

La diffusione televisiva su Internet: architetture e tecnologie

Sezione I:

– Modelli architettonici della televisione su Internet –

di Elena Mammi, Giuseppe Russo, Paolo Talone



1 Modelli architettureali della televisione su Internet

La cosiddetta televisione su Internet, ovvero la diffusione di servizi televisivi ad un'utenza dotata di accesso alla rete Internet, è il frutto della convergenza del broadcasting televisivo e delle sue evoluzioni con i paradigmi di comunicazione tipici della rete Internet o delle reti IP dei diversi Operatori che ad Internet fanno capo.

Per la televisione dovrebbe essere la fase saliente della metamorfosi culturale, iniziata con il passaggio al digitale, che ora si completa con paradigmi di comunicazione che consentono servizi personalizzati, anche per il singolo utente, e interattività a banda larga.

È da qui che si attende la nascita della nuova televisione contaminata dalla personalizzazione dei servizi, che su Internet costituisce la regola, e vicina come non mai a tutte le fasi, le esigenze e gli interessi della vita dell'utente.

Questo volume è dedicato alle visioni, sui modelli architettureali della televisione su Internet, dei maggiori organismi che raggruppano gli esperti del settore: Open IPTV Forum (OIPF), DVB, ETSI TISPAN, ITU-T, ATIS. Da queste visioni emergono differenti opzioni tecnologiche che

delineano ambienti integrati per lo sviluppo di servizi e che verranno discussi in dettaglio nei capitoli del libro.

Il lavoro è concluso dai capitoli dedicati alle soluzioni proposte per la Qualità del Servizio che, come è noto, costituisce un problema sostanziale.

In questa edizione preliminare, non si illustrano, rinviando ad edizione successiva, le architetture industriali (es. Silverlight, Flash, ecc.) che pure tanta parte hanno negli attuali servizi di Televisione su Internet. Le motivazioni sono da ricercare sia nell'opportunità di non rendere dispersiva la trattazione, sia nella necessità di attendere le evoluzioni del quadro tecnologico, che a breve chiariranno se i servizi di televisione su Internet si avvieranno (come quelli via etere) nel solco degli Standard internazionali (marginalizzando le architetture industriali), oppure se, come spesso avviene in Internet, la facilità di acquisire il software applicativo relativo ad una applicazione, insieme all'applicazione medesima, consoliderà il predominio di applicazioni industriali e delle relative architetture, non ponendosi nemmeno problemi di standardizzazione e compatibilità.

Nei paragrafi introduttivi che seguono i modelli architettureali dei maggiori organismi internazionali vengono descritti nei termini dei loro principali componenti: paradigmi di

comunicazione e relativi servizi televisivi, modelli di rete e piattaforme, codifiche dei media & formati di trasporto, protocolli di trasporto, domini logici, metodologie di “Service Discovery & Selection”, funzioni del terminale d’utente, metodologie di Qualità del Servizio e relative tecniche di rete e tecniche end-to-end.

1.1 Paradigmi di comunicazione

I paradigmi di comunicazione per i servizi televisivi (inclusi quelli su Internet) sono oggi definiti dalla Direttiva Europea “Media senza frontiere” (Audiovisual Media Services Directive), [1], approvata dal Parlamento Europeo nel Dicembre 2007 come revisione della precedente direttiva “Televisione senza frontiere”. La direttiva porta significative innovazioni nelle modalità di regolamentazione dei servizi televisivi e ne estende i confini e le tecniche di regolamentazione alle nuove reti ed ai nuovi paradigmi di servizio, ovvero:

- servizi di media audiovisivi lineari; (“Television Broadcasting”) ovvero la fornitura di immagini in movimento con associati audio ed eventuali elementi grafici o testuali (sottotitoli), diffusi sulla base di un palinsesto organizzato di cui l’utente non controlla esattamente il momento di fruizione. Questi servizi

sono quindi destinati alla visione simultanea o semi-simultanea. I maggiori esempi comprendono:

- i tradizionali servizi di diffusione televisiva (analogica e digitale) con paradigma “broadcast”;
 - il “live streaming” ed il “webcast” su Internet;
 - la televisione con modalità “time-shifting” (ovvero ritrasmissione in differita di contenuti “live”, chiamati anche “near-video-on-demand” o, di recente, “+1”);
- servizi di media audiovisivi a richiesta (non lineari); ovvero quelli su cui l’utente ha pieno controllo sul momento di fruizione. In altri termini un servizio messo a disposizione da un “media service provider” per la visione di programmi nel momento scelto dall’utente e su sua richiesta individuale, sulla base di un catalogo di programmi.

Nei servizi televisivi su Internet acquista particolare importanza una classe di servizi non lineari, basata sul download di contenuti audiovisivi, ovvero di file visualizzabili una volta terminata l’operazione di download sul terminale d’utente. Le modalità del servizio possono essere sia “pull” che “push” ed il trasferimento può essere sia unicast che multicast.

Nei casi d’interesse di questo lavoro, va rilevato che i paradigmi di comunicazione di Internet rendono possibile interfacciare non solo gli utenti nella loro globalità (il caso del

“Broadcast” tradizionale via etere o della variante “Multicast” su rete IP) ma anche il singolo utente (unicast, come si vedrà nel seguito). Inoltre è possibile usufruire di un canale di ritorno pienamente “in banda” ed integrato con i sistemi d’utente. È quindi facile prevedere il decollo dei servizi non lineari che, nella televisione via etere, sono sostanzialmente rimasti sulla carta.

Queste nuove capacità incarnano in misura massima uno strumento on-demand, personale ed interattivo, fase saliente della metamorfosi culturale che, dal passaggio al digitale in poi, investe la televisione.

Sul piano commerciale questo apre un vasto scenario di nuove opportunità, per il quale si stima un ricco mercato.

Sul fronte culturale, anche se non è agevole ipotizzare i dettagli dell’impatto della nuova televisione sul vissuto quotidiano, si è facili profeti prevedendo la nascita di nuove forme di comunicazione, arte, spettacolo e cultura.

1.2 Servizi televisivi

Quando si affrontano servizi specifici su Internet o reti IP è possibile definire una varietà di possibili categorizzazioni.

Nella Tabella 1-1 si fornisce un quadro dei principali servizi, organizzati per categorie, cercando di seguire in maniera

comparata le differenti classificazioni fornite da OIPF, DVB, ITU, ETSI e ATIS.

