueix en un 33% (42/54) la longitud de les capçaleres amb respecte amb l'opció ETH/IP/UDP/RTP.

5.3.3 Streaming unicast o multicast

L'elecció de fer difusió sobre UDP a una adreça unicast o multicast depèn del nombre de clients que tindrà el servidor i el nombre de receptors DVB-T del servidor. Per una xarxa on hi ha un o dos clients es pot fer streaming a una adreça unicast, en una xarxa més gran és inviable, ja que el servidor genera tants fluxes com clients vulguin accedir a serveis, i per tant els fluxes ocuparien tot l'ample de banda de la xarxa. També hi ha limitació en unicast per VLC, cada client unicast requereix un receptor DVB-T dedicat per ell.

Així doncs es realitza difusió a una adreça multicast. Les adreces multicast són de classe D, i el rang d'adreces IP és 224.0.0.0 a 239.255.255.255.

El gran avantatge de les adreces multicast és que permeten comunicacions d'un a molts, d'un stream generat pel servidor es creen grups multicast perquè els clients que ho desitgin es puguin unir al grup i rebre el flux del servidor, reduint així l'ample de banda de la xarxa. Per crear grups s'utilitza el protocol IGMP (Internet Group Management Protocol), que s'encarrega de crear-los i gestionar-los. El client que vol unir-se a un grup multicast envia un paquet Join (especifica que es vol unir a un grup concret) al router, en cas de ser acceptat, formarà part del grup desitjat.

En la figura [18] següent s'observa un exemple de la diferència entre múltiples unicast i multicast.

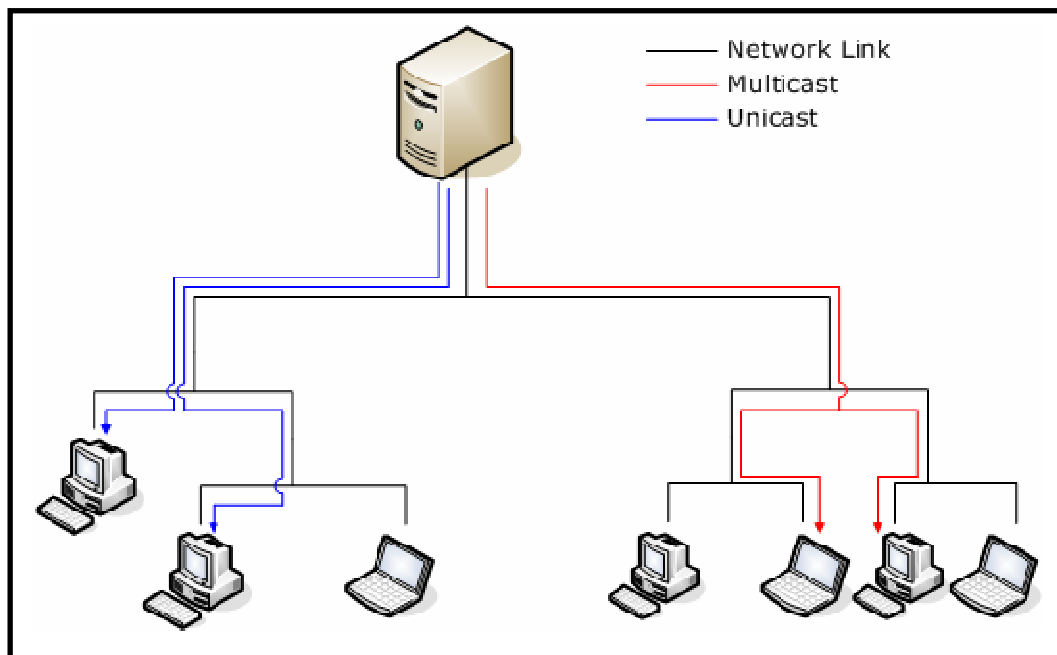


Figura XXXI: Exemple de tràfic múltiples unicast i multicast.

En una estructura de xarxa com la de la *Figura XXXII* [19], quan el servidor envia streaming a una adreça multicast, el switch difon el streaming per tots els seus ports, provocant la reducció del rendiment global de la xarxa, carregant l'ample de banda i augmentant la càrrega de treball (targeta de xarxa, CPU, sistema operatiu) dels hosts no interessats en el streaming.

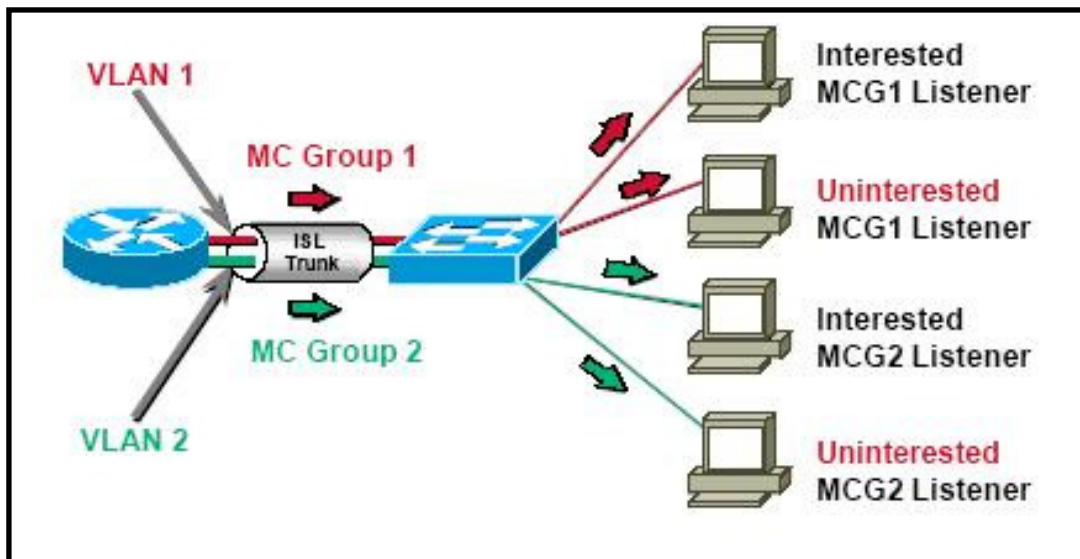


Figura XXXII: Exemple difusió multicast d'un switch sense IGMP Snooping.

Per resoldre aquests problemes és necessari activar en el switch el protocol IGMP Snooping, protocol de capa dos que permet filtrar el tràfic i reenviar-lo només als destinataris interessats. El switch “escolta” el tràfic de paquets Join/Leave entre el router i el host, quan escolta un missatge del host d'unió a un grup, emmagatzema l'adreça multicast del grup i el port per on va escoltar el missatge, després quan li arriba un missatge dirigit a l'adreça emmagatzemada, l'envia només pels ports per on ha escoltat el missatge d'unió a aquest grup.

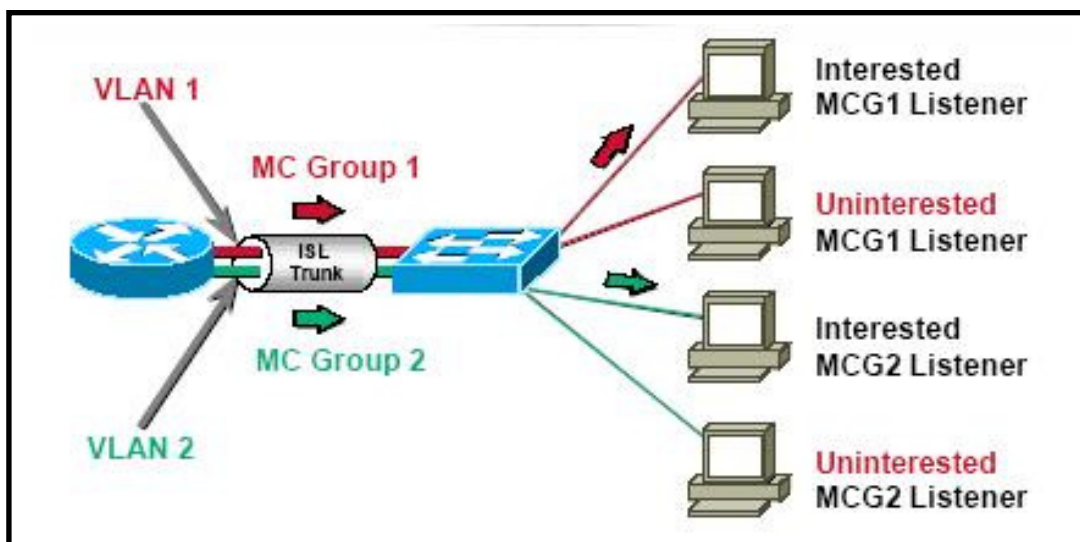


Figura XXXIII: Exemple difusió multicast d'un switch amb IGMP Snooping.

Per difondre un múltiplex enviant cada servei de forma independent. Els serveis es poden enviar de dues formes:

a) mitjançant una adreça IP multicast, assignant un port diferent a cada servei.

Per enviar streaming a una adreça IP multicast assignant un port diferent per a cada servei, en la sintaxi de la comanda de VLC cal afegir respecte als exemples anteriors les opcions, pel stream d'entrada: `--ts-es-id-pid` opció obligatòria quan s'utilitza el mètode **duplicate**, `--sout-all` per seleccionar tots el canals del múltiplex, i en els fluxes de sortida s'afegeix el número de port a l'adreça IP, i l'opció `select="program=número de programa de cada canal"`.

En la *Figura XXXIV* es veu la comanda completa introduïda en la terminal del servidor.

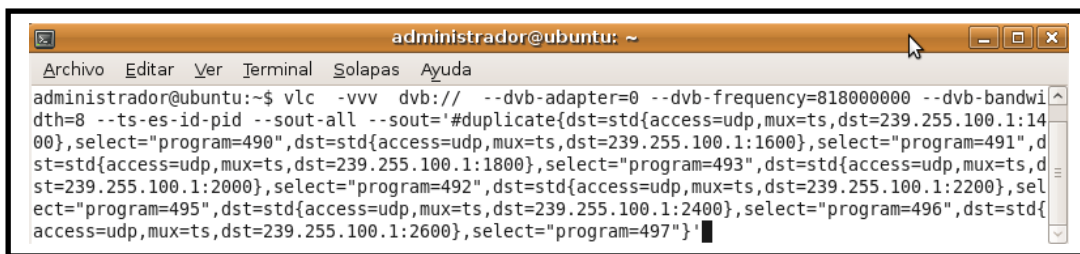


Figura XXXIV: Generació d'un flux de tot el múltiplex enviat per diferents ports.

L'ample de banda que el servidor injecta en la xarxa és aproximadament 18 Mbps.

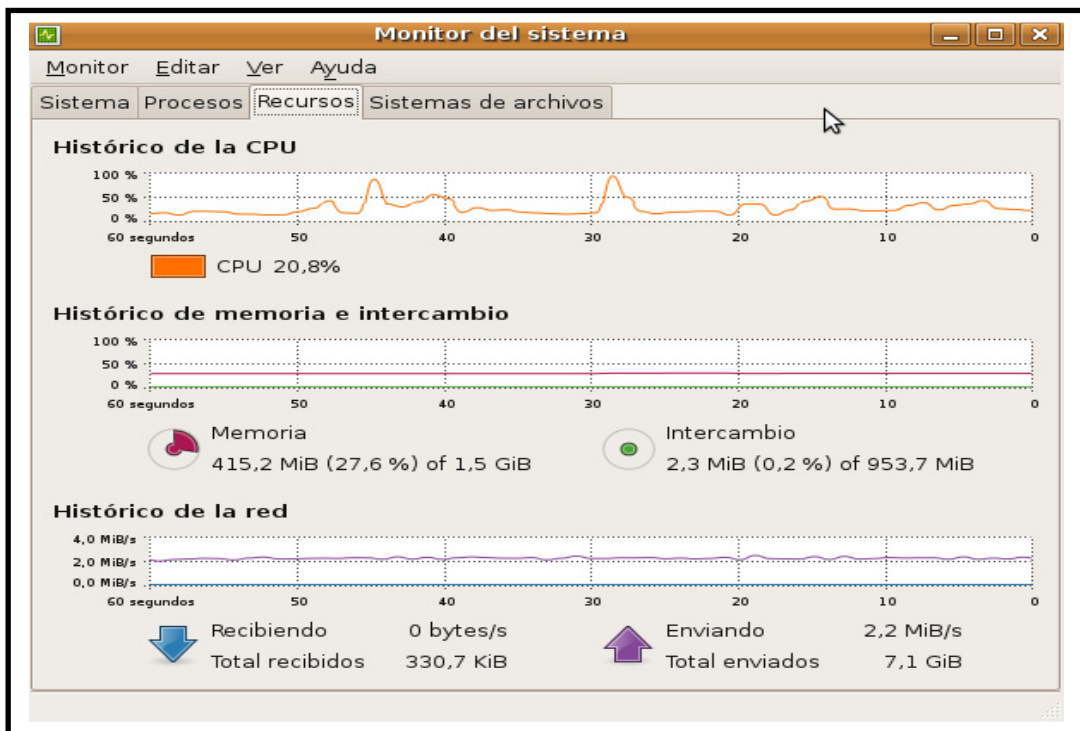


Figura XXXV: Ample de banda ocupat pel servidor.

Com el streaming s'envia a una adreça IP multicast i el switch té activat IGMP Snooping el client no rep cap tràfic fins que s'uneix a l'adreça IP multicast per rebre el streaming.

En la *Figura XXXVI* s'observa la comanda executada pel client, es visualitza el canal desitjat i l'ample de banda del client té una ocupació d'uns 18 Mbps, igual a la del servidor, però el client només desitja veure un servei que només ocupa entre 3 i 4 Mbps. D'aquesta forma es perd rendiment de la xarxa.

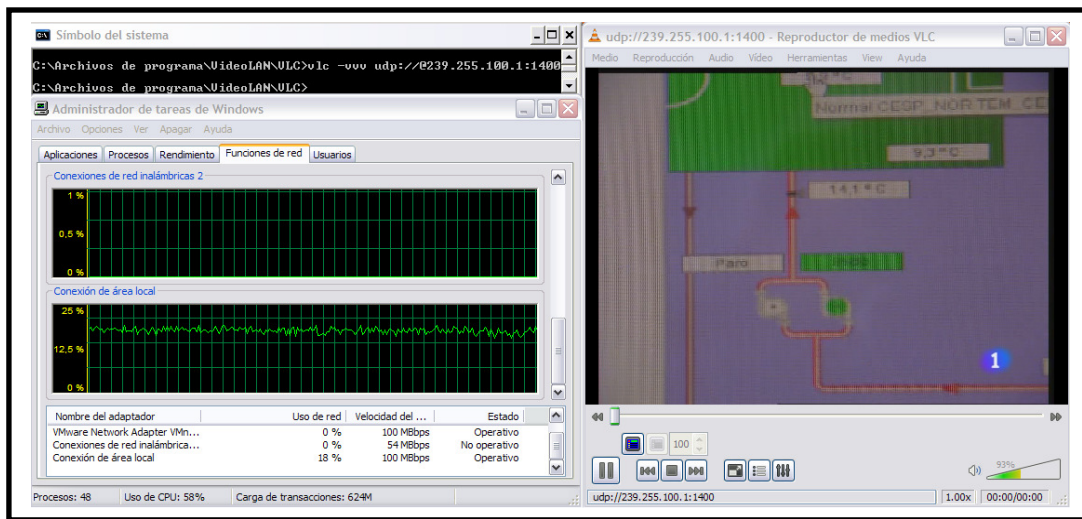


Figura XXXVI: Ocupació ample de banda client en streaming canals per ports.

b) assignant adreces IP multicast a cada servei.

En el servidor s'introdueix la següent comanda:

```
vlc -vvv dvb:// --dvb-adapter=0 --dvb-frequency=818000000 --dvb-bandwidth=8 --ts-es-id-pid --sout-all --sout="#duplicate{dst=std{access=udp,mux=ts,dst=239.255.101.1},select="program=490",dst=std{access=udp,mux=ts,dst=239.255.101.2},select="program=491",dst=std{access=udp,mux=ts,dst=239.255.101.3},select="program=492",dst=std{access=udp,mux=ts,dst=239.255.101.4},select="program=493",dst=std{access=udp,mux=ts,dst=239.255.101.5},select="program=495",dst=std{access=udp,mux=ts,dst=239.255.101.6},select="program=496",dst=std{access=udp,mux=ts,dst=239.255.101.7},select="program=497"}'
```

L'ample de banda ocupat del servidor és el mateix que en el cas **a)**, 18 Mbps.

El client per reproduir La 1 introdueix la comanda:

```
vlc -vvv udp://@239.255.101.1
```

L'ample de banda ocupat pel client és de 4 Mbps, que és l'ample de banda d'un canal de TDT per streaming amb MPEG-2 TS, com s'observa en la *Figura XXXVII*, a més es pot

apreciar com realitzant l'enviament del streaming a una adreça multicast, per un flux poden haver més d'un client accedint sense augmentar l'ample de banda.

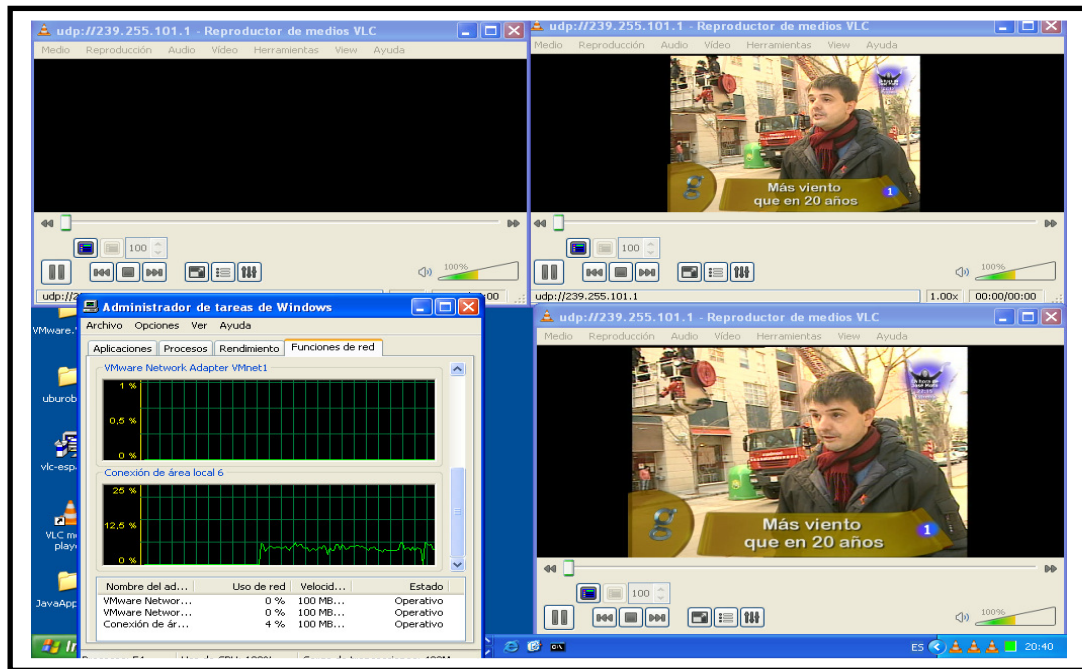


Figura XXXVII: Ocupació ample de banda client en streaming canals per adreces IP.

5.4 Fitxer channels.conf

Aquest fitxer s'utilitza per emmagatzemar totes les dades necessàries de cada servei, cada servei és una línia en el fitxer, un cop obtingut el fitxer s'utilitza una aplicació multimèdia com VLC o Kaffeine per visualitzar els serveis, també s'utilitza per obtenir la freqüència i els números de programa necessaris per realitzar el streaming amb VLC.

Els camps del fitxer channels.conf són [20]:

- Nom: nom del servei.
- Freqüència: en Hz.
- Inversió espectral: 0 (no), 999 (auto).
- Ample de banda: 6, 7, 8 MHz.
- FEC (Forward Error Correction): 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8.
- Modulació: 0, 16, 32, 64, 128, 256 QAM.
- Mode transmissió: 2 o 8 MHz.
- Interval de guarda: 1/4, 1/8, 1/16, 1/32.
- Jerarquia: modes de jerarquia: 0(no), 1, 2, 4.

