

# Desarrollo y despliegue de servicios DVB-IP con software *open source*

David Rincón, Federico Granaiola, Iria Rodríguez, Jesús Alcober

Departamento de Ingeniería Telemática (ENTEL), Escola Politècnica Superior de Castelldefels (EPSC)

Fundación i2Cat / Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

C/ Esteve Terrades, 7 08860 Castelldefels (Barcelona)

drincon@entel.upc.edu, federico.graniola@yahoo.it, iriuki@gmail.com, jesus.alcober@upc.edu

**Resumen-** DVB-IP es el nuevo conjunto de estándares de la ETSI para el desarrollo de servicios de distribución de TV y vídeo bajo demanda sobre redes IP. Aunque la ETSI ha reaprovechado muchos de los protocolos TCP/IP clásicos, también se han desarrollado soluciones novedosas, como por ejemplo DVBSTP (un protocolo de descubrimiento de servicio), AL-FEC (FEC a nivel de aplicación) o BCG (*Broadband Content Guide*, una guía enriquecida de programación basada en web services), entre otros. El artículo presenta la arquitectura de DVB-IP, así como la implementación de un demostrador de servicios DVB-IP basado en software libre (*open source*), que demuestra que es factible desplegar este tipo de servicios con un coste mínimo. Finalmente se discuten las posibilidades docentes de un despliegue como el descrito en una titulación de Ingeniería Telemática.

**Palabras Clave-** DVB, TV digital, IP, BCG, IPTV, *open source*.

## I. INTRODUCCIÓN

DVB-IP (también conocido como DVB-IPI o DVB-IPTV) es un estándar abierto creado por el consorcio DVB (*Digital Video Broadcasting*) e impulsado por el ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) para la transmisión de servicios multimedia encapsulados en MPEG2-TS sobre redes IP bidireccionales de banda ancha [1]. El objetivo de DVB-IP no es la transmisión de *streaming* sobre Internet del tipo *YouTube* o similar, de calidad relativamente baja, sino de servicios de TV convencional o de alta definición ofrecidos sobre redes IP con calidad de servicio, de manera que la experiencia del usuario sea similar a la TDT o la TV por satélite, con la diferencia de que en este caso se usa una red IP y no una transmisión por radio.

Este artículo presenta la arquitectura de DVB-IP, así como la implementación de un demostrador de servicios DVB-IP basado en software libre bajo sistema operativo Linux, que demuestra que es factible desplegar este tipo de servicios con un coste mínimo, lo que abre su aplicación al mundo de las TV locales o el desarrollo de TVs universitarias, por ejemplo. Finalmente se hace hincapié en las posibilidades docentes de un despliegue como el descrito en una titulación de Ingeniería Telemática, en el contexto de una asignatura centrada en Protocolos y Servicios TCP/IP, o Servicios Audiovisuales sobre Redes IP.

## II. DVB-IP: ASPECTOS BÁSICOS

### A. Escenario y elementos

Los elementos principales de un escenario DVB-IP, mostrados en la Figura 1, son los siguientes:

- 1) Proveedor de contenidos (*Content Provider, CP*): Entidad que posee contenidos audiovisuales. Típicamente operadores de TV, o productoras de cine que quieran ofrecer sus contenidos bajo demanda en Internet.
- 2) Proveedor de servicios (*Service Provider, SP*): la entidad que da el servicio DVB-IP al usuario final. Suele ser el mismo operador de telecomunicaciones que da acceso a Internet (ISP), pero podría ser otra empresa.
- 3) Red de transporte: la infraestructura que conecta cliente y proveedores de servicios.
- 4) Pasarela de la red de distribución o DNG (*Delivery Network Gateway*): es el router/gateway/decodificador que conecta la red doméstica del usuario con la red IP del proveedor de servicios.
- 5) Red Local: red de la vivienda del usuario.
- 6) HNED (*Home Network End Device*): dispositivo conectado a la red local, utilizado para recibir contenidos DVB. Podría ser un TV, un *set top box*, o un ordenador.

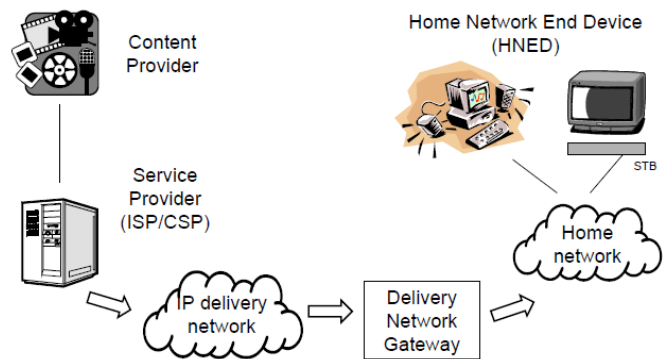


Fig. 1. Escenario y elementos DVB-IP

### B. Perfiles DVB-IP

En DVB-IP se definen distintos niveles de funcionalidad, denominados perfiles, de complejidad creciente, y cuyo propósito es establecer escenarios de despliegue incremental de los servicios DVB-IP [2]. Los perfiles definidos son:

**Live Media Broadcast:** Es el perfil básico, caracterizado por ser el equivalente al servicio *broadcast* de TV. Los contenidos se envían únicamente en vivo, encapsulados en flujos *multicast*, por lo que no permite operaciones *trick mode* (*pause, forward*, etc) o acceso a contenido bajo demanda.

**Media Broadcast with Trick Modes:** Supone la evolución inmediata de LMB ya que los trick modes sí están disponibles. Para ello es necesario que los contenidos multimedia sean enviados en flujos *unicast*. La diferencia con el perfil CoD es que el usuario no puede pedir la visualización de un determinado contenido.

**Content on Demand (CoD):** Es el perfil más avanzado en el que están implementados los *trick modes* y además el usuario puede escoger los contenidos bajo demanda. Para ello se utiliza unicast como modelo de transporte.

**Content Download Service (CDS):** Todavía en fase de definición, permitirá la descarga de contenidos (en diferido, por ejemplo durante períodos nocturnos en los que hay baja carga en la red del proveedor de servicio) a un dispositivo de almacenamiento local en el HNED a través de una conexión IP de banda ancha.