Nessuno degli elenchi di servizi forniti da tali enti fa riferimento alla possibilità che un servizio possa essere offerto esclusivamente in particolari ambienti di rete (“*managed*” piuttosto che “*unmanaged*” o NGN con IMS piuttosto che NGN senza IMS). Si presuppone che tutti i servizi possano essere forniti su qualunque tipologia di rete, ma ovviamente con un grado di qualità legato alle caratteristiche di queste ultime.

Una menzione particolare merita tuttavia la possibilità, fornita dalla presenza dell’IMS nelle architetture NGN, di fornire i diversi servizi in maniera trasparente rispetto alla rete sottostante e quindi in maniera coerente ed ubiqua grazie al pieno supporto della mobilità dell’utente.

Infine per quanto riguarda tutti i casi di servizi su reti IP progettate per il supporto della QoS (vedi paragrafi seguenti) l’ITU fornisce la definizione universalmente accettata del servizio IPTV considerato nella sua accezione più ampia:

“IPTV is defined as multimedia services such as television/ video/ audio/ text/ graphics/ data delivered over IP based networks managed to provide the required level of QoS/QoE, security, interactivity and reliability”.

Categoria	Servizio		Enti esplicitamente supportanti
Servizi di diffusione di contenuti A/V	Servizi broadcast		ITU, ATIS (F1), OIPF
	Servizi on Demand		ITU, ATIS (F2), OIPF
	Servizi di download di contenuti video		OIPF, ITU, ATIS
	Servizi di Pubblicità	Pubblicità broadcast tradizionale	ITU, ATIS (F1), DVB
		Pubblicità mirata	ATIS (F3)
		Elenco delle pubblicità	
		Pubblicità tramite mail diretta	
		Altri servizi pubblicitari	
Advertising message logging			
Servizi di "time-shifting" o "place-shifting"		ITU	
Contenuti addizionali		ITU	
Personal Video Recording (Client, Network or Distributed PVR)			OIPF, ITU
Servizi Interattivi	Servizi informativi		ITU, OIPF
	Servizi commerciali		ITU
	Servizi di intrattenimento	TV broadcast con trick mode	ITU, ATIS (F1, F2, F3), DVB
		Giochi	
		PPV	
		Video originati dall'utente	
		Audio (musica)	
	Download di immagini		
	Servizi di didattica (Distance or Web based learning)		ITU, DVB
	Servizi di medicina		ITU
	Servizi di sorveglianza		ITU
	Servizi di portale (Web)		ITU, OIPF
Pubblicità interattiva		ITU	

Categoria	Servizio	Enti esplicitamente supportanti
Servizi di comunicazione (videoconferenza, VoIP)		ITU, OIPF
Comunicazioni tramite messaggi (notifiche, e-mail, multimedia messaging, ecc.)		ATIS (F3), OIPF, DVB
Informazioni obbligatorie in normativa USA	Informazioni di emergenza	ATIS (F1)
	Sottotitoli	ATIS (F1)
	Informazioni sul contenuto e tecnologia V-Chip (Parental Control)	ATIS (F1)
Altri	Servizi di pubblico interesse (informazioni di emergenza, ecc.)	ITU, OIPF, DVB
	Servizi di hosting	ITU
	Servizi di presenza	ITU
	Servizi di sessione in mobilità	ATIS
Informazioni sui servizi	Guida interattiva ai programmi	ATIS (F1), OIPF, DVB
	Service Discovery & Selection	DVB, ITU, OIPF, ATIS
	Servizi di parental control	ATIS (F2), OIPF
	Servizi di notifica	ATIS (F2), OIPF
Servizi ibridi		ATIS (F2), OIPF
Third Party Content Service		ATIS (F3), ITU
Home Networking Services		OIPF
Audience Measurement Information		ITU
Personal IPTV Broadcast		ITU

Tabella 1-1: Servizi specifici per categorie ed enti supportanti
 (con F si indicano le fasi temporali evolutive previste da ATIS)

1.3 Modelli di rete e piattaforme

Secondo il parere dei maggiori organismi che raggruppano gli esperti del settore, esistono diverse piattaforme principali (main technological options) che la tecnologia mette a disposizione per lo sviluppo dei servizi televisivi su Internet, ottenendo ambienti integrati per servizi destinati a specifiche fasce d'utenza.

Il primo gruppo di piattaforme è relativo ad uno scenario Internet così come oggi è strutturato, ovvero ad una "Open Internet" costituita da segmenti sotto il controllo di differenti Operatori. Questo scenario rimane valido anche con prospettive di evoluzione della rete (adozione di IPv6, diffusione di accessi d'utente in tecnologia ottica, ecc.). In questo caso si delineano due gruppi di piattaforme:

- IPTV ovvero:
Servizi su reti IP di tipo managed; segmenti di rete sotto il controllo di un Operatore Telco che può decidere sia i contenuti da diffondere, le relative restrizioni di accesso e politiche tariffarie, sia la loro qualità di trasporto (ovvero la priorità con cui i pacchetti IP che trasportano i servizi medesimi vengono instradati nei Router della rete).

- Web TV ovvero:
Servizi sulla Internet pubblica, che essendo costituita da segmenti sotto il controllo di differenti Operatori, non consente di garantire una qualità nel trasporto (modalità "best effort") e consente, come unica politica di restrizione dell'accesso, la crittografia dei dati (come nella TV via etere).
In compenso l'utente può accedere ad un panorama di dimensione globale, dialogando con i fornitori dei servizi che si affacciano direttamente su Internet senza la mediazione di Operatori Telco. L'interfacciamento dell'utente viene spesso effettuato con paradigmi di tipo Web, da cui il nome della piattaforma.

Il secondo gruppo di piattaforme è relativo ad uno scenario che prevede l'affermazione di NGN (Next Generation Network), ovvero la futura evoluzione delle reti di telecomunicazioni verso una tipologia di rete multi servizio, basata su IP, che sfrutti le tecnologie della larga banda e del trasferimento basato sulla QoS, che sia in grado di offrire un accesso senza restrizioni da parte degli utenti di diversi fornitori di servizi e che consenta la fornitura consistente ed ubiqua di servizi agli utenti attraverso il supporto di una mobilità generalizzata. In questo contesto la rete è da considerare comunque managed e di conseguenza i servizi

sono di tipo IPTV. Anche nel caso NGN esistono almeno due piattaforme principali:

- quella basata su IMS che consente di far coesistere servizi TV con altri servizi di TLC (e.g. voce, presence, data service);
- quella non basata su IMS che prevede l'integrazione del sistema IPTV nell'ambiente NGN.