- VPID: PID de vídeo, 0 per serveis de ràdio i 1 per canals encriptats (televisió de pagament).
- APID: PID d'àudio.
- Número de programa.

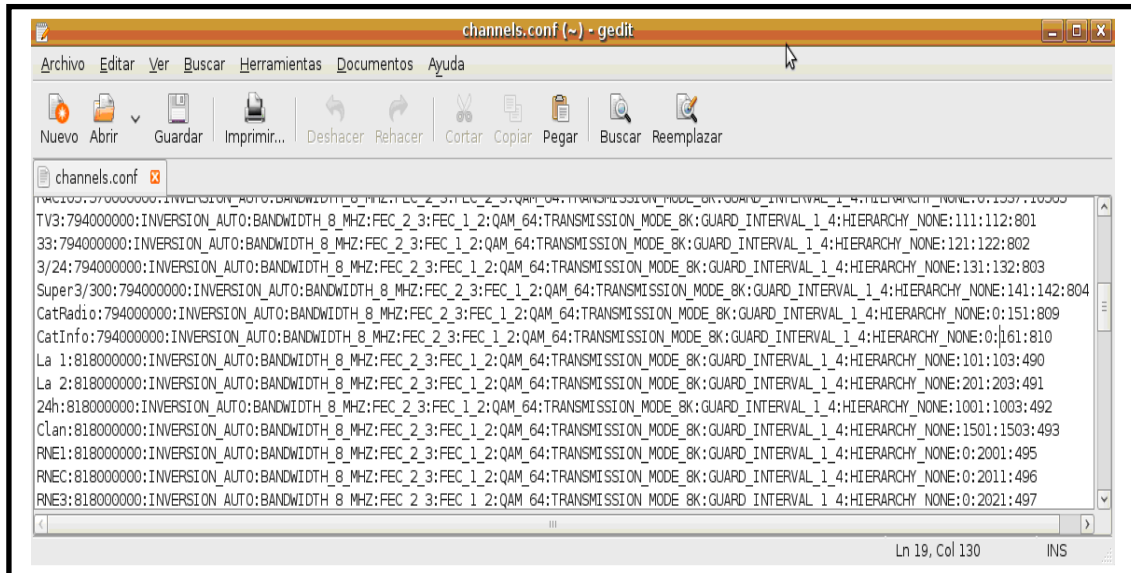


Figura XXXVIII: Exemple de la sintaxi d'un fitxer channels.conf

Aquest fitxer es pot crear a partir de dues aplicacions: scan i w_scan.

5.4.1 scan

L'aplicació *scan* és una de les dues aplicacions proporcionades per [LinuxTV dvb-apps](#) [22](dvb-utils per la distribució Ubuntu).

Per generar el fitxer channels.conf necessita un fitxer inicial amb les dades de localització geogràfica, aquests fitxers són inclosos en la carpeta */usr/share/doc/dvb-utils/examples/scan/dvb-t*, els fitxers són anomenats amb el format: *identificador país-localització geogràfica*.

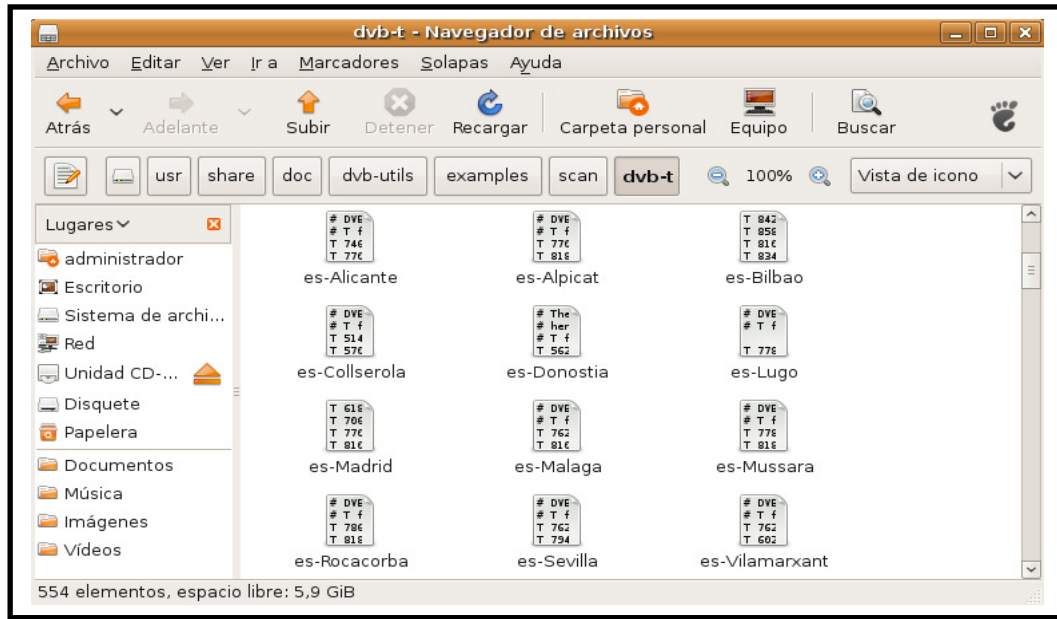


Figura XXXIX: Carpeta fitxers inicials de l'aplicació scan

A les dades inicials dels fitxers poden faltar alguns serveis, perquè aquests serveis estiguin operatius en el fitxer channels.conf, cal afegir les seves dades manualment en el fitxer segons el format que es mostra en la Figura XL.

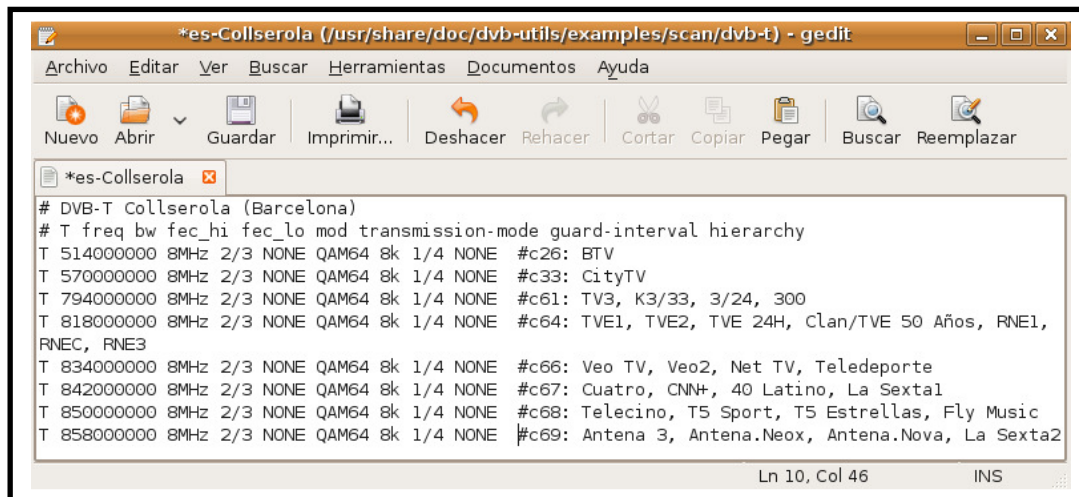
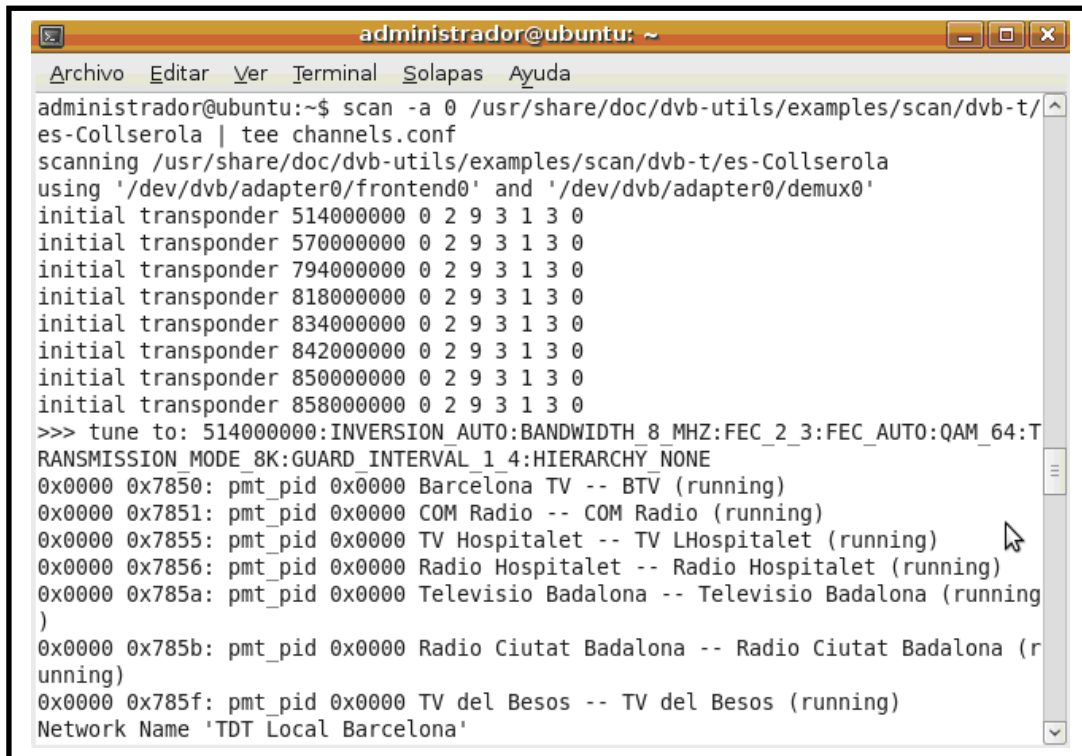


Figura XL: Format dels fitxers inicials de l'aplicació scan

Per generar el fitxer channels.conf cal buscar el fitxer inicial corresponent a la nostra zona geogràfica, en aquest cas es-Collserola

EXEMPLE DE FUNCIONAMENT:

Generar el fitxer channels.conf utilitzant el receptor DVB-T 0, seleccionant com a fitxer inicial es-Collserola, i redireccionant la sortida al fitxer channels.conf a través de la comanda `scan -a 0 /usr/share/doc/dvb-utils/examples/scan/dvb-t/es-Collserola | tee channels.conf`



```
administrador@ubuntu:~$ scan -a 0 /usr/share/doc/dvb-utils/examples/scan/dvb-t/es-Collserola | tee channels.conf
scanning /usr/share/doc/dvb-utils/examples/scan/dvb-t/es-Collserola
using '/dev/dvb/adapter0/frontend0' and '/dev/dvb/adapter0/demux0'
initial transponder 514000000 0 2 9 3 1 3 0
initial transponder 570000000 0 2 9 3 1 3 0
initial transponder 794000000 0 2 9 3 1 3 0
initial transponder 818000000 0 2 9 3 1 3 0
initial transponder 834000000 0 2 9 3 1 3 0
initial transponder 842000000 0 2 9 3 1 3 0
initial transponder 850000000 0 2 9 3 1 3 0
initial transponder 858000000 0 2 9 3 1 3 0
>>> tune to: 514000000:INVERSION_AUTO:BANDWIDTH_8_MHZ:FEC_2_3:FEC_AUTO:QAM_64:TRANSMISSION_MODE_8K:GUARD_INTERVAL_1_4:HIERARCHY_NONE
0x0000 0x7850: pmt_pid 0x0000 Barcelona TV -- BTv (running)
0x0000 0x7851: pmt_pid 0x0000 COM Radio -- COM Radio (running)
0x0000 0x7855: pmt_pid 0x0000 TV Hospitalet -- TV LHospitalet (running)
0x0000 0x7856: pmt_pid 0x0000 Radio Hospitalet -- Radio Hospitalet (running)
0x0000 0x785a: pmt_pid 0x0000 Televisio Badalona -- Televisio Badalona (running)
)
0x0000 0x785b: pmt_pid 0x0000 Radio Ciutat Badalona -- Radio Ciutat Badalona (running)
0x0000 0x785f: pmt_pid 0x0000 TV del Besos -- TV del Besos (running)
Network Name 'TDT Local Barcelona'
```

Figura XLI: Exemple de funcionament scan

5.4.2 w_scan

`w_scan` és una utilitat de línia de comanda utilitzada per realitzar escombrats de freqüències per transmissions DVB i ATSC. Permet crear fitxers en format channels.conf, així com els fitxers inicials per `scan`.

Les característiques més importants de `w_scan` són :

- No necessita un fitxer inicial amb les freqüències.
- Troba automàticament el millor receptor.
- Gran varietat de formats de sortida.

Les opcions de paràmetre de w_scan són:

Paràmetre	Argument	Descripció i opcions
Elecció de receptor	-a N	/dev/dvb/adapaterN/ Autodetecció per defecte
Frontend Tipus	-f <i>Tipus</i>	a = ATSC ¹ c = DVB-C(Europa) s = DVB-S/S2 ² t = DVB-T (Europa, opció per defecte)
Inversió espectral (DVB-S)	-i N	0 : apagada, 1: encès, 2 : auto (opció per defecte)
Filtre	-F	Utilització de filtre de gran temps d'espera
Sintonització	-t N	1 = ràpida (opció per defecte) 2 = mitja 3=lenta
Formats de sortida	-k,-X, -x	-k channels.dvb per Kaffeine -X tzap/czap/xine channels.conf -x fitxers inicials de sintonització
Canals de ràdio	-R N	0 = no buscar canals de ràdio 1 = buscar canals de ràdio (per defecte)
Canals de TV	-T N	0 = no buscar canals de TV 1 = buscar canals de TV (per defecte)
Accés Condicional	-E N	N = 0 canals TV en obert N = 1 canals TV de pagament (per defecte)
Altres serveis	-O N	0 = no buscar altres serveis (per defecte) 1 = buscar altres serveis
Informació opcions	-h,-H	-H informació més ampla de les diferents opcions

Taula VIII: Opcions w_scan-20080815

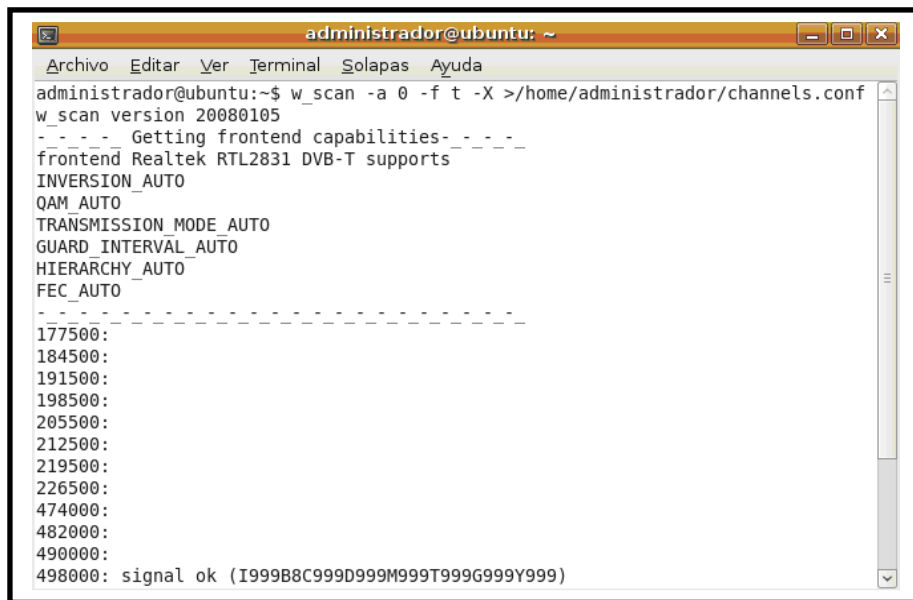
Per més informació [22].

¹ Requereix versió igual o superior a w_scan-20080815.

² Requereix versió igual o superior a w_scan-20090504.

EXEMPLE DE FUNCIONAMENT:

Realització d'un escombrat de freqüències terrestre en el receptor DVB-T 0, amb format de sortida channels.conf i redireccionant al fitxer /home/administrador/channels.conf, per mitjà de la comanda **w_scan -a 0 -f t -X > /home/administrador/channels.conf**



```
administrador@ubuntu: ~
Archivo  Editar  Ver  Terminal  Solapas  Ayuda
administrador@ubuntu:~$ w_scan -a 0 -f t -X >/home/administrador/channels.conf
w_scan version 20080105
- - - - - Getting frontend capabilities- - - - -
frontend Realtek RTL2831 DVB-T supports
INVERSION_AUTO
QAM_AUTO
TRANSMISSION_MODE_AUTO
GUARD_INTERVAL_AUTO
HIERARCHY_AUTO
FEC_AUTO
- - - - -
177500:
184500:
191500:
198500:
205500:
212500:
219500:
226500:
474000:
482000:
490000:
498000: signal ok (I999B8C999D999M999T999G999Y999)
```

Figura XLII: Exemple de funcionament w_scan

Un cop vist el funcionament de les dues aplicacions es tria *w-scan* per crear el fitxer channels.conf. El motiu de l'elecció de *w_scan* com a programa per crear al fitxer channels.conf és que no necessita un fitxer inicial amb les dades de localització geogràfica per generar el fitxer channels.conf, i que en el fitxer channels.conf obtingut ja s'obtenen tots els serveis disponibles, sense necessitat d'afegir els serveis, fets que el diferencia de *scan*.

6. Programa Control Remot

6.1 Introducció

El programa Control Remot està programat en Java. Té dues aplicacions, una pel servidor, Control Remot Servidor, i un altre pel client, Control Remot Client.

L'aplicació Control Remot Client és compatible amb varies plataformes, Windows 2000 i Linux, metre que Control Remot Servidor només per Linux. El programa està dissenyat per funcionar independentment del nombre de receptors DVB-T instal·lats en el servidor.

En un esquema com el visualitzat en la *Figura XLIII*, Control Remot Client permet seleccionar el canal de TDT desitjat pel client per mitjà del reproductor multimèdia VLC Client. Per seleccionar el canal hi ha limitacions, en funció del nombre de receptors DVB-T del servidor, en el cas d'un receptor, quan un client ha seleccionat un canal, els altres clients només podran seleccionar un altre servei del mateix múltiplex (o freqüència), això és degut a que el receptor DVB-T té només un VCO (Voltage Control Oscillator), i per tant, només pot accedir a una freqüència a la vegada.

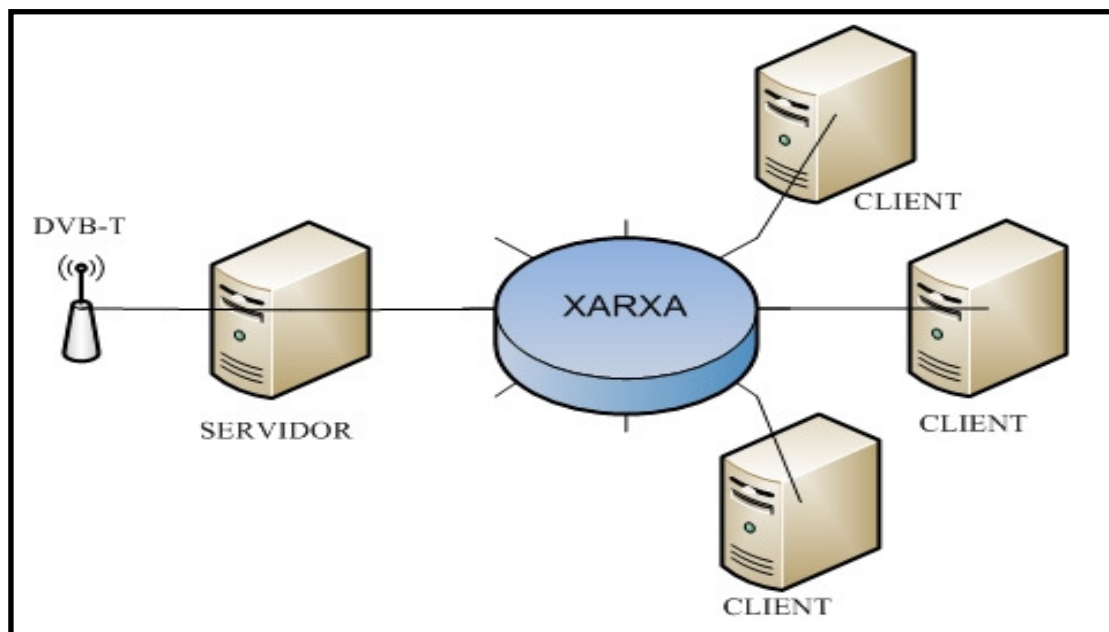


Figura XLIII: Exemple d'esquema de xarxa per la implementació de Control Remot.