### C. Protocolos

Para ofrecer un servicio amigable y transparente al usuario final, DVB-IP debe solucionar una serie de retos y problemas técnicos que listamos a continuación, junto con los protocolos propuestos como solución:

- Configuración: el usuario debe intervenir lo mínimo posible en el proceso de configuración del HNED. Protocolos involucrados: DHCP (asignación automática de dirección IP, DNS, gateway), DNS (resolución de nombres), NTP (sincronización de flujos audiovisuales). También se incluye la provisión de servicio y el control remoto del HNED (mediante XML, HTTP y HTTPS).
- Descubrimiento y selección del servicio (*Service Discovery & Selection*, SD&S): una vez arrancado el HNED, el usuario debe obtener un listado de los canales de TV y películas/programas bajo demanda disponibles, y debe poder seleccionarlos de manera transparente. En este caso los protocolos involucrados incluyen XML (cuyos esquemas permiten la descripción de canales y programas), HTTP y DVBSTP (*DVB Service Discovery Transport Protocol*) para el transporte de XML, y RTSP e IGMP para la selección del servicio (IGMP para suscribirse al grupo multicast en el caso de los servicios de difusión en multicast, y RTSP para acceder al contenido bajo demanda en una sesión unicast).
- Transporte: consiste en la transmisión (con calidad de servicio) de los flujos audiovisuales MPEG sobre la red IP. En este caso sólo se prevé el transporte de flujos *Transport Stream* (TS) de MPEG-2 sobre IP/UDP o bien IP/UDP/RTP sobre redes con calidad de servicio basadas en priorización (*Differentiated Services*), con la posibilidad de añadir opcionalmente AL-FEC (*Application Layer Forward Error Correction*) y RTP *Retransmission* para mejorar la calidad de la transmisión. CDS (opcional) también estaría en este apartado, aunque en ese caso se prevé el uso de multicast fiable, P2P, y FLUTE (*File Delivery over Unidirectional Transport*).
- Broadband Content Guide* (BCG), opcional. Es una guía de programas enriquecida, y como tal, estrictamente hablando, pertenece al conjunto de procedimientos relacionados con el descubrimiento de servicio. Sin embargo su arquitectura (basada en XML, Web Services y TV-Anytime) y su potente funcionalidad, junto con el

desarrollo potencial de aplicaciones comerciales y modelos de negocio (como por ejemplo la compra de contenidos asociados a los que el usuario está visualizando, o marketing personalizado basado en el perfil de usuario) hacen que aparezca como un módulo DVB-IP con entidad propia.

Como puede verse en el listado anterior y la Fig. 2, DVB-IP integra buena parte de los protocolos y arquitecturas de servicio actuales.

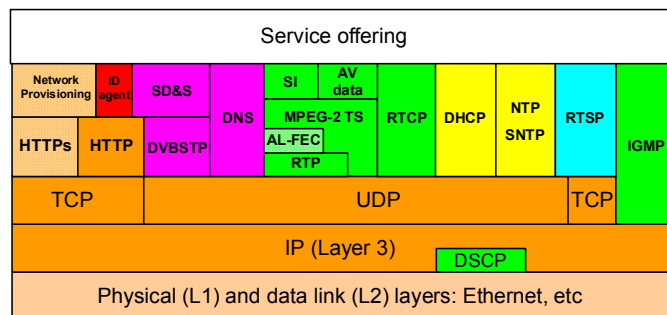


Fig. 2. Protocolos usados por el núcleo de DVB-IP (sin BCG ni CDS).

### III. EL DEMOSTRADOR DVB-IP

A continuación presentaremos el demostrador DVB-IP que hemos desarrollado, basándonos sólo en software *open source* o bien desarrollado por nosotros. Nuestra intención es desplegar un escenario completamente compatible con los estándares DVB-IP, creando así un pequeño Proveedor de Servicios DVB-IP realista (la provisión de contenidos la hacemos a partir de antenas y receptores DVB para captar señales de TV comercial), y crear también un conjunto de software que funcione como DNG y HNED, emulados en un PC Linux. En nuestro escenario el DNG y el HNED serán la misma máquina (el *set top box* o decodificador de DVB-IP), ya que asumimos que será el caso más habitual, especialmente en los primeros despliegues del servicio.

#### A. Escenario y hardware

La Fundación i2Cat, en su sede de la Escola Politècnica Superior de Castelldefels (EPSC) de la UPC, dispone de una instalación de recepción de TV digital consistente en dos antenas parabólicas (apuntadas a Astra 19.2°E) y una antena de TV terrestre orientada hacia el centro emisor de Collserola (Barcelona). Todas las señales van hacia una matriz distribuidora/mezcladora, que permite conmutar cada una de las cuatro señales (polarización vertical / horizontal, banda alta / baja) de cada parabólica, y combinarla con la banda UHF de TDT en un mismo coaxial.

Se dispone también de dos servidores DVB-IP cada uno de los cuales contienen una tarjeta receptora DVB-T y una DVB-S / S2 de bajo coste (aprox. 50 euros), cuyo hardware permite la sintonización y demultiplexado de los Transport Streams de DVB pero no la descompresión de MPEG-2/H.264, aunque esto se puede hacer fácilmente en software, y no en el servidor sino en el receptor. Los servidores corren Linux (Ubuntu 9.04, kernel 2.6.27-7 generic) y la DVB API integrada en Video4Linux. La capacidad total de recepción es de 2 multiplex de TV terrestre y de 2 más (DVB-S + DVB-S2) de TV por satélite. La Fig. 3 resume el montaje, aunque incluye sólo uno de los servidores (el principal). Nuestra intención es que el servidor secundario sea un