L'NGN, infatti, prevede uno strato architettureale denominato IMS (IP Multimedia Subsystem), strato intermedio tra quello di Trasporto e quello di Applicazione, mutuato in origine dall'architettura 3GPP. In accordo all'approccio del GPP, l'IMS non ha come obiettivo quello di standardizzare applicazioni, ma di supportare l'accesso a servizi multimediali da parte di terminali sia fissi che mobili. Ciò è realizzato attraverso uno strato di controllo che si interpone tra la rete di accesso e lo strato di applicazione (middleware). Da un punto di vista dell'architettura logica questo strato corrisponde alle funzioni di controllo che i differenti servizi condividono non necessitando di funzioni di controllo ad uso esclusivo.

Per facilitare l'integrazione con Internet, IMS utilizza, fin dove possibile, i protocolli definiti da IETF.

1.3.1 “Pro e Contro” delle differenti piattaforme

Da quanto esposto nel paragrafo precedente, si evince che i servizi televisivi su Internet potrebbero essere veicolati dalle varie piattaforme proposte e formalizzate dagli enti di standardizzazione, con la tendenza a fornire servizi sostanzialmente equivalenti su piattaforme diverse e con la spinta della Comunità Europea a definire una piattaforma preferenziale.

Sul piano tecnico ad oggi può ancora essere considerato aperto il dibattito sulla validità di determinati standard, ma il quadro che si delinea è di una sostanziale convergenza verso piattaforme multistandard, aggregate da un'architettura di rete “core” sempre più “piatta”.

L'orientamento per tutte le piattaforme è quello di definire domini logici (vedi nel seguito) e fornire servizi televisivi con codifiche di sorgente e protocolli di trasporto non troppo dissimili tra loro, mentre i modelli di rete e le conseguenti opzioni architettureali, le metodologie di “*Service Discovery & Selection*”, le tecniche di “*Authentication, Content Protection and Service Protection* (tariffazione)” rimangono diverse e spesso incompatibili.

Ciascuna piattaforma, sia su rete tradizionale sia su NGN, determina infatti proprie esigenze di trasporto, parametri di

qualità, modalità di fruizione e terminali differenti che generano bacini d'utenza differenziati in funzione del servizio fornito.

In estrema sintesi, le piattaforme della famiglia IPTV (su rete tradizionale o su NGN) hanno il vantaggio di poter offrire con relativa facilità un servizio di alta qualità ed in tempo reale.

Gli svantaggi principali consistono nel fatto che una consistente parte delle attribuzioni dei tradizionali Broadcaster (e delle relative revenues) (essenzialmente aggregazione dei contenuti, interfacciamento e tariffazione dell'utente) sono ora attribuite agli Operatori TELCO che gestiscono i segmenti di rete interessati, nonché nel fatto che gli attori, che gestiscono queste attribuzioni, sono moltiplicati per quanti sono gli Operatori TELCO che operano sul mercato offrendo accesso agli utenti.

La Web TV, invece paga la qualità con soluzioni tecniche che comportano aumento di banda e soprattutto latenza temporale, non avendo comunque garantiti i requisiti di qualità richiesti. Il raggiungimento della necessaria qualità di servizio è quindi lasciato a tecniche end-to-end. In compenso la Web TV possiede il vantaggio di lasciare intatte le attribuzioni dei Broadcaster (aggregazione dei contenuti, interfacciamento e tariffazione dell'utente)

offrendo al contempo costi di trasporto contenuti e considerevolmente inferiori alla diffusione via etere.

Per entrambi i modelli di servizio (IPTV e WebTV), valgono i paradigmi di comunicazione della Direttiva Europea "Media senza frontiere": servizi lineari e servizi non lineari.

Queste considerazioni non devono però far pensare ad un futuro privo di problemi. L'aggiornamento tecnologico delle piattaforme non sarà infatti né rapido, né indolore, così come non sarà rapida ed indolore l'affermazione dei nuovi paradigmi di servizio.

I fattori che, più di altri, ne condizioneranno il successo, saranno le scelte di mercato operate dai protagonisti del settore sulla tipologia del servizio offerto, sulle sue forme di remunerazione, sulle scelte sulla qualità ed il conseguente impiego di risorse e, soprattutto, la disponibilità dell'utenza ad una segmentazione che comporterebbe l'uso di piattaforme differenti per differenti servizi.

Molte considerazioni si imporrebbero, a questo proposito, sull'uso di sistemi differenti per servizi sostanzialmente analoghi, sulla segmentazione dei bacini d'utenza per piattaforme, nonché sulla necessità di simulcast dei palinsesti più popolari su piattaforme differenti, specie nel contesto italiano saturo di televisione via etere.

1.4 Codifiche dei media & formati di trasporto

Le codifiche dei media (audio e video) ed i formati di trasporto dei media medesimi in rete, fanno capo, come ben noto, al lavoro degli storici gruppi MPEG in seno all'ISO. Dopo la parentesi transitoria di MPEG-1, da cui però derivò la popolarissima codifica audio MP3, la televisione digitale si consolidò, a metà degli anni 90', con la codifica MPEG-2 che ad oggi costituisce la base della gran parte dei servizi di televisione a definizione standard ed a qualità "contribuzione" (flussi televisivi scambiati tra studi di regia).

Nei primi anni duemila, con l'avvento di MPEG-4 AVC, si è raggiunto un considerevole livello di efficienza che ha sostanzialmente segnato un periodo di stabilità nella definizione delle codifiche di sorgente per audio e video (per l'audio, l'MPEG-4 AVC prevede la codifica AAC sia in versione stereo che multicanale, ormai popolare anche in campo musicale come il successore dell'MP3 e di prossima adozione per la radiofonia digitale di ultima generazione).

L'MPEG-4 AVC assicura una "buona" qualità di programma TV con circa 1÷2 Mbit/s per la definizione standard (576 x 704÷720 pixel a quadro con scansione interlacciata 50 fps)

e 5÷8 Mbit/s per l'alta definizione (1920 x 1080 pixel a quadro con scansione interlacciata 50 fps).

La televisione su Internet però lavora spesso con scansione progressiva e formati di risoluzione inferiore a quella standard televisiva. Come esempio per tutti si può citare il formato 16:9 con risoluzione di 480 righe per 848 colonne, scansione progressiva di circa 25 fps, diffuso con un bitrate (variabile) di 0,5÷1,5 Mbit/s che assicura una discreta visione.

