

TV: TeleVisión – Plan 2010

DVB (*Digital Video Broadcasting*)

Índice

★ Sistemas de difusión/distribución de TV digital

- ★ Plataformas digitales
- ★ Medios de transmisión

★ Normas DVB

- ★ Introducción
- ★ Generación del flujo binario
 - Tablas
- ★ Transmisión del flujo binario
 - Codificación de canal
 - Sistemas DVB-{C,S,T}
- ★ Recepción del flujo binario con acceso condicional

Plataformas digitales (de TV): objetivos

- ★ Eficiencia: aprovechar mejor el espectro electromagnético, que es un recurso escaso. Un canal analógico ocupa el mismo ancho de banda que 4-6 servicios (=programas) digitales
- ★ Economía: invertir en las plataformas digitales para rentabilizarlas mediante servicios de pago y/o interactivos (canal de retorno inexistente en TV analógica)
- ★ Novedad: introducir nuevas aplicaciones, servicios de valor añadido (guías electrónicas de programación, tele-banca, etc.)

Plataformas digitales (de TV): clasificación

- ★ Según operador de red (i.e., según transmisión contenidos)
 - ★ Red de contribución: lleva información (con gran calidad) desde centros de producción a centros nodales del operador de red
 - ★ Red de transporte: desde centros nodales a centros de difusión
 - ★ Red de difusión: desde centros de difusión hasta usuarios

- ★ Según medio transmisión
 - ★ Cable (coaxial, fibra)
 - ★ Satélite
 - ★ Terrestre
 - ★ Microondas

Medios: C (difusión por Cable)

★ Ventajas

- ★ Mayor ancho de banda efectivo (menores distorsiones $\Rightarrow$ se pueden usar modulaciones más eficientes)
- ★ El canal de retorno puede ser el mismo cable y se pueden añadir servicios interactivos

★ Desventajas

- ★ El despliegue de red es más costoso y lento $\Rightarrow$ no llega fácilmente a todos los usuarios

Medios: S (radiodifusión vía Satélite)

★ Ventajas

- ★ Amplia cobertura (la señal llega a lugares remotos)
- ★ Fácil de desplegar para el operador de red

★ Desventajas

- ★ Equipo de usuario complejo: antena y orientación
- ★ Protección adicional por las grandes pérdidas (distancias)
- ★ El canal de retorno no va en el enlace por satélite, sino por la RTC (Red Telefónica Conmutada): por eso se usa para difusión

Medios: T (radiodifusión Terrestre)

★ Ventajas

- ★ Reutiliza gran parte de las instalaciones (antenas) del operador y de los usuarios; sólo falta añadir el IRD (*Integrated Receiver/Decoder*) o STB (*Set-Top Box*) del usuario
- ★ Amplia cobertura
- ★ Recepción de señal en vehículos en movimiento

★ Desventajas

- ★ El canal de retorno (por RTC) limita mucho la utilización de servicios interactivos
- ★ Propagación multi-trayecto
- ★ Mercado más cerrado: las infraestructuras son de un operador existente y dominante



Introducción

DVB: contexto

★ Éxito TV digital debido a

- ★ Avances en técnicas de representación y codificación de fuente de las señales de audio y vídeo (MPEG)
- ★ Resultados del “DVB Project” ('90s) para proponer soluciones a problemas técnicos relacionados con el transporte de la información entre organizaciones y consumidores

★ DVB

- ★ Es un estándar basado en enviar señal en formato MPEG, iniciado en Europa y extendido luego a otras partes del mundo
- ★ Incluye los equipos necesarios para la distribución, recepción, representación y tratamiento de la señal de vídeo digital
- ★ Excluye los equipos de producción (estudios de TV) y visualización de la señal de vídeo (*displays* de usuarios)

DVB: ventajas

- ★ Mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico
 - ★ Mayor número de canales en el mismo ancho de banda, o
 - ★ Mejor calidad de la señal para el mismo número de canales

- ★ Posibilidades
 - ★ Transmisión de múltiples canales de audio, además de los de vídeo
 - ★ Elección flexible de la calidad de audio y vídeo
 - ★ Servicios interactivos mediante canal de retorno (ej.: RTC, fibra)
 - ★ Acceso condicional a contenidos (servicios de pago)
 - ★ Integración en ordenadores personales

- ★ Adaptación del estándar para distintos medios de transmisión (C, S, T, etc.)

DVB: aspectos relacionados con difusión (1/2)

1. Tratamiento de la señal en banda base

- ★ MPEG-2/AVC para vídeo y MPEG-1 capa 2 (o MPEG-2 AAC) para audio
- ★ Nivel de sistema: MPEG-2 TS (*Transport Stream*), pero restringiendo la sintaxis y valores de parámetros
- ★ También se dan recomendaciones para usar MPEG-2 TS [estándar ETR 154]
- ★ DVB añade información de servicio (tablas), que junto con las de MPEG-2 TS permite la conmutación entre servicios

2. Transmisión

Se definen especificaciones [ETS/EN 300 xxx] para transmisión por:

- ★ Cable: DVB-C [xxx=429], DVB-CS [xxx=473]
- ★ Satélite: DVB-S [xxx=421]
- ★ Terrestre: DVB-T [xxx=744]
- ★ Microondas: DVB-MS ($f > 10\text{GHz}$) [xxx=748], DVB-MC ($f < 10\text{GHz}$) [xxx=749]
- ★ Ya hay nuevas versiones de esas normas: DVB-C2, DVB-S2, DVB-T2...

DVB: aspectos relacionados con difusión (2/2)

3. Acceso condicional (CA: *Conditional Access*)

- ★ Se intenta regular el acceso a determinados servicios
- ★ Se necesitan subsistemas para gestionar el CA:
 - Subsistema de gestión de abonados (SMS: *Subscriber Management System*)
 - Subsistema de gestión de información (IMS: *Information Management System*)
 - Subsistema de autorización de abonados (SAS: *Subscriber Authorization System*)
- ★ Apenas se estandariza el cifrado (CSA: *Common Scrambling Algorithm*)

4. Servicios interactivos

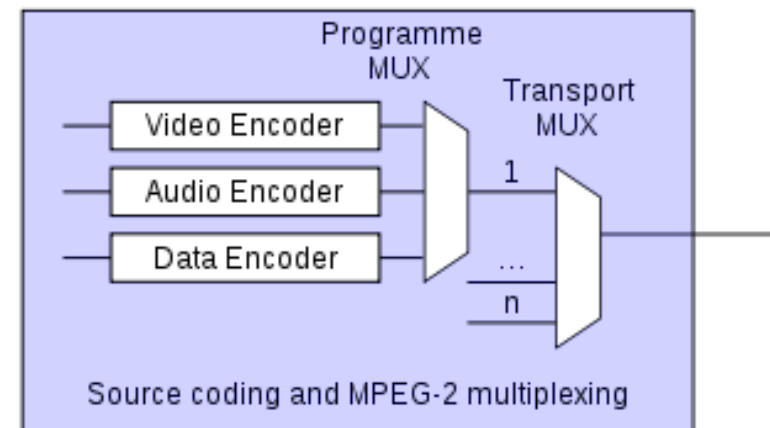
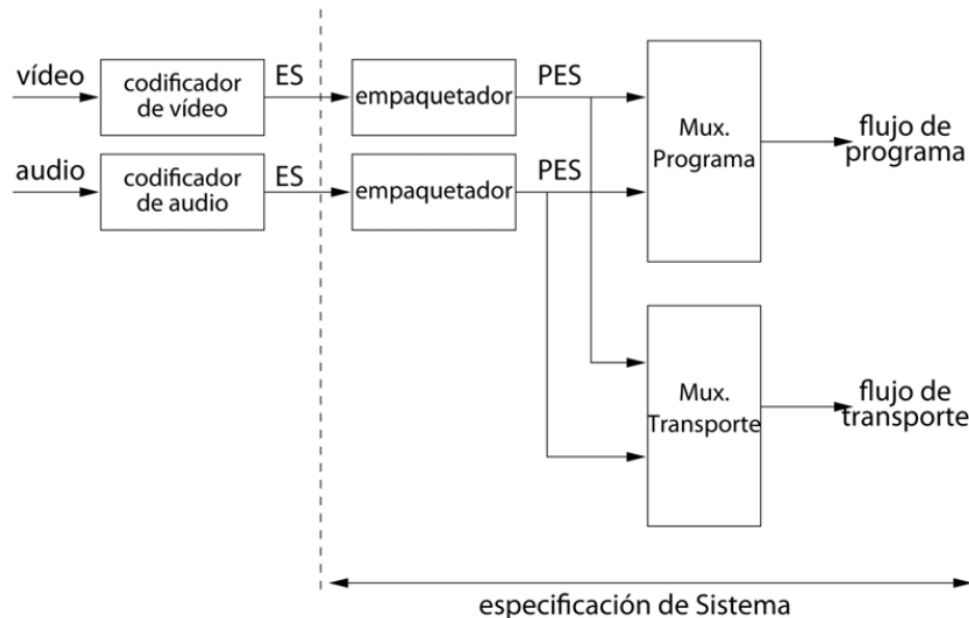
- ★ Se ofrecen muchos servicios, y el tipo de aplicación determina la necesidad de ancho de banda: Internet, mucho; PPV (*Pay Per View*), poco
- ★ Especificaciones a dos niveles, dependiente o no del canal empleado
- ★ Hay especificaciones concretas para distintos canales de retorno



Generación del flujo binario

DVB: multiplexación (1/2)

