



Il digitale terrestre di seconda generazione

Andrea Bertella, Vittoria Mignone, Bruno Sacco, Mirto Tabone
Rai - Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica
Torino

1. DIMOSTRAZIONE DEL DVB-T2 IN OCCASIONE DEL PRIX ITALIA

Fra le dimostrazioni realizzate per degli 80 anni del Centro Ricerche, in occasione del Prix Italia a Torino, quella relativa al sistema DVB-T2 presenta le principali caratteristiche del nuovo standard per la diffusione digitale su canale terrestre e in particolare:

- ❑ la maggiore capacità derivata dalla nuova modulazione digitale DVB-T2, per cui il canale trasmissivo è in grado di convogliare quattro programmi HDTV anziché i due che rappresentano la capacità del sistema DVB-T.
- ❑ La possibilità di utilizzare gli impianti di antenna domestici esistenti e l'attuale infrastruttura di trasmettitori.
- ❑ La possibilità di utilizzare il DVB-T2 per trasmettere un segnale 4K (3840X2160), ovvero un programma con quattro volte la risoluzione dell'alta definizione.

La dimostrazione al Prix Italia è il seguito di due importanti eventi riguardanti il digitale terrestre di seconda generazione che si sono svolti nei laboratori del Centro Ricerche della Rai: la prima trasmissione DVB-T2 in Italia e la "Plug-Fest".

Sommario

Lo standard DVB-T2 è nato in ambito DVB nel 2008 sulla scia del successo dello standard di diffusione satellitare DVB-S2, con l'obiettivo di portare all'utente i servizi in Alta Definizione (HDTV) con un uso ottimizzato della risorsa spettrale. In pratica in un canale terrestre da 8 MHz si potrà trasmettere un multiplex DVB-T2 contenente 4 programmi in HD. Il DVB-T2 ha prestazioni vicine all'ottimo teorico, e offre un incremento di capacità trasmissiva a parità di banda occupata che può andare oltre il 50%. Per questo motivo il DVB-T2 è la soluzione ideale per l'introduzione della televisione ad alta definizione, che può sostituire quella tradizionale senza quasi provocare decremento del numero programmi attualmente diffusi. Il passaggio al DVB-T2 non comporterà modifiche nei siti trasmettenti e nelle antenne riceventi a casa dell'utente, ma richiederà la sostituzione dei ricevitori che, con l'occasione, potrebbero adeguarsi alla ricezione della TV ad alta definizione, comunque non possibile nella maggioranza dei decoder attuali a standard DVB-T. Il percorso di ricerca e sviluppo che ha portato alla definizione di questo nuovo standard è stato seguito per la Rai dal Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica (CRIT). Le tappe significative della storia del DVB-T2 in Italia sono state la prima diffusione sul territorio italiano di un multiplex DVB-T2 (19 novembre 2008) e la Plug Fest (Febbraio-Marzo 2009), evento al quale hanno partecipato molti dei costruttori degli apparati di trasmissione e ricezione a standard DVB-T2. La storia del DVB-T2 si arricchisce con la dimostrazione al Prix Italia di un nuovo e importante tassello che certamente favorirà la sua divulgazione presso un pubblico ampio che potrà così apprezzarne gli straordinari contenuti tecnici e gli enormi vantaggi rispetto alla prima generazione del digitale terrestre.



1.1 LA PRIMA TRASMISSIONE DVB-T2 IN ITALIA

Dal Novembre 2008 è partita la prima diffusione sul territorio italiano di un multiplex DVB-T2. Per la Rai l'iniziativa è stata condotta da Strategie Tecnologiche con il Centro Ricerche, in collaborazione con RaiWay S.p.A.

Il Centro Ricerche ha partecipato attivamente alla definizione di questo nuovo standard.

La trasmissione è effettuata dal sito trasmittente Rai Way di Torino Eremo utilizzando il canale UHF 29 in polarizzazione verticale (figura 1). Il modulatore e il trasmettitore sono stati sviluppati e realizzati dalla azienda italiana Screen Service. La configurazione di trasmissione correntemente utilizzata prevede costellazione 256QAM, FEC 3/5, FFT 32k, intervallo di guardia 1/128, con bit rate utile di circa 36Mbit/s. La potenza di apparato del trasmettitore è pari a circa

200W: questa potenza e lo schema di modulazione adottato permettono di coprire gran parte dell'area urbana della città di Torino e alcuni comuni limitrofi nella periferia nord.