1.4.1 Tecniche di mascheramento

Una parte rilevante della decodifica di sorgente riguarda le possibili tecniche di mascheramento degli errori generatisi nel trasporto dell'informazione attraverso algoritmi di post-processing operati autonomamente dal terminale sui flussi dei media decodificati. Queste tecniche mirano a mascherare l'informazione corrotta di ciascun media con una sua predizione ottenuta a partire dall'informazione circostante (nel tempo e nello spazio) ricevuta correttamente.

1.4.2 Pacchettizzazione e formato di trasporto

Per quanto riguarda poi la pacchettizzazione ed il formato di trasporto (system layer) di flussi televisivi sia di tipo lineare

che di tipo VoD, la situazione appare piuttosto consolidata ed unificata da un punto di vista dei diversi enti di normativa attivi in tale ambito, attraverso approcci riferiti a un insieme di tecnologie di base.

L'approccio fondamentale è quello basato sull'uso del cosiddetto "Transport Stream" definito nella parte "System" dello standard ISO MPEG-2.

Il Transport Stream, detto comunemente TS, è un formato di pacchettizzazione e sincronizzazione reciproca dei differenti flussi elementari di informazioni (video, audio, dati) riferiti ad uno stesso programma. Il TS è anche un formato di trasporto in grado di moltiplicare più programmi (multiprogram TS) e in questa versione è universalmente adottato in tutti gli standard della TV digitale via etere. Il TS può essere anche adoperato per trasportare un singolo programma (Single Program TS), modalità usata per la contribuzione televisiva. Anche la televisione via Internet, non traendo vantaggio dal moltiplicare più programmi in un TS, ha fatto del "Single Program TS" il principale formato di trasporto (naturalmente non con le codifiche di sorgente MPEG-2 ma con le più moderne MPEG-4 AVC).

In genere l'uso della sintassi TS è corredato da una serie di vincoli aggiuntivi tipici dell'architettura considerata. Ad esempio per tutte le piattaforme DVB (terrestre, satellitare,

via cavo ed anche IP), questi vincoli sono specificati in [19]. Per contro ATIS si riferisce alle specifiche statunitensi per la diffusione televisiva via cavo [225].

Oltre all'MPEG TS, però, esistono varie alternative per i formati di pacchettizzazione e trasporto della televisione su Internet.

Recentemente, accanto al TS è stata introdotta una sua versione modificata denominata Time stamped MPEG-2 TS definita da DLNA, [22], e ARIB, [218], e prevista per il trasporto di servizi TV da OIPF e ITU-T, in cui a ciascun pacchetto del TS di 188 Byte si antepongono 4 byte di "time stamp" aggiuntivo per facilitare la sincronizzazione del clock tra trasmettitore e ricevitore e la rimozione del jitter di rete.

Ulteriore alternativa recentemente introdotta da Open IPTV Forum per il system layer è l'imp4, definito in [21], che è un formato orientato al file, ma di cui è anche possibile effettuare lo streaming.

1.4.3 Protocolli di trasporto

Per quanto riguarda i protocolli di comunicazione, il trasferimento di TS MPEG-2 in rete avviene prevalentemente mediante l'uso del protocollo di rete RTP, che a sua volta si appoggia su UDP e IP (cfr. Appendice 2 del libro). L'incapsulamento prevede che un certo numero di

pacchetti contigui del TS (al massimo 7) siano trasferiti nel payload di un pacchetto RTP.

La modalità basata sul trasferimento di TS MPEG-2 mediante RTP/UDP/IP è basata su due RFC dell'IETF, [36], [37], ed è ripresa sia dal DVB, [18], che dall'SMPTE, [186], con pochissime particolarizzazioni (specifici valori di campi nell'header del pacchetto RTP).

Su tale modalità sembrano convergere le architetture standardizzate o in corso di standardizzazione in ambito internazionale, che fanno capo sia a reti di tipo tradizionale (DVB, OIPF) sia ad NGN (ITU-T, ETSI, ATIS), pur facendo spesso riferimento queste ultime solamente alle funzionalità di trasporto ad alto livello dell'NGN.

Modalità alternative di trasporto ma di minore impiego rispetto a quella descritta in precedenza sono fondamentalmente due:

- l'incapsulamento diretto del TS in UDP, come definito da DVB, [18], vantaggioso in ambienti di rete con garanzie sulla qualità di trasporto, tipicamente reti managed;
- l'incapsulamento indipendente degli Elementary Stream (ES) associati a un servizio (ovvero audio, video, dati, ecc.) in RTP (che consente la sincronizzazione reciproca), come previsto dal DVB in [30] o dal 3GPP con l'uso dello strato IMS. La

pacchettizzazione avviene secondo le opportune RFC dell'IETF relative ai diversi tipi di codifica.

In Tabella 1-2 è riportato un quadro riassuntivo delle principali modalità di trasporto previste dai differenti organismi internazionali.

Nel caso dell'OIPF, che è l'unico organismo che, fino ad ora, si è occupato di servizi di televisione su Open Internet, viene riportato solo il caso di reti managed, anche se tale organismo definisce alcune modalità di trasporto alternative, tipiche dell'ambiente Internet, basate ad esempio sul protocollo HTTP.

Modalità di trasporto	Definizione	Enti di Normativa								
		OIPF	DVB	ETSI		ITU-T			ATIS	
				NGN con sotto sistema	NGN con IMS	Rete tradiz.	NGN	NGN con IMS	NGN	NGN con IMS
TS su RTP	DVB / SMPTE / IETF	X	X	X	X	X			X	
TS su UDP	DVB		X per reti managed							
ES su RTP	DVB / 3GPP / IETF		X		X					

Tabella 1-2: Modalità di trasporto per servizi di televisione su IP di tipo lineare o VoD definiti dai diversi organismi internazionali

Per i servizi di download invece, l'elemento chiave è il formato del file in cui l'informazione del servizio è memorizzata e trasferita all'utente. Non esiste un formato universalmente utilizzato ma un insieme, seppur ridotto, di formati previsti dai differenti organismi. I formati più comuni sono:

- MPEG-2 Transport Stream file format, costituito da uno spezzone di flusso TS MPEG-2 (costituito da un numero intero di pacchetti TS contigui), definito da DVB in [18],
- DVB File format definito dal DVB in [226];
- MP4 definito in [21], sulla base di ISO Base Media, [20].