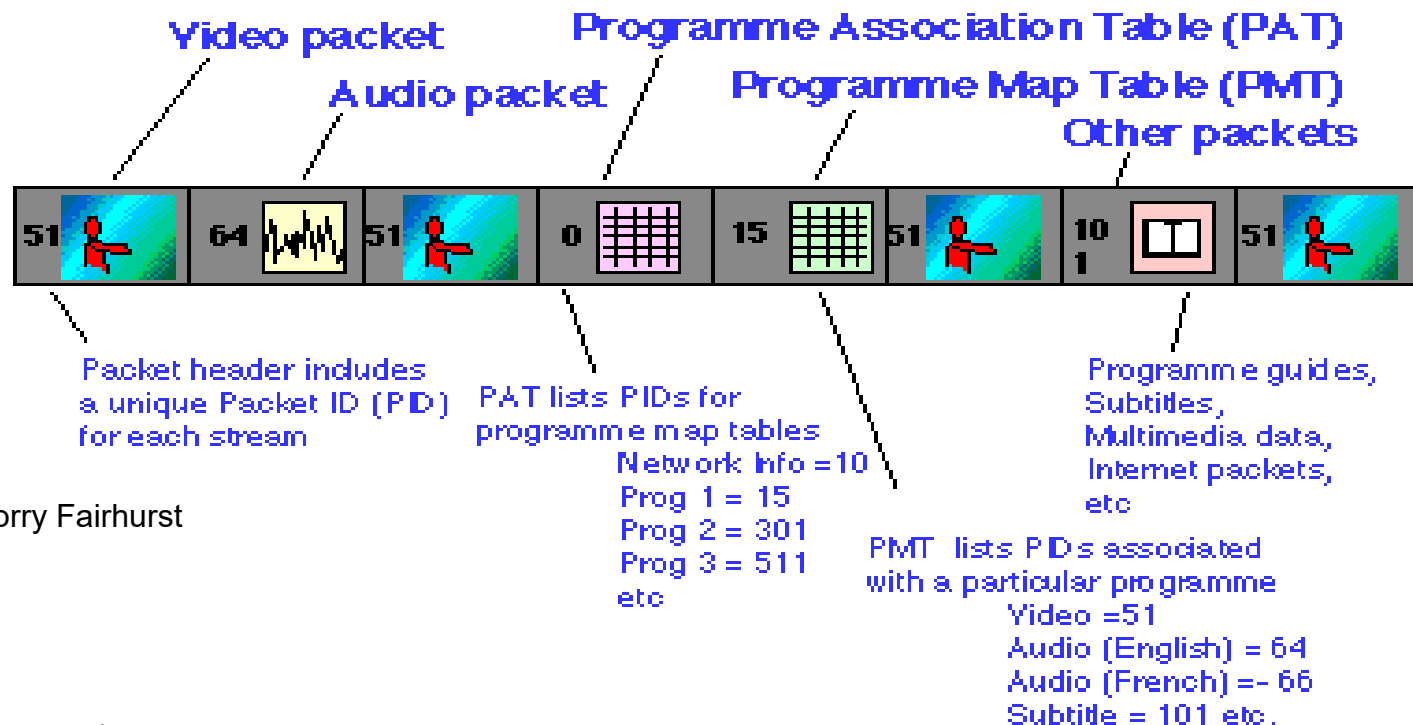
- ★ Objetivo de la codificación de fuente: reducir la tasa binaria usada para representar las señales de audio y vídeo de tal forma que no se deteriore significativamente la calidad perceptual de las señales
- ★ Ventaja: uso eficiente de los recursos de almacenamiento y transmisión de la información
- ★ La información se combina para dar programas/servicios, que se multiplexan antes de ser transmitidos (MPEG-2 TS) → DVB
- ★ TS: paquetes de 188 Bytes (1 B sincro. + 3 B cabecera + 184 B carga útil)



DVB: multiplexación (2/2)

★ Información adicional necesaria

- ★ Información de sincronización de audio y vídeo
- ★ Información auxiliar para la descripción del múltiplex (tablas)
- ★ Información auxiliar de los programas que se transmiten por el múltiplex (subtítulos...)
- ★ Teletexto
- ★ Etc.

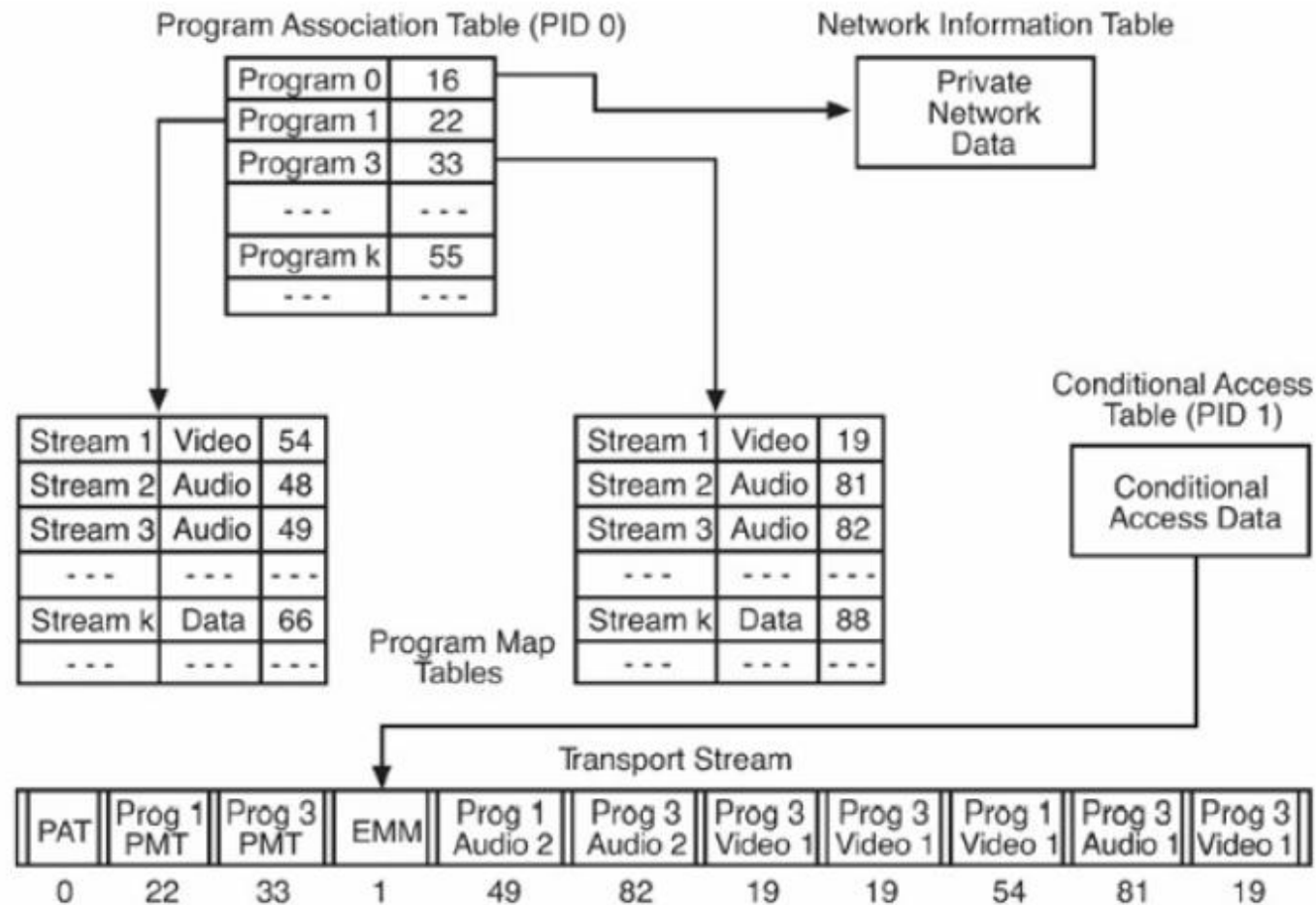


© Dr. Gorry Fairhurst

DVB: tablas MPEG-2 TS (1/3)

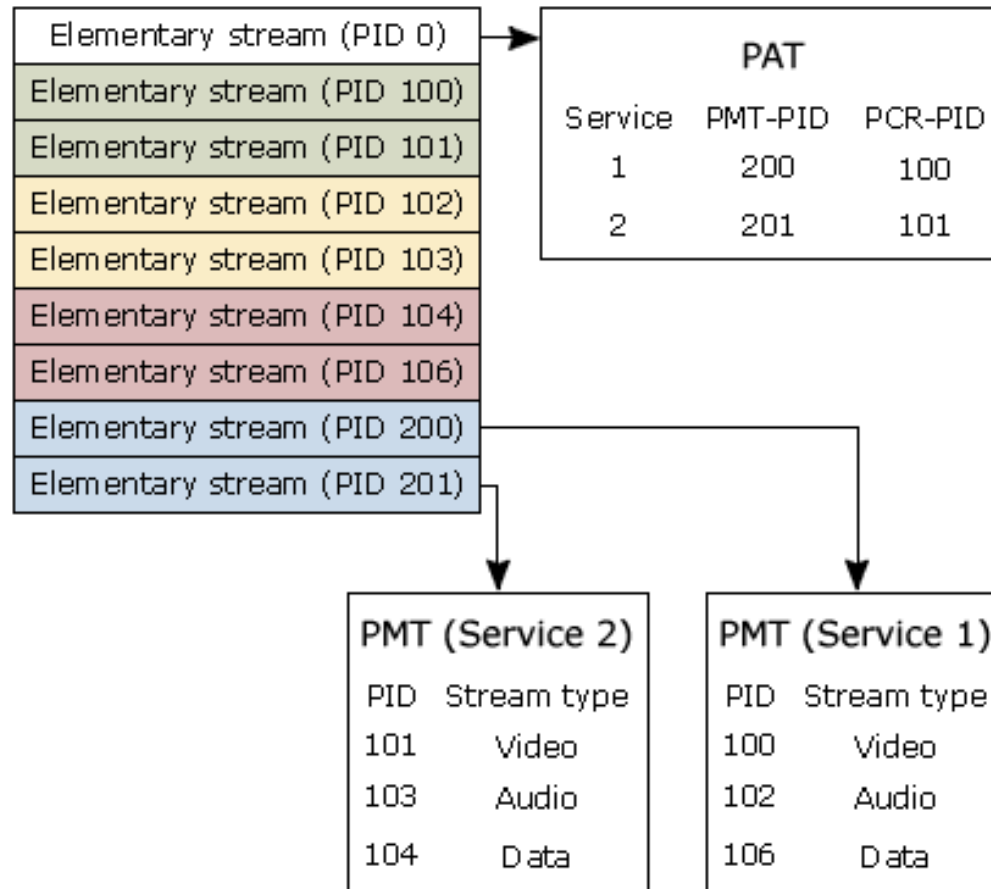
- ★ **MPEG-2 TS define cuatro tablas PSI (*Program-Specific Information*)** con información específica de programa
 - ★ **PAT (*Program Association Table*)**: Lista todos los servicios que forman un TS y asocia cada servicio con el PID (*Packet Identifier*) de los paquetes que transportan su correspondiente PMT (PID 0x0000)
 - ★ **PMT (*Program Map Table*)**: Cada servicio tiene una PMT, que complementa a la PAT dando información sobre los PIDs de los ESs (*Elementary Streams*) que componen el servicio, y otra información como datos de acceso condicional
 - ★ **CAT (*Conditional Access Table*)**: Informa de los paquetes en los que viajan los datos de acceso condicional necesarios para decodificar algunos servicios (PID 0x0001)
 - ★ **NIT (*Network Information Table*)**: Contiene información sobre los canales físicos de la red de difusión sobre los que se está transmitiendo cada uno de los TSs disponibles: frecuencias, número de canales, modulación, etc. Es necesaria para la sintonización automática de los receptores una vez seleccionado un servicio (PID 0x0010)

DVB: tablas MPEG-2 TS (2/3)



© Wikipedia: «Funcpsi» de Josecomsav11 - Trabajo propio. GFDL

DVB: tablas MPEG-2 TS (3/3)



© www.interactivetvweb.org

DVB: tablas PSI/SI

- ★ Los contenidos de CAT y NIT los especifica DVB, no MPEG-2 TS
- ★ DVB define tres tablas SI (*Service Information*) obligatorias (y otras opcionales) adicionales para facilitar a los usuarios la búsqueda de información en plataformas con un número elevado de programas
- ★ En conjunto, las $4+3=7$ tablas obligatorias se conocen como PSI/SI
- ★ Las tablas son esenciales y ocupan una fracción muy pequeña de la velocidad binaria total en comparación con los datos de audio y vídeo

DVB: tablas DVB (1/3)

★ Tablas SI definidas por DVB [ETS/EN 300 468]