L'esquema bàsic del programa consta de dos canals de comunicació entre el servidor i el client, un de control per TCP i un altre per realitzar el streaming amb el programa VLC

amb transmissió sobre UDP. Esquema semblant a un servidor RTSP, variant les ordres de control i el protocol per la transmissió del streaming.

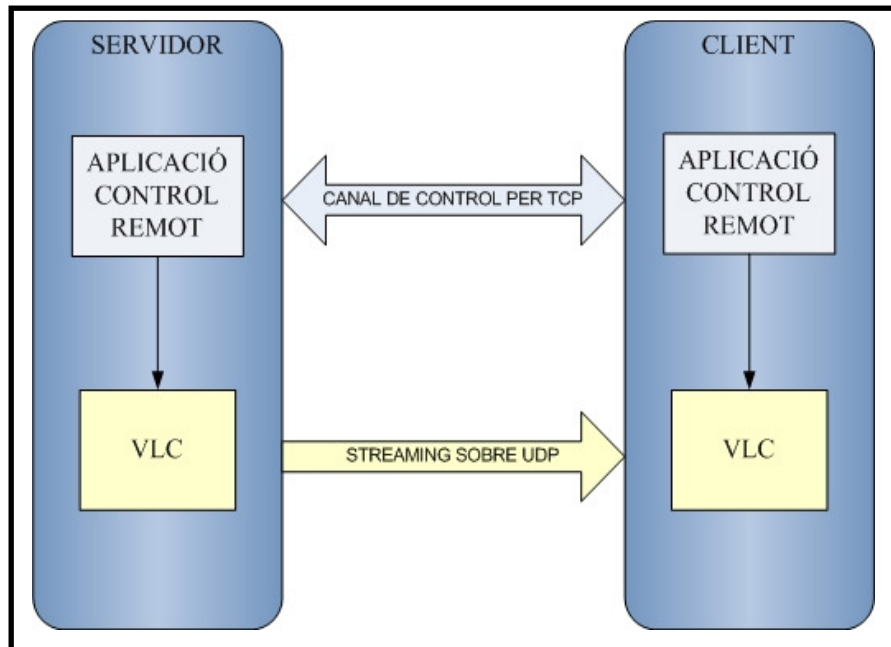


Figura XLIV: Esquema comunicació entre Control Remot Servidor i Client.

VLC realitza el streaming sobre UDP a adreces IP multicast, una adreça per cada servei, que és la millor forma de transmetre el streaming com s'ha explicat en el punt 5.2.3 Streaming unicast o multicast.

Control Remot Servidor controla la creació, el manteniment i el tancament del streaming generat per VLC server.

Control Remot Client controla la creació i el tancament de la reproducció del streaming seleccionat (en plataforma Windows necessita la col·laboració de l'usuari client).

6.2 Control Remot Servidor

Cada vegada que s'executa Control Remot Servidor el primer procés que realitza és determinar el nombre de receptors DVB-T de què disposa el servidor, accedeix a la carpeta */dev/dvb/* i conta el nombre de carpetes *adapterX* existents.

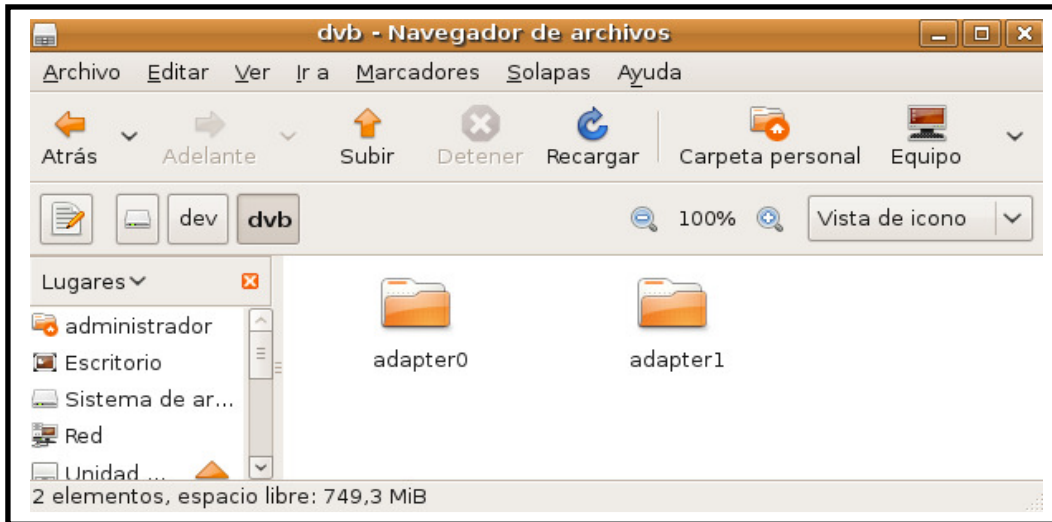


Figura XLV: Directori de les carpetes adapter.

El Control Remot Servidor és un servidor amb estructura TCP(Transmission Control Protocol) clàssica, com es mostra en la Figura XLVI [23]

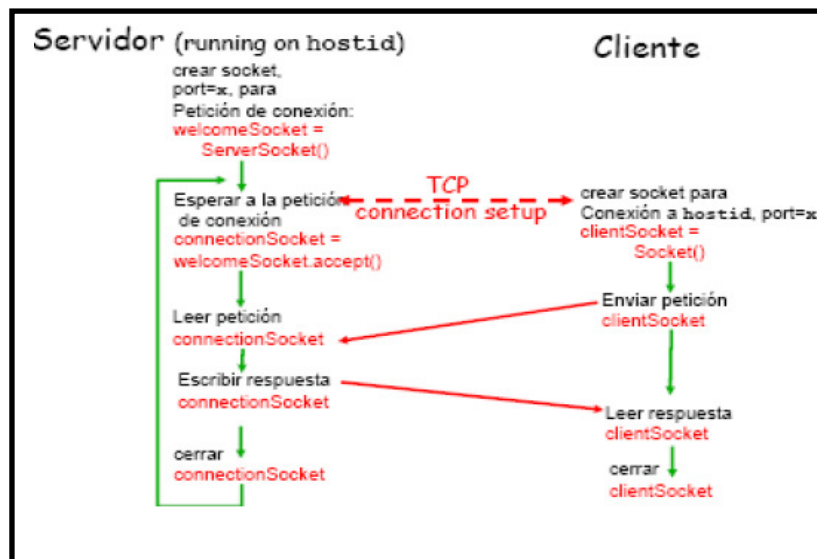


Figura XLVI: Estructura servidor TCP.

Control Remot Servidor crea un socket d'acollida, aquest es manté a l'espera de rebre peticions de connexió dels clients, quan un client es connecta, llegeix l'ordre de control, la processa, envia la resposta si és necessari i tanca el socket, aquest procés es repeteix per cada ordre de control.

6.3 Control Remot Client

Control Remot Client és una aplicació gràfica, que permet a l'usuari accedir als serveis del Servidor de forma fàcil i ràpida. La finestra de l'aplicació és composta dels següents elements:

- Camp de text, per introduir l'adreça IP del servidor
- Llista desplegable, amb els noms dels serveis disponibles
- Botó *Play*, per iniciar automàticament la reproducció del canal amb VLC.
- Botó *Stop*, per finalitzar automàticament la reproducció del canal amb VLC.

En la *Figura XLVII* es visualitza la finestra que obté l'usuari en executar l'aplicació.

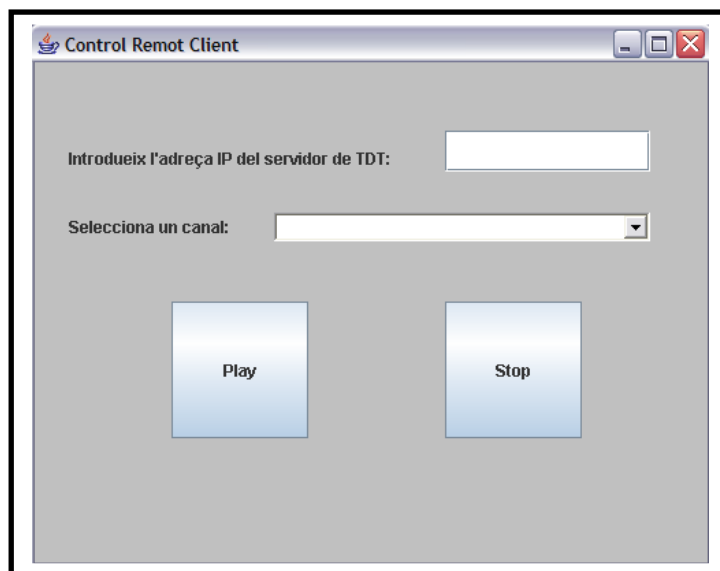


Figura XLVII: Finestra de Control Remot Client.

Per utilitzar Control Remot Client s'ha de realitzar els següents passos:

- Introduir adreça IP del servidor.
- Seleccionar el canal desitjat de la llista desplegable.
- Prémer *Play* per començar la reproducció.
- Prémer *Stop* per finalitzar la reproducció i tornar a carregar la llista de canals.

Si Control Remot Client està funcionant sobre sistema operatiu Linux, la finalització de VLC es fa de forma automàtica en prémer el botó *Stop*, per Windows es mostra un missatge indicant que s'ha de tancar VLC de forma manual, com el mostrat en la *Figura XLVIII*.

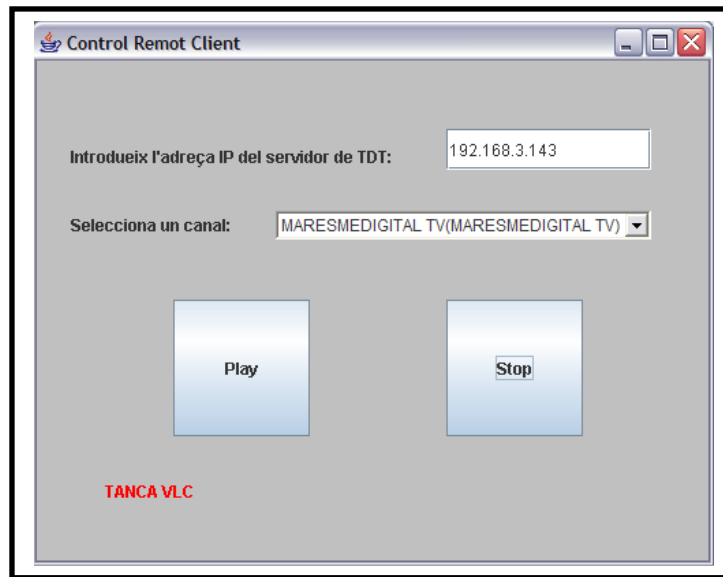


Figura XLVIII: Missatge per tancar manualment VLC.

Si no es segueixen els passos descrits de funcionament pot provocar errors en el programa Control Remot, per impedir els errors es realitza un control de la seqüència d'utilització de l'aplicació, estan contemplats els següents errors:

- Prémer *Play* abans de seleccionar un canal de la llista, no s'executa el codi del botó *Play* i es mostra un missatge d'error, a la *Figura XLIX* s'observa el missatge produït.

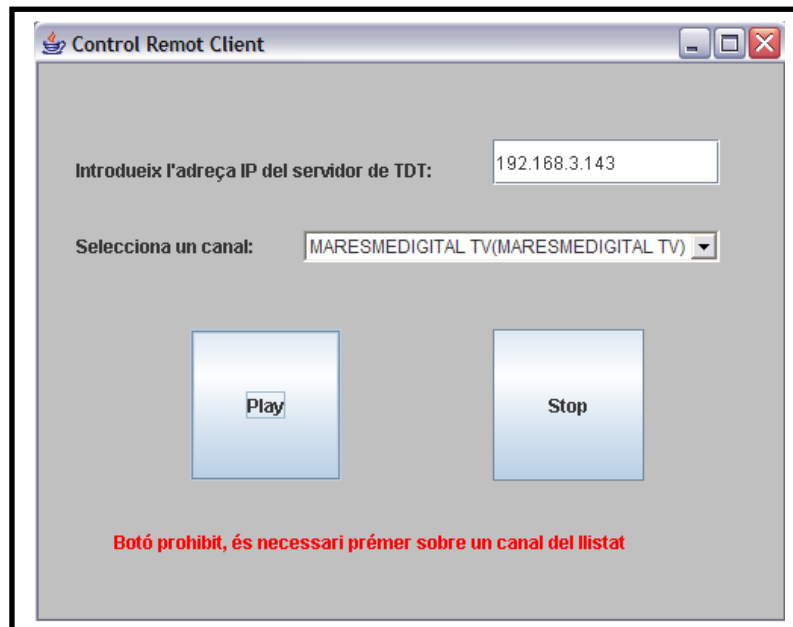


Figura XLIX: Missatge d'error del botó Play

- Prémer el botó *Stop* sense haver-ho fet abans sobre el *Play*, no s'executa el codi del botó *Stop* i es mostra un missatge d'error, en la *Figura L* es mostra el missatge produït.

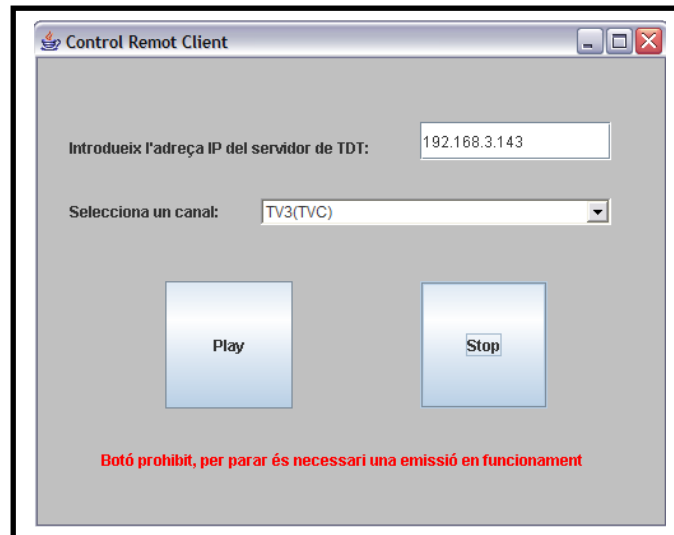


Figura L: Missatge d'error del botó Stop

Les ordres de control són:

- Enviar canals
- Play
- Stop

En els següents punts s'expliquen amb detall cada ordre de control.

6.4 Enviar canals

Primer de tot, el client ha d'introduir l'IP del servidor de TDT, aleshores Control Remot Client crea el socket de connexió i es connecta amb el socket d'acollida del servidor, aquest determina el fitxer que ha d'enviar, depenent si hi ha un receptor DVB-T (o múltiplex, freqüència) lliure, en aquest cas envia el fitxer channels.conf, si no crea un fitxer channels2.conf a partir de channels.conf amb les dades de cada canal del múltiplex o múltiplex ocupats, i envia channels2.conf.

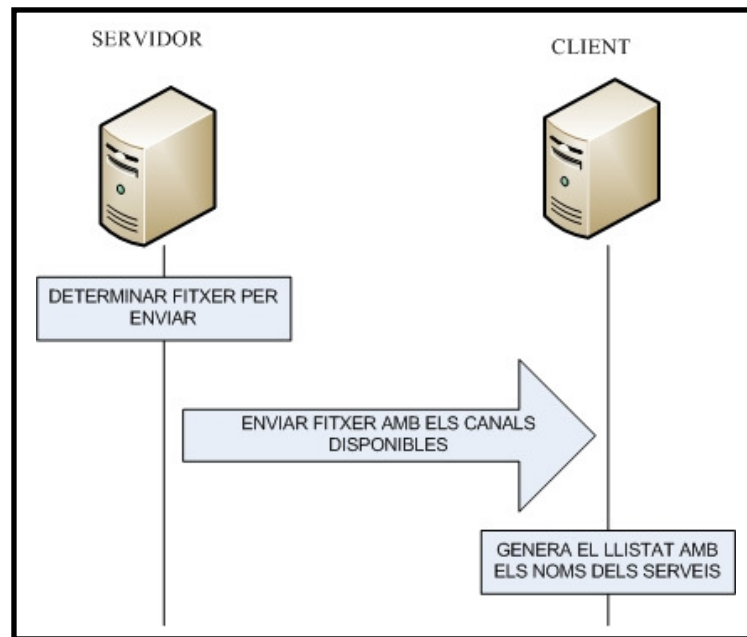


Figura LI: Esquema processos de l'ordre de control *Enviar canals*

6.5 Play

L'usuari selecciona el servei que vol veure de la llista de canals, i fa clic en el botó *Play*, Control Remot Client envia la freqüència i el número de programa.

Amb aquestes dades Control Remot Servidor determina l'IP pel canal seleccionat, genera el streaming de VLC Servidor i envia l'adreça IP a la que el client s'ha d'unir per reproduir el canal a través de VLC Client.

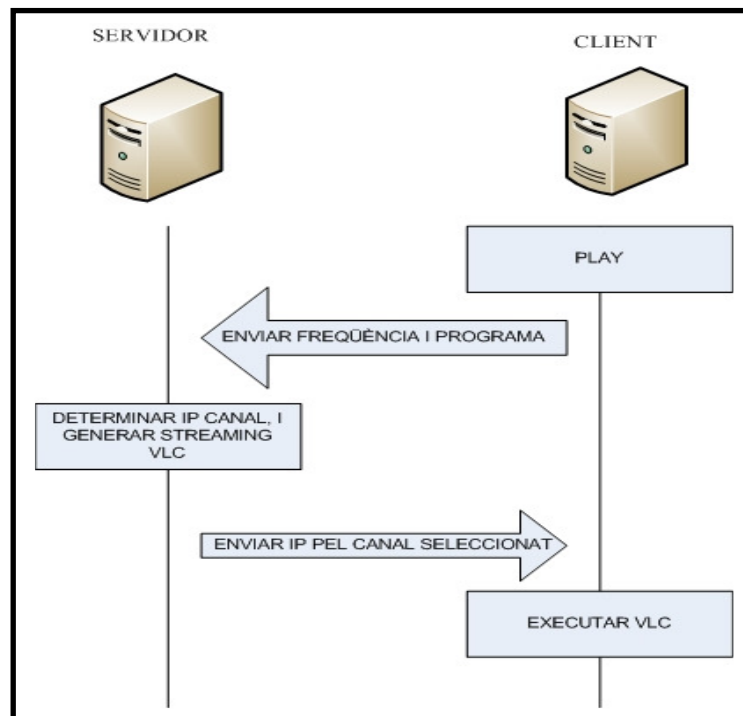


Figura LII: Esquema processos de l'ordre de control Play

Quan el servidor rep les dades de freqüència i número de programa, el primer pas és determinar si la freqüència està ocupada per un streaming d'un altre client, en el cas que aquesta freqüència estigui lliure s'assigna una part de l'IP, amb el format 239.255.10X., on X serà el número d'índex del vector del Stream més 1.

Posteriorment es crea un objecte de la classe Stream on els seus atributs són les dades necessàries, i els seus mètodes permeten determinar després l'IP del canal, aquesta estructura facilita el fet de quan el client envia una freqüència ocupada només cal buscar les dades de la mateixa freqüència, per després determinar l'IP del canal. Cada Stream s'emmagatzema en un vector, el qual el seu primer índex és zero.

Un cop creat l'objecte es troben tots els números de programa per la freqüència rebuda, s'accedeix al fitxer channels.conf, es llegeixen les línies de fitxer, aquelles que el segon camp és igual a la freqüència rebuda, s'extreu l'últim camp de la línia, corresponent al número de programa.

Per acabar de determinar les adreces IP, s'assigna a l'últim byte diferents números, començant per 1, augmentant en un per cada número de programa, en funció de l'ordre del número del programa del múltiplex. En la *Taula IX* s'observa un exemple d'aquest procés.

ADREÇA IP	ORDRE DEL PROGRAMA EN EL MÚLTIPLEX
239.255.10X.1	Primer
239.255.10X.2	Segon
239.255.10X.3	Tercer
239.255.10X.4	Quart

Taula IX: Relació entre adreça IP i número de programa.