I primi due sono utilizzati da DVB mentre l'ultimo da OIPF.

Per i protocolli utilizzati nei servizi di download oltre agli usuali protocolli Internet quali FTP (su TCP/IP) o TFTP (su UDP/IP) particolare rilevanza assume il FLUTE (File Delivery over Unidirectional Transport) basato su UDP/IP per il trasferimento unidirezionale di file e che, seppur utilizzabile anche in ambiente unicast, costituisce la modalità primaria di trasferimento di file in ambiente multicast.

1.5 Domini logici

Tradizionalmente, nell'ingegneria dei sistemi ITC, l'architettura di un servizio multimediale viene definita in termini di componenti e interfacce tra i componenti stessi.

Seguendo questa metodologia, per realizzare un servizio di diffusione televisiva su IP (in grado di soddisfare requisiti identificati) è necessaria la cooperazione tra diversi sistemi indipendenti. Questi possono far capo ad ambiti di responsabilità differenti dei diversi attori coinvolti nella fornitura del servizio.

Sulla base di tali considerazioni tutti gli organismi che si occupano della definizione di sistemi di televisione su IP, propedeuticamente alla specifica delle architetture, definiscono i cosiddetti "domini".

Ciascun dominio è costituito da un sistema indipendente che opera le funzioni che corrispondono al ruolo (cioè all'ambito di responsabilità) svolto da un singolo attore coinvolto nella fornitura del servizio.

I domini definiti dai differenti organismi sono spesso simili in termini di funzionalità, tuttavia esiste una non uniformità nella nomenclatura ed in alcuni casi anche nella definizione funzionale.

Nella Tabella 1-3 sono riportati, con la relativa nomenclatura, i domini definiti da ciascuno degli organismi considerati (OIPF, DVB, ETSI, ITU-T, ATIS), organizzati in modo che su ciascuna colonna siano riportati domini simili da un punto di vista del ruolo dell'attore corrispondente e delle relative funzionalità.

Dalla Tabella 1-3 appare che, a parte leggeri disallineamenti sulla nomenclatura, la decomposizione funzionale in domini operata dai differenti organismi è sostanzialmente analoga. L'unica differenza rimarchevole che si evince è l'ulteriore suddivisione del dominio Service Provider operata da OIPF e ETSI, che evidenzia la possibile distinzione tra i ruoli dell'entità che offre il servizio di IPTV da quella che fornisce la piattaforma di servizio, che nel caso dell'ETSI è integrata nell'NGN.

Sulla base di tali definizioni, nella fornitura di un servizio di televisione su IP è possibile quindi identificare al più cinque possibili ruoli distinti:

- Content Provider: è l'entità che possiede e vende (o ha licenza di vendere) i contenuti o gli asset sui contenuti.
- IPTV Service Provider, il quale fornisce i servizi IPTV al Consumer Domain. Il Service Provider acquisisce le licenze dei contenuti dal Content Provider; il Service

Provider pertanto non è trasparente alle applicazioni ed ai contenuti.

- Platform Provider, il quale fornisce servizi comuni (ad esempio l'autenticazione degli utenti, la tariffazione, ecc.), oppure servizi aggiuntivi all'IPTV Service Provider. L'ETSI introduce al posto del Platform Provider l'NGN Service Provider con funzionalità analoghe, fornite tramite tecnologia NGN. (I due ruoli precedenti corrispondono più in generale al Service Provider che ha la funzione di fornire servizi di telecomunicazione a clienti utilizzatori. Può essere o meno un operatore di rete).
- Network Provider: è l'organizzazione che fornisce e gestisce i componenti di rete richiesti per le funzionalità IPTV. Connette gli utenti al Service Provider (ed al Platform Provider). Il Network Provider Domain include la rete d'accesso e la rete core (o backbone).
- Consumer: è l'entità che fruisce dei servizi IPTV; potrebbe essere una persona o un'organizzazione o un sistema di telecomunicazioni che ha l'accesso alla rete per comunicare attraverso i servizi forniti dalla rete stessa. Può consistere in un singolo terminale o in una rete di terminali dotati delle capacità di ricevere, decodificare e presentare i servizi all'utente. I terminali inoltre possono essere sia fissi che mobili.

L'ATIS, a differenza degli altri organismi, fornisce una ulteriore suddivisione esplicita di ciascun dominio (eccetto il Content Provider) in sottodomini secondo lo schema riportato in Figura 7-2 di § 7.1.2 e ciascun blocco funzionale definito a livello architetturale corrisponde esplicitamente ad uno specifico dominio.

Nelle architetture definite dagli altri organismi invece questa corrispondenza univoca è assente nel senso che la suddivisione funzionale delle architetture non mantiene la medesima distinzione tra domini. Esempio evidente è la suddivisione funzionale operata dall'ITU-T nella quale si perde la divisione tra Service Provider e Network Provider in quanto ad essi corrispondono più unità funzionali non completamente incluse nell'uno o nell'altro dominio (cfr. Figura 6-2 di § 6.2.2).

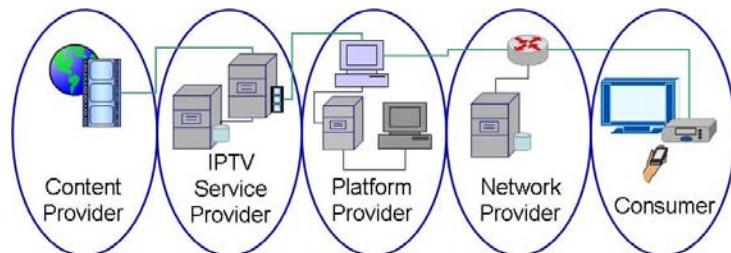


Figura 1-1: Ruoli e domini relativi ai servizi televisivi su IP

Domini					
OIPF	Content Provider	IPTV Service Provider	Service Platform Provider	Network Provider	Consumer
DVB	Content Provider	Service Provider		Delivery Network	Home
ETSI	Content	Service		Transport	Consumer
		IPTV Service Provider	NGN Service Provider		
ITU-T	Content Provider	Service Provider		Network Provider	End-user
ATIS	Content Provider	Service Provider		Network Provider	Consumer

Tabella 1-3: Domini relativi al servizio di televisione su IP definiti dai diversi organismi internazionali

1.6 Service Discovery & Selection

Continuando nella descrizione delle componenti architettureali della televisione su Internet, un ruolo di primo piano è giocato dai sistemi di “Service Discovery & Selection”. Sotto questa terminologia ricadono le procedure che consentono al terminale d’utente di:

- ottenere, dai sistemi preposti nella rete, le informazioni relative alla descrizione sia dei differenti Service Provider disponibili, sia dei differenti servizi offerti da ciascuno di essi;
- effettuare sulla base delle informazioni ricevute e presentate all’utente in forma di BCG (Broadband Content Guide), l’attivazione (selezione) del servizio prescelto dall’utente.