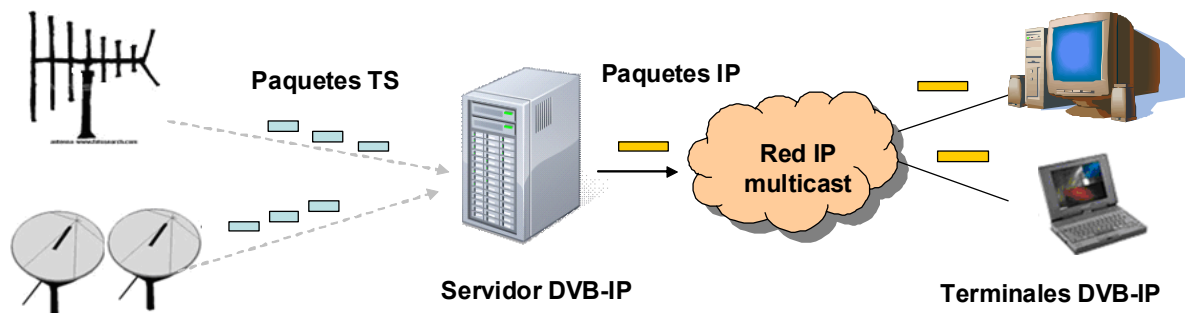


Fig. 3. Elementos del demostrador DVB-IP.

proveedor de servicios “esclavo” del primario, siguiendo uno de los escenarios previstos en DVB-IP (por ejemplo, un redistribuidor regional que es capaz de particularizar el *bouquet* de servicios ofrecidos a sus clientes).

#### IV. CONFIGURACIÓN

La intención de esta parte del proyecto es la configuración de la red y de todos los dispositivos de ésta de modo que el usuario, tan sólo con la conexión del cable Ethernet a la LAN, pueda obtener automáticamente todas las funciones primarias de red (como asignar una dirección IP a cada usuario de la red o la traducción de las direcciones IP) y que la red pueda garantizar el correcto funcionamiento de los servicios DVB, llegando incluso a prever la contratación del servicio de acceso DVB-IP sin intervención de operadores humanos por parte del proveedor de servicio.

##### A. Servidor DHCP

DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) forma parte básica de DVB-IP, ya que la arquitectura de provisión marca que el Proveedor de Servicio controla completamente los parámetros IP del HNED, concretamente la dirección IP, la pasarela (*default gateway*), el nombre del dominio (en nuestro caso `dvb-ip.upc.es`), el servidor DNS, y el servidor NTP. También puede ofrecer uno de los puntos de entrada al descubrimiento de servicio, a través de DHCP *option 15*, tal como se explicará más adelante. Otra de las opciones que DVB-IP usa en DHCP es FORCERENEW, para forzar remotamente la renovación de la dirección IP del HNED. Para desplegar el servicio se ha utilizado el paquete `dhcp3-server` y se ha modificado `dhcpd.conf`.

##### B. Servidor DNS

En DVB-IP, DNS (*Domain Name System*) no sirve sólo para la resolución de direcciones a partir del nombre del host, sino que también tiene un papel como proveedor de punto de entrada a SD&S, a través de las entradas SRV (ver más adelante). Se ha utilizado BIND, modificando los ficheros de configuración en `/etc/bind/zones`.

##### C. Servidor NTP

NTP (*Network Time Protocol*) es necesario para ofrecer al HNED un servicio de sincronía con una precisión de 50 ms, con el objetivo de asegurar la correcta reproducción de los flujos audiovisuales. En este caso se ha utilizado el servicio (*daemon*) `ntpd`.

##### D. Provisión de servicio

DVB-IP define un conjunto de operaciones de control remoto del HNED denominado *Network Provisioning*, y que

permite operaciones como descarga remota de *firmware*, reinicio remoto del HNED, consulta/escritura de la configuración del terminal, etc. Las transacciones se efectúan mediante documentos XML transportados sobre HTTP o HTTPS. Dado que nuestro demostrador incluye un HNED basado en software, y que este aspecto está muy ligado al proveedor de servicio, por ahora no hemos implementado *Network Provisioning*.

#### V. SERVICE DISCOVERY & SELECTION

La presente sección describe los mecanismos utilizados para conocer los servicios DVB disponibles, su selección, y el transporte de las tablas *Service Discovery Information*.

##### A. Información de Service Discovery

SD&S es el mecanismo que proporciona los medios para el descubrimiento de los servicios DVB-IPTV y que aporta al usuario la información necesaria para que éste haga su elección y pueda acceder a los contenidos seleccionados. Estas listas de servicios llegan a todos los usuarios a través de los *Service Discovery Records*, formateados en XML:

- *SD&S Service Provider Record*: transporta información sobre los *SPs* que ofrecen servicios DVB-IPTV en la red y la localización de dichos *SPs*. El único *SP* del dominio `dvb-ip.upc.es` es SERVIDOR DVB-IP.
- *SD&S Broadband Content Guide Record*: es el medio para descubrir la localización de las guías enriquecidas tipo BCG que contienen los servicios disponibles, ya sean *Live Media Broadcast* o *Video on Demand*.
- *SD&S Package Discovery Record*: contiene información sobre servicios agrupados como una sola entidad.
- *SD&S Broadcast Discovery Record*: hay dos tipos:
  - *TS Full SI*: contiene la información necesaria para encontrar los servicios *Live Media Broadcast* anunciados mediante las tablas *Service Information* (SI) de MPEG, presentes en las transmisiones DVB.
  - *TS Optional SI*: similar a la anterior, con la salvedad de que proporciona más información al usuario.

Los documentos se generan automáticamente por parte de un módulo desarrollado para este fin (`dvb-xml-editor.c`) que edita el *SD&S Broadcast Discovery Record* (ya sea de tipo *TS Full SI* o *TS Optional SI*), extrayendo la información sobre los servicios *Live Media Broadcast* de las tablas *Service Description Table* y *Bouquet Association Table* de SI, recibidas en los multiplex de DVB-T/S y extraídas con las aplicaciones `scan` y `dvbsnoop` de la DVB API.