Una vegada realitzada l'assignació d'adreces IP per cada canal, aquesta s'implementa amb la sintaxi de la comanda de sortida de VLC:

```
--sout='#duplicate{dst=std{access=udp,mux=ts,dst= IP multicast primer programa
múltiplex}, select="program=primer número de programa múltiplex",
dst=std{access=udp,mux=ts,dst= IP multicast segon programa múltiplex },
select="program= segon número de programa múltiplex "...}'
```

En aquest punt Control Remot Servidor executa VLC, per tal de què l'execució sigui el més invisible possible, si un usuari utilitza l'ordinador que realitza les funcions de Control Remot Servidor, s'executa VLC sense interfície gràfica, modificant la comanda *vlc* per *cvlc*. Els paràmetres necessaris per executar la part d'entrada de la comanda *cvlc* són el número d'adaptador, que és l'índex del vector del stream que es vol emetre, i la freqüència, que és la freqüència rebuda, i per últim s'afegeix la sintaxi de la comanda de la part de sortida obtinguda anteriorment.

```
cvlc -v dvb:// --dvb-adapter= número de receptor --dvb-frequency= freqüència
--dvb-bandwidth=8 --ts-es-id-pid --sout-all --
sout='#duplicate{dst=std{access=udp,mux=ts,dst= IP multicast primer programa
múltiplex}, select="program=primer número de programa múltiplex",
dst=std{access=udp,mux=ts,dst= IP multicast segon programa múltiplex },
select="program= segon número de programa múltiplex "...}'
```

L'execució de VLC s'emmagatzema en un objecte de la classe Process, que permet posteriorment parar l'execució.

Per determina l'adreça IP multicast del servei sol·licitat, es busca el número de programa del servei rebut en l'assignació d'adreces per cada canal i s'obté l'adreça IP que li correspon.

Per últim, s'augmenta el contador d'usuaris per aquesta freqüència.

En la *Figura LIII* s'observa el diagrama de fluxes del procés que realitza el Control Remot Servidor quan rep la freqüència i el número de programa.

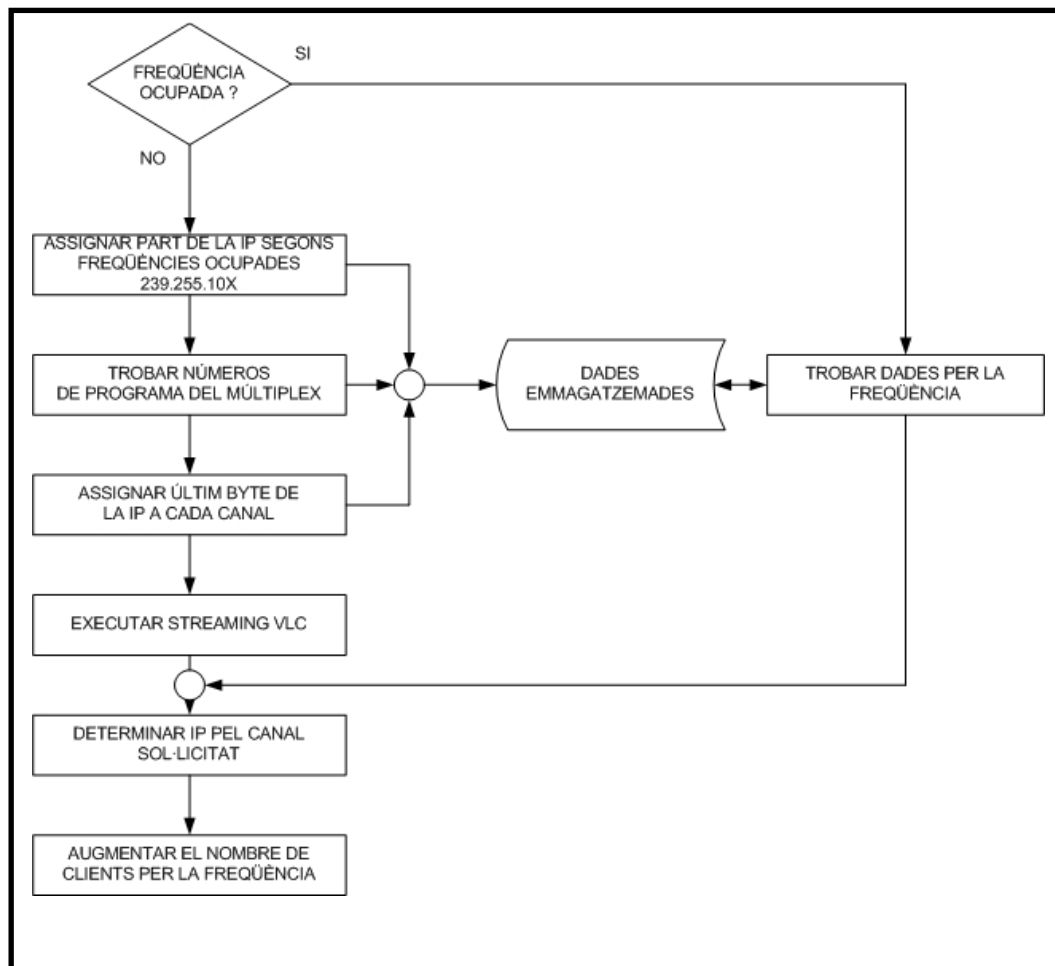


Figura LIII: Diagrama de fluxes de l'ordre Play en el servidor.

L'última acció de Control Remot Servidor és enviar l'adreça IP multicast a la qual el client s'ha d'unir per reproduir el canal de TV.

Control Remot Client executa la comanda:

```
vlc -vvv udp://@IP
```

On IP és l'adreça IP rebuda de Control Remot Servidor.

En Linux s'executa directament aquesta comanda en l'interpret de comandes (Shell), mentre que en Windows és necessari executar-la des de CMD.exe, per poder executar la comanda, cal que l'inici de CMD.exe es situí en la carpeta de VLC.

6.6 Stop

Quan el client fa clic en el botó *Stop*, Control Remot Client envia la freqüència del servei que havia sol·licitat. Control Remot Servidor actualitza les dades, disminueix el nombre d'usuaris d'aquest Stream, si el nombre d'usuaris és 0, s'elimina el Stream del vector, l'objecte Stream i es tanca el streaming.

Control Remot Client tanca la reproducció de VLC, en Linux sense cap problema, en Windows com l'execució de la comanda de VLC és a partir de CMD.exe, l'execució de VLC és un procés fill de CMD.exe, i el mètode destroy () de la classe Process utilitzat per tancar l'execució de VLC, és pobre i no té capacitat per tancar VLC, per aquest motiu cal que l'usuari tanqui el reproductor VLC manualment.

Per finalitzar Control Remot Client torna a generar l'ordre de control Enviar canals, d'aquesta forma permet a l'usuari client canviar de servei sense haver de tancar i tornar a obrir l'aplicació.

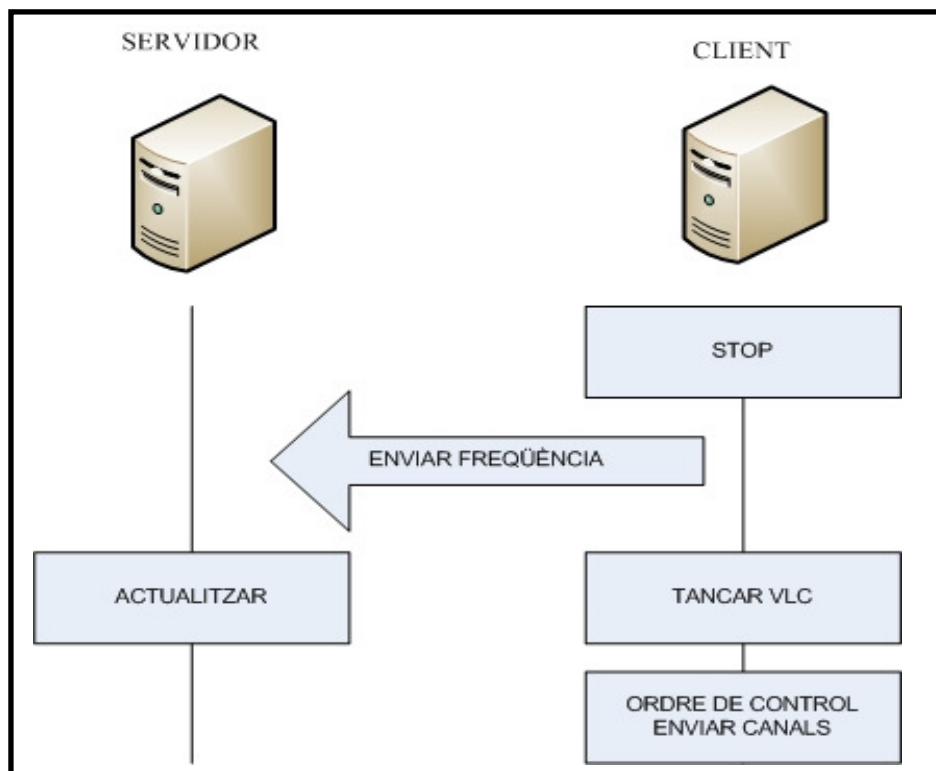


Figura LIV: Esquema processos de l'ordre de control Stop.

7. Escenari de treball

7.1 Topologia de l'escenari

La topologia de l'escenari és compost de diversos elements: dues antenes, dos receptors DVB-T, el servidor, els clients i un host utilitzat com a client d'escriptori remot del servidor.

El servidor DVB-T està situat en el primer pis en Equipaments Informàtica. Els clients DVB-T són en el soterrani en el Laboratori de Disseny, per poder tenir accés, monitoritzar el servidor DVB-T sense desplaçar-se al primer pis, s'accedeix al servidor des d'un altre host situat en el Laboratori de Disseny amb escriptori remot d'Ubuntu.

El servidor funciona sobre sistema operatiu Ubuntu 8.10 (Intrepid), el host dels clients sobre Windows XP, i té instal·lada una màquina virtual Ubuntu 8.10.

El switch de Nucli té configurat i activat el protocol IGMP.

El switch de Xarxa de Distribució aplica el protocol IGMP Snooping per filtrar paquets multicast.

En la *Figura LV* s'observa un esquema de la topologia de l'escenari.

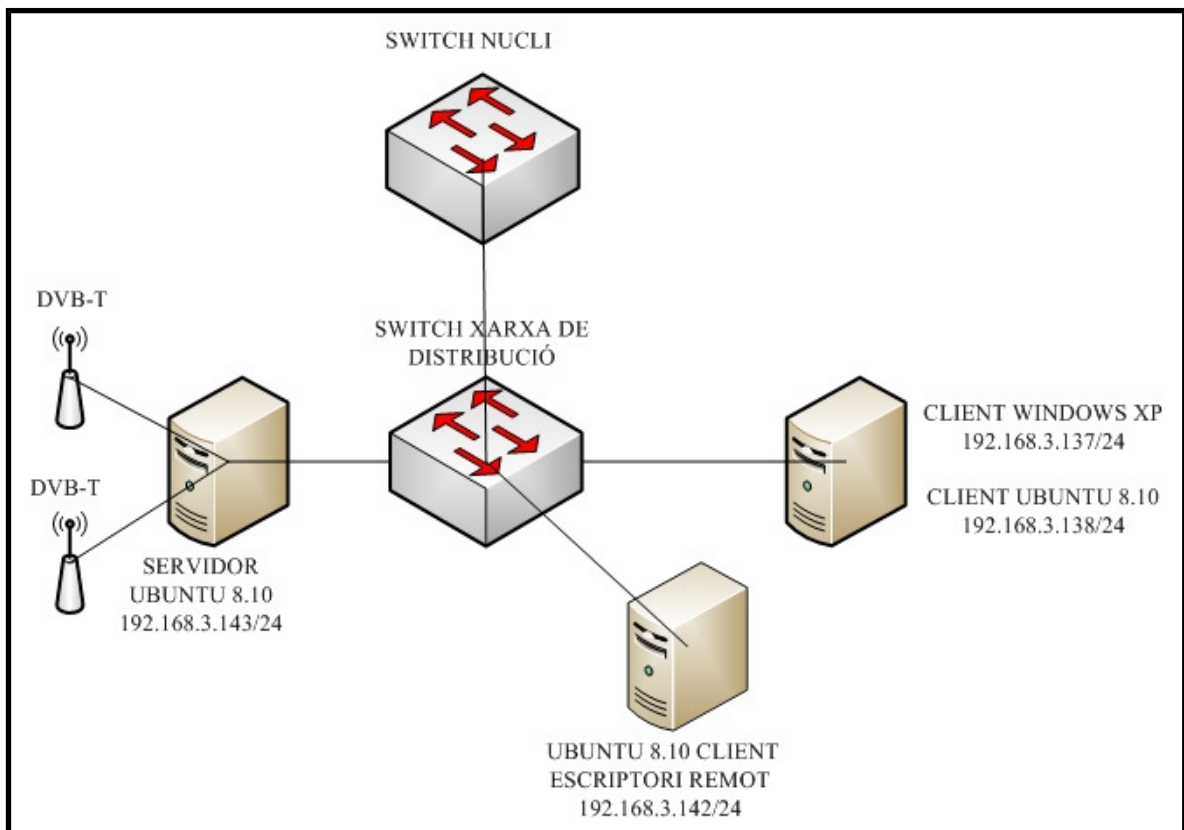


Figura LV: Esquema topologia escenari

7.2 Hardware

▪ Servidor:

Processador: *P-IV a 2.8 GHz.*

Memòria RAM: *1 GB*

Nucli: *2.6.27-16-generic*

▪ Client:

Processador: *Intel Core 2 Duo CPU E6550 a 2.33 GHz*

Memòria RAM: *2 GB*

▪ Receptor DVB-T HD USB ZAAPA ZT-DVBTSTUSB

Xipset REALTEK RTL2831u.

CARACTERÍSTIQUES:

- Interfície USB 2.0.
- Compatible amb ETS 300 744.
- Teletext.
- EPG (Guia electrònica de programació).
- Suport HDTV i SDTV.
- Suport HDTV Full HD.
- VDR, programació i Time-Shift
- Compatible Windows 2000 SP4, XP i Vista.
- Compatible Linux.

ESPECIFICACIONS:

- Demodulador COFDM en xip individual.
- Portadora: 2000 o 8000.
- Interval de guarda: 1/4, 1/8, 1/16, 1/32.
- Code-rate: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8.
- Modulació: QPSK, 16-QAM, 64-QAM.
- Ample de banda: 6, 7, 8 MHz.
- Rang de freqüències del sintonitzador: 48~861 MHz.

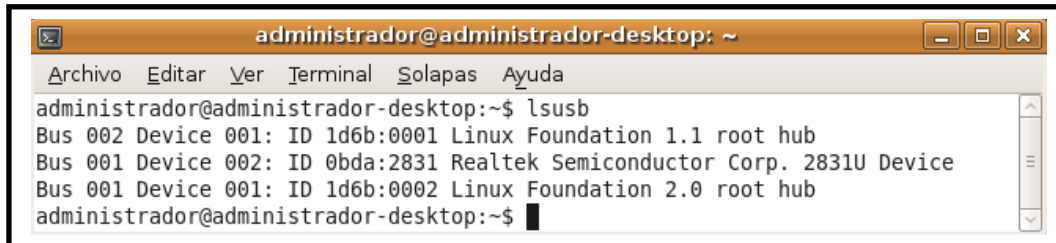
REQUISITS DEL SISTEMA:

- P-III 1.GHz o superior.
- 256 MB RAM o superior.
- Port USB 2.0

7.3 Software

7.3.1 Instal·lació driver receptor DVB-T

Primer de tot, cal verificar que Ubuntu 8.10 detecta automàticament el receptor TDT USB, es connecta en un port USB2.0 de l'ordinador i en la terminal s'escriu la comanda **lsusb**, l'ordinador ho detecta com es visualitza en la *Figura LVI*:



```
administrador@administrador-desktop: ~  
Archivo  Editar  Ver  Terminal  Solapas  Ayuda  
administrador@administrador-desktop:~$ lsusb  
Bus 002 Device 001: ID 1d6b:0001 Linux Foundation 1.1 root hub  
Bus 001 Device 002: ID 0bda:2831 Realtek Semiconductor Corp. 2831U Device  
Bus 001 Device 001: ID 1d6b:0002 Linux Foundation 2.0 root hub  
administrador@administrador-desktop:~$
```

Figura LVI: Detecció automàtica del receptor

Un cop reconegut el receptor TDT, és necessari actualitzar el sistema operatiu, per realitzar aquest procediment s'utilitza el Gestor de paquets Synaptic, *Sistema>Administración>Gestor de paquetes Synaptic*, s'obre una finestra com la de la *Figura LVII* on cal introduir la contrasenya d'usuari i prémer *Aceptar*, en la finestra *Gestor de paquetes Synaptic* cal prémer *Recargar* perquè el sistema busqui totes les actualitzacions disponibles, tot seguit clic en el botó *Marcar todas las actualizaciones* i per finalitzar prémer botó *Aplicar* que instal·larà totes les actualitzacions.

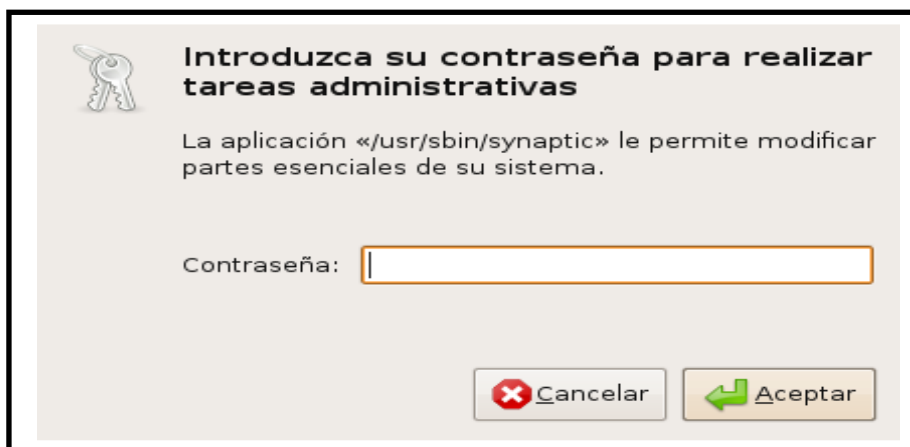


Figura LVII: Finestra de validació per accedir a Gestor de paquetes Synaptic



Figura LVIII: Finestra de Gestor de paquets Synaptic

Una vegada el sistema operatiu estigui actualitzat es verifica l'actualització i es realitza la instal·lació de mercurial amb la comanda **sudo apt-get install linux-headers-\$(uname -r) mercurial**. Mercurial és un sistema de control de versions multi plataforma per desenvolupadors de software, Mercurial és software lliure.

En l'execució de la comanda, el sistema pregunta per confirmar la instal·lació de Mercurial, cal escriure en la terminal **S**.