★ Tablas obligatorias:

- ★ **SDT (*Service Description Table*)**: Datos que describen los servicios en el TS: nombres de los servicios y del proveedor, y otros parámetros asociados a cada servicio (PID=0x0011)
- ★ **EIT (*Event Information Table*)**: Información relativa a la programación en curso o futura en el multiplex MPEG recibido en la actualidad, y ocasionalmente sobre otros multiplex MPEG, tal como: denominación, hora de comienzo, duración, etc. (PID=0x0012)
- ★ **TDT (*Time & Date Table*)**: Información relativa a la hora y fecha del momento, y se utiliza para poner en hora el reloj interno del receptor (PID=0x0014)

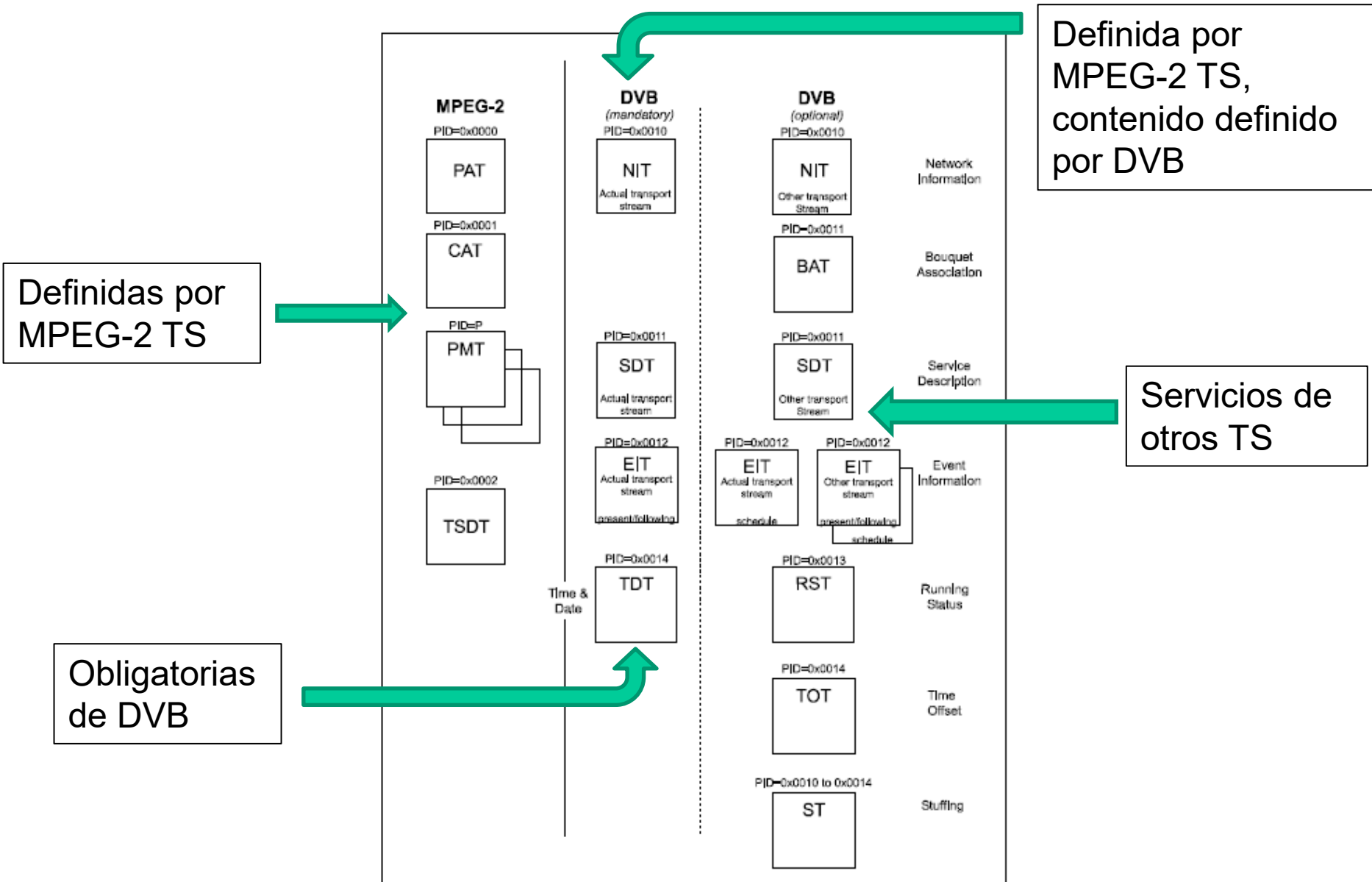
DVB: tablas DVB (2/3)

★ Tablas SI definidas por DVB [ETS/EN 300 468]

★ Algunas tablas opcionales:

- ★ **BAT (*Bouquet Association Table*)**: Contiene información sobre los “ramilletes” (paquetes, colecciones) de servicios comercializados como entidad única, incluso si son transmitidos por distintos canales/medios, e.g., conjuntos de programas de deportes, cine, etc. Contiene el nombre de la colección y la lista de servicios (PID=0x0011, como la SDT)
- ★ **RST (*Running Status Table*)**: Informa sobre el estado de funcionamiento de los servicios, por si surge un cambio de último momento, para poder modificar el horario de la programación (sirve, principalmente, para corregir la EIT) o grabación de servicios (PID=0x0013)
- ★ **TOT (*Time Offset Table*)**: Proporciona información relativa a la fecha y hora real así como a la diferencia horaria local (*local time offset*) (PID=0x0014, como la TDT)
- ★ **STs (*Stuffing Tables*)**: Estas tablas de “relleno” se emplean para invalidar tablas que ya no sirven. Por ello usan paquetes que comparten valores de PID con otros tipos de tablas: 0x0010 a 0x0014

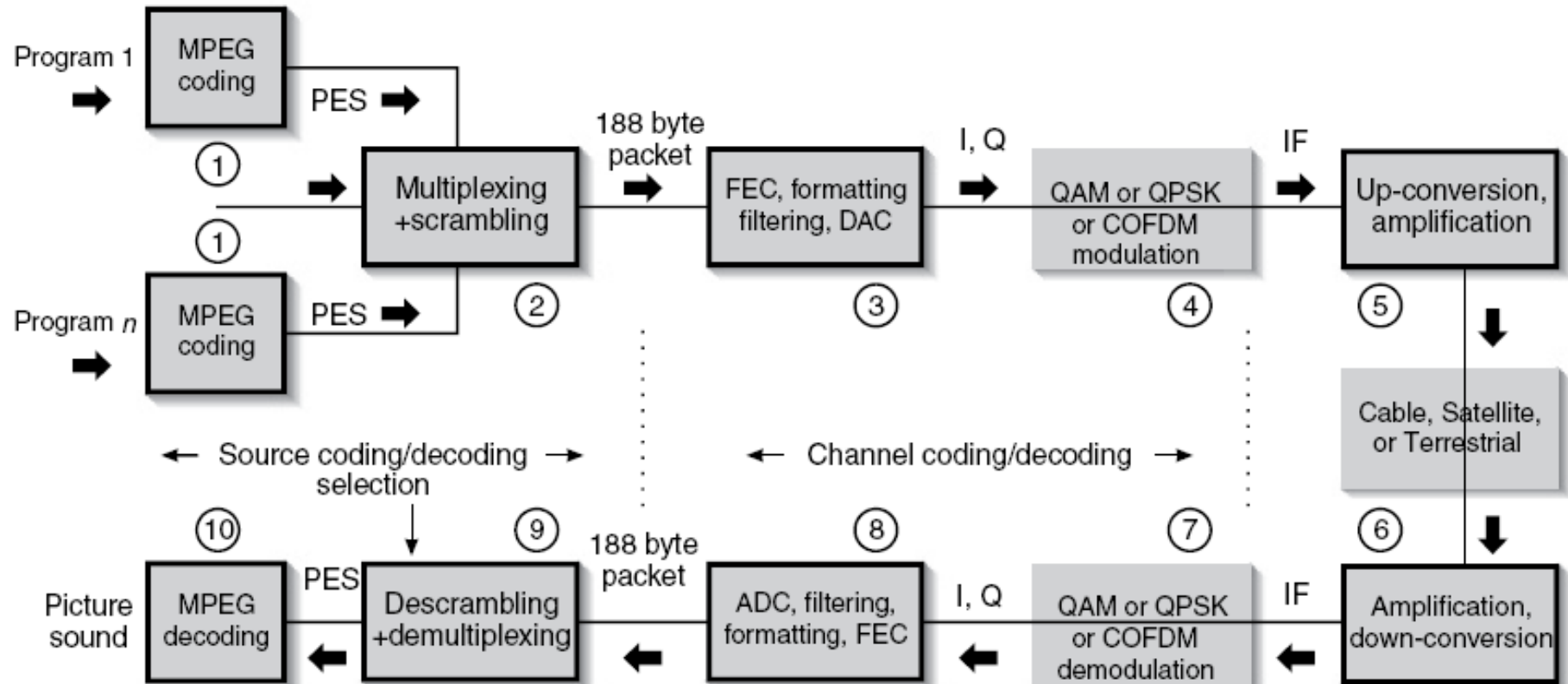
DVB: tablas DVB (3/3)