## B. Transporte de la información SD&S

Existen dos modos que el cliente puede usar para obtener los *SD&S Discovery Records*:

- *Pull Mode*: el usuario pide explícitamente el *SD&S Discovery Record* que quiere recibir. Para ello se utiliza el protocolo HTTP y el transporte es unicast sobre TCP.
- *Push Mode*: el SP envía periódicamente el *SD&S Discovery Record* vía multicast (en modo carrusel) y el usuario debe tan sólo unirse a los grupos multicast donde se envían los *Records*. Para ello se utiliza un protocolo nuevo, DVBSTP (*DVB SD&S Transport Protocol*) que adapta los documentos XML para su transporte sobre UDP. DVBSTP proporciona campos que permiten especificar el tipo de record XML transportado; los números de identificación, sección y fragmento, que permiten enviar los XML en partes que no superen la MTU (*Maximum Transfer Unit*) de la red subyacente (evitando así la fragmentación a nivel IP); y el número de versión, que permite actualizar partes concretas del XML sin tener que reenviarlo completamente. La Fig. 4 ilustra este proceso.

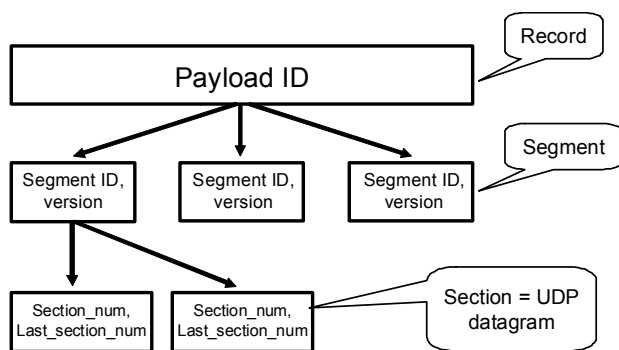


Fig. 4. Fragmentación de SD&S sobre DVBSTP.

Para su implementación, se han creado:

- *Servidor DVB-IP*: para el modo *Pull* se ha instalado el Servidor *Apache* como servidor HTTP, integrando en él dos códigos *PHP* para seleccionar automáticamente en el servidor los documentos SD&S pedidos por el cliente. Para el modo *Push* se ha modificado un código desarrollado en otro proyecto [3] para crear el servidor DVBSTP.
- *Cliente DVB-IP*: se han desarrollado tanto un cliente HTTP “de bolsillo” con la funcionalidad mínima, como un cliente DVBSTP, integrados en el módulo *client\_SD.c*, que incluye todas las funciones del Cliente DVB-IP necesarias para SD&S.

## C. Operaciones del proceso SD&S

El proceso de *Service Discovery*, ilustrado en la Fig. 5, consta de los siguientes pasos:

1. *Determinación de los Puntos de Entrada (Entry Points)*: este es el primero paso, necesario para descubrir los Puntos de Entrada, a través de los cuales es posible recibir los *SP Discovery Records*. Se puede encontrar una lista con las diferentes opciones en [1], de las cuales

se han implementado las siguientes, con el orden de prioridad de utilización indicado:

- I) Vía *DHCP option 15*, con el cual es posible conocer los puntos de entrada a través de las entradas DNS SRV (por ejemplo, si tenemos una entrada SRV de la forma *\_dvbservdsc.\_udp.dvb-ip.upc.es*, aparece el nombre del SP y se indica el uso de UDP multicast).
  - II) A través de una dirección multicast especificada en [1], concretamente 224.0.23.14.
  - III) Manualmente, especificando la URL de HTTP o bien la dirección IP multicast y el número de puerto utilizado, que por defecto es 3937 (*dvbservdscport*).
2. *Recepción de SP Discovery Records*: después de haber obtenido los Puntos de Entrada, nuestra atención se mueve a la recepción de *SP Discovery Records* para cada Punto de Entrada y la sucesiva selección del SP que se desee.
  3. *Recepción de los DVB-IPTV Offering Records*: una vez seleccionado el SP, tan sólo queda por escoger el tipo de servicio que se quiere recibir y pedir al SP los correspondientes *DVB-IPTV Offering Records*, que contienen dicho servicio.

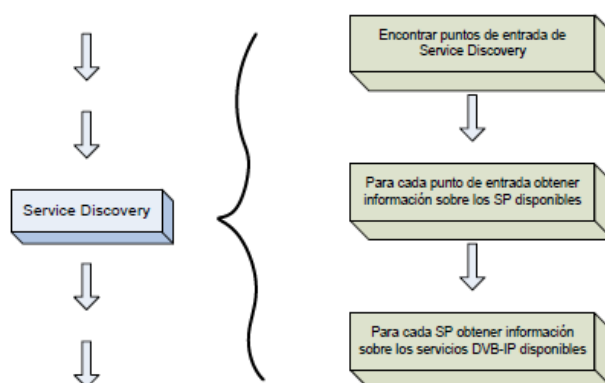


Fig. 5. Proceso de *Service Discovery*.

### A. Selección

Por *Selection* se entiende aquella parte de SD&S en la cual el usuario escoge el servicio que desea recibir. Hay dos métodos de selección, en función del modo (*push* o *pull*):

- RTSP (*Real Time Streaming Protocol*) para *Content on Demand* en modo *pull*: mediante una URL del tipo *rtsp://dirección\_IP/contenido* y el diálogo RTSP sobre TCP.
- IGMP (*Internet Group Management Protocol*) para *Live Media Broadcast* en modo *push*. La única operación necesaria es unirse al grupo multicast en el que se transmite la información, cuya dirección se ha determinado mediante el *SD&S Discovery Record*.

Para el modo *push* basta con abrir sockets multicast, mientras que el modo *pull* exige la integración de una librería RTSP [4] o de un servidor de streaming tipo Darwin que integre señalización RTSP [5].

## VI. TRANSPORTE DE LOS CONTENIDOS DVB

Esta parte se centra en el transporte de los contenidos DVB sobre redes IP y los protocolos involucrados, así como los métodos de protección y corrección de errores.

### A. Contenido y protocolos de transporte

DVB-IP define el transporte de flujos MPEG-2 sobre *Transport Stream* (TS) mediante dos modalidades de entrega: IP/UDP/RTP/TS o directamente IP/UDP/TS, sin RTP. Los paquetes TS recibidos en los multiplex DVB son unidades de longitud fija (188 bytes) y “limpios”, en el sentido de haberles despojado de todos los campos relacionados con la corrección de errores de los sistemas de transmisión DVB (por ejemplo, el código bloque Reed-Solomon (204,188) habitual en DVB-T/S/C).