La capacità trasmissiva disponibile viene impiegata per trasmettere 4 programmi in alta definizione che nell'attuale fase di test comprendono un evento sportivo (Olimpiadi di Torino 2006), un programma culturale (l'opera lirica "Aida" che ha inaugurato la stagione alla Scala nel dicembre 2006), una fiction ("Gente di mare", fiction girata in alta definizione) e un programma musicale (il concerto di Bruce Springsteen durante il Super Bowl 2009).

Il flusso Transport Stream viene inviato dal Centro Ricerche al Centro Trasmittente RaiWay di Torino Eremo per mezzo di un ponte radio digitale SDH.



Fig. 1 - Torino, 19 novembre 2008. accensione del DVB-T2 al trasmettitore RaiWay dell'Eremo.



In figura 2 è riportata un'immagine relativa alla conferenza stampa in cui è stata data notizia della trasmissione DVB-T2 sul territorio della città di Torino. In questa occasione uno dei programmi è stato sostituito con la ripresa live della sala in cui si è tenuta la conferenza stampa.

Il segnale DVB-T2 è monitorato mediante un apparato Screen Service che permette di analizzare la qualità della trasmissione per mezzo del Modulation Error Ratio (MER) e di visualizzare la costellazione. Una schermata del software di analisi è riportato in figura 3.

Il ricevitore utilizzato per le prime trasmissioni DVB-T2 è stato sviluppato dalla ditta spagnola SIDSA.

1.2 LA PLUG-FEST

Nel mese di Febbraio 2009 si è svolta presso il Centro Ricerche un'importante manifestazione denominata Plug-Fest con lo scopo di interconnettere modulatori e demodulatori DVB-T2 di diversi costruttori al fine di verificare

l'interoperabilità degli apparati in diversi modi previsti dallo standard.

All'evento hanno partecipato molti dei costruttori degli apparati di trasmissione e ricezione a standard DVB-T2: BBC, DekTec, Enensys, Panasonic, Rohde &

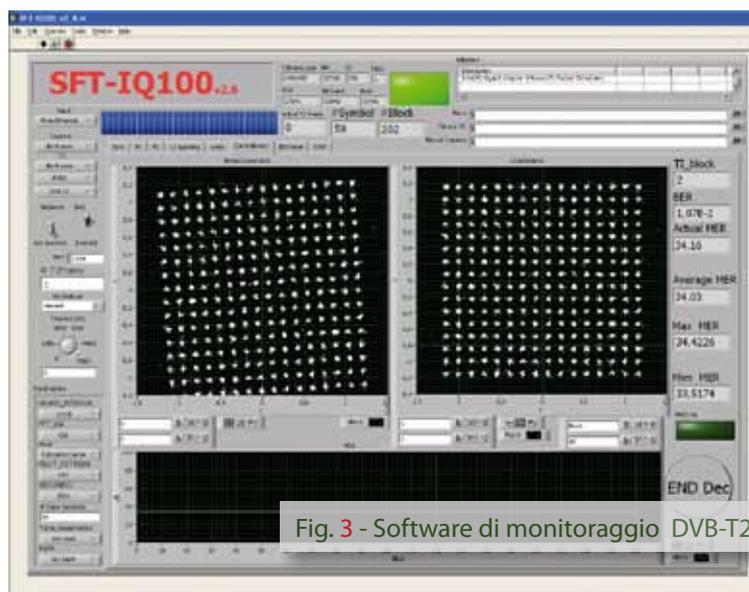


Fig. 3 - Software di monitoraggio DVB-T2.

Fig. 2 - Torino, 16 dicembre 2008.

Il direttore del Centro Ricerche Alberto Morello (a destra) illustra le caratteristiche del nuovo sistema DVB-T2 ai professionisti del settore.