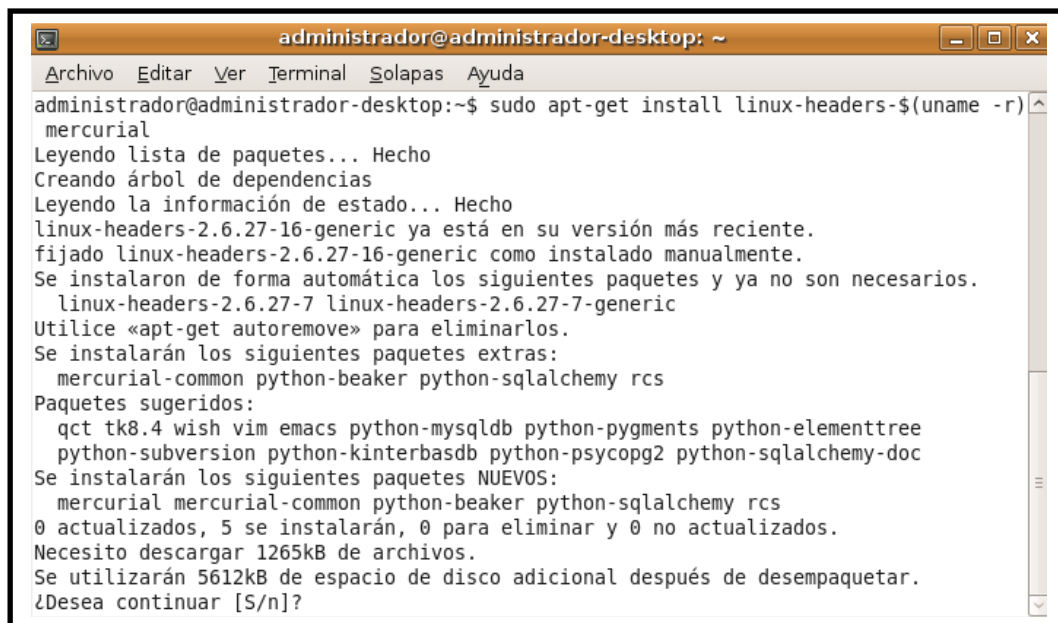
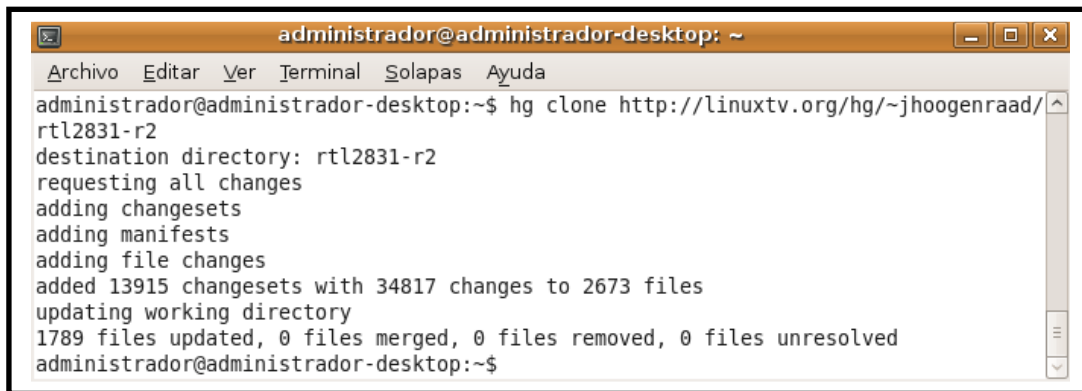


Figura LIX: Verificació actualització i instal·lació Mercurial

Mercurial, en resum, és un programa per la línia de comandes, totes les seves operacions s'invoquen com opcions al seu programa motor **hg**, en aquest cas s'utilitza l'opció **clone**, per clonar el repositori remot del driver del receptor TDT a l'ordinador per la seva posterior instal·lació. El repositori remot del driver es troba en la pàgina web de LinuxTV [21], el projecte LinuxTV desenvolupa i manté els drivers DVB pel kernel 2.6.x de Linux. Per realitzar aquest procés cal introduir en la terminal la següent comanda:

hg clone http://linuxtv.org/hg/~jhoogenraad/rtl2831-r2

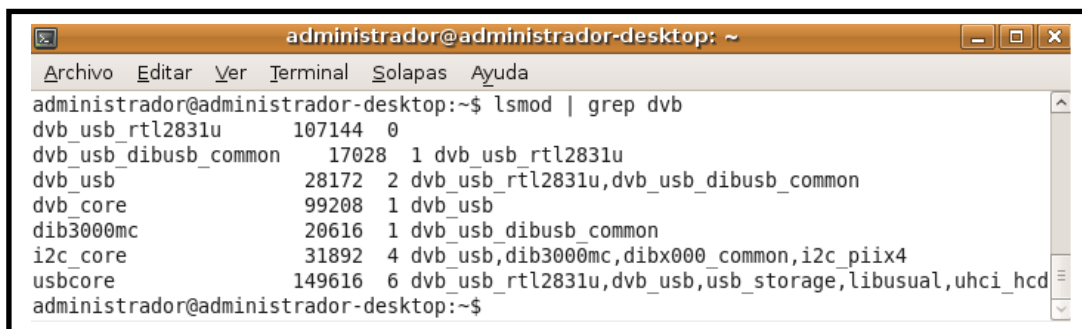


```
administrador@administrador-desktop: ~
Archivo Editar Ver Terminal Solapas Ayuda
administrador@administrador-desktop:~$ hg clone http://linuxtv.org/hg/~jhoogenraad/
rtl2831-r2
destination directory: rtl2831-r2
requesting all changes
adding changesets
adding manifests
adding file changes
added 13915 changesets with 34817 changes to 2673 files
updating working directory
1789 files updated, 0 files merged, 0 files removed, 0 files unresolved
administrador@administrador-desktop:~$
```

Figura LX: Clonació del repositori del driver

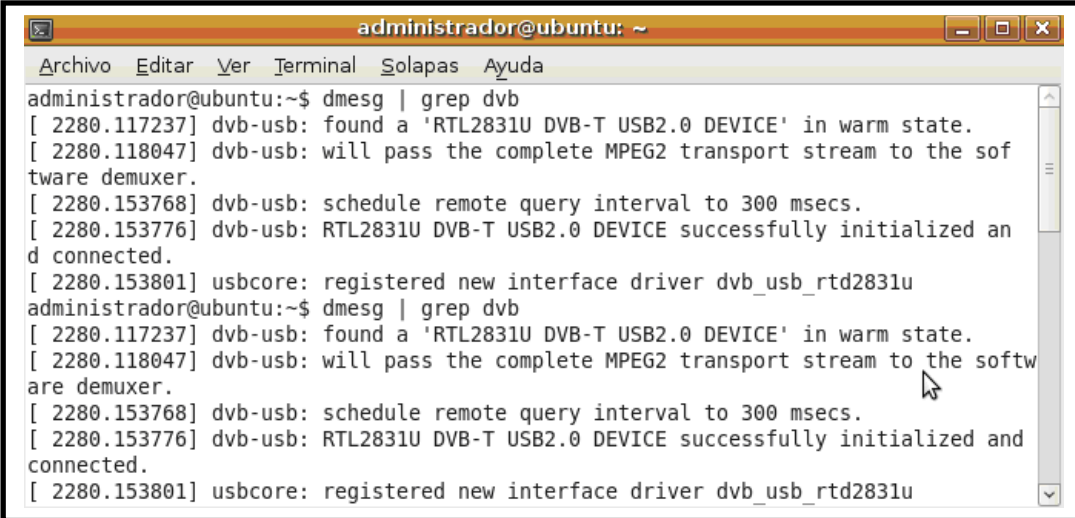
Un cop el driver és clonat s'emmagatzema en la *Carpeta personal*, s'accedeix a la carpeta amb la comanda **cd rtl2831-r2/**, i es compila amb la comanda **make**, una vegada el driver estigui compilat s'instal·la amb la comanda **sudo make install**.

En finalitzar la instal·lació es desconnecta el receptor TDT i es torna a connectar, per verificar la correcta instal·lació del driver s'utilitza la comanda **lsmod | grep dvb**, amb la comanda **dmesg | grep dvb** es comprova el correcte funcionament del receptor.



```
administrador@administrador-desktop: ~
Archivo Editar Ver Terminal Solapas Ayuda
administrador@administrador-desktop:~$ lsmod | grep dvb
dvb_usb_rtl2831u      107144  0
dvb_usb_dibusb_common 17028  1 dvb_usb_rtl2831u
dvb_usb             28172  2 dvb_usb_rtl2831u,dvb_usb_dibusb_common
dvb_core            99208  1 dvb_usb
dib3000mc           20616  1 dvb_usb_dibusb_common
i2c_core            31892  4 dvb_usb,dib3000mc,dibx000_common,i2c_piix4
usbCore             149616  6 dvb_usb_rtl2831u,dvb_usb,usb_storage,libusual,uhci_hcd
administrador@administrador-desktop:~$
```

Figura LXI: Verificació instal·lació driver



```
administrador@ubuntu: ~
Archivo  Editar  Ver  Terminal  Solapas  Ayuda
administrador@ubuntu:~$ dmesg | grep dvb
[ 2280.117237] dvb-usb: found a 'RTL2831U DVB-T USB2.0 DEVICE' in warm state.
[ 2280.118047] dvb-usb: will pass the complete MPEG2 transport stream to the software demuxer.
[ 2280.153768] dvb-usb: schedule remote query interval to 300 msecs.
[ 2280.153776] dvb-usb: RTL2831U DVB-T USB2.0 DEVICE successfully initialized and connected.
[ 2280.153801] usbcore: registered new interface driver dvb_usb_rtd2831u
administrador@ubuntu:~$ dmesg | grep dvb
[ 2280.117237] dvb-usb: found a 'RTL2831U DVB-T USB2.0 DEVICE' in warm state.
[ 2280.118047] dvb-usb: will pass the complete MPEG2 transport stream to the software demuxer.
[ 2280.153768] dvb-usb: schedule remote query interval to 300 msecs.
[ 2280.153776] dvb-usb: RTL2831U DVB-T USB2.0 DEVICE successfully initialized and connected.
[ 2280.153801] usbcore: registered new interface driver dvb_usb_rtd2831u
```

Figura LXII: Comprovació funcionament receptor DVB-T

7.3.2 Instal·lació w_scan:

Es descarrega el fitxer w_scan-20080105.tar.bz2 de [24].

Es descomprimeix, s'accedeix a la seva carpeta des del terminal i s'introdueix la comanda **make**, un cop finalitzat la compilació, **sudo make install**.



```
administrador@administrador-desktop: ~/Escritorio/w_scan-20080105
Archivo  Editar  Ver  Terminal  Solapas  Ayuda
administrador@administrador-desktop:~/Escritorio$ cd w_scan-20080105
administrador@administrador-desktop:~/Escritorio/w_scan-20080105$ make
gcc -MD -g -Wall -O2 --static -c dump-vdr.c -o dump-vdr.o
gcc -MD -g -Wall -O2 --static -c dump-xine.c -o dump-xine.o
gcc -MD -g -Wall -O2 --static -c dump-dvbscan.c -o dump-dvbscan.o
gcc -MD -g -Wall -O2 --static -c dump-caffeine.c -o dump-caffeine.o
gcc -MD -g -Wall -O2 --static -c scan.c -o scan.o
scan.c: En la función 'parse_service_descriptor':
scan.c:544: aviso: el puntero que apunta en la asignación difiere en signo
scan.c:568: aviso: el puntero que apunta en la asignación difiere en signo
gcc -g -Wall -o w_scan dump-vdr.o dump-xine.o dump-dvbscan.o dump-caffeine.o scan.o
rm -f *.o *.d
administrador@administrador-desktop:~/Escritorio/w_scan-20080105$ sudo make install
install -m 755 w_scan /usr/bin
install -m 755 w_scan_start.sh /usr/bin
install pci.ids /usr/bin
install pci.classes /usr/bin
install usb.ids /usr/bin
install usb.classes /usr/bin
administrador@administrador-desktop:~/Escritorio/w_scan-20080105$
```

Figura LXIII: Instal·lació w_scan-20080105

7.3.3 Instal·lació VLC:

Per instal·lar VLC s'accedeix a *Gestor de paquets Synaptic*, en el camp de *Búsqueda rápida* s'introdueix *vlc*, i es seleccionen i es marquen per instal·lar els següents paquets, com s'observa en la *Figura LXIV*:

- vlc
- vlc-plugin-jack
- vlc-plugin-ggi
- vlc-plugin-pulse
- vlc-plugin-esdl
- vlc-plugin-arts
- vlc-plugin-svgalib
- vlc-plugin-sdl
- mozilla-plugin-vlc

Alguns d'aquests paquets requereixen la instal·lació d'altres paquets, *Gestor de paquets Synaptic* els busca i demana a l'usuari confirmació per instal·lar, només cal prémer *Aceptar*.

Prémer botó *Aplicar* i el *Gestor de paquets Synaptic* instal·la VLC amb tots els plugins i llibreries necessàries.

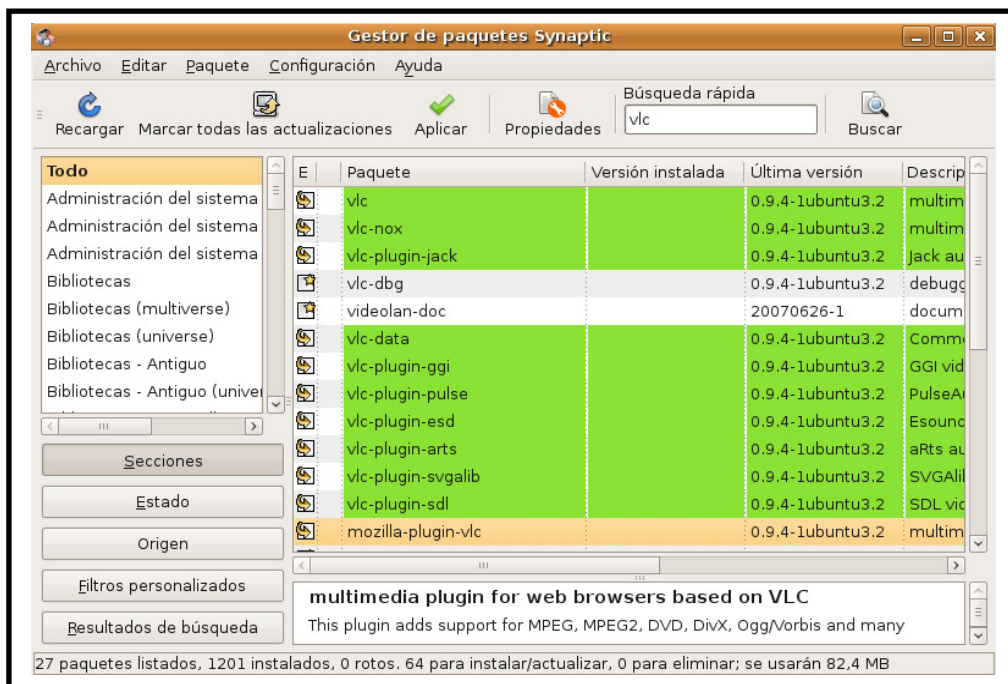


Figura LXIV: Instal·lació VLC i plugins.

7.3.4 Instal·lació SUN-JAVA-JRE6

S'accedeix a *Gestor de paquets Synaptic* com en les instal·lacions anteriors, es busca *sun-java*, es marca *sun-java6-jre* i s'instal·la.

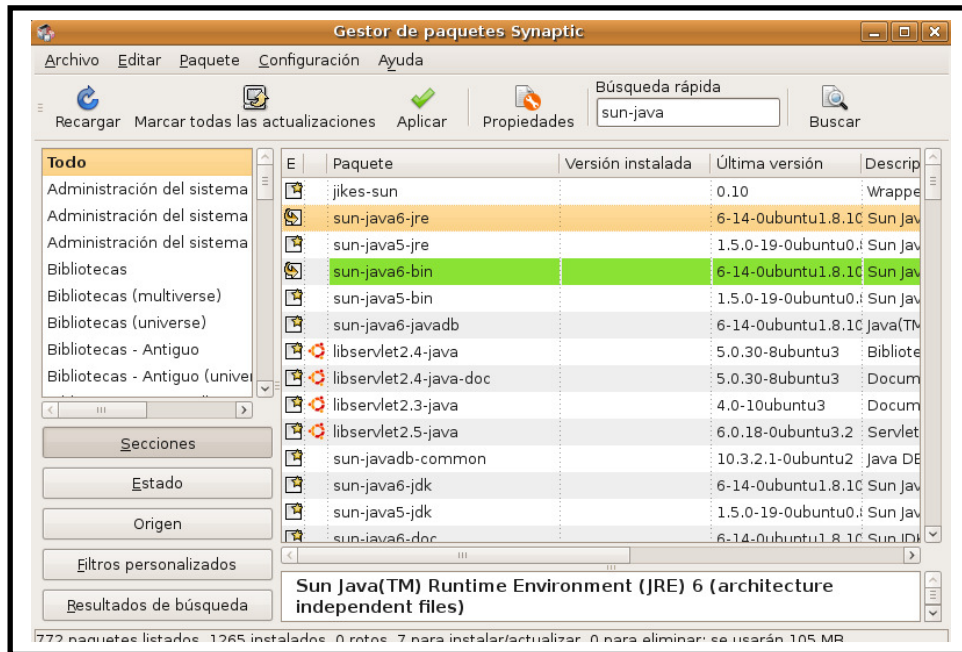


Figura LXV: Instal·lació Java Runtime Environment

7.3.5 Resum d'instal·lacions de software

Software instal·lat en el servidor:

- Driver RTL 2831u
- w_scan
- VLC
- SUN-JAVA-JRE6
- Arxiu ControlRemotServidor.jar emmagatzemat en l'escriptori.

Software instal·lat en el client Ubuntu 8.10:

- VLC
- SUN-JAVA-JRE6
- Arxiu ControlRemotClient.jar emmagatzemat en l'escriptori.

Software instal·lat en el client Windows XP.

- Arxiu ControlRemotClient.jar emmagatzemat en l'escriptori.

7.4 Configuracions addicionals

7.4.1 Servidor

En el servidor el primer que cal fer és executar el programa `w_scan` per obtenir el fitxer `channels.conf` amb la comanda:

```
w_scan -a 0 -ft -X > /home/administrador/channels.conf
```

Triga entre 5 i 10 minuts en fer l'escombrat de freqüències i crear el fitxer `channels.conf`.

El servidor es configura perquè entri automàticament i no demani ni usuari ni contrasenya, per fer aquest canvi de configuració s'accedeix a *Preferencias de la ventana de entrada* des de *Sistema>Administració>Ventana de entradas*, es visualitza la pestanya de *Seguridad*, es marca *Activar entrada automática* i es selecciona de la llista desplegable *administrador*.

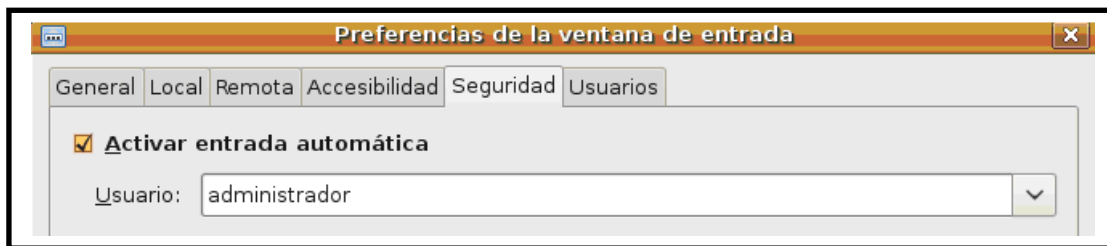


Figura LXVI: Activació entrada automàtica.

A més d'aquest canvi, es configura l'aplicació Control Remot Servidor perquè s'executi directament quan s'inicia una sessió. Es copia el fitxer `ControlRemotServidor.jar` en l'escriptori. No es pot afegir directament el fitxer `ControlRemotServidor.jar`, així que cal crear un petit Shell Script perquè ho executi, s'obre un editor de text i s'escriu aquestes dues comandes:

```
#!/bin/bash  
java -jar "/home/administrador/Escritorio/ControlRemotServidor.jar"
```

Es guarda el fitxer amb el nom `ControlRemotServidor.sh`, i se li assigna permís d'execució amb la comanda:

```
chmod 777 ControlRemotServidor.sh
```

Ara, s'accedeix a *Sistema>Preferencias>Sesiones*, clic a *Añadir*, s'obre una finestra per afegir programes, en *Nombre* s'introdueix *ControlRemotServidor* i en *Orden* la ruta per

accedir al Shell Script és `/home/administrador/ControlRemotServidor.sh`, clic a *Añadir* i després a *Cerrar*.