En función de la MTU de la red de capa 2 que se esté utilizando, se acumulan tantos paquetes TS como sean necesarios para llenar el datagrama, siguiendo el criterio habitual de evitar a toda costa la fragmentación a nivel IP. En el caso típico (Ethernet con MTU de 1518 bytes, de los cuales 1460 son de carga útil, una vez descontadas las cabeceras Eth/IP/UDP/RTP), se transportan 7 paquetes TS con un total de 1316 bytes. El caso “UDP directo” es similar, sin RTP.

La razón por la cual se acepta la transmisión de los TS directamente sobre UDP es que los campos de la cabecera TS se solapan, en muchos casos, con los de RTP: existe un número de secuencia, un identificador de flujo, y una marca temporal (*timestamp*), que son básicamente las razones por las que se desarrolló RTP (como “suplemento” a UDP, que no disponía de ellos) [6].

En nuestro demostrador hemos usado el software *dvbstream* [7] como servidor, debido a la sencillez de la integración del código de acceso a las tarjetas DVB y la transmisión sobre IP; y *SMplayer* [8] como reproductor.

### B. Application Layer Forward Error Correction (AL-FEC)

En principio, el transporte de DVB-IP se debe realizar sobre redes con calidad de servicio del tipo Servicios Diferenciados (*DiffServ*). Sin embargo, puesto que no siempre será posible (e incluso si lo es, y dado que *DiffServ* sólo ofrece calidad de servicio estadística y no estricta), pueden darse pérdidas de datagramas. Para proteger la información MPEG-2 de estas pérdidas se propone el uso opcional de una colección de técnicas de corrección de error a nivel de aplicación (por encima de la capa de transporte) que DVB-IP denomina AL-FEC [9]. Ésta es una de las novedades más importantes definidas en DVB-IP.

AL-FEC protege los datos creando uno o más flujos FEC, independientes del flujo de los datos protegido, siguiendo un esquema multicapa. Cada capa adicional requiere un flujo RTP (y RTCP) en puertos UDP crecientes. De esta manera, si hay clientes que no soportan AL-FEC, podrán seguir recibiendo los contenidos de la capa base aunque ignoren los flujos FEC adicionales.

- *Capa base*: es un código simple del tipo “paridad de entrelazado de paquetes” (*packet-based interleaved parity code*), definido por SMPTE (*Society of Motion Picture and Television Engineers*) [10]; este nivel es obligatorio si se usa AL-FEC, y se transporta en el puerto  $n+2$ , si tomamos como puerto  $n$  el del flujo RTP sin proteger. Los puertos impares se reservan para RTCP.

- *Capa de mejora*: este nivel es opcional y utiliza códigos *Fountain* del tipo *Raptor* [9]. Se trata de códigos convolucionales muy avanzados y potentes, que se transportan con RTP en los puertos  $n+4$ ,  $n+6$ , etc. Esta parte no la hemos implementado todavía.

### C. Detalles de la implementación del FEC SMPTE

El FEC base definido por SMPTE consiste en el cálculo de paridad de una matriz de entrelazado del contenido útil de los paquetes RTP, generando símbolos de reparación (*repair symbols*, los datos FEC) mediante una operación XOR (OR exclusivo) bit a bit entre un grupo de símbolos fuente (*source symbols*, los contenidos útiles de RTP). Se generan así un flujo RTP de fuente (*source flow*) que lleva los *source symbols*, y un flujo de reparación (*repair flow*) por separado.

La Figura 6 ilustra el esquema descrito para el caso de una matriz bidimensional de  $L$  columnas por  $D$  filas, donde cada posición corresponde a la carga útil de un paquete RTP, y se genera un paquete FEC por cada fila o columna, con un total de  $L+D$  paquetes de reparación.

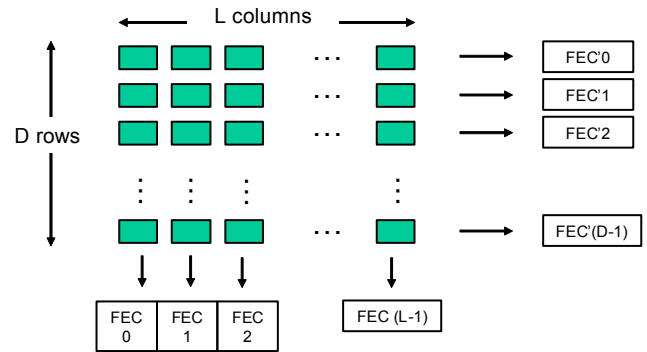


Fig. 6. Ilustración del entrelazado 2D.

El método permite la corrección de hasta un error por fila o columna, lo que posibilita recuperar situaciones “complicadas” como la ilustrada en la Fig. 7, pero en cambio fallaría si perdiéramos simultáneamente los paquetes 4, 5, 10 y 11, puesto que no hay manera de reparar ninguna fila o columna con dos fallos, de manera aislada.

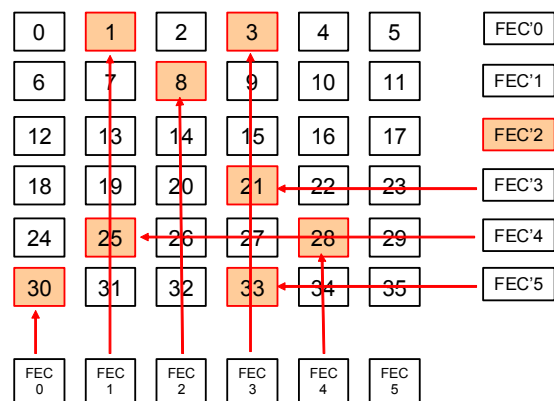


Fig. 7. Proceso de corrección. Los paquetes sombreados son los perdidos.

Nuestra implementación se limita por ahora a una versión unidimensional como la descrita en [11] con  $L \times D$  limitado a 400 paquetes, y con el envío “en bloque” de los paquetes FEC después del envío de los paquetes de información. Es posible y recomendable (aunque no obligatorio) entrelazar el envío de los FEC con los paquetes originales.