Schwarz, SIDSA, Sony, Screen Service e TeamCast (figura 4).

I modulatori forniti dai partecipanti erano nella maggior parte dei casi dei prodotti ormai pronti per essere introdotti sul mercato mentre i ricevitori erano tutti dei prototipi in attesa della realizzazione del chip prevista per il IV quadrimestre del 2009. I primi ricevitori DVB-T2 commerciali sono attesi per la fine dell'anno.

Il Centro Ricerche ha messo a disposizione i laboratori la strumentazione, e la pluridecennale esperienza dei suoi tecnici sulle tecniche digitali e RF.

La manifestazione si è rivelata un grande successo, sia in termini di partecipazione, a dimostrazione dell'interesse dell'industria nei confronti del DVB-T2, sia di risultati ottenuti, dimostrando un ottimo livello di interoperabilità tra i diversi modulatori e

demodulatori, in un elevato numero di configurazioni. Più in dettaglio, si è verificato il raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- ✓ Ottimo livello di interoperabilità tra i diversi modulatori e demodulatori nelle configurazioni con singolo flusso di ingresso TS (Transport Stream), per oltre 50 differenti modi testati, con differenti parametri di modulazione (costellazione - incluse le nuove costellazioni ruotate introdotte per la prima volta nel DVB-T2 - FEC, FFT, intervallo di guardia);
- ✓ Buon livello di interoperabilità su un limitato numero di modi nelle configurazioni con flussi di ingresso multipli, con doppio segnale in trasmissione (MISO) e in modalità FEF, che aggiunge spazio nella trama del segnale in trasmissione per future nuove tecniche;
- ✓ Test preliminari di prototipi di T2 Gateway condotti con successo



Fig. 4 - Torino, febbraio 2009. Plug Fest nei laboratori del Centro Ricerche



Non è invece stata analizzata l'interoperabilità in presenza della tecnica PAPR di correzione dell'involuppo del segnale in trasmissione, in quanto non ancora implementata nei dispositivi presenti alla Plug Fest

1.3 IN OCCASIONE DEGLI 80 ANNI DEL CENTRO RICERCHE

La dimostrazione in occasione del Prix Italia a Torino prevede la trasmissione del segnale DVB-T2 con il seguente schema di modulazione: costellazione 256QAM, FEC 3/5, FFT 32k, intervallo di guardia 1/128 (bit rate utile di circa 36Mbit/s).

Il ricevitore utilizzato durante questa dimostrazione è quello fornito dalla ditta olandese DekTec: si tratta di una scheda installata a bordo di un PC con relativo software sviluppato dalla medesima ditta.

In figura 5 è riportata una schermata del software.

L'uscita del ricevitore DVB-T2 (IP) viene mandata a 4 decoder H264 la cui uscita in HD-SDI alimenta 4 schermi al plasma che permettono di visualizzare contemporaneamente i programmi, come illustrato in figura 6.

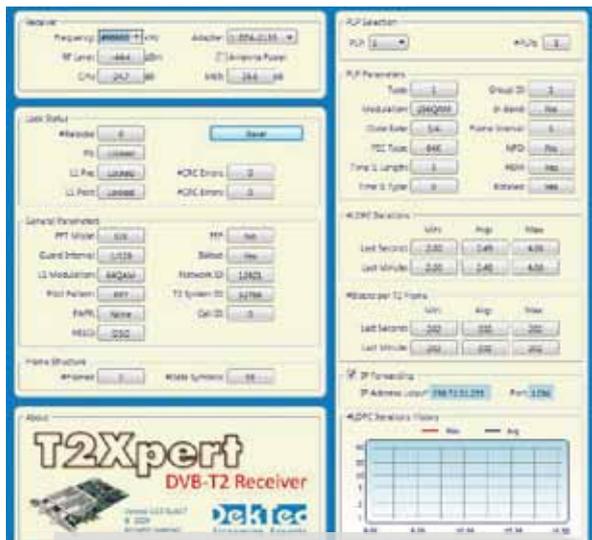


Fig. 5 - Software T2Xpert della ditta Dektec.