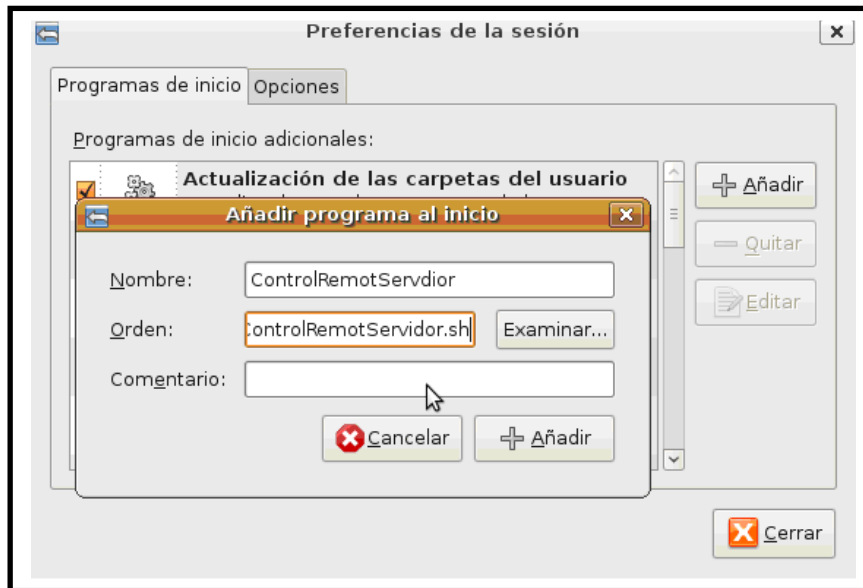


Figura LXVII: Configuració per carregar a l'inici de sessió Control Remot Servidor

7.4.2 Clients

Ubuntu 8.10: Per executar el fitxer `ControlRemotClient.jar` és necessari introduir en la terminal la comanda:

```
java -jar "/home/administrador/Escritorio/ControlRemotServidor.jar"
```

Com és llarga i cal recordar la ruta del fitxer `.jar`, es crea un Shell Script per executar la comanda, com el realitzat per `ControlRemotServidor`.

```
#!/bin/bash  
java -jar "/home/administrador/Escritorio/ControlRemotClient.jar"
```

S'emmagatzema amb el nom `ControlRemotClient.sh`, i se li assigna permisos.

```
chmod 777 ControlRemotClient.sh
```

Windows XP: cal modificar el registre de Windows per quan s'executi `CMD.exe` la carpeta d'inici sigui `C:\Program Files\VideoLAN\VLC>`, per fer aquesta modificació cal fer el següent procés: `Start>Run` escriure `regedit` accedir a `HKEY_LOCAL_MACHINE\SOFTWARE\Microsoft\Command Processor` doble clic a

AutoRun i s'afegeix c: && cd \program files\videolan\vlc, com es visualitza en la següent figura:

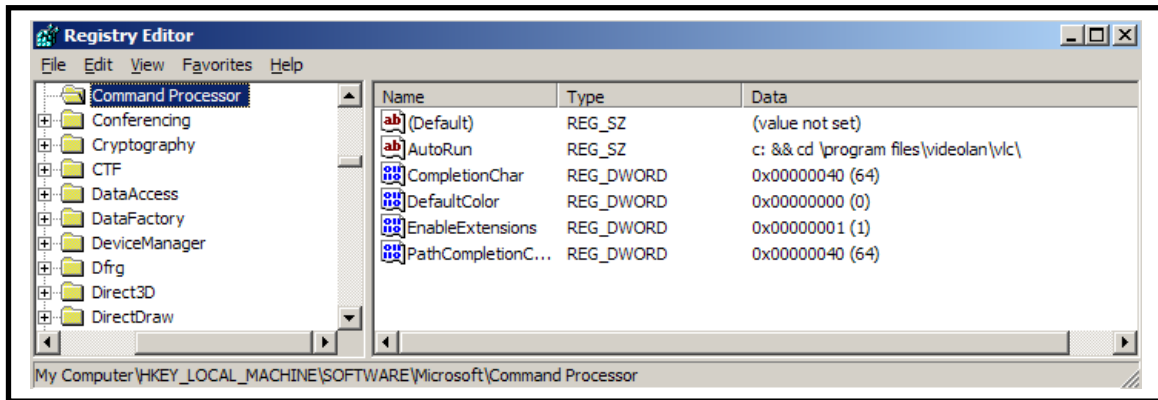


Figura LXVIII: Modificació registre de Windows XP.

8. Proves i resultats

8.1 Proves de funcionament de Control Remot

Un cop configurat i instal·lat tot el software necessari, es realitzen proves per verificar el correcte funcionament del programa Control Remot. S'executa Control Remot Client, en Windows XP doble clic sobre el fitxer ControlRemotClient.jar i en Ubutut 8.10, des del terminal s'executa el Shell Script ControlRemotClient.sh:

```
./ControlRemotClient.sh
```

S'obre la finestra i s'introdueix l'IP del servidor TDT, es verifica el correcte funcionament de la comunicació. En el quadrat vermell de la *Figura LXIX* s'observa les dades del primer canal del fitxer channels.conf, en el punt 10. Annexes es pot veure tot el seu contingut.

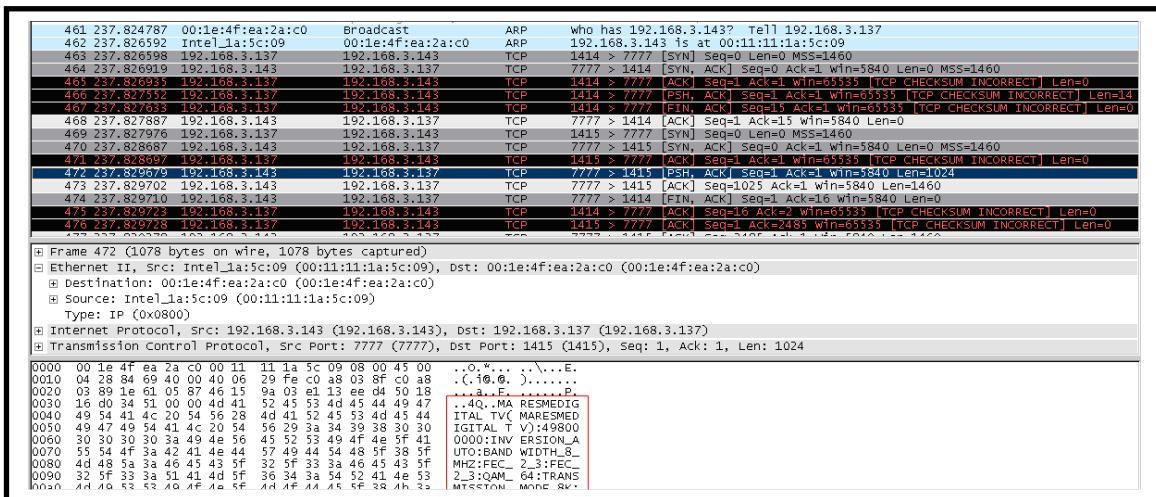


Figura LXIX: Captura trànsit inicialització connexió i ordre Enviar canals.

El Control Remot Client carrega la llista de canals, l'usuari selecciona un i fa clic sobre el botó Play.

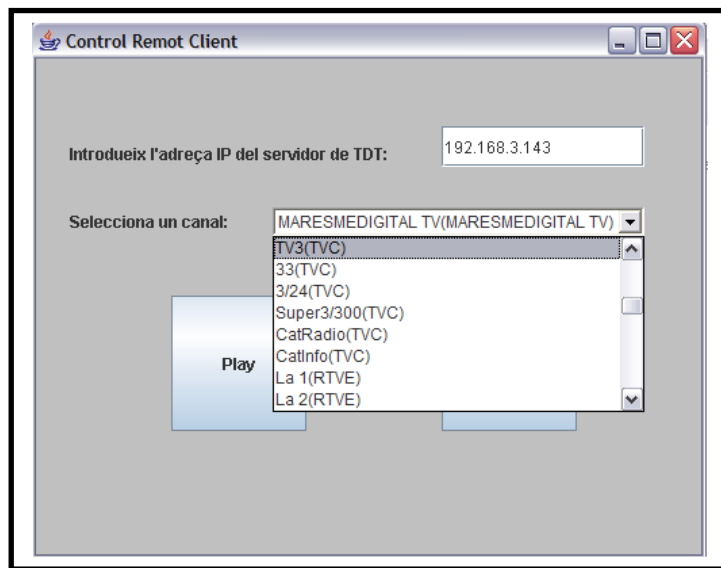


Figura LXX: Verificació carrega llista canals.

Control Remot Client envia l'ordre de control Play, la freqüència (818 MHz) i el número de programa (490), Control Remot Servidor li retorna l'adreça IP (239.255.102.1) multicast, s'executa el VLC client i envia un paquet IGMP del tipus Membership Report al router per unir-se al flux de l'adreça 239.255.102.1.

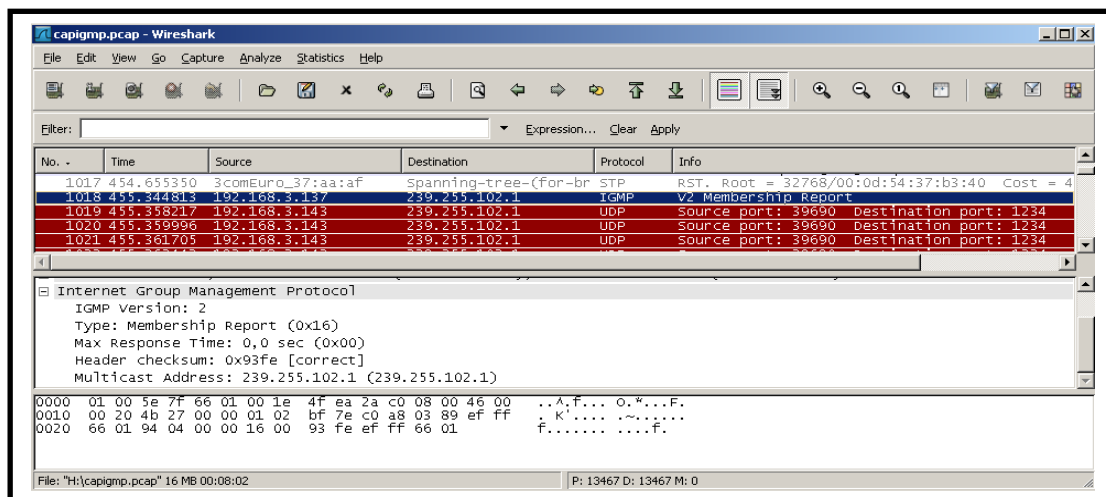


Figura LXXI: Captura trànsit IGMP v2.

Les proves de funcionament són:

1. Reproduir un canal de TV.

Verificació correcte de reproducció del canal seleccionat, per l'adreça IP "239.255.101" corresponent a l'adaptador 0, i "1" al primer programa del múltiplex.

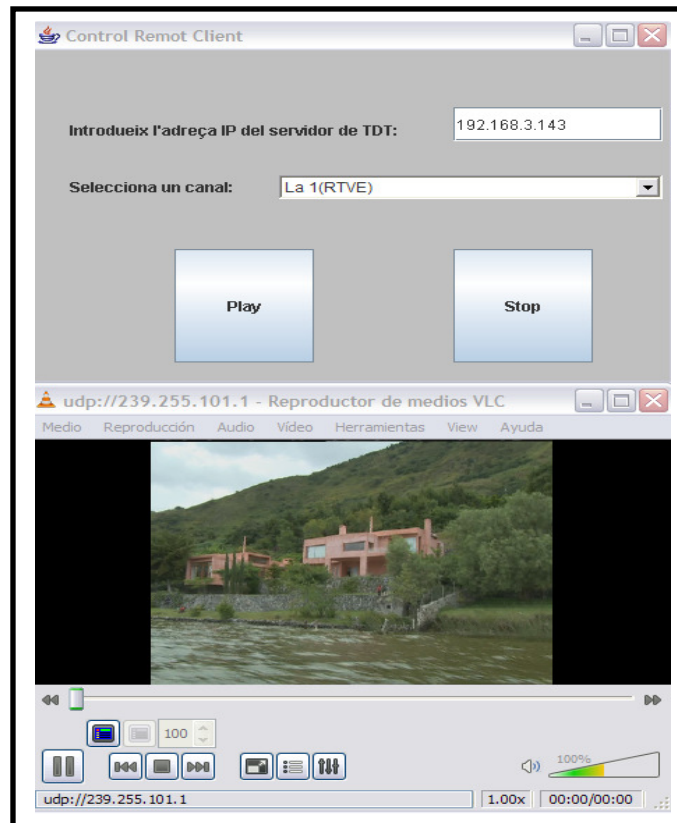


Figura LXXII: Prova de funcionament 1.

2. Dos canals de TV de diferents múltiples

Es torna a executar Control Remot Client, es selecciona un canal de diferent múltiplex que el primer, i VLC realitza la reproducció per l'adreça IP "239.255.102" indicat la utilització de l'adaptador1 del servidor, i ".1"especificant que TV3 és el primer programa del múltiplex.

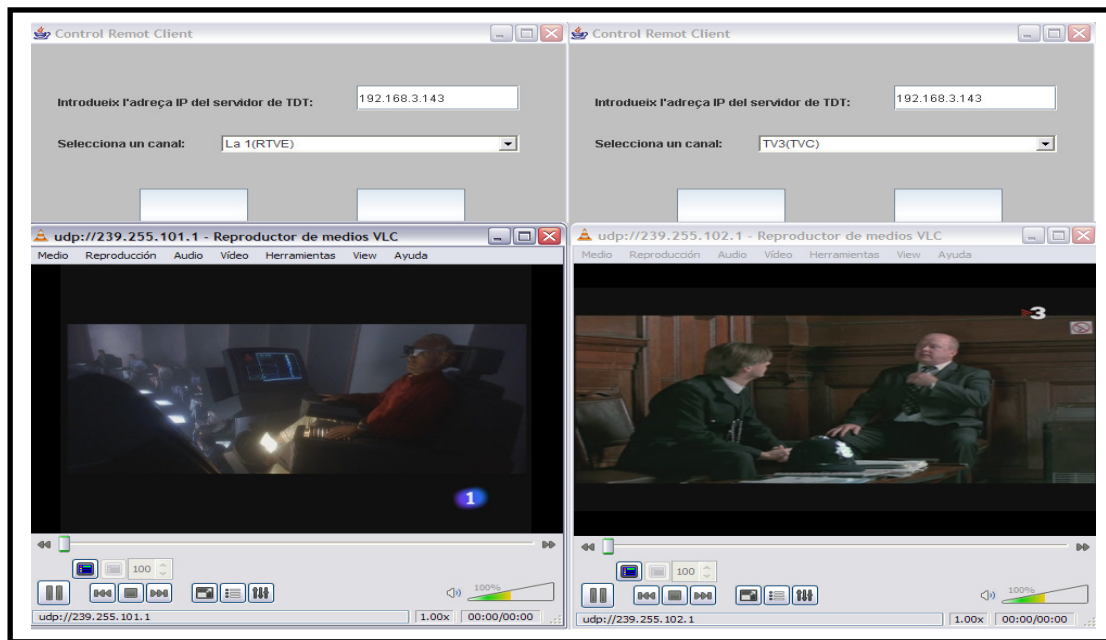


Figura LXXIII: Prova de funcionament 2.

3. Reproduir dos canals de TV de diferents múltiplex i tancar un.

Es reprodueixen dos canals de TV com en el punt anterior.

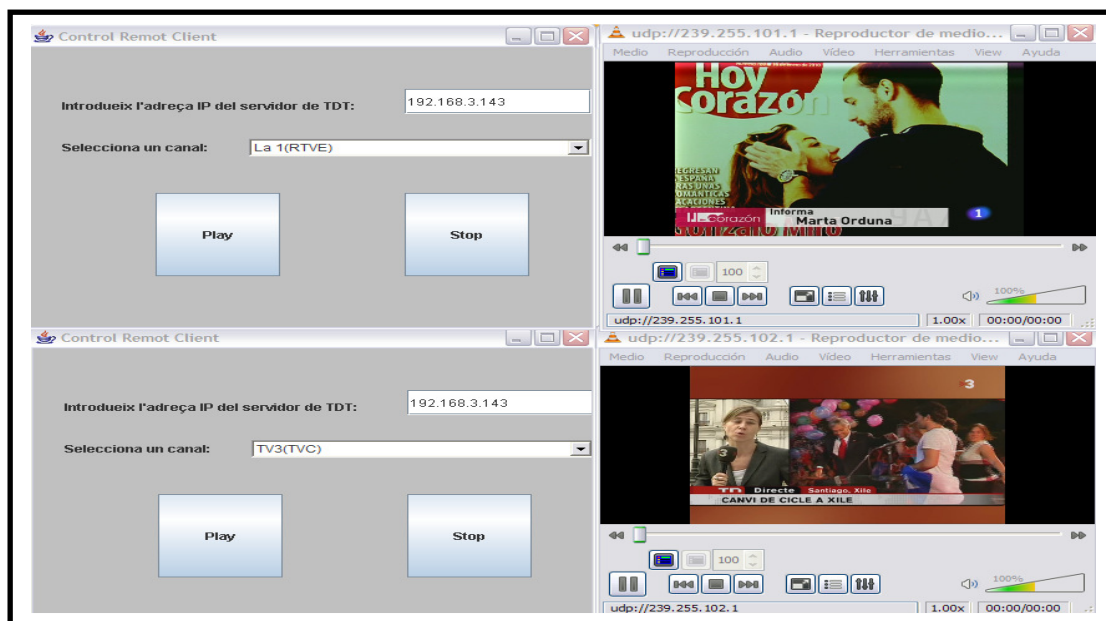


Figura LXXIV: Prova de funcionament 3, dos canals en el client.

Es visualitza que el servidor està executant dos programes VLC, un per cada múltiplex seleccionat.

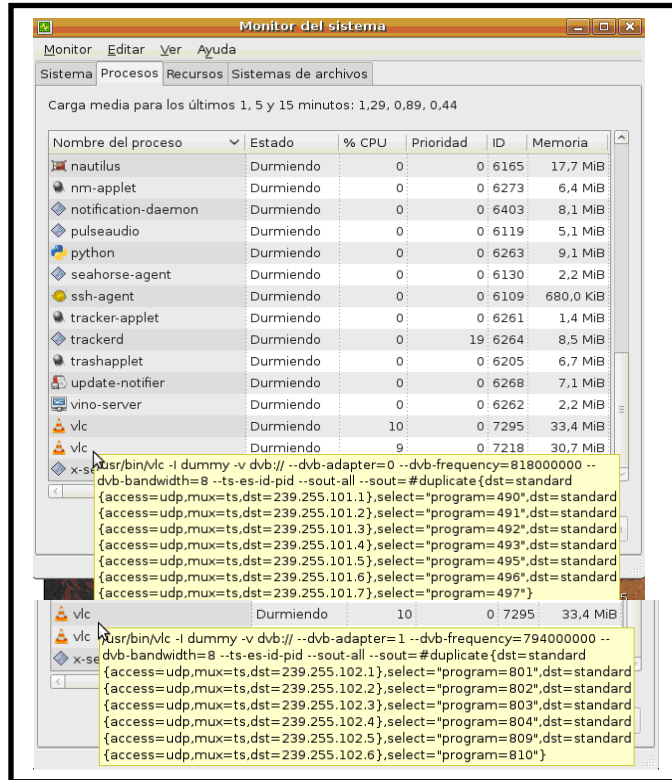


Figura LXXV: Prova de funcionament 3, dos VLC executant-se en el servidor.

Es tanca el client que reproduïx TV3 (794 MHz) i en el servidor es tanca de forma automàtica el programa VLC que envia aquest streaming. En la finestra del client que s'ha tancat la reproducció, es pot veure com la llista de canals s'ha tornat a carregar amb el primer canal de channels.conf, MARESME DIGITAL.