## VII. BROADBAND CONTENT GUIDE (BCG)

### A. Definición

Con la llegada de la televisión digital y su amplia oferta de servicios se hace necesaria la utilización de algún medio que permita mostrar al usuario los múltiples contenidos multimedia que puede visualizar, así como cierta información sobre estos, por ejemplo, sinopsis, momento de emisión, formato de audio y video, etc. Este servicio de información se conoce como EPG (*Electronic Program Guide*), y es la que se transporta en las tablas *Service Information (SI)* de DVB.

Sin embargo, además de esta funcionalidad, una EPG ofrece un gran abanico de posibilidades comerciales, como la personalización de menús adaptados a cada usuario basados en sus preferencias o la elaboración de estadísticas sobre la forma en que los consumidores utilizan los servicios, que pueden ser de interés para el desarrollo de nuevos contenidos. Si a esto se añade la convergencia de la televisión hacia un nuevo dominio que aúna la TV con Internet, las posibilidades son infinitas. Supongamos que el proveedor de servicios Cuatro está emitiendo la película *La ventana secreta*, de la cual el actor Johnny Depp es el protagonista. Además de los datos habituales sobre sinopsis, actores, director, etc., la EPG podría mostrarnos un enlace a la filmografía del actor, permitirnos comprar en línea otras películas del mismo actor o subscribirnos a un grupo para recibir noticias sobre próximas emisiones de alguna de sus películas. Esto permite el desarrollo de nuevos modelos de negocio para los operadores de TV basados en servicios innovadores e interactivos, como por ejemplo la posibilidad de comentar con otros internautas determinados contenidos que están siendo emitidos en vivo o realizar votaciones por parte de los telespectadores.

BCG (*Broadband Content Guide*) es la parte del estándar de DVB-IP dedicada a definir las especificaciones para la implementación de una guía de contenidos EPG enriquecida que es transportada sobre una red IP bidireccional [12]. Pese a formar parte del estándar DVB-IP y ser transportada sobre una red IP, podría ser utilizada para describir contenidos transmitidos sobre cualquier tipo de red (IP, DVB-T/S/C).

### B. Relación con TV-Anytime

El estándar BCG define una serie de restricciones sobre las especificaciones TV-Anytime [13], en las que se basa. TV-Anytime tiene como objetivo proporcionar un marco para el desarrollo de servicios que permitan el almacenamiento digital y la transmisión de contenidos audiovisuales y de otros tipos de servicios en plataformas de consumidores. Un sistema TV-Anytime comprende tres elementos: un proveedor de servicios que proporciona el servicio TVA, un proveedor de transporte que se encarga de la transmisión del servicio y un equipo en la vivienda del usuario que almacena el contenido y lo reproduce ante la petición del consumidor.

### C. Arquitectura

BCG ofrece dos posibilidades para la transmisión de datos: 1) utilización de un mecanismo basado en containers, transmitidos en modo multicast o unicast; o bien 2) mediante un mecanismo de consultas, que precisa de un canal bidireccional, por lo que el transporte debe ser unicast.

Las razones por las que se ha elegido el mecanismo de consultas frente al de containers en nuestro demostrador son varias, destacando su capacidad para el envío de un conjunto de metadatos más completo debido a un ancho de banda menos restrictivo, así como la posibilidad de que proveedores o clientes BCG sin acceso a una red broadcast puedan ofrecer o acceder a los servicios [14].

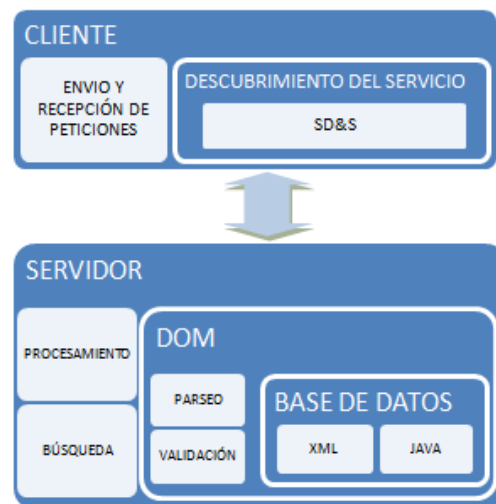


Fig. 8. Escenario y módulos BCG.

La arquitectura del servicio construido, ilustrada en la Fig. 8, es la siguiente:

- Se sigue el modelo cliente-servidor, donde el usuario envía consultas que el servidor responde tras procesar la información de la que dispone en su base de datos.
- El intercambio de peticiones y repuestas entre cliente y servidor se lleva a cabo por medio de un Servicio Web construido para tal fin a partir del documento WSDL (*Web Services Description Language*) que define su estructura y que está especificado por TV-Anytime. La transmisión de los mensajes se realiza utilizando el protocolo SOAP (*Simple Object Access Protocol*), que encapsula documentos XML, transportados sobre HTTP, tal como ilustra la Fig. 9.

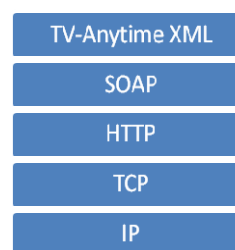


Fig. 9. Pila de protocolos para el servicio BCG.

- La base de datos del servidor está compuesta por un conjunto de documentos XML en los que están contenidos los metadatos sobre determinados servicios que el proveedor ofrece. Dichos documentos XML deben ser bien formados y válidos con respecto a los XML *Schema* que TV-Anytime especifica.
- Para procesar los documentos XML se utiliza un *parser* DOM (*Document Object Model*), de forma que tras su

validación y procesado se obtiene un árbol DOM. Éste será recorrido para obtener la información que el usuario requiere en su consulta, operación que se realiza mediante código Java.

Para usar al servicio BCG, un usuario debe acceder mediante el correspondiente Servicio Web, pero para ello debe primero saber su localización, lo que se conoce como descubrimiento del servicio. Mediante SD&S, concretamente utilizando los campos *HTTP@Location* y *HTTP@SOAP* del documento XML *BCG Discovery Record*, el cliente puede obtener la URL en la que el servicio se encuentra publicado y así comenzar el proceso de consultas.