Fig. 6 - Grazie al DVB-T2, in un solo canale a radiofrequenza possono essere allocati 4 programmi HDTV, mentre il DVB-T consente la trasmissione, a parità di banda, di soli 2 programmi.





2. OVERVIEW DEL SISTEMA DVB-T2

Grazie all'adozione delle più moderne tecniche di modulazione e codifica di canale il DVB-T2 [1,2] ha prestazioni vicine all'ottimo teorico, e offre tangibili vantaggi in termini di incremento di capacità trasmissiva a parità di banda occupata (+50%), oppure di copertura del territorio a parità di potenza emessa, rispetto al DVB-T [3].

La tecnica di suddivisione dei dati in trame di banda base (BBFRAME) e codifica di canale (FEC) sono le stesse del sistema di seconda generazione satellitare DVB-S2 [4]. Il codice FEC è quindi basato sulla concatenazione tra codici LDPC (Low Density Parity Check) [5] e BCH (Bose Chaudhuri Hocquenghem), tecnica che fornisce prestazioni eccellenti non solo su canali satellitari ma anche in ambiente terrestre.

Le costellazioni sono derivate dal DVB-T (QPSK, 16QAM, 64QAM), con estensione alla 256QAM e introduzione della tecnica delle costellazioni ruotate, per migliorare significativamente le prestazioni del sistema in canali terrestri particolarmente critici.

La tecnica base di modulazione è la modulazione multi portante OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) con intervallo di guardia, analoga al DVB-T, che garantisce un sistema di trasmissione affidabile su canali terrestri, caratterizzati da propagazione multicammino. Il DVB-T2 aumenta la scelta sulla dimensione della FFT (Fast Fourier Transform, procedimento alla base della modulazione OFDM), da 1K (circa 1000) a 32K (circa 32000) portanti (il DVB-T offre due modi soltanto, 2K e 8K), e congiuntamente sono incrementati i

possibili valori degli intervalli di guardia. Tutto ciò per offrire maggiore flessibilità di scelta di configurazione del sistema, in relazione alle caratteristiche della rete di trasmissione, e garantire un'efficienza trasmissiva significativamente più elevata rispetto al DVB-T. A titolo di esempio la figura 7 confronta una possibile configurazione DVB-T2 per una rete a Singola Frequenza (SFN) con il DVB-T: l'intervallo di guardia comporta una perdita di efficienza del 6% con il DVB-T2, a fronte di un 25% del DVB-T.

Il DVB-T2 amplia, rispetto al DVB-T, i possibili segnali per la sincronizzazione e la stima del canale RF (segnali pilota di tipo scattered e di tipo continuo) che possono essere scelti sulla base del particolare ambiente trasmissivo (8 possibili configurazioni di dispersione di celle pilota che possono portare ad un aumento della capacità trasmissiva rispetto al DVB-T fino all'8%).

Per fronteggiare meglio i diversi tipi di degrado del segnale sul canale terrestre, il DVB-T2 introduce quattro livelli di interallacciamento dell'informazione (Bit, Cella, Tempo e Frequenza). L'interleaving temporale offre una profondità di interlacciamento di almeno 70 ms per i servizi a rate più elevati, con l'opzione di poter estendere tale valore senza necessità di incrementare la memoria del ricevitore. Ciò consente di ottenere una maggiore immunità a disturbi di tipo impulsivo e può consentire una migliore ricezione in condizioni di mobilità a velocità elevate.

Il DVB-T2 può trasportare flussi di ingresso singoli o multipli, di tipo Transport Stream o Generico (ad es. IP), ed ogni flusso (PLP, Physical Layer Pipe) può



Fig. 7 - Confronto DVB-T vs DVB-T2 per una rete a singola frequenza. In entrambi i casi l'intervallo di guardia è circa 224 μ s e consente la realizzazione di SFN con distanza tra i trasmettitori di circa 70 km.



essere protetto (FEC e interleaving) in modo differente contro il rumore e le interferenze.