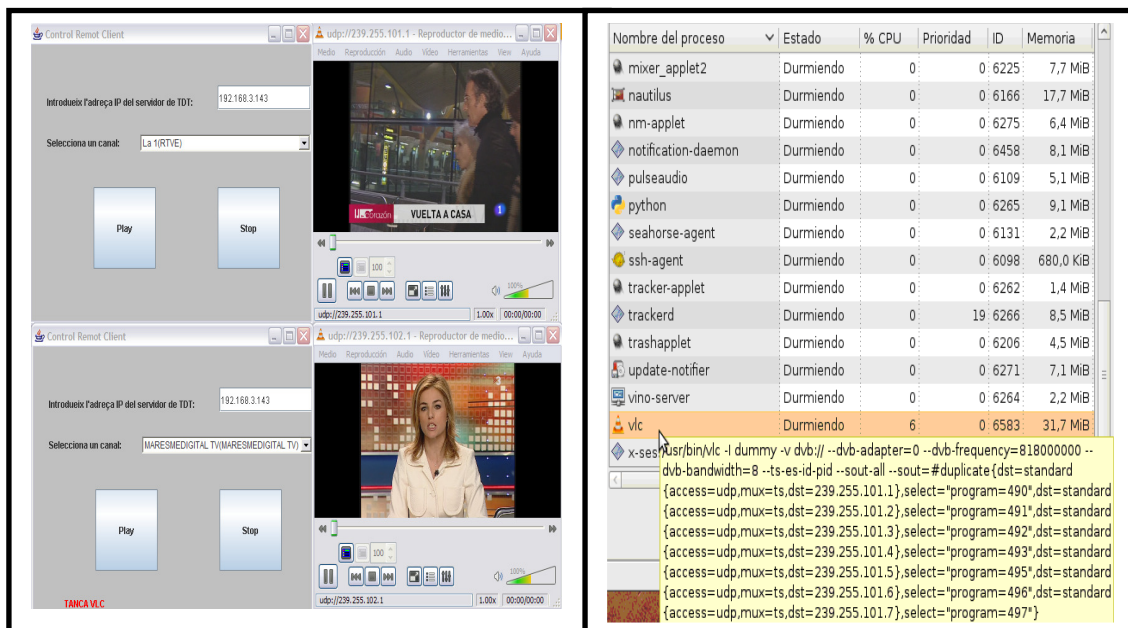


Figura LXXVI: Prova de funcionament 3, un canal en el client i un VLC executant-se en el servidor.

4. Tres canals TV, dos canals en el mateix múltiplex i tancar un.

En accedir un nou client al servei de streaming de TDT, només pot triar entre els serveis dels múltiples ja seleccionats. En el punt 10. Annexes està el contingut del fitxer channels2.conf.

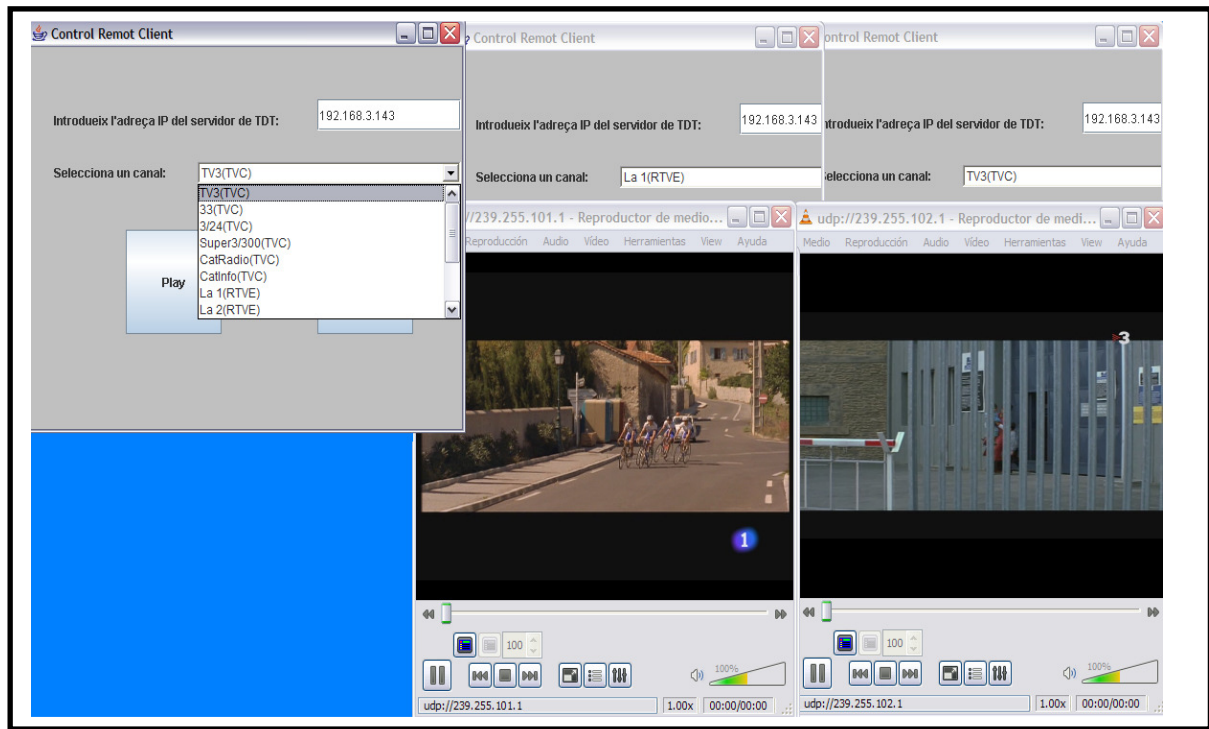


Figura LXXVII: Prova de funcionament 4, llista de canals amb múltiples ocupats.

Per verificar que tots tres clients estan rebent l'emissió, s'observa la càrrega de la xarxa, 12 Mbps, que correspon a tres canals de TV.

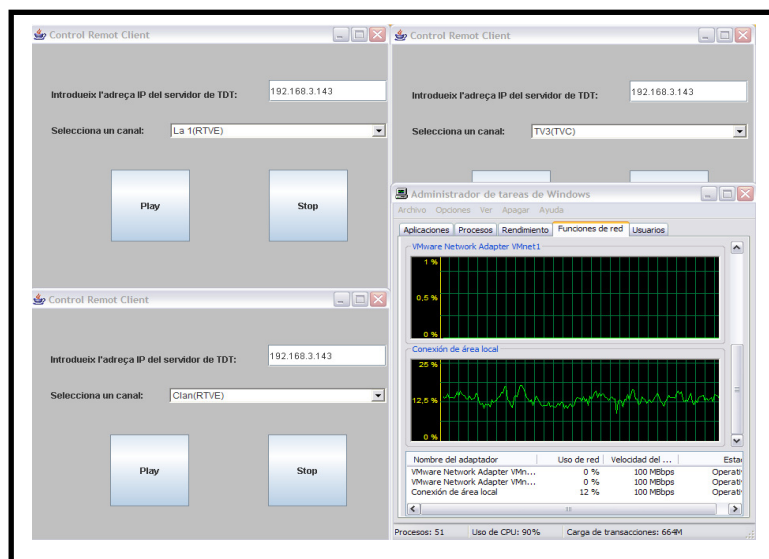


Figura LXXVIII: Prova de funcionament 4, tres canals, dos en el mateix múltiplex.

En el servidor hi ha dos programes VLC executant-se.

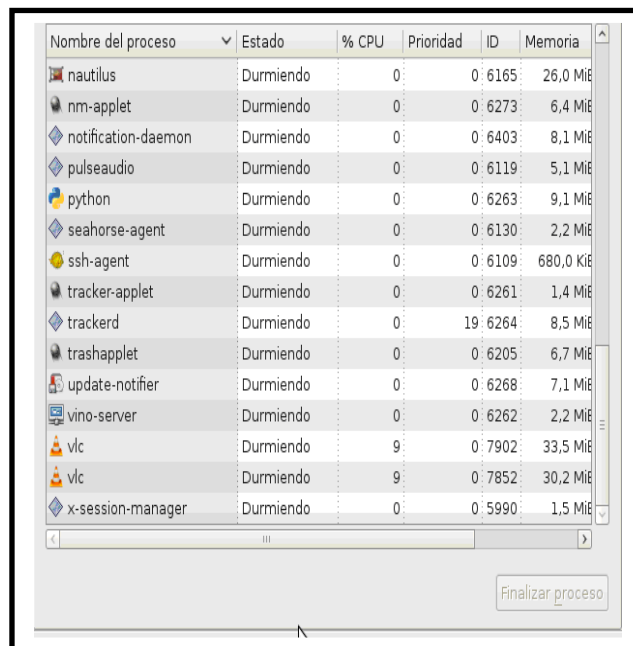


Figura LXXIX: Prova de funcionament 4, dos VLC executant-se en el servidor, abans de tancar un canal.

El client que reproduïx La 1 fa clic en *Stop* i tanca el reproductor VLC. Baixa l'ocupació de la xarxa a 8 Mbps (dos canals).

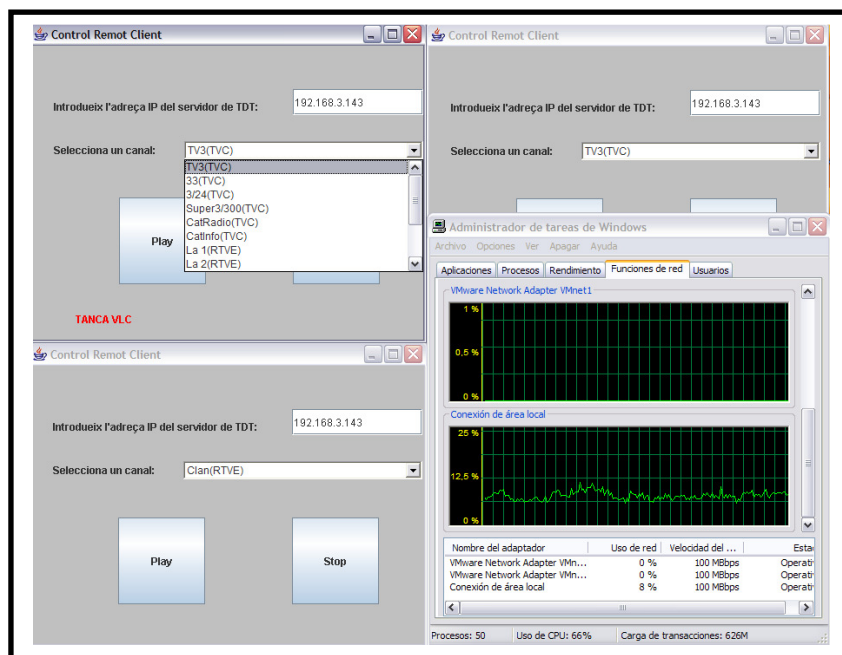
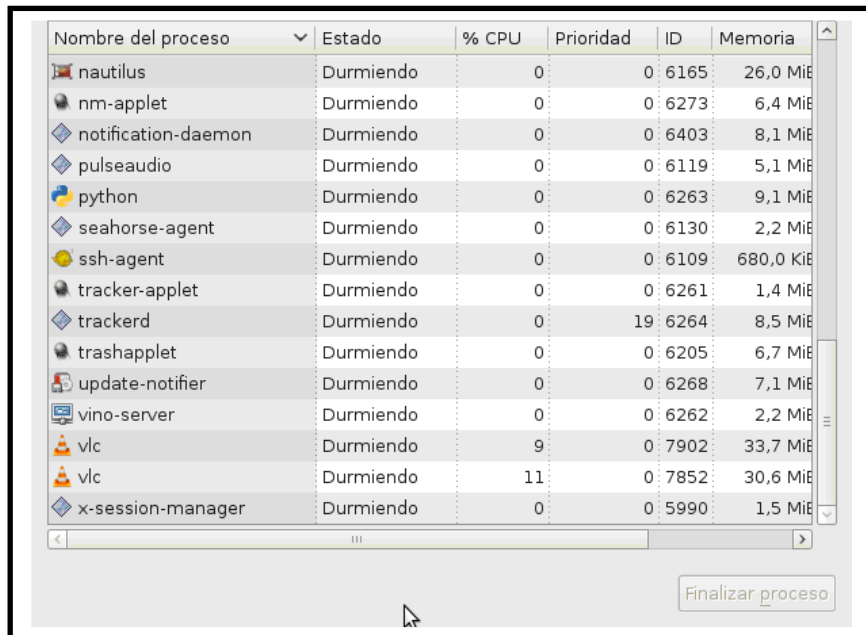


Figura LXXX: Prova de funcionament 4, dos canals cadascú en un múltiplex.

En el servidor, continua l'execució de dos VLC, ja que encara hi ha un client rebent el stream.



Nombre del proceso	Estado	% CPU	Prioridad	ID	Memoria
nautilus	Durmiendo	0	0	6165	26,0 MiE
nm-applet	Durmiendo	0	0	6273	6,4 MiE
notification-daemon	Durmiendo	0	0	6403	8,1 MiE
pulseaudio	Durmiendo	0	0	6119	5,1 MiE
python	Durmiendo	0	0	6263	9,1 MiE
seahorse-agent	Durmiendo	0	0	6130	2,2 MiE
ssh-agent	Durmiendo	0	0	6109	680,0 KiE
tracker-applet	Durmiendo	0	0	6261	1,4 MiE
trackerd	Durmiendo	0	19	6264	8,5 MiE
trashapplet	Durmiendo	0	0	6205	6,7 MiE
update-notifier	Durmiendo	0	0	6268	7,1 MiE
vino-server	Durmiendo	0	0	6262	2,2 MiE
vlc	Durmiendo	9	0	7902	33,7 MiE
vlc	Durmiendo	11	0	7852	30,6 MiE
x-session-manager	Durmiendo	0	0	5990	1,5 MiE

Figura LXXXI: Prova de funcionament 4, dos VLC executant-se en el servidor, després de tancar un canal.

8.2 Resultats d'ample de banda

8.2.1 Pla de proves i valors teòrics

Es realitza un pla de proves per poder observar la càrrega de l'ample de banda (BW) en diferents situacions, i com realitzar la difusió del streaming a adreces IP multicast optimitza l'ample de banda del servidor TDT.

L'ample de banda necessari per transmetre el streaming d'un canal de TV és de 3-4 Mbps, en les proves no són utilitzats els canals de ràdio, ja que la necessitat ample de banda és molt petita, 192 Kbps.

En totes les proves realitzades es tria els múltiples 61 i 64 amb freqüències 794 MHz i 818 MHz respectivament, així es pot observar de forma eficient els canvis de l'ample de banda del servidor quan envia tot el múltiplex. El múltiplex 61 és compost dels serveis: TV3, 33, 3/24, Super3/300, Catalunya Ràdio i Catalunya Informació, l'ample de banda aproximat és: 4 canals TV x 4 Mbps + 2 canals de ràdio x 192 Kbps = **17 Mbps**.

El múltiplex 64 és compost dels serveis: La 1, La 2, 24 horas, Clan, RNE 1, RNE Clásica i RNE 3, l'ample de banda aproximat és el mateix que pel múltiplex 61, **17 Mbps**.

El pla de proves i els valors teòrics de cada prova són:

1. Un canal de TV.

Un client reproduïx un canal de televisió.

Valors teòrics:

Host	AMPLE DE BANDA (Mbps)
Servidor Ubuntu 8.10	17
Client Windows XP	4

Taula X: Prova 1.

2. Tres canals de TV del mateix múltiplex.

Un client veu tres canals diferents de televisió del mateix múltiplex.

Valors teòrics:

Host	AMPLE DE BANDA (Mbps)
Servidor Ubuntu 8.10	17
Client Windows XP	12

Taula XI: Prova 2.

3. Sis canals de TV, dos host client amb tres canals cadascú del mateix múltiplex.

Dos clients, reproduïxen cadascú tres canals diferents del mateix múltiplex.

Valors teòrics:

Host	AMPLE DE BANDA (Mbps)
Servidor Ubuntu 8.10	17
Client Windows XP	12
Client Ubuntu 8.10	12

Taula XII: Prova 3.

Com les proves es realitzen en un medi segmentat i s'utilitzen adreces IP multicast per enviar el streaming la càrrega d'ample de banda dels clients (24 Mbps) és superior a la del servidor (17 Mbps).

4. Quatre canals de TV, dos múltiples amb dos canals per cadascú.
Dos clients, veuen dos canals diferents cadascú del mateix múltiple.

Valors teòrics:

Host	AMPLE DE BANDA (Mbps)
Servidor Ubuntu 8.10	34
Client Windows XP	16

Taula XIII: Prova 4.

8.2.2 Resultats obtinguts

1. Un canal de TV.

Servidor:

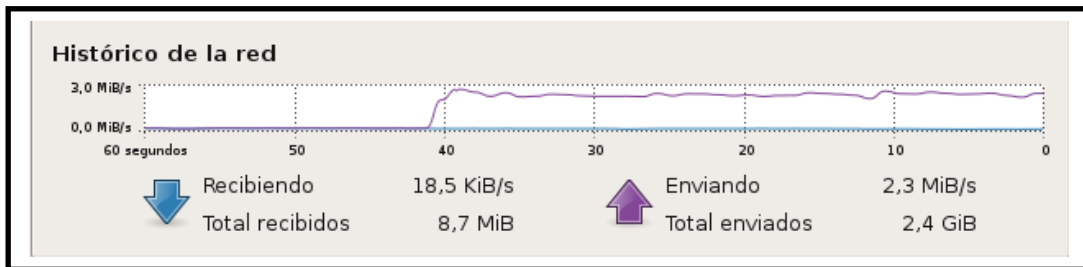


Figura LXXXII: Resultat prova 1, servidor.

Client:

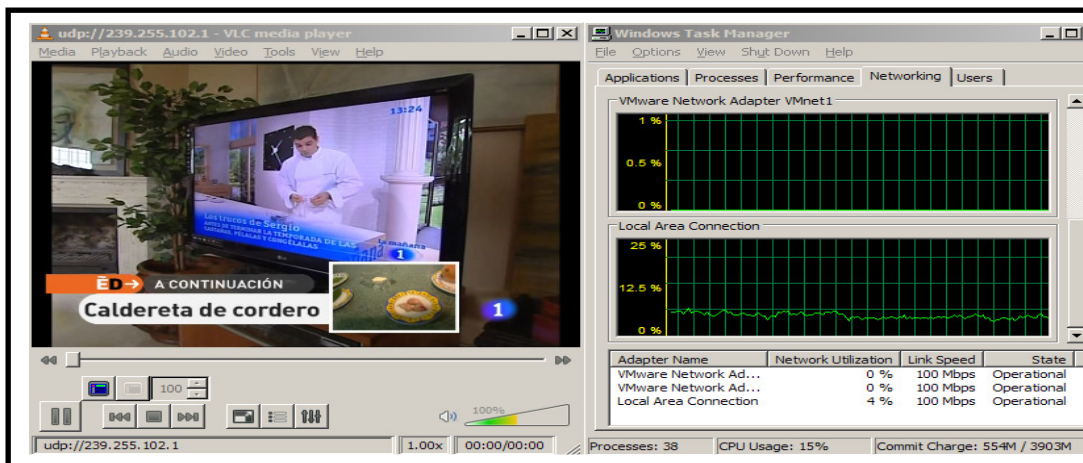


Figura LXXXIII: Resultat prova 1, client.

2. Tres canals de TV del mateix múltiplex.

Servidor:

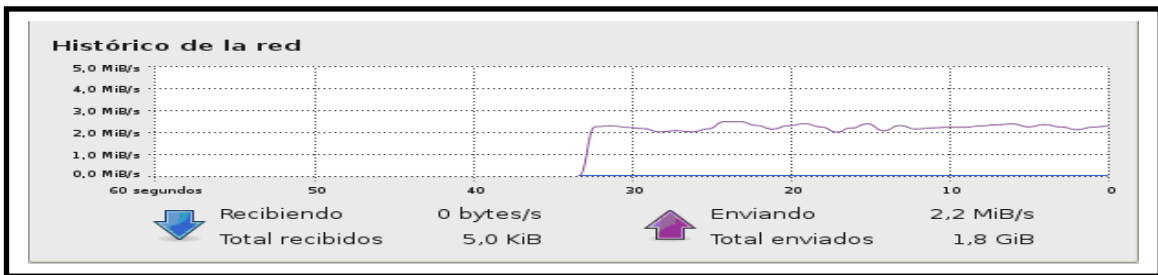


Figura LXXXIV: Resultat prova 2, servidor.