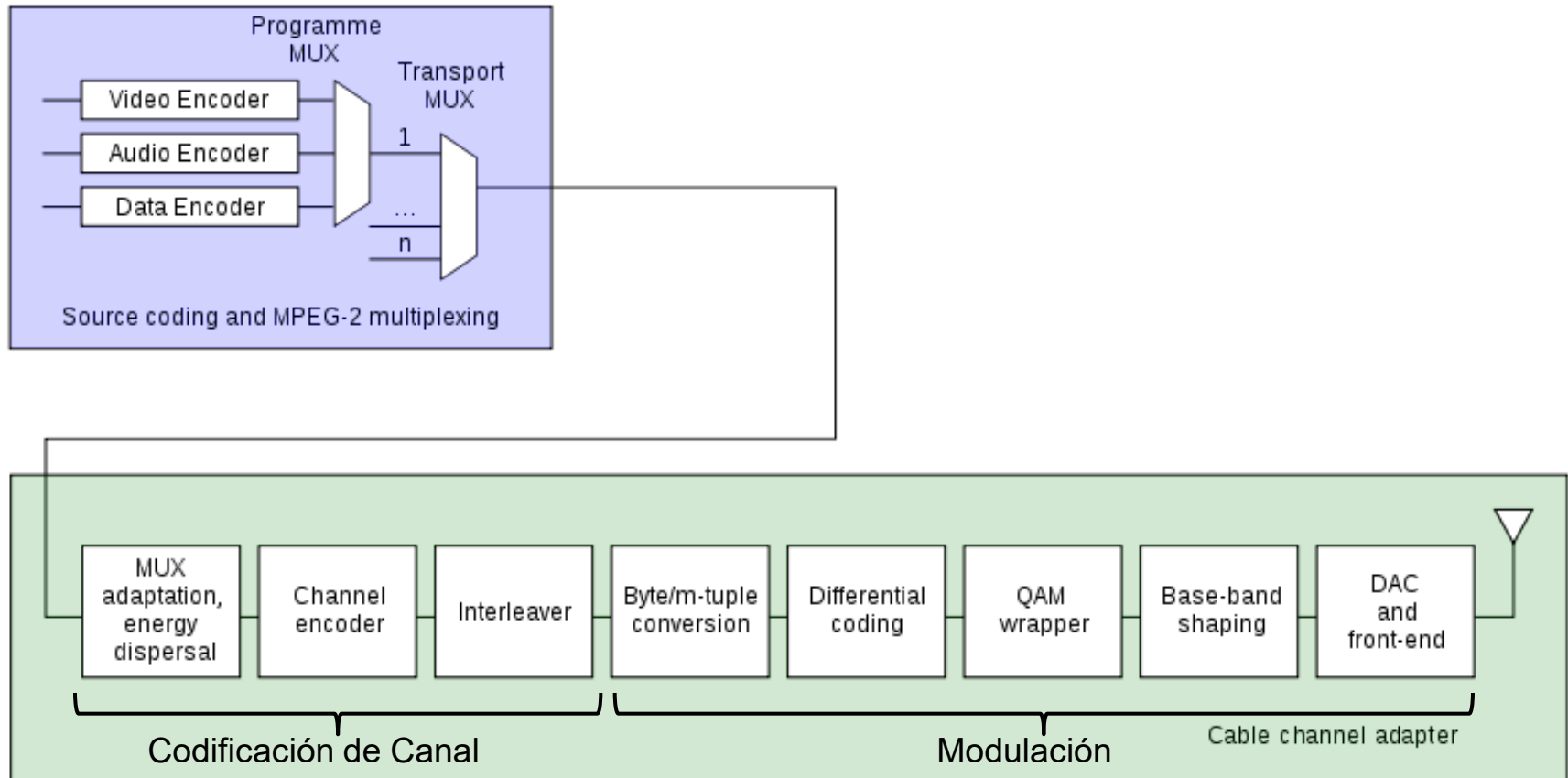


Transmisión del flujo binario

DVB: diagrama de bloques de TX y RX



DVB: codificación de canal + modulación



DVB: codificación de canal (1/4)

- ★ Objetivo de la codificación de canal: proteger la información frente a posibles errores y ruido producidos en el canal de transmisión
- ★ DVB introduce redundancia tipo FEC (*Forward Error Correction*) para corregir errores en el receptor:
 - ★ Códigos bloque: Reed-Solomon
 - ★ Códigos convolucionales
 - ★ Estrategia: concatenación de códigos

DVB: codificación de canal (2/4)

★ Códigos bloque: Reed-Solomon

- ★ Versión modificada (recortada) del código RS(255,239) → RS(204,188,T=8)
- ★ 188 Bytes producen 204 Bytes → 16 Bytes de redundancia (paridad)
- ★ Puede corregir hasta 8 Bytes erróneos por bloque

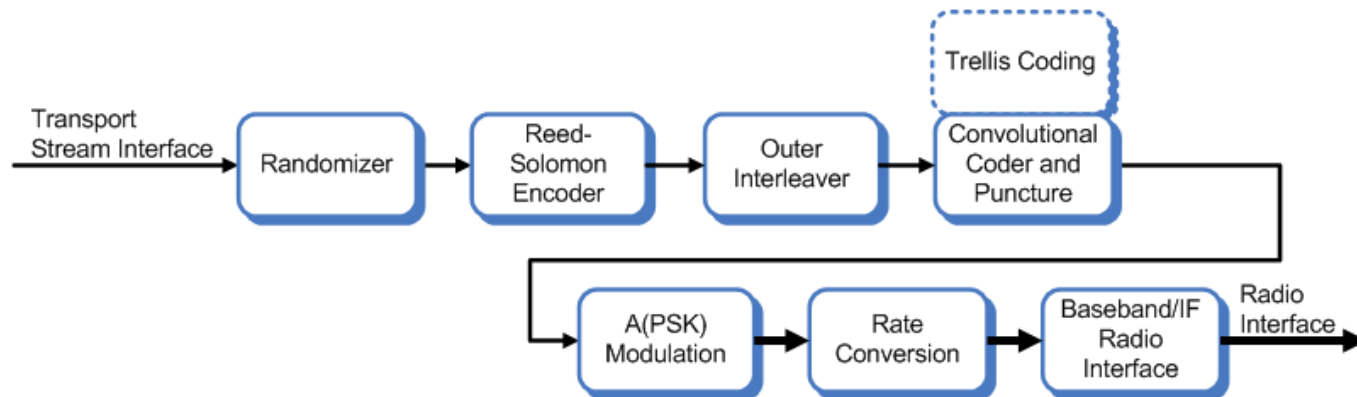
★ Códigos convolucionales

- ★ Códigos binarios que esparcen la información en varios símbolos
- ★ El codificador se puede considerar como una máquina de estados (con memoria y un número de estados posibles)
 - Cambia de estado (codifica) en función del símbolo recibido y del estado actual
 - Representación: diagrama de rejilla – Trellis
- ★ Decodificación mediante el algoritmo de Viterbi
- ★ Tasa de codificación: $R = 1/2, 2/3, 3/4, 5/6$ o $7/8$ (ej: $R=1/2 \rightarrow 2$ bits a la salida por cada bit de entrada: 100% de redundancia)
- ★ Adicionalmente, utiliza la técnica de perforado (*puncturing*) para mejorar la tasa del código (quitar redundancia), descartando bits de redundancia a transmitir
- ★ Ej: $R=1/2$ y tasa perforado = $3/4 \rightarrow$ Tasa código = $(1/2) / (3/4) = 2/3$

DVB: codificación de canal (3/4)

★ Estrategia: concatenación de códigos

- ★ Codificación exterior (RS) corrige ráfagas cortas de errores (*short burst errors*)
- ★ Codificación interior (convolucional) corrige errores aislados
- ★ Entrelazado insertado entre códigos. Permite corregir ráfagas largas de errores



★ Ventaja: compromiso entre potencia de corrección y complejidad computacional

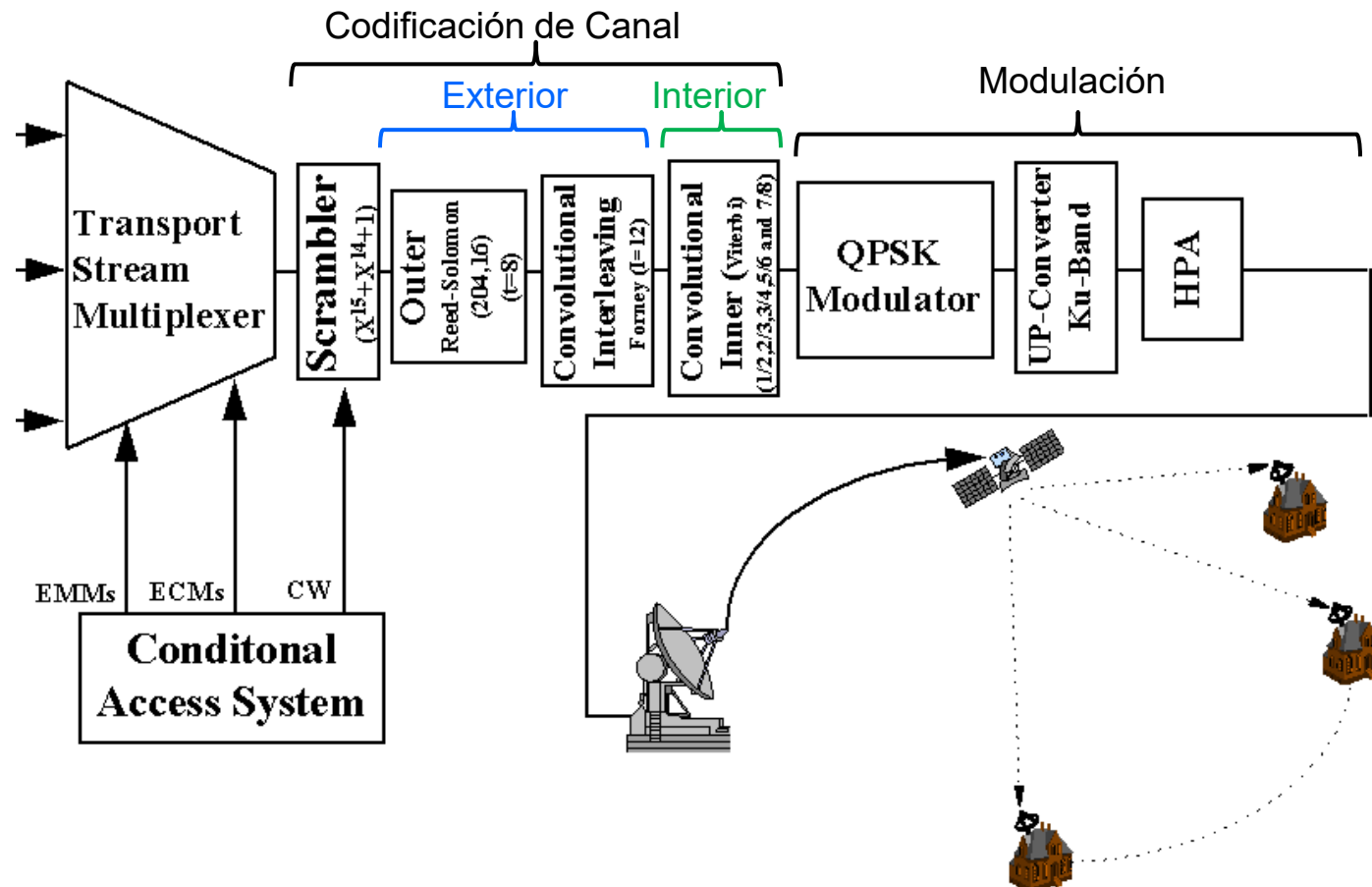
- ★ Sistema práctico desde punto de vista de implementación
- ★ Reducido tiempo de retardo adicional en la decodificación
- ★ Expande la señal a transmitir, pero de una forma controlada y eficiente

★ Garantiza un BER (*Bit Error Rate*) de 10^{-11} para la señal decodificada si el BER de la señal de entrada es $2 \cdot 10^{-4}$

DVB: codificación de canal (4/4)

★ Dos esquemas de codificación de canal:

- ★ DVB-C: sólo codificación exterior. SNR es mucho mejor en C que en S o T
- ★ DVB-{S,T}: codificación exterior **e interior** por ser medios mucho más ruidosos



DVB: otros bloques

★ *Scrambling* (dispersión de energía):

- ★ Desordena de manera pseudoaleatoria los 0s y 1s para tratar de distribuir uniformemente la energía en todo el ancho de banda de la señal y evitar largas secuencias de 0s y de 1s
- ★ No desordena todos los datos. Por ejemplo, los bits de sincronismo se mantienen intactos
- ★ El desorden es causado por una palabra código que se indica en el TS

★ Entrelazador convolucional tipo Forney

- ★ Aplica retardos a bytes consecutivos
- ★ El retardo en todos los bytes es el mismo en el receptor
- ★ Mejora las prestaciones del código RS frente a errores de tipo ráfaga