Ciò consente di trasportare servizi dedicati a terminali riceventi di tipo diverso, contemporaneamente, in modo ottimale per ciascuno (figura 8), e di introdurre il "Time Slicing" nello strato fisico, per un risparmio energetico nel ricevitore, che può rimanere acceso solo negli intervalli temporali in cui è presente il servizio di interesse. Nel DVB-T il Time Slicing non è presente, ed è stato introdotto nel DVB-H [6] negli strati superiori, per poter consentire un risparmio di batteria nei terminali d'utente.

Ulteriore sostanziale novità del DVB-T2 è la possibilità di trasmissione con antenne multiple, basata sulla tecnica di Alamouti [7], che consente di migliorare la ricezione grazie alla diversità spaziale offerta dai due trasmettitori (figura 9).

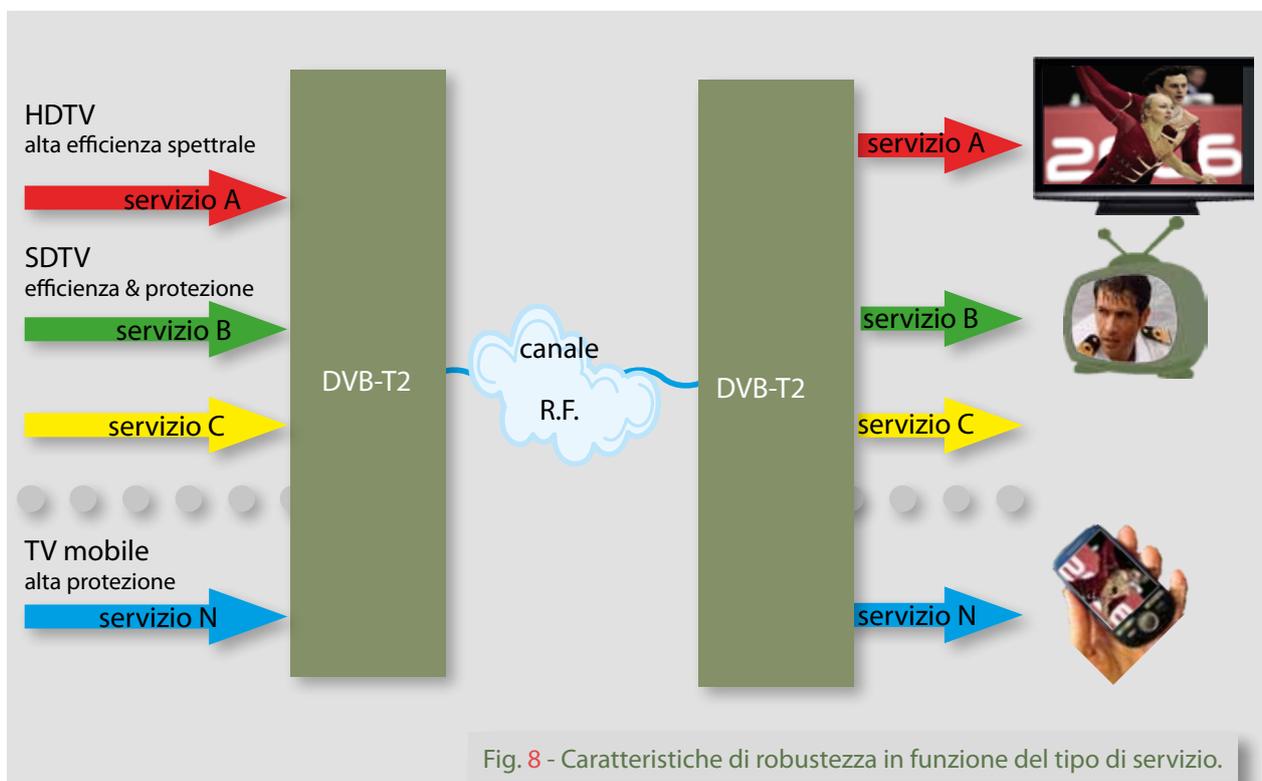
Inoltre, per ridurre il rapporto tra potenza di picco e potenza media del segnale trasmesso (PAPR), tipicamente è molto elevato per segnali di tipo OFDM, il DVB-T2 offre due meccanismi (basati l'uno sulla