L’insieme di tali procedure rappresenta uno degli elementi chiave per la fruibilità dei servizi di diffusione televisiva su IP e nello stesso tempo uno degli aspetti fondamentali per caratterizzare la compatibilità o meno delle diverse soluzioni architettureali definite o in corso di definizione.

La standardizzazione di un sistema di Service Discovery & Selection (SD&S) di supporto ai servizi suddetti implica la definizione di:

- una serie di procedure di alto livello, articolate in fasi temporali distinte, che prevedono il colloquio tra il

terminale d'utente e gli opportuni elementi di rete per l'identificazione e la selezione del servizio;

- la sintassi e la semantica delle informazioni che descrivono i Service Provider e i servizi;
- i protocolli di controllo e di trasferimento delle suddette informazioni nelle differenti fasi in cui si articolano le procedure definite.

Nella Figura 1-2 sono riportate le fasi tipiche del processo di Service Discovery e relativi esempi di tecnologie di rete (IETF) tramite le quali possono essere implementate.

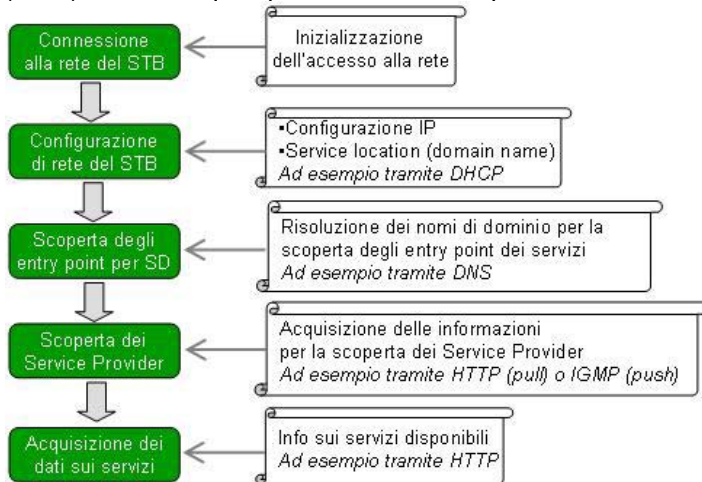


Figura 1-2: Fasi tipiche del processo di Service Discovery (SD)

La fase di service selection, che segue la fase di service discovery, consiste nella scelta di un servizio da parte dell'utente finale.

Il DVB è stato il primo ente che ha affrontato la problematica in questione e che ha fornito una soluzione operativa (descritta in § 3.2).

A seguire, gli altri organismi interessati hanno definito soluzioni più o meno alternative (e più o meno incompatibili) con quella proposta dal DVB.

In particolare, ETSI TISPAN, nella sua architettura basata su NGN con sottosistema dedicato all'IPTV, prevede l'uso della tecnologia SD&S del DVB (cfr. § 5.6.3). Differenti invece sono le procedure di SD&S previste nel caso dell'architettura basata su NGN ed IMS (cfr. § 5.6.2).

Per quanto riguarda le procedure di Service Discovery definite da OIPF, queste si articolano in tre fasi che risultano coerenti con quanto previsto dalla soluzione DVB.

Inoltre le informazioni di scoperta sono basate sugli stessi record del DVB e questo sia per piattaforme managed che per piattaforme unmanaged.

Per quanto riguarda invece la relazione delle soluzioni SD&S definite da ITU-T, [114], e ATIS, [221], con quella proposta da DVB, un confronto riguardante i tipi e la semantica delle informazioni descrittive (record XML) dei

Service Provider e dei servizi è riportato in uno degli annessi al documento [114].

Dall'analisi delle tabelle comparative risulta che gli approcci di ITU-T e di ATIS sono simili ma non compatibili con il DVB, in particolar modo quello di ATIS.

Anche per quanto riguarda i protocolli utilizzati per il trasferimento delle informazioni di descrizione, la compatibilità non è assicurata. In particolare i sistemi SD&S più recenti (di ATIS e ITU-T) tendono ad utilizzare esclusivamente protocolli IETF, escludendo pertanto l'impiego del protocollo DVBSTP definito dal DVB per il trasporto delle informazioni SD&S in ambiente multicast (cfr. § 3.2.3).

Per quanto riguarda poi le architetture basate su NGN e IMS la specifica delle procedure SD&S fa riferimento alle funzionalità messe a disposizione dai differenti strati architetture.

In conclusione, data una piattaforma (managed, unmanaged o NGN) sono definiti sistemi di SD&S differenti. Tuttavia eventuali criticità non sarebbero da ricercare nella diversità dei sistemi SD&S, che possono anche convivere in rete e sul terminale senza eccessivi problemi, ma nella diversità delle piattaforme che, specie nel caso NGN prevedono architetture differenti.

1.7 Terminale d'utente

Nell'ambito della definizione di tutte le architetture di servizio, assume rilevanza particolare la struttura funzionale del terminale d'utente, identificato con differenti acronimi:

- OITF (Open IPTV Terminal Function), in OIPF;
- HNED (Home Network End Device) in DVB;
- UE (User Equipment) in ETSI TISPAN;
- ITF (IPTV Terminal Functions) in ITU e ATIS.

Il terminale d'utente è spesso collocato, insieme ad altri apparati, ad una rete locale in ambito domestico, spesso identificata con il termine Home Network, a sua volta opportunamente connessa alla rete d'accesso; è previsto anche il collegamento diretto all'interfaccia verso la rete d'accesso.

Le architetture delle Home Network sono specificate da organismi, quali DLNA, che fanno capo principalmente ad aziende manifatturiere della Consumer Electronics e a tali normative si riferiscono i differenti approcci architetture dell'IPTV.

Per quanto riguarda più strettamente le funzioni fondamentali di cui un terminale IPTV deve essere dotato si può fare riferimento, senza perdita di generalità, alla rappresentazione fornita da ITU-T [139], riportata in Figura 1-3.