#### D. Tipos de servicio y funcionalidades

Los servicios de metadatos TV-Anytime pueden ser clasificados en dos tipos [15]:

- Recuperación de datos: Un determinado cliente desea obtener información sobre un determinado servicio, por ejemplo, consulta de la programación para determinado canal y día.
- Envío de metadatos del usuario: Consiste en el envío de un historial de uso del servicio por parte del cliente al proveedor de servicios. Esta operación ofrece ventajas en cuanto a personalización de información adaptándola a usuarios concretos.

BCG contempla en su estándar únicamente dos operaciones de las definidas por TV-Anytime: *get Data* y *submit Data*, que se corresponden con los tipos de operación recuperación de datos y envío de metadatos del usuario, respectivamente. Además, para cada una de estas dos operaciones se define la correspondiente operación de descripción: *describe\_get\_Data* y *describe\_submit\_Data*, cuya función es la de proporcionar información sobre las capacidades del proveedor respecto a las tablas de datos de las que dispone para ser consultadas, elementos sobre los que se puede realizar una búsqueda, información que desea que el usuario le envíe, etc.



Fig. 10. Uso de un servicio BCG.

La Fig. 10 ilustra los pasos seguidos en la consulta de un servicio BCG:

- Inicialmente se debe descubrir el servicio mediante SD&S, de la forma que ya se ha indicado.

- A continuación se obtienen las capacidades de funcionalidad del servidor mediante el envío de un mensaje *describe\_operación*.
- Por último, se puede comenzar a enviar peticiones de consulta al servicio de metadatos.

#### E. Implementación del servicio BCG

Para la implementación del servicio web BCG se ha usado Apache Tomcat 6.0 [16] como servidor web y contenedor de *servlets*. Sobre él se ha instalado la plataforma Apache Axis2/Java 1.5 [17], una herramienta que da soporte a Servicios Web que utilizan los protocolos SOAP y WSDL. Axis2 proporciona diversas herramientas para la generación de un servicio web, de las cuales se ha utilizado *wsdl2java*, cuya función es la de generar parte del código de un Servicio Web Java de manera automática, a partir del correspondiente documento de definición del servicio WSDL. En este aspecto, la versión 1.5 de Axis2 tiene una limitación que no será solucionada hasta la publicación de la nueva versión 1.6. Se trata del bug AXIS2-4273 que impide que el servicio web funcione de forma adecuada en determinadas ocasiones debido a que parte del código generado por Axis2 es erróneo. Este problema ha sido solucionado identificando las secciones de código problemáticas y re-programando a mano dichas secciones (ver [18] para más detalles).

En la fase de desarrollo se ha utilizado la aplicación Eclipse que permite la creación y administración de servicios web mediante su plataforma WTP (*Web Tool Platform*) haciendo uso del servidor Tomcat y Axis2. Además, para la verificación de funcionamiento del Servicio Web se ha utilizado la aplicación TCPMon, cuya finalidad es la monitorización de los mensajes intercambiados en una conexión TCP.

Los documentos XML utilizados como base de datos del servicio de ejemplo usado para probar nuestro despliegue han sido creados por la BBC (*British Broadcasting Corporation*) [19] y se ofrecen como parte de un servicio experimental cuyo propósito es ofrecer un conjunto de metadatos que sirva como material de pruebas para desarrolladores de aplicaciones TV-Anytime. Dichos documentos son actualizados a diario e incluyen distintos tipos de tablas definidas por TVA en las que se almacena información sobre los canales ofrecidos, programas y su localización, grupos de programas, resolución de contenidos, etc. Las funcionalidades implementadas en la actualidad para dicha base de datos comprenden la consulta de las tablas *Service Information*, *Program Information*, *Program Location*, *Group Information* y *Content Referencing* definidas por TV-Anytime y permite realizar búsquedas en base a los siguientes elementos: nombre y URL del servicio, título, sinopsis, género, identificadores de programa o grupo de programas y localizadores de contenidos (ubicación real tanto espacial como temporal donde dicho contenido puede ser encontrado).

#### VIII. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE DESARROLLO

Las tecnologías relacionadas con la televisión se encuentran en un momento de profundo cambio impulsado por la modificación de los hábitos de consumo de los usuarios. Debido a esto se está produciendo una convergencia que tendrá como resultado la unificación de la

TV con Internet. DVB-IP ofrece una solución integrada y estandarizada para el despliegue de servicios de TV digital sobre redes IP, integrando todos los aspectos de un sistema completo: desde la configuración automática del terminal, hasta servicios de guía enriquecida de programas, pasando por los aspectos de descubrimiento y selección de servicio, y transporte con corrección de errores, entre otros.

Se ha desarrollado un demostrador DVB-IP basado en hardware DVB de bajo coste y software *open source*. El demostrador es plenamente funcional y equivalente al perfil *Live Media Broadcast* con el añadido opcional de BCG (con un servicio ficticio de consulta de programas basado en el servicio TV-Anytime de la BBC) y la protección de errores AL-FEC en su versión básica (unidimensional y basado en paridad). Precisamente estos dos últimos aspectos, junto con la implementación de del protocolo de transporte DVBSTP, son los más novedosos de nuestro desarrollo. Para una descripción más detallada del diseño, consultar [3, 18, 20].