★ Modulaciones digitales utilizadas en DVB:

- ★ QPSK (*Quadrature Phase-Shift Keying*)
- ★ QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*)
- ★ OFDM (*Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*)
- ★ VSB (*Vestigial Side Band*)

★ DVB es responsable de especificar, adaptándose al canal de transmisión

- ★ Protección contra errores
- ★ Modulación de la señal

DVB: resumen características señales TV

Parámetro	Cable (DVB-C)	Satélite (DVB-S)	Terrestre (DVB-T)
Codificación de vídeo	MPEG-2 (MP@ML) o MPEG-4 AVC (H.264)		
Codificación de audio	MPEG-1 (capa II), Dolby Digital o AAC		
Cifrado	DVB-CSA (<i>Common Scrambling Algorithm</i>)		
Paquete de transporte	188 Bytes (antes de FEC)		
Codificación exterior	Reed-Solomon (204,188, T=8)		
Entrelazado	Convolutacional, tipo Forney, profundidad I=12		
Codificación interior	-	Conv. con perforado 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 o 7/8	
Factor de <i>roll-off</i> (α)	0,15	0,35	-
Modulación	16- a 64- (o 256-) QAM	QPSK (= 4-QAM)	OFDM 2K/8K
Anchura del canal	6, 7, 8 MHz	27-36 MHz	6, 7, 8 MHz

DVB-C: características

★ Transmisión vía redes de cable

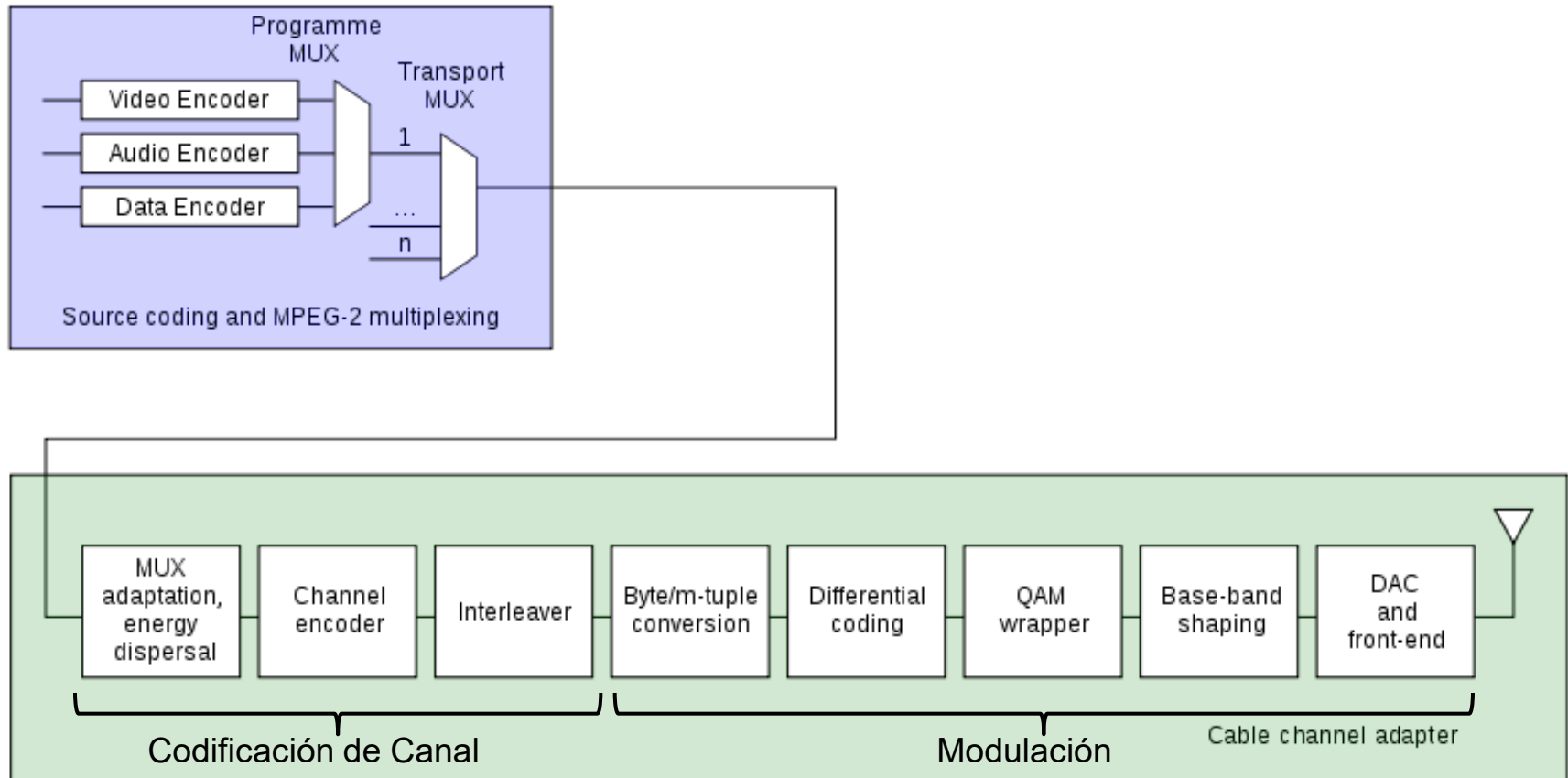
★ Objetivos:

- ★ Reutilizar las redes (de cable) ya existentes
- ★ Maximizar el aprovechamiento del cable, con una tasa alta de transmisión útil por canal
- ★ Bajo coste de IRD/STB para usuario

★ Además

- ★ Es el estándar utilizado para transmisión terrestre para frecuencias de microondas <10GHz. Sistemas MMDS (*Microwave Multichannel/Multipoint Distribution System*) sobre distancias cortas (<60 km) y línea directa de observación entre transmisor y receptor

DVB-C: transmisor (1/2)



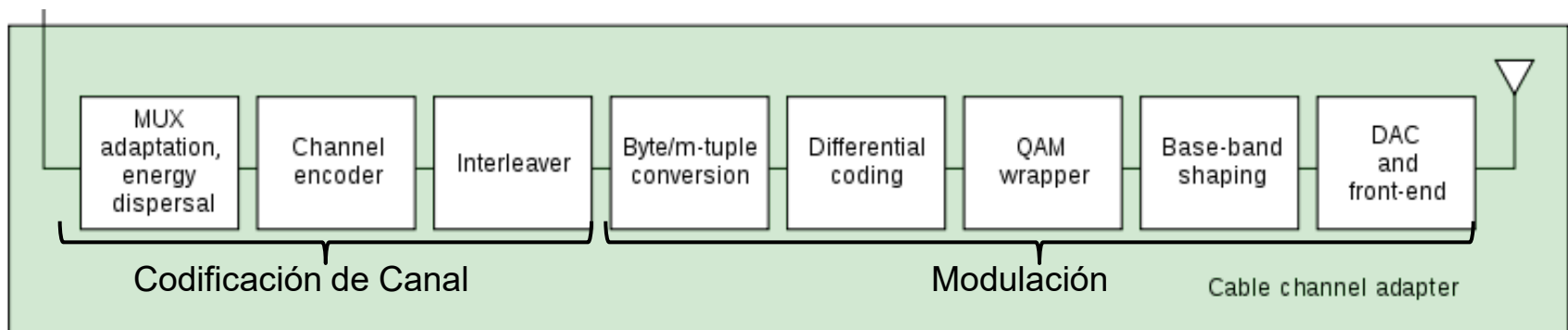
DVB-C: transmisor (2/2)

★ Codificación de canal

- ★ Codificación exterior: código RS(204,188) y entrelazado
- ★ No hace falta codificación interior:
 - Las redes de cable son de gran calidad (el cable es un medio protegido)
 - Al haber menos redundancia, se logra mayor tasa binaria útil (mayor aprovechamiento del canal)

★ Modulación: 16-, 32-, 64-QAM. En revisión posterior de DVB-C, hasta 256-QAM

- ★ Conversión de Bytes a símbolos (m -tuplas)
- ★ Eficiencia espectral: 3,2 (16-QAM); ...; 4,8 (64-QAM); 6,4 (256-QAM)
- ★ Ancho de banda (BW): canal de 8 MHz (1 canal TV analógico)
- ★ Pulsos en coseno alzado con *roll-off factor* $\alpha = 0,15$
- ★ Velocidad binaria neta: 38 Mb/s (64-QAM)



DVB-C: cálculo de velocidad binaria

★ Datos:

- ★ Ancho de banda (BW): canal de **8 MHz** (1 canal TV analógico)
- ★ Pulsos en coseno alzado con *roll-off factor* $\alpha = 0,15$
- ★ Modulación: 64-QAM ($\log_2 64 = 6$ b/símbolo)
- ★ Cod. canal exterior: **RS(204,188)**
- ★ [Cod. convolucional con perforado: ninguna]

★ Se pide calcular la velocidad binaria neta y la eficiencia espectral

- ★ Frecuencia máxima de símbolo: $F_s = BW/(1+\alpha) = 8/1,15 \approx 7$ MHz
Pero normalmente se utiliza $F_s = 6,875$ MHz
- ★ Modulación: 64-QAM (6 b/símbolo)
→ Velocidad binaria bruta (sin codificación de canal): $v_{bb} = 6,875 \cdot 6 = 41,25$ Mb/s
- ★ Teniendo en cuenta la redundancia del codificador RS(204,188)
→ Velocidad binaria neta: $v_{bn} = 41,25 \cdot 188/204 \approx$ **38 Mb/s**
- ★ Por lo tanto, en un canal de $BW = 8$ MHz, se transmite información a 38 Mb/s
→ Eficiencia espectral: $\eta = 38/8 =$ **4,75** [(b/s)/Hz] [NB: (b/s)·Hz = b (adimensional)]