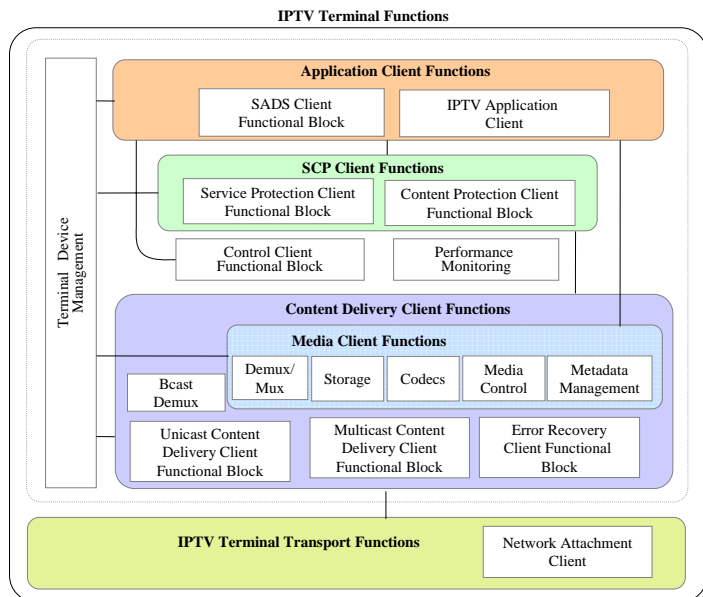


Figura 1-3: Principali blocchi funzionali di un terminale IPTV

Con riferimento a tale figura si possono individuare cinque gruppi funzionali principali relativi a:

- trasporto, che include funzioni tipiche di rete come l'implementazione dei protocolli necessari nelle diverse fasi di comunicazione previste;

- gestione della consegna dei contenuti, in cui sono previste differenti funzioni sui media costituenti il servizio anche in relazione alla loro gestione per il trasferimento in rete (tramite unicast o multicast ed eventualmente con aggiunta di FEC);
- protezione di servizi e contenuti (Service and Content Protection, SCP), in cui rientrano le operazioni di gestione del sistema DRM previsto e quindi anche la decifrazione del contenuto;
- applicazioni, a cui fanno capo oltre ai client dei servizi anche tutta una serie di applicazioni di supporto tra le quali le più significative sono quelle per la costruzione delle guide elettroniche ai programmi (Service and Application Discovery and Selection, SADS);
- gestione del terminale, in cui possono rientrare sia le procedure di controllo e gestione del terminale di carattere generale, sia quelle relative alla gestione remota del terminale tra cui l'aggiornamento del firmware.

Le funzioni di presentazione (audio e video), l'interfaccia utente-terminale (telecomando o simili), e ad altre possibili funzionalità aggiuntive sono considerate esterne alla struttura illustrata in Figura 1-3 e in base a ciò sono definite in [139], in maniera astratta (indipendentemente cioè dalla realizzazione fisica), specifiche interfacce.

L'elenco precedente si riferisce a raggruppamenti funzionali di carattere generale che si ritrovano pertanto, eventualmente con terminologia leggermente variata, nell'ambito di tutte le architetture di servizi di diffusione televisiva su IP definite o in corso di definizione.

Ciò che può differenziare i differenti approcci è l'implementazione delle suddette funzionalità anche in relazione alla piattaforma di rete per la quale il terminale è progettato. È ovvio infatti che, ad esempio nel caso di infrastruttura NGN o in quello di specifiche reti di tipo managed, il terminale dovrà essere conforme ai relativi protocolli sia per l'interfaccia di rete sia per i servizi applicativi supportati.

1.8 Qualità del Servizio

Uno degli elementi principali per l'affermazione di un servizio di diffusione televisiva su rete IP è il raggiungimento di un livello di qualità percepita dall'utente (Quality of Experience – QoE) che possa esser paragonabile a quello proprio delle altre piattaforme di diffusione della TV digitale.

A tal fine i requisiti a cui si fa riferimento sono usualmente espressi in termini di al più un artefatto visibile ogni ora di trasmissione per servizi a definizione standard (SD) e uno ogni quattro ore per servizi ad alta definizione (HD). Per le risoluzioni ed i bitrate necessari ai servizi SD ed HD si faccia riferimento al precedente paragrafo sulle codifiche di sorgente.

È altresì noto che l'infrastruttura di trasporto considerata non è stata progettata in vista del supporto di servizi con requisiti di isocronismo e affidabilità di trasferimento dell'informazione, che sono invece requisiti fondamentali per la diffusione di contenuti audio/video.

Risulta quindi che il raggiungimento dei suddetti livelli di qualità si scontra con la natura stessa dell'infrastruttura considerata, diventando fattore primario nella progettazione delle architetture di servizio ed aspetto caratterizzante dello stesso.

Le deficienze del trasporto dell'informazione associata ad un servizio televisivo hanno un peso differente sulla qualità del servizio in funzione del particolare tipo di informazione associata al servizio e compromessa nel trasferimento in rete.

In generale, i parametri critici che caratterizzano la qualità del trasporto in una rete IP sono la latenza (ritardo end-to-end) il jitter (variazione istantanea del ritardo) e la perdita di pacchetti.

Per servizi televisivi, valori ragionevoli di jitter e di latenza non sono problematici per la presenza di buffer nel ricevitore. La dimensione del buffer viene fissata in maniera tale da essere compatibile con le prestazioni della rete e con i decodificatori video. Naturalmente il buffer non risolve (anzi aggrava) il ritardo presente tra la messa in onda del programma e la visione da parte dell'utente, ma almeno risolve i problemi di decodifica e presentazione dell'informazione.

Gli stream audio/video invece sono molto sensibili alla perdita di pacchetti, fenomeno questo tipico delle reti IP causato prevalentemente da:

- lo scarto di pacchetti (shaping) operato dai router in congestione;

- problemi di guasto delle linee o dei router e conseguente re-instradamento dei pacchetti;
- l'insufficiente rapporto segnale rumore sui mezzi trasmissivi e segnatamente sulla tratta di accesso (doppino telefonico) dell'utente;

il possibile scarto di pacchetti operato dai ricevitori nei decodificatori degli stream elementari, ricevendo in ingresso flussi deteriorati, riscontrano difficoltà nell'operare correttamente su di essi, con conseguente degrado della qualità del servizio.

La minimizzazione dell'entità dei pacchetti persi, intervenendo sia sui differenti fenomeni che ne sono causa sia con meccanismi di recupero a monte della decodifica, costituisce quindi il principale obiettivo nella progettazione di un trasporto affidabile per servizi televisivi.