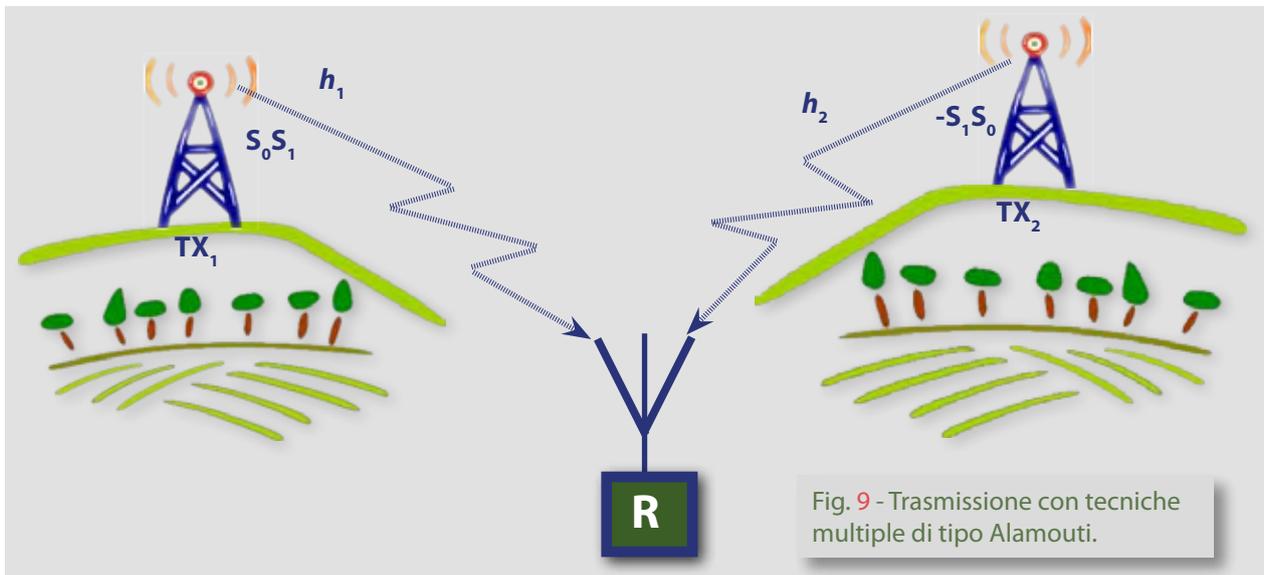
tecnica "Tone Reservation" e l'altro sulla "Active Constellation Extension"), per migliorare lo sfruttamento della potenza dei trasmettitori.

Infine, per poter essere "future proof" il DVB-T2 offre meccanismi (FEF, Future Extension Frame) per permettere in futuro l'introduzione nel sistema di ulteriori tecniche (ad esempio TFS, Time Frequency Slicing), preservandone la compatibilità all'indietro.

L'incremento di capacità trasmissiva si può quantificare in quasi il 50%; con le nuove codifiche di sorgente (MPEG-4 AVC) questo vantaggio diventa schiacciante: il DVB-T2 offre la possibilità di trasportare 4 programmi HD in un canale RF!

I dettagli relativi allo standard DVB-T2 si possono trovare in [8].





BIBLIOGRAFIA

1. "Digital Video Broadcasting (DVB), BlueBook A122: Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)", Giugno 2008.
2. Draft ETSI TR 102 831 V0.8.7 (2008-09): "Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)".
3. ETSI EN 300 744: "Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television", Jan 2001.
4. ETSI EN 302 307 V1.1.2: "Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications", June 2006.
5. R. Gallager: "Low Density Parity Check Codes" – IRE Trans. on Info. Theory, Jan 1962.
6. EN 302 304 V1.1.1. "Digital Video Broadcasting (DVB): Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H)", Nov 2004.
7. Alamouti, S.M., "A simple transmit diversity technique for wireless communications," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol.16, 277 no.8, pp.1451-1458, Oct 1998.
8. V. Mignone, A. Morello, G. Russo, P. Talone, "DVB-T2: la nuova piattaforma di diffusione della TV digitale terrestre", Elettronica e Telecomunicazioni, n. 3, dicembre 2008.