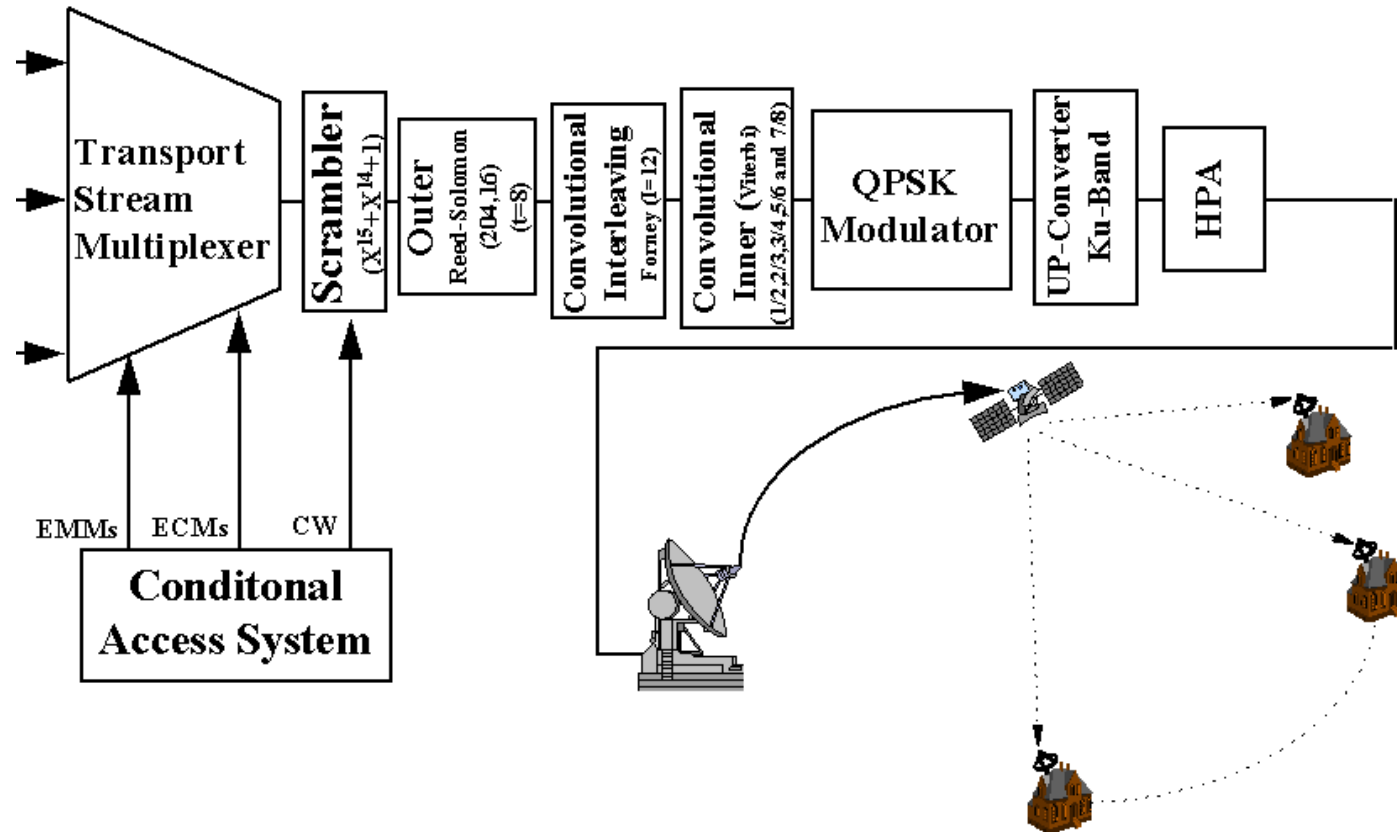
DVB-S: características (1/2)

- ★ Transmisión vía satélite
- ★ Los parámetros del estándar vienen determinados por los requisitos técnicos del canal de transmisión y por las necesidades de los usuarios
- ★ Características de la transmisión vía satélite:
 - ★ Ancho de banda de un transpondedor (canal de tx satelital): 26-36 MHz
 - ★ Los enlaces trabajan a potencia máxima del satélite (que es limitada)
 - ★ Modulación robusta a cambios de amplitud
 - ★ Se usa TDM (*Time Division Multiplexing*) en una sola portadora para evitar intermodulación
 - ★ Se trata de dispersar la energía uniformemente en todo el ancho de banda del canal
 - ★ Necesita alta protección frente a errores porque la señal recibida en Tierra es de poca potencia
 - ★ Objetivo: $BER=10^{-11}$. Transmisión QEF (*Quasi Error Free*): ~1 b erróneo por hora y por transpondedor

DVB-S: características (2/2)

- ★ El estándar especifica la codificación de canal y las características a nivel físico
 - ★ Codificación de canal exterior e interior. Permite varias velocidades (perforados)
 - ★ RS(204,188). Puede corregir hasta 8 Bytes erróneos
 - ★ Entrelazador convolucional tipo Forney
Profundidad: $l=12$
Retardo base $M=204/l=17$. Bytes continuos $\rightarrow$ separados por 205 Bytes
 - ★ Se usan modulaciones de fase (QPSK) robustas a cambios de amplitud en la señal recibida, y codificación Gray (cambia 1 bit entre símbolos adyacentes)
 - ★ Pulsos en coseno alzado con *roll-off factor* $\alpha = 0,35$
 - ★ Eficiencia espectral pequeña: $\eta < 1,5 \text{ (b/s)} \cdot \text{Hz}$

DVB-S: transmisor



DVB-S: cálculo de velocidad binaria

★ Datos (caso intermedio):

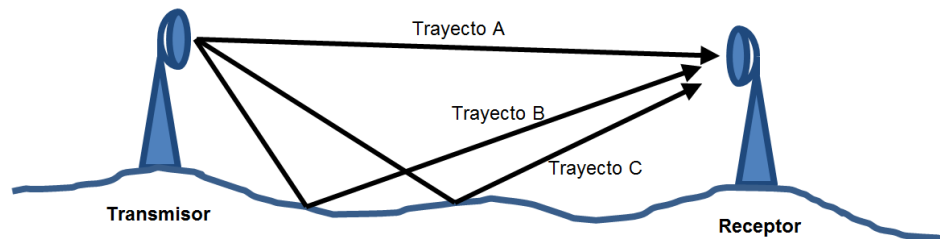
- ★ Ancho de banda (BW): canal de **33 MHz**
- ★ Pulsos en coseno alzado con *roll-off factor* $\alpha = 0,35$
- ★ Modulación: QPSK ($\log_2 4 = 2$ b/símbolo)
- ★ Cod. canal exterior: **RS(204,188)**
- ★ Cod. convolucional con perforado: 1/2, 2/3, **3/4**, 5/6 o 7/8

★ Se pide calcular la velocidad binaria neta y la eficiencia espectral

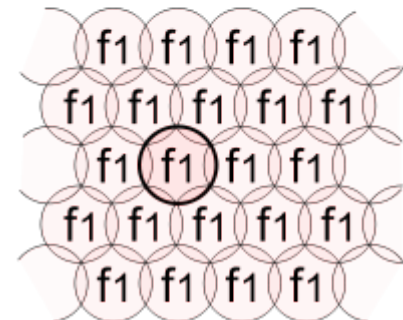
- ★ Frecuencia máxima de símbolo (teórica): $F_s = BW/(1+\alpha) = 33/1,35 \approx 24,4$ MHz
En la práctica, admitiendo una degradación mayor, se incrementa a $F_s = 27,5$ MHz
- ★ Modulación: QPSK (2 b/símbolo)
→ Velocidad binaria bruta (sin codificación de canal): $v_{bb} = 27,5 \cdot 2 = 55$ Mb/s
- ★ Teniendo en cuenta las redundancias del cod. RS(204,188) y del cod. convolucional
→ Velocidad binaria neta: $v_{bn} = 55 \cdot 188/204 \cdot 3/4 \approx 38$ Mb/s
- ★ Por lo tanto, en un canal de BW = 33 MHz, se transmite información a 38 Mb/s
→ Eficiencia espectral: $\eta = 38/33 = 1,15$ [(b/s)/Hz]

DVB-T: características (1/2)

- ★ Transmisión por radiodifusión terrestre (redes de antenas en tejados)
- ★ Estándar posterior a las especificaciones de DVB- $\{C,S\}$
- ★ La transmisión terrestre es más compleja que las otras dos: ruido, ecos, propagación multitrayecto, interferencias, etc.



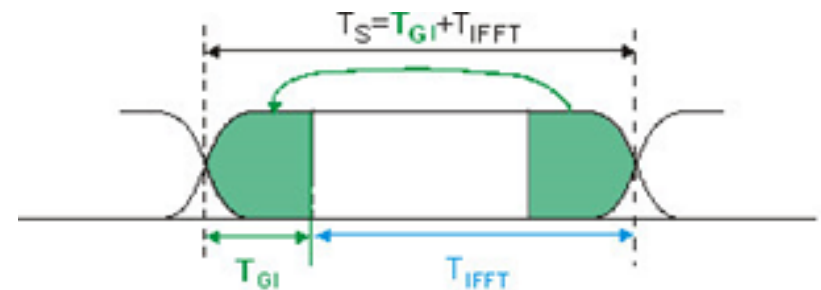
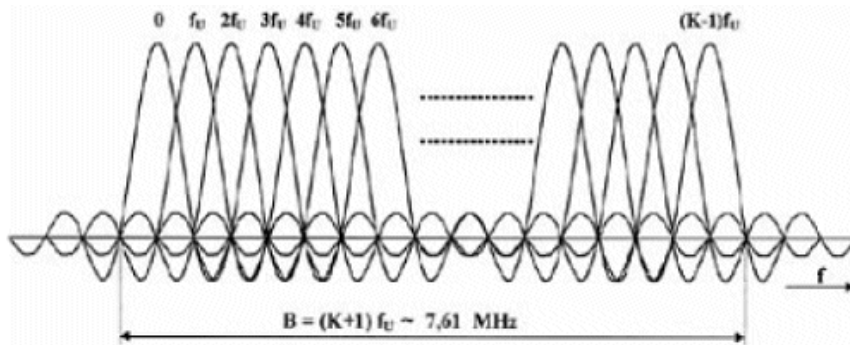
- ★ Requisitos de diseño del estándar:
 - ★ Semejanza con sistemas DVB- $\{C,S\}$
 - ★ Mejorar el aprovechamiento del ancho de banda, manteniendo el BW de guarda entre canales (8 MHz)
 - ★ Cobertura óptima
 - ★ Transmisión en redes de frecuencia única (SFN: *Single Frequency Networks*) con repetidores alejados varias decenas de km y sincronizados para aumentar la cobertura hasta nivel nacional



DVB-T: características (2/2)