L'uso di piattaforme di tipo managed facilita ovviamente il raggiungimento dei livelli di qualità richiesti, in quanto in tali tipologie di reti sono previsti meccanismi di controllo e gestione del traffico che consentono di ottimizzare il trasporto in rete delle informazioni associate a ciascun servizio. Questo è il caso tipico dei servizi IPTV su reti IP di proprietà degli operatori di TLC.

Differente situazione si ha nel caso di servizi su reti IP unmanaged, quale l'Open Internet, in cui il traffico è gestito

con approccio “best effort”. In tal caso, per raggiungere gli obiettivi di qualità prefissati non è possibile basarsi su meccanismi di rete.

Si deve, in questi casi, ricorrere ad una serie di tecniche a livello applicativo operanti end-to-end tra la sorgente del servizio e il terminale d'utente, che contrastino il deterioramento del servizio recuperando, ove possibile, le deficienze del trasferimento. Ci si riferisce in tal caso a tecniche di recupero o di correzione degli errori.

In piattaforme managed l'uso combinato di tutte le tecniche suddette, di cui si darà un cenno nei paragrafi seguenti, consente generalmente di raggiungere per i servizi televisivi su IP requisiti di qualità di servizio molto stringenti, con una QoE simile a quella tipica delle altre piattaforme di diffusione televisiva (satellitare, terrestre).

Infine in tutte le piattaforme il terminale d'utente opera in proprio (come post-processing) le tecniche di mascheramento degli errori di cui si è detto a proposito delle codifiche di sorgente.

1.8.1 Tecniche di rete

Una prima tecnica, valida per tutte le piattaforme, consiste nella locazione geograficamente distribuita e prossima ai bacini d'utenza dei server dei contenuti, questo minimizza il

traffico in rete e contribuisce significativamente al raggiungimento degli obiettivi di qualità prefissati.

Nelle reti managed, inoltre, risulta possibile prevedere opportuni meccanismi di gestione delle risorse e prescegliere delle configurazioni architetture del servizio.

I meccanismi in questione consentono di amministrare le risorse di trasporto disponibili, facendo sì che i pacchetti del servizio a cui deve essere garantita una determinata QoS ottengano un trattamento privilegiato rispetto agli altri; questo metodo ricade sotto la terminologia molto generale di “prioritizzazione del traffico”.

Ne consegue che per fornire “priorità” ad un determinato traffico, i relativi pacchetti devono essere opportunamente identificati.

La gestione del traffico con priorità associato ai diversi servizi fa riferimento a due possibili approcci:

- Integrated Services (IntServ) che prevede la preventiva prenotazione delle risorse di rete richieste dal servizio;
- Differentiated Services (DiffServ) che prevede, all'interno della rete, il trattamento differenziato del traffico associato a servizi differenti.

Questa seconda metodologia è spesso utilizzata congiuntamente all'impiego del protocollo MPLS che consente l'allocazione garantita, lungo il percorso di rete,

delle risorse trasmissive necessarie per il soddisfacimento dei requisiti di QoS del servizio.

DVB, [18], e ATIS, [142], prevedono esplicitamente l'uso della tecnica DiffServ quale tecnica di rete su cui basare la QoS di una rete managed per servizi di diffusione televisiva. OIPF, pur facendo riferimento ad architetture di rete tradizionali (non NGN) prevede, nell'architettura funzionale relativa a piattaforme managed, uno specifico blocco (RAC – Resource and Admission Control) che, interagendo con altri blocchi architetture (tipicamente le funzioni di trasporto) si occupa della gestione della QoS. Tuttavia, come nel caso di architetture su NGN, non sono specificate le tecniche di rete utilizzate allo scopo.

In ITU-T, infine, è in corso di definizione una Raccomandazione su “Traffic management mechanisms and capabilities for the support of IPTV services”, [229], che si presume preveda anch'essa l'uso di DiffServ.

Per quanto riguarda invece le architetture basate su NGN, si ricorda che la tecnologia di trasporto prevista per tale tipo di reti è di tipo IP con gestione della QoS. Tuttavia le normative, che fanno riferimento a tale infrastruttura di rete per il supporto di servizi televisivi, fanno generalmente riferimento solamente alle funzionalità di trasferimento ad

alto livello offerte dall'NGN, senza specificare le modalità di gestione della QoS nello strato di trasporto demandata alle relative specifiche.

1.8.2 Tecniche end-to-end

Si tratta di tecniche che operano tra trasmettitore e ricevitore senza nessun intervento a livello di rete che in tal caso si comporta in maniera trasparente.

Tali meccanismi sono gli unici utilizzabili in piattaforme unmanaged quali Open Internet, in cui non è pensabile introdurre meccanismi di gestione del traffico e le opzioni architetture di sistema risultano limitate.

Ciò non toglie che sia possibile utilizzare tali meccanismi anche in reti managed congiuntamente alle strategie di rete, per raggiungere requisiti di qualità di servizio molto stringenti.

Si tratta di tecniche di recupero degli errori (perdite di pacchetti) basate sulla correzione degli errori tramite FEC (Forward Error Correction) o ritrasmissione dei pacchetti errati o mancanti.

In tale ambito si assiste ad una convergenza, esplicita o implicita, da parte di tutti gli organismi internazionali di normativa verso l'approccio che il DVB ha introdotto, negli

annessi al documento [18], basandosi sul supporto di campagne di simulazione piuttosto estese.

Tale approccio definisce due tecniche di base, una per il recupero degli errori tramite FEC ed una per la ritrasmissione.

In particolare la prima prevede l'uso congiunto di due FEC, il primo di origine SMPTE ([61]) in una delle sue varianti più semplici, il secondo un Raptor simile a quello usato in UMTS ([62]). Entrambe le tecniche generano, a partire dai pacchetti IP originali, uno o più flussi di pacchetti IP aggiuntivi (“di riparazione”) contenenti informazioni utilizzabili dal ricevitore per l'eventuale rigenerazione di pacchetti persi.

Ovviamente il prezzo che si paga con l'impiego di tale tecnica è quello di un incremento della banda necessaria per la trasmissione dei pacchetti “di riparazione” e della latenza introdotta dal processo di codifica/decodifica FEC.

D'altra parte, essendo i pacchetti “di riparazione” aggiuntivi al flusso originale, il metodo risulta compatibile con ricevitori non dotati della capacità di correzione.