Entre las líneas en las que estamos trabajando para completar el demostrador, destacan como prioritarias:

- Conseguir la funcionalidad del perfil *Content on Demand* mediante la integración de un servidor de *streaming* con señalización RTSP, lo cual requerirá código adicional, ya que el perfil RTSP de DVB-IP difiere ligeramente del definido por la IETF, en cuanto a la obligatoriedad de ciertas peticiones y respuestas.
- Completar la implementación de AL-FEC, extendiendo el código al caso 2D y aumentando la capacidad de corrección mediante el uso de capas adicionales basadas en el código *Raptor* [9], así como su evaluación sistemática mediante la introducción de patrones de pérdidas y errores con DummyNet [21]. También es interesante la introducción de las retransmisiones de RTP y su evaluación en servicios interactivos y no interactivos de difusión de TV.
- En cuanto a BCG, se podría aumentar su funcionalidad mediante la definición de una política de privacidad para los datos que el cliente envía al servidor en forma de historial de uso, o la ampliación de la capacidad de búsqueda de la base de datos incluyendo nuevas tablas y nuevos criterios de consulta (elementos, anidación de predicados lógicos) y ordenación, entre otras opciones.
- El desarrollo de un módulo *Content Download Service*, (todavía en fase de definición y estandarización por parte de la ETSI), integrando servicios de distribución de vídeo en tiempo no real del tipo P2P y FLUTE.

Pese a que el trabajo realizado es completamente funcional, queremos completarlo (especialmente la parte de vídeo bajo demanda) y evaluar su rendimiento como sistema integrado, antes de hacer público el código.

Tal como se describe en la sección II.C, DVB-IP integra buena parte de los protocolos y arquitecturas de servicio actuales del mundo IP. Es por ello que el desarrollo de un escenario de este tipo puede tener, aparte del valor puramente técnico, un componente docente en el contexto de una titulación de Ingeniería Telemática, en una asignatura sobre Protocolos y Servicios IP, o una de Servicios Audiovisuales sobre IP (siendo este el caso de la EPSC). El demostrador puede ser un magnífico ejemplo del funcionamiento de cada protocolo por separado (teoría), y

configuración de servidores (práctica), y por otra parte del funcionamiento integrado (visión sistémica) de un servicio completo, aparte del atractivo técnico y docente del servicio de TV sobre IP. Una posibilidad que estamos barajando de cara a la puesta en marcha de la asignatura en la EPSC es la compra de una cierta cantidad de receptores DVB-T (*"sticks"* como los presentados en [22]) y asignarlos a cada grupo de 2 o 3 estudiantes, que junto con un puesto de laboratorio compuesto por 3-4 ordenadores podrían ir montando, de manera acumulativa durante todo el cuatrimestre, un miniescenario que incluya los servidores DVB-IP y un prototipo de cliente; es decir, que monten un demostrador DVB-IP propio. Esta metodología de trabajo en grupo se podría combinar con el uso de técnicas PBL (*Project Based Learning*, al estilo de la experiencia presentada en [23]), en el que los estudiantes propondrían soluciones a los retos técnicos de cada módulo funcional DVB-IP.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los revisores sus sugerencias, así como el apoyo de la EPSC (CARPAD), i2Cat y el MICINN/FEDER (TSI2007-66637-C02-01 y TEC2009-13901-C02-01).

#### REFERENCIAS

- [1] ETSI TS 102 034 V1.4.1 "Digital Video Broadcasting (DVB); Transport of MPEG-2 TS Based DVB Services over IP Based Networks", August 2009.
- [2] ETSI A118 Rev1 "DVB-IP profiles for DVB-IPTV", June 2008
- [3] Eugenio Viudez, "Desarrollo de un cliente DVB-IP con perfil Live Media Broadcast (LMB)". Trabajo Fin de Carrera. EPSC, UPC, 2008.
- [4] RTSP library (live555.com) <http://www.live555.com/openRTSP/>
- [5] Darwin streaming server <http://developer.apple.com/opensource/server/streaming/index.html>
- [6] H. Schulzrinne et al, IETF RFC 3550, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications".
- [7] dvbstream <http://packages.debian.org/testing/video/dvbstream>
- [8] SMPlayer, <http://smplayer.org/>
- [9] ETSI TS 102 542-3-2 V1.3.1 "Digital Video Broadcasting (DVB); Guidelines for the implementation of DVB-IPTV Phase 1 specifications; Part 3: Error Recovery; Sub-part 2: Application Layer - Forward Error Correction (AL-FEC)", January 2010.
- [10] SMPTE specification 2022-1 "Forward Error Correction for Real-time Video/Audio Transport over IP Networks", 2007.
- [11] RTP Payload Format for 1-D Interleaved Parity FEC, <http://tools.ietf.org/html/draft-ietf-fecframe-interleaved-fec-scheme-09>
- [12] ETSI TS 102 539: "Digital Video Broadcasting (DVB); Carriage of Broadband Content Guide (BCG) information over Internet Protocol".
- [13] ETSI TS 102 822-2: "Broadcast and On-line Services: Search, select, and rightful use of content on personal storage systems ("TV-Anytime"); Part 2: Phase 1 - System description", April 2008
- [14] ETSI TS 102 542-2: "Digital Video Broadcasting (DVB); Guidelines for the implementation of DVB-IPTV Phase 1 specifications; Part 2: Broadband Content Guide (BCG) and Content on Demand", Jan 2010.
- [15] ETSI TS 102 822-6-1: "Broadcast and On-line Services: Search, select, and rightful use of content on personal storage systems ("TV-Anytime"); Part 6: Delivery of metadata over a bi-directional network; Sub-part 1: Service and transport", April 2008.
- [16] ApacheTomcat <http://tomcat.apache.org/>
- [17] Apache Axis2/Java <http://ws.apache.org/axis2/>
- [18] I. Rodríguez, "Desarrollo de un módulo Broadband Content Guide (BCG) para DVB-IP", PFC. Univ. Vigo - UPC, Barcelona, Mayo 2010.
- [19] BBC TV-Anytime Data <http://backstage.bbc.co.uk/feeds/tvradio/doc.html>
- [20] F. Granaola, "Deployment and development of a DVB-IP scenario" MsC Thesis, University of Pisa - UPC, Barcelona, April 2010.
- [21] L. Rizzo, DummyNet <http://info.iet.unipi.it/~luigi/dummynet/>
- [22] Hauppauge NOVA-T USB DVB-T stick [http://www.hauppauge.co.uk/site/products/data\\_novadtstick.html](http://www.hauppauge.co.uk/site/products/data_novadtstick.html)
- [23] S. Machado et al, "Juegos en red como proyecto docente en Ingeniería Telemática", JITEL 2005, pp 81-86, Vigo, Septiembre 2005.