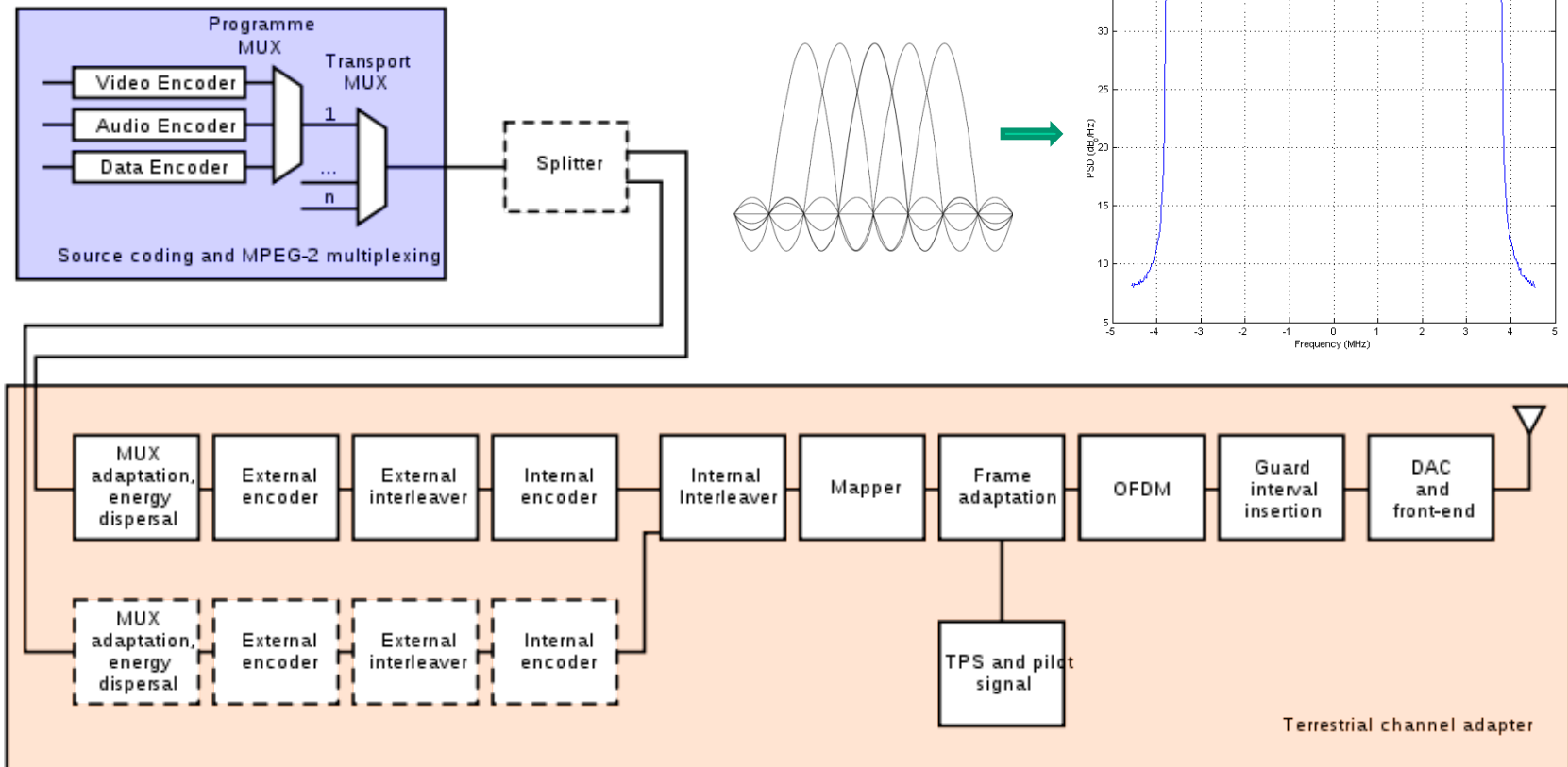
★ Características de diseño:

- ★ Misma protección de canal que DVB-S (interior y exterior)
- ★ Redes de frecuencia única → Modulación OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplex*) con 2K/8K (1705 o 6817) portadoras ortogonales QPSK, 16- o 64-QAM
 - La información se reparte entre las portadoras
 - Longitudes de FFT: 2K/8K. No todas las portadoras se usan para transmisión de datos. Ciertas portadoras se suprimen para limitar en banda la señal
 - Parámetro crítico: tamaño del *intervalo de guarda* entre símbolos. Compromiso: distancia entre transmisores vs. ancho de banda útil
 - Mayor tiempo de guarda ⇒ mayor retardo del canal admitido para IES (Interferencia Entre Símbolos) debida a reflexiones ⇒ mayor distancia posible entre transmisores
 - Menor tiempo de guarda ⇒ mayor capacidad del canal
 - Canal de 8 MHz (UHF), portadoras en 64-QAM → 31,67 Mb/s máx.

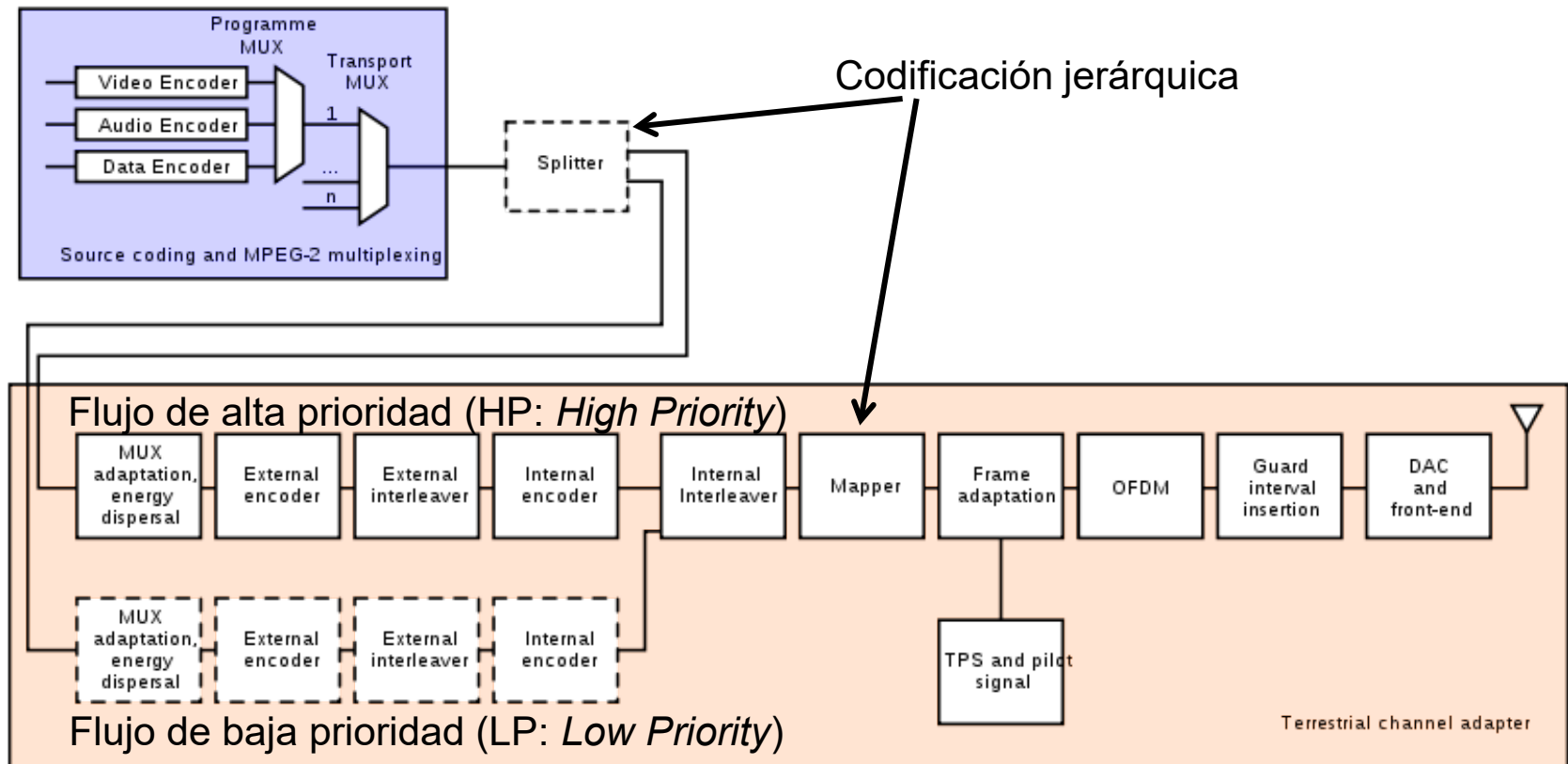


DVB-T: transmisor

- ✳ Permite modo jerárquico (distinta protección según la prioridad de los flujos de información TS)
- ✳ El receptor incluye un igualador o ecualizador de eco para minimizar la interferencia entre símbolos



DVB-T: codificación jerárquica



DVB-T: parámetros principales OFDM

Parámetro	Modo 8K	Modo 2K
Número de portadoras	6817	1705
Número de portadoras útiles (para datos)	6048	1512
Duración del símbolo (T)	896 μ s	224 μ s
Espaciado entre portadoras (1/T)	1116,07 Hz	4464,28 Hz
Diferencia entre portadoras extremas	7,61 MHz	
Intervalo de guarda/seguridad (Δ)	T / (4, 8, 16 o 32)	
Modulación de las portadoras	QPSK, 16-QAM o 64-QAM	

NB: $6048 \cdot 1116,07 \text{ Hz} = 1512 \cdot 4464,28 \text{ Hz} = 6,75 \text{ MHz}$

DVB-T: cálculo de velocidad binaria (1/2)

★ Datos (caso mejor):

- ★ Ancho de banda (BW): canal de **8 MHz**
- ★ OFDM 8K (irrelevante para el cálculo de la tasa binaria: ver NB página anterior)
- ★ Modulación 64-QAM ($\log_2 64 = 6$ b/símbolo)
- ★ Intervalo de guarda: **T/32**
- ★ Cod. canal exterior: **RS(204,188)**
- ★ Cod. convolucional con perforado: **7/8**

★ Se pide calcular la velocidad binaria neta y la eficiencia espectral

- ★ Hay 6048 portadoras útiles equiespaciadas $1116,07 \text{ Hz} = 1/T \Rightarrow T = 896 \text{ } \mu\text{s}$
 → Velocidad binaria bruta: $v_{bb} = (6048 / 896 \text{ } \mu\text{s}) \cdot 6 \text{ b} = 40,5 \text{ Mb/s}$
- ★ Teniendo en cuenta el intervalo de guarda y la redundancia del cod. canal (ext. + int.)
 → Velocidad binaria neta: $v_{bn} = 40,5 \cdot 32/33 \cdot 7/8 \cdot 188/204 \approx \mathbf{31,67 \text{ Mb/s}}$
- ★ Por lo tanto, en un canal de BW = 8 MHz, se transmite información a 31,67 Mb/s
 → Eficiencia espectral: $\eta = 31,67/8 = \mathbf{3,96 [(b/s)/Hz]}$

DVB-T: cálculo de velocidad binaria (2/2)

★ Datos (caso peor):

- ★ Ancho de banda (BW): canal de **8 MHz**
- ★ OFDM 8K (irrelevante para el cálculo de la tasa binaria)
- ★ Modulación QPSK ($\log_2 4 = \mathbf{2 \text{ b/símbolo}}$)
- ★ Intervalo de guarda: **T/4**
- ★ Cod. canal exterior: **RS(204,188)**
- ★ Cod. convolucional con perforado: **1/2**