Client:

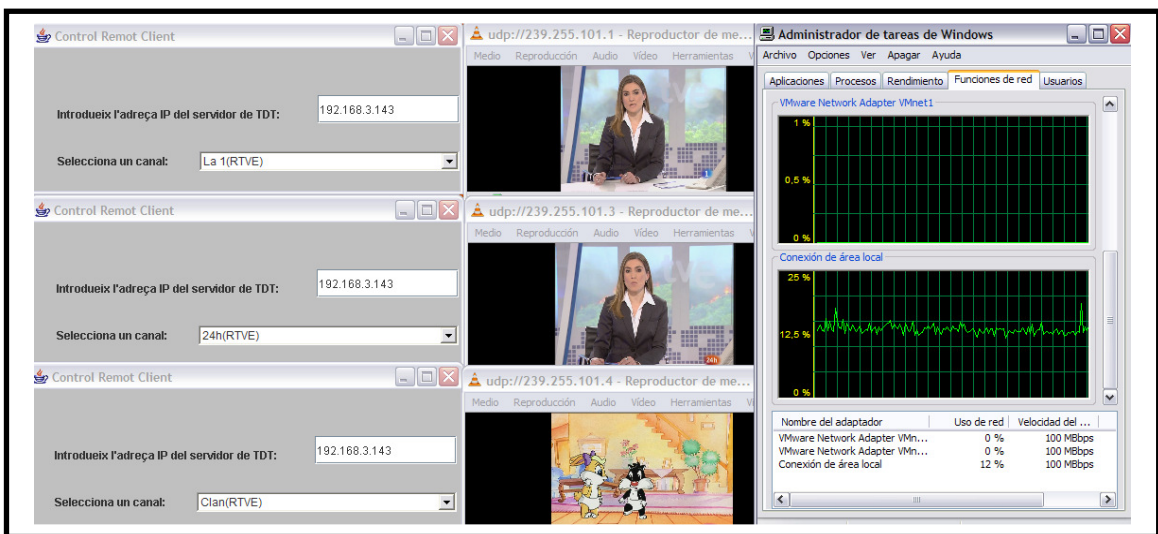


Figura LXXXV: Resultat prova 2, client.

3. Sis canals de TV, dos host client amb tres canals cadascú del mateix múltiplex.

Servidor:

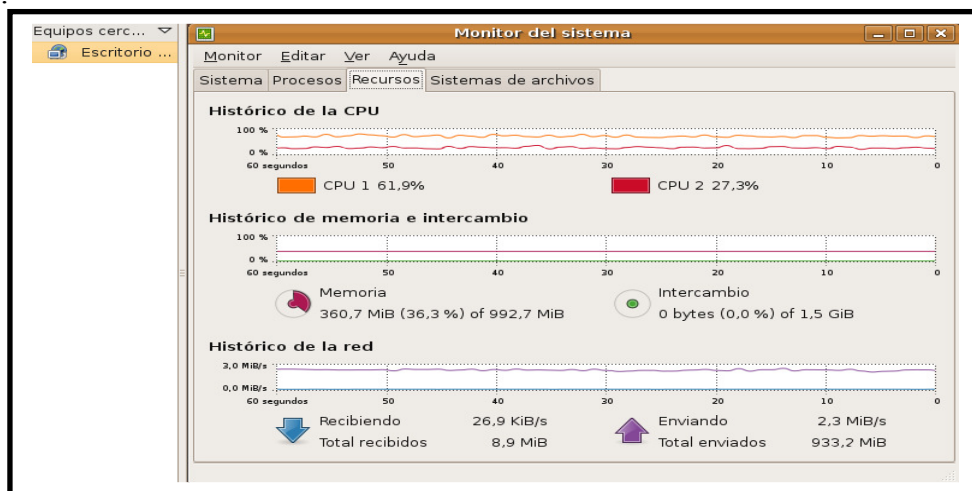


Figura LXXXVI: Resultat prova 3, servidor.

Client Windows XP:

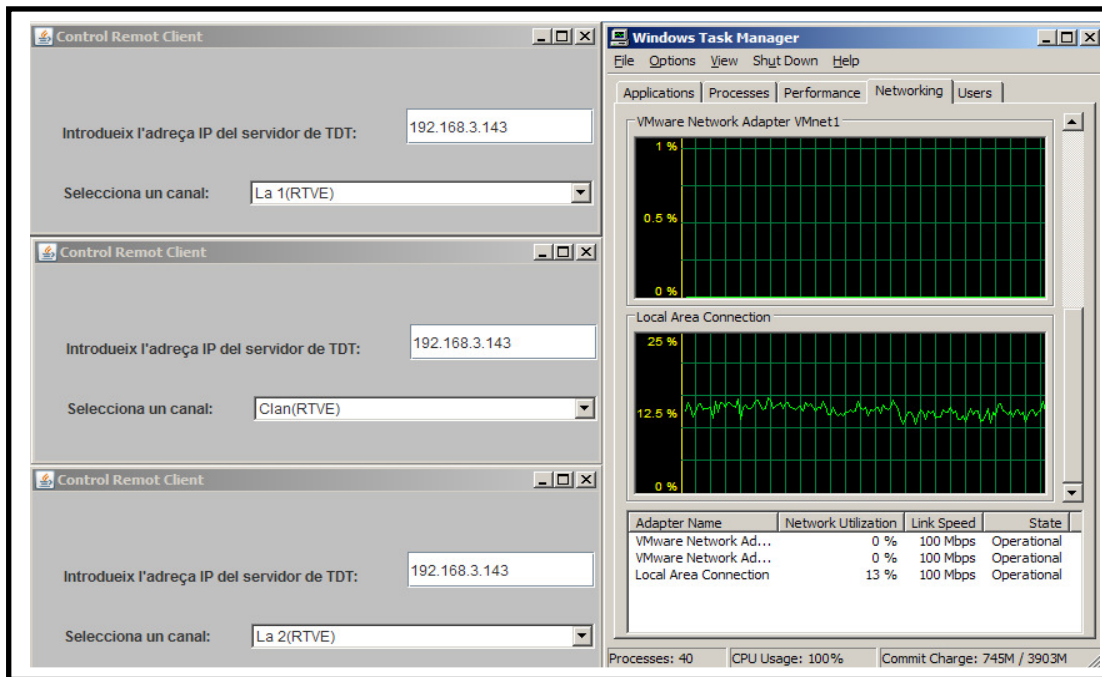


Figura LXXXVII: Resultat prova 3, client Windows XP.

Client Ubuntu:

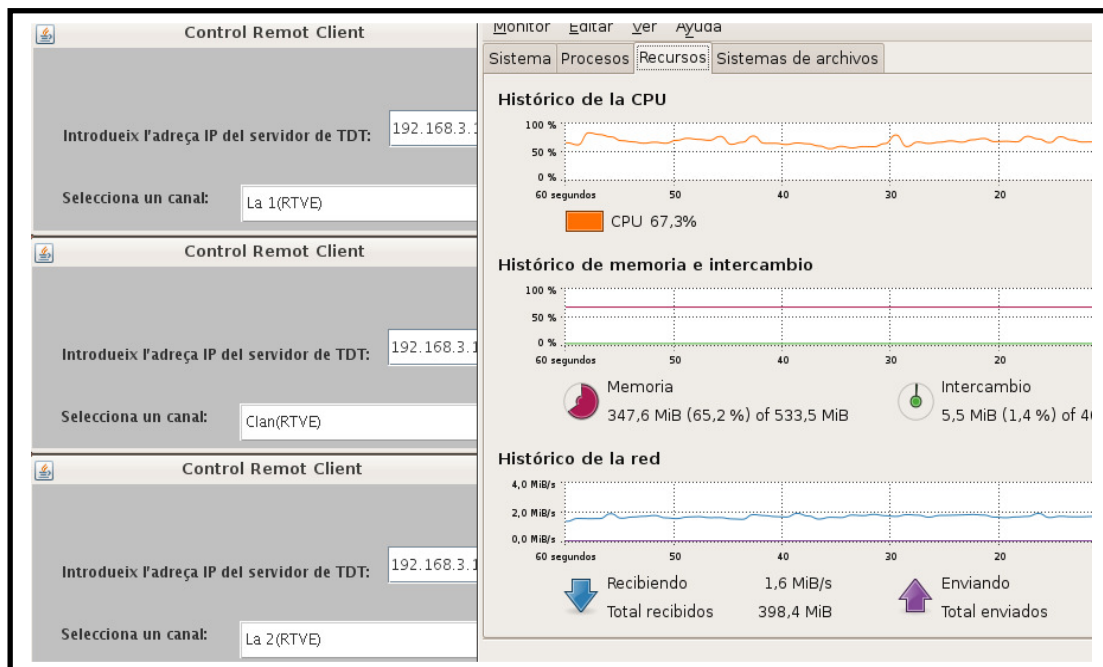


Figura LXXXVIII: Resultat prova 3, client Ubuntu.

4. Quatre canals de TV, dos múltiples amb dos canals per cadascú.

Servidor:

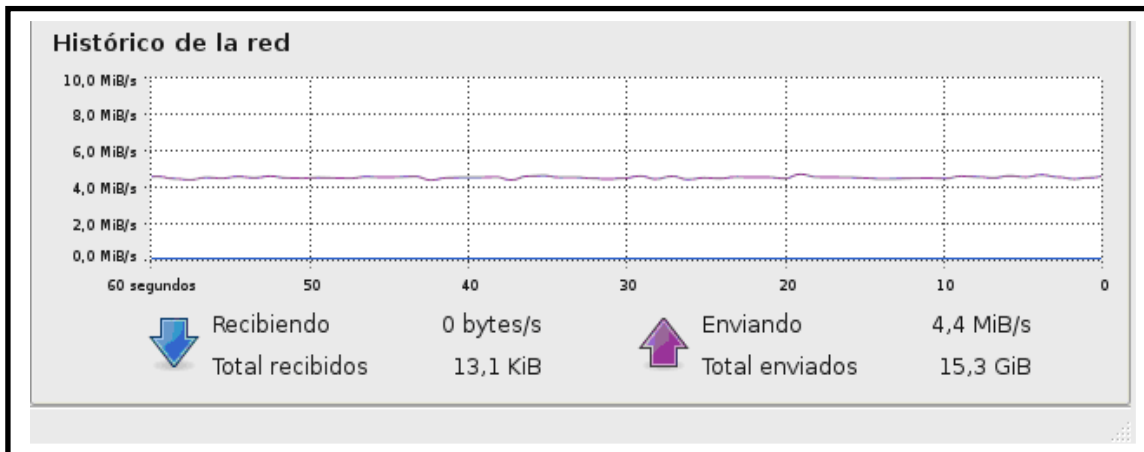


Figura LXXXIX: Resultat prova 4, servidor.

Client:

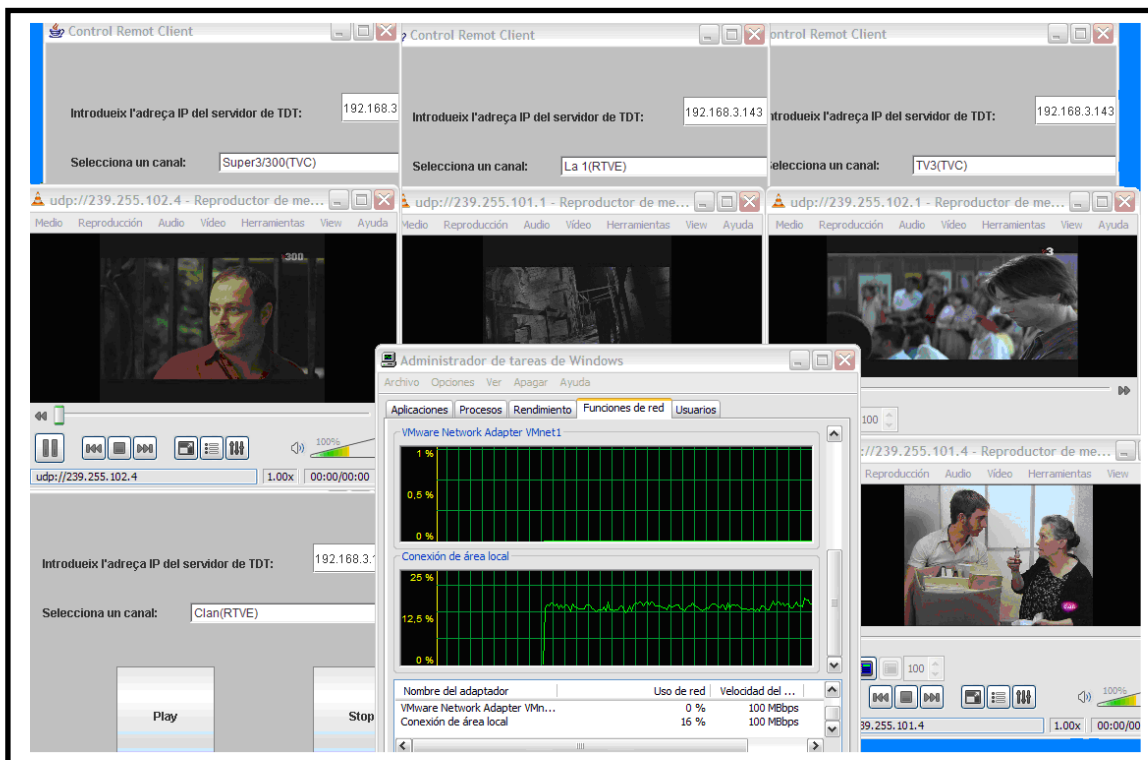


Figura XC: Resultat prova 4, client.

Comparativa entre valors teòrics i resultats obtinguts:

Prova	BW TEÒRIC (Mbps)		RESULTATS BW (Mbps)	
	Servidor	Client	Servidor	Client
1	17	4	18.4	4
2	17	12	17.6	12
3	17	12+12	18.4	13+12.8
4	34	16	35.2	16

Taula XIV: Comparativa entre valors teòrics i resultats obtinguts.

9. Conclusions i línies futures

Aquest punt es divideix en dos apartats. El primer especifica com s'han complert els objectius marcats en el capítol 2. El segon s'expliquen possibles línies futures per ampliar aquest projecte.

9.1 Conclusions

Primer de tot es va realitzar un estudi profund sobre el estàndard DVB-T del projecte DVB i en especial a les parts **ISO/IEC 13818-1 Systems**, **ISO/IEC 13818-2 Video** i **ISO/IEC 13818-3 Àudio** de l'estàndard MPEG-2, per comprendre la compressió que es realitza a les dades i com es produeix la paquetització de paquets fins a arribar als paquets Transport Stream.

Per la difusió de serveis DVB-T sobre la xarxa, s'utilitza el programa VLC, però primer era necessari fer una recerca d'informació de les possibilitats que ofereix i la sintaxi per transmetre els serveis, també s'havia de tenir en consideració la limitació del receptor DVB-T, quan està reproduint o transmetent el flux d'un canal només pot accedir als canals del mateix múltiplex, a més si en la comanda de reproducció o difusió del streaming no es selecciona tot el múltiplex després no es pot canviar de canal. Una vegada observades les possibilitats s'estudia quina és la millor per assolir l'objectiu de menor càrrega d'ample de banda possible, dels resultats obtinguts de l'estudi s'extreu que el streaming de VLC s'envia sobre UDP a adreces IP multicast enviant un canal diferent del múltiplex per cada IP. Per difondre el streaming en VLC d'un múltiplex complint amb els requisits marcats d'ample de banda és necessari conèixer les dades de freqüència i número de programes dels canals, informació que proporciona el fitxer channels.conf, generat amb el programa w_scan.

Es desenvolupa el programa Control Remot en Java, perquè sigui compatible amb les plataformes Windows XP i Ubuntu gràcies a la Màquina Virtual Java. Control Remot consta de dues aplicacions una pel servidor i un altre pel client, Control Remot Servidor i Control Remot Client respectivament, implementa les funcions de comunicació entre servidor i client així com el control de VLC. Control Remot Servidor s'implementa perquè

funcioni independentment del nombre de receptors DVB-T connectats i per la plataforma Linux, les accions que realitza sobre VLC són crear, gestionar i tancar el flux. Quan rep una petició d'un dels clients, li envia els serveis disponibles perquè el client seleccioni el servei, llavors el servidor envia el stream de DVB-T a través de VLC i el client reproduïx el flux per mitjà de VLC. Les accions de Control Remot Client sobre VLC són crear i tancar el flux rebut, en plataforma Linux mentre que amb plataforma Windows s'ha de tancar VLC manualment. Aquesta aplicació s'ha dissenyat amb control d'errors per sinó es segueixen els passos correctes de funcionament no es provoqui errors en el servidor.

Amb el projecte *Assaig de transmissió de paquets MPEG-2 TS des d'un Servidor DVB-T amb control remot des del Client* s'ha assolit l'objectiu principal de crear una maqueta per realitzar proves de transmissió de serveis TDT sobre diferents xarxes LAN.

Els valors teòrics calculats i els resultats pràctics de càrrega d'ample de banda donen un resultat molt semblant. Els resultats obtinguts són acceptables per la difusió de serveis DVB-T sobre una xarxa LAN Ethernet commutada.

9.2 Línies futures

Hi ha varies línies futures d'actuació que deriven d'aquest projecte:

- Implementar un servidor d'àudio i vídeo, afegint al servidor existent els serveis de streaming de DVD i d'arxius d'àudio i vídeo.
- Desenvolupar un servidor de televisió digital terrestre i per satèl·lit, ampliant el servidor actual amb un receptor DVB-S i oferint al client la possibilitat de triar entre televisió terrestre i/o satèl·lit així com la selecció del canal.
- Realitzar proves de difusió de serveis DVB-T en xarxes d'ample de banda compartit.

10. Annexes

Contingut en el CD.

11. Bibliografia

- [1] <http://www.salle.url.edu/Eng/elsDTA/elsVideo/webts/index.htm>, 3 de Novembre, 2009
- [2] <http://www.dvb.org/technology/standards/>
ETSI EN 300 744 V1.6.1 (2009-01). Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television, 5 de Novembre, 2009
- [3] <http://www.impulsatdt.es/observatorio/> Observatori ImpulsaTDT. Indicadors TDT a Espanya, 8 de Novembre, 2009
- [4] <http://www.impulsatdt.es/observatorio/indicadores/indicador.php?id=35>
Observatori ImpulsaTDT. Indicadors TNT a França, 8 de Novembre, 2009
- [5] <http://www.impulsatdt.es/observatorio/indicadores/indicador.php?id=37>
Observatori ImpulsaTDT. Indicadors TDT a Itàlia, 8 de Novembre, 2009
- [6] <http://www.impulsatdt.es/observatorio/indicadores/indicador.php?id=38>
Observatori ImpulsaTDT. Indicadors Freeview a Regne Unit, 8 de Novembre, 2009
- [7] http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Digital_broadcast_standards.svg, 9 de Novembre, 2009.
- [8] <http://www.salle.url.edu/Eng/elsDTA/elsVideo/tutorialtvd/3aPart.html>, 10 de Novembre, 2009.
- [9] www.etc.upm.es/tsmpeg2d.pdf, 10 de Novembre, 2009.
- [10] www.sec.upm.es/docencia/master/acv/descarga_acv/MPEG2_Video.pdf, 12 de Novembre, 2009.
- [11] neuron2.net/library/mpeg2/iso13818-1.pdf, 16 de Novembre, 2009.

ISO/IEC 13818-1 Systems, Second edition 2000-12-01. Information technology — Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems.

[12] chapters.scte.org/cascade/DVB%20Overview.ppt, 17 de Novembre, 2009.

[13] <http://www.dvb.org/technology/standards/>, 20 de Novembre, 2009.

ETSI EN 300 468 V1.9.1 (2009-03). Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB systems.

[14] <http://www.videolan.org/vlc/streaming.html>, 12 de Gener, 2010.

[15] <http://www.videolan.org/doc/streaming-howto/en/streaming-howto-en.html>, 12 de Gener, 2010.

[16] <http://es.wikipedia.org/wiki/DVB-IPI>, 14 de Gener, 2010.

[17] http://www.cs.wustl.edu/%7Ejain/cis788-97/ftp/ip_multimèdia/index.htm#rtp, 14 de Gener, 2010.

[18] <http://www.karen.net.nz/tech-faqs/>, 14 de Gener, 2010.

[19] www.rediris.es/mmedia/gt/gt2003_2/rgmp.ppt, 14 de Gener, 2010.

[20] http://www.vdrwiki.com/index.php/Sintaxis_de_Channels.conf#Par.C3.A1metros, 15 de Gener, 2010.

[21] <http://www.linuxtv.org/>, 11 de Desembre, 2009.

[22] http://wirbel.htpc-forum.de/w_scan/index_en.html, 15 de Gener, 2010.

[23] Apuns Xarxes i Serveis, Ed. EUPMT, Josep Maria Solanas, Revisió Febrer 2008

[24] http://mtrons.googlepages.com/w_scan-20080105.tar.bz2, 15 de Gener, 2010.