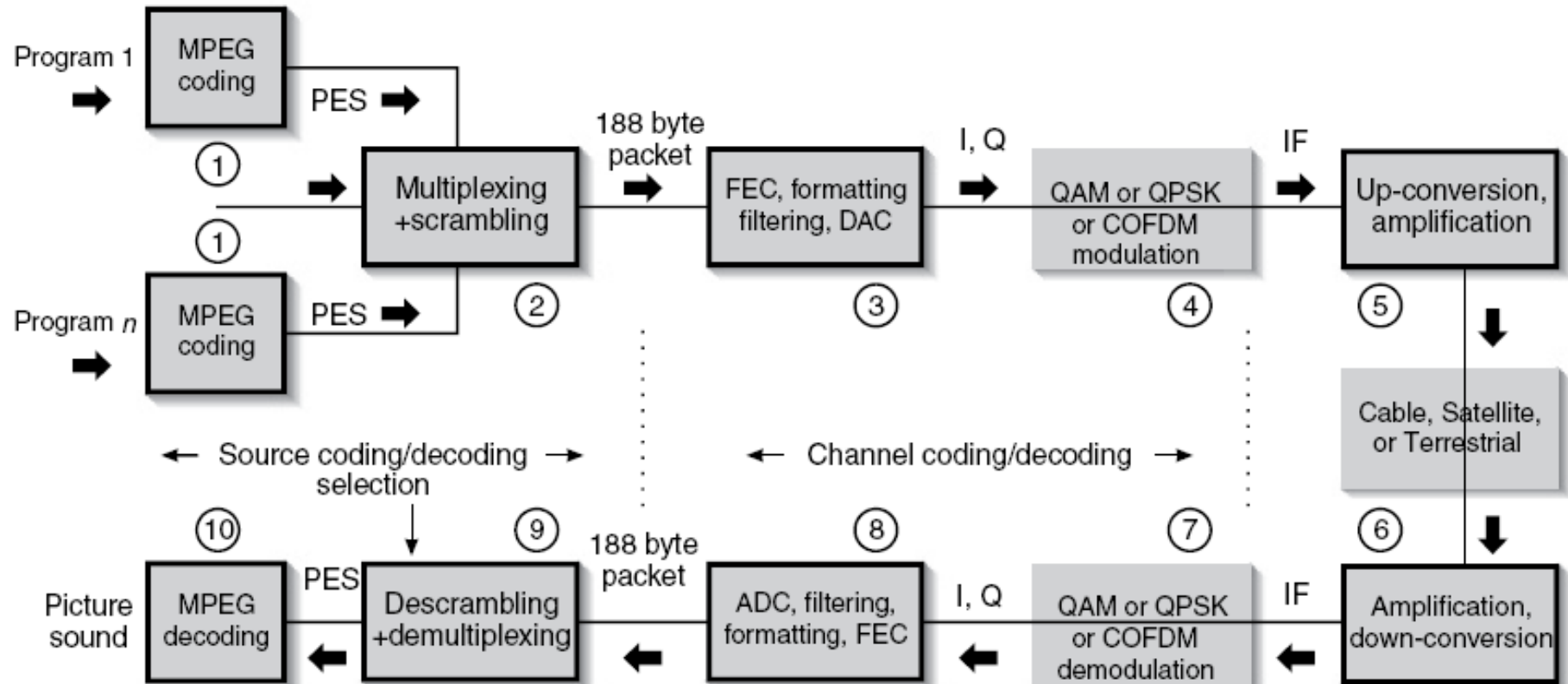
★ Se pide calcular la velocidad binaria neta y la eficiencia espectral

- ★ Hay 6048 portadoras útiles equiespaciadas $1116,07 \text{ Hz} = 1/T \Rightarrow T = 896 \mu\text{s}$
 → Velocidad binaria bruta: $v_{bb} = (6048 / 896 \mu\text{s}) \cdot 2 \text{ b} = 13,5 \text{ Mb/s}$ (**1/3 caso mejor**)
- ★ Teniendo en cuenta el intervalo de guarda y la redundancia del cod. canal (ext. + int.)
 → Velocidad binaria neta: $v_{bn} = 13,5 \cdot 4/5 \cdot 1/2 \cdot 188/204 \approx \mathbf{4,98 \text{ Mb/s}}$ (**<1/6 caso mejor**)
- ★ Por lo tanto, en un canal de BW = 8 MHz, se transmite información a 4,98 Mb/s
 → Eficiencia espectral: $\eta = 4,98/8 = \mathbf{0,62 [(b/s)/\text{Hz}]}$ (**<1/6 caso mejor**)



Acceso condicional

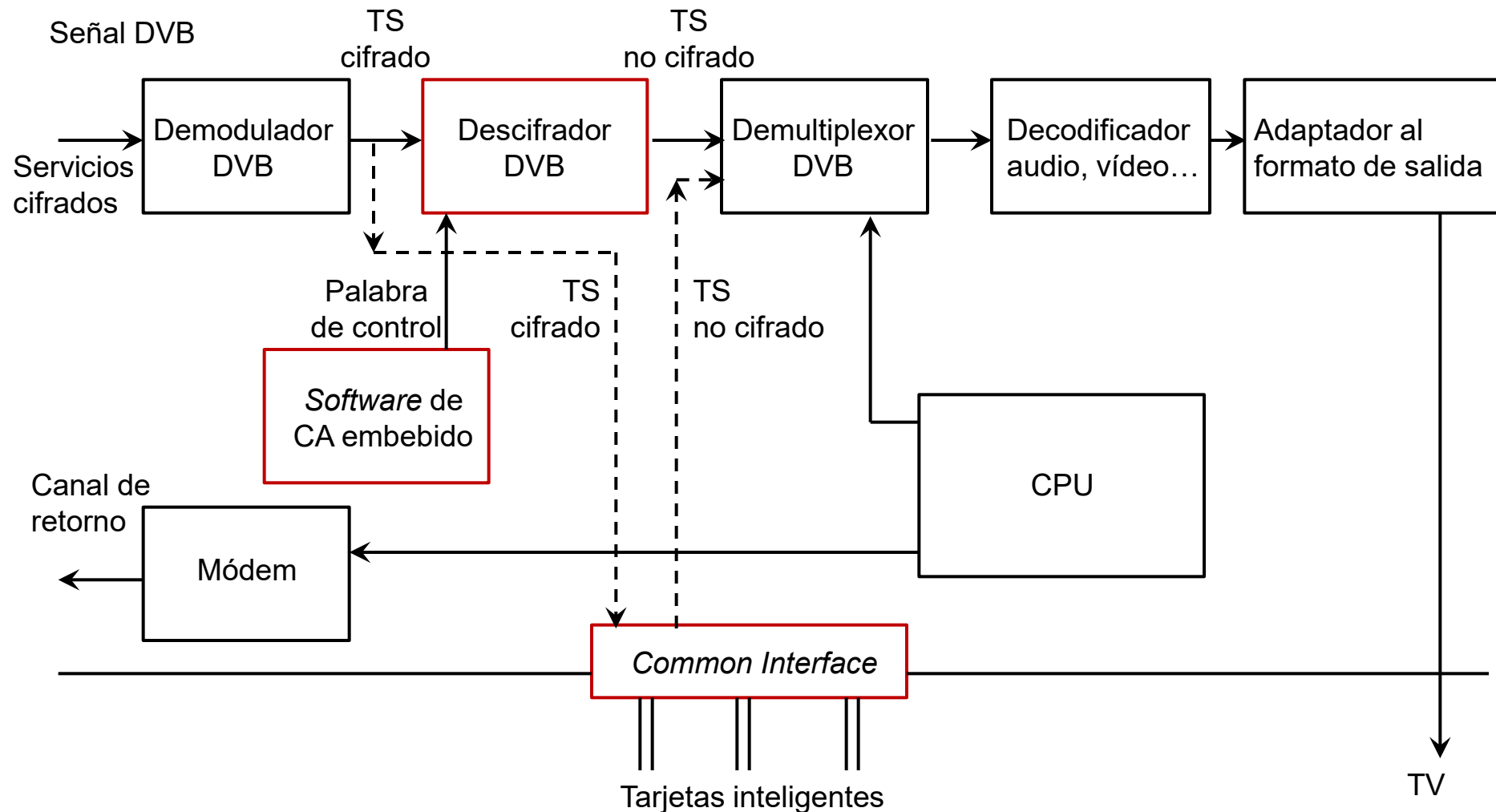
DVB: diagrama de bloques de TX y RX (recuerdo)



DVB-CA (*Conditional Access*): introducción

- ★ Técnica usada para proteger programa[s] de acceso no autorizado
- ★ Pensado para servicios de pago: por sesión, por canal, abono, etc.
- ★ DVB define un sistema común de cifrado (*scrambling*) para todos los proveedores de CA
 - ★ DVB-CSA (*Common Scrambling Algorithm*): antes privado; ahora conocido
 - ★ Un único terminal de usuario para todos los servicios de acceso condicional
- ★ También se especifica una interfaz común (DVB-CI)
- ★ En ese caso, el algoritmo de CA no está especificado por DVB; la mayoría de los operadores prefieren ocultar el suyo por motivos comerciales (control de abonados) o de seguridad (para evitar el “pirateo”)
- ★ Hay varios subsistemas de gestión de CA: SMS, IMS, SAS (ver p. 12)
- ★ Soluciones para que el usuario no “apile” IRD: Simulcrypt vs. Multicrypt
- ★ Detalle técnico: en conjunción con MPEG-2 TS, el cifrado puede aplicarse antes o después del multiplexado, i.e., a nivel de PES o TS

DVB-CA: diagrama de bloques de RX



DVB-CA: Simulcrypt vs. Multicrypt

Soluciones para evitar que el usuario deba “apilar” IRD (uno por proveedor):

★ Simulcrypt

- ★ Cifrar de forma simultánea un servicio para distintas plataformas
- ★ Posibilidad de acceder a una misma emisión por varios sistemas de CA
- ★ Permite que en una misma cabecera digital convivan diferentes accesos condicionales, todos ellos basados en el DVB-CSA
- ★ El multiplex de transporte lleva paquetes de CA
- ★ Los operadores de red se prestan sus servicios; necesidad de acuerdos.
Todo se trata con el mismo software de CA

★ Multicrypt

- ★ El sistema de CA reside en la tarjeta inteligente (PCMCIA) del operador elegido y se comunica mediante DVB-CI (*Common Interface*)
- ★ No hay un único *software* de CA, sino uno por tarjeta
- ★ El usuario compra un solo equipo con varios slots y adquiere las tarjetas de las plataformas que desea ver

★ Transcontrol

- ★ El CSA permite a operadores de CATV controlar los servicios de otros operadores que son transportados por sus redes

DVB-CA: mecanismos de control de acceso

Transmisión:

- ★ La información necesaria para el descifrado se transmite en CAMs (*Conditional Access Messages*) codificados a partir de 3 datos:
 - ★ Una palabra de control que inicializa el cifrado
 - ★ Una clave de servicio: cifra la palabra de control para uno o varios usuarios
 - ★ Una clave de usuario: cifra la clave de servicio
- ★ Hay dos tipos de CAMs: ECMs (*Entitlement Control Messages*) y EMMs (*Entitlement Management Messages*), que se transmiten cada 2 y 10 segundos, respectivamente

Recepción: ensamblado de información para descifrar los servicios mediante la info. de PAT, PMT y CAT

1. Encontrar la clave de servicio a partir de los EMMs y de la clave de usuario (por ejemplo, almacenada en una tarjeta inteligente)
 2. Después, descifrar los ECMs para obtener la palabra de control, que permite la inicialización del sistema de descifrado
- ★ Clave de usuario + EMM → Clave de servicio
 - ★ Clave de servicio + ECM → Palabra de control → **Descifrado**

Bibliografía

- ★ U. Reimers, “*Digital Video Broadcasting (DVB). The International Standard for Digital Television*”, Springer, 2001 (ISBN: 3540609466)
- ★ R. de Bruin & J. Smith, “*Digital Video Broadcasting: Technology, Standards, and Regulations*”, Artech House Publishers, 1999 (ISBN: 0890067430)
- ★ H. Benoit, “*Digital Television: Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB Framework*” (3rd ed.), Focal Press, 2008 (ISBN: 0240520815)
- ★ <https://www.dvb.org/standards>