Il DVB-S2X in onda da Torino

Daniele **Airola Gnota**, Andrea **Bertella**, Fulvio **Bonacossa**, Vittoria **Mignone,**
Bruno **Sacco,** Mirto **Tabone** e Michele **Visintin**
Rai - Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica

1. Introduzione

Nel 1993 con il DVB-S, e poi di nuovo nel 2003 con il DVB-S2 [1], gli standard satellitari DVB hanno contribuito alla definizione di una famiglia di standard digitali, rispettivamente di prima e seconda generazione, indirizzando le scelte tecnologiche degli standard DVB per la trasmissione sul canale terrestre e via cavo.

Nel febbraio 2014, a circa 10 anni dalla nascita del sistema DVB-S2, il consorzio DVB ha approvato l'estensione dello standard DVB-S2, indicata con il nome DVB-S2X (*S2 eXtension*) [2], per migliorare le prestazioni nei segmenti di mercato di riferimento del DVB-S2, quali la diffusione televisiva, la contribuzione, le applicazioni DSNG (*Digital Satellite News Gathering*) e la trasmissione di dati per le reti a larga banda, ed espandere il campo di applicazione a mercati ad oggi meno strategici ma in forte espansione, quali il settore mobile (aereo, ferroviario e navale) e quello delle applicazioni professionali tipo VSAT (*Very Small Aperture Terminal*) in regioni caratterizzate da elevate attenuazioni del segnale ricevuto, a causa delle perturbazioni atmosferiche.

Lo standard DVB-S2, ETSI EN 302 307 risulta dunque ora suddiviso in 2 parti, di cui la Parte I, ETSI EN 302 307-1 [3] è normativa e contiene la specifica del DVB-S2 originale, e la Parte II, ETSI EN 302 307-2 [4], è opzionale e definisce il sistema DVB-S2X.

A pochi mesi dalla standardizzazione, i primi apparati a standard DVB-S2X sono già disponibili sul mer-

Nel febbraio 2014 lo steering board del DVB ha approvato una estensione dello standard DVB-S2, denominata DVB-S2X (S2 eXtensions), che è stato pubblicato come Parte II dello standard EN 302 307. La Parte I del medesimo standard contiene ora la specifica del DVB-S2 originale.

Il DVB-S2X offre nuove configurazioni e prestazioni migliorate per gli scenari del DVB-S2 (DTH, broadband e interattività, DSNG e applicazioni professionali, contribuzione e distribuzione TV) ed estende i modi di funzionamento per coprire nuovi mercati emergenti come il settore mobile.

Il 21 ottobre 2014 dal Centro Ricerche Rai di Torino è stata effettuata la prima trasmissione di un segnale a standard DVB-S2X, contenente un flusso di immagini di test in 4k (UHD, Ultra High Definition) codificate utilizzando il nuovo standard di compressione HEVC (High Efficiency Video Coding) .

L'articolo descrive le principali caratteristiche del sistema DVB-S2X e fornisce alcuni dettagli relativi alla trasmissione sperimentale sopra citata.

cato. Ciò ha reso possibile effettuare, il 21 ottobre 2014 dal Centro Ricerche Rai, la prima trasmissione sul satellite Eutelsat 5W di un segnale a standard DVB-S2X. Per l'occasione si è deciso di trasmettere un flusso di immagini di test in 4k, a dimostrare la perfetta sintonia di due nuove tecnologie per la televisione di un futuro molto prossimo.

2. Principali caratteristiche del sistema DVB-S2X

Lo standard DVB-S2X consente di operare in ambiti di interesse consolidati come la diffusione TV (DTH, Direct To Home), le applicazioni interattive a larga banda per l'utenza domestica e professionale, il DSNG e altre applicazioni professionali, la contribuzione e distribuzione TV, la distribuzione dati e di siti internet (Internet Trunking), ma introduce anche nuove configurazioni rivolte a nuove aree di interesse; infatti il nuovo sistema è in grado di funzionare anche in condizioni di rapporto segnale-rumore non convenzionali, ed in particolare in condizioni di:

- *bassissimo rapporto segnale-rumore* (VL-SNR, Very-Low SNR): da -3 fino a -10dB, tipico in regioni caratterizzate da elevate attenuazioni del segnale ricevuto a causa delle perturbazioni atmosferiche, come ad esempio le zone tropicali in particolare per la banda Ka, e dei servizi verso terminali mobili (aerei, treni veloci, navi e simili);
- *altissimo rapporto segnale-rumore* (VH-SNR, Very-High SNR): oltre i 12 dB, per applicazioni professionali ad elevata efficienza spettrale (arrivando ad efficienze spettrali di circa 6 bps/Hz usando una modulazione 256APSK).

Nel seguito vengono riassunti i principali elementi innovativi dello standard DVB-S2X a confronto con il DVB-S2. Per maggiori informazioni sull'uso del sistema nei vari scenari applicativi, è possibile fare riferimento a [5].

2.1 Il livello fisico

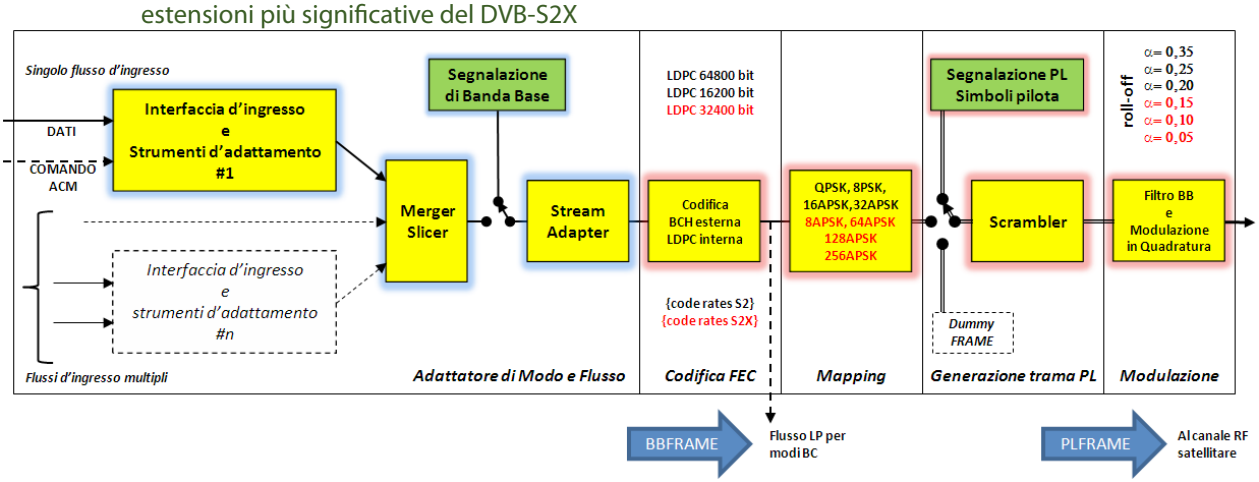
Il nuovo sistema DVB-S2X conserva la stessa architettura generale del DVB-S2 (figura 1), nonché tutte le configurazioni, in modo da garantire la compatibilità con i segnali di tipo DVB-S2, oltre che per una veloce e facile immissione sul mercato.

2.1.1 Nuovi MODCOD

Come per il DVB-S2, anche nel DVB-S2X la trasmissione dati è protetta dalla concatenazione di 2 codici correttori FEC (*Forward Error Correction*), il codice interno LDPC (*Low Density Parity Check*) e il BCH (*Bose Chaudhuri Hocquenghem*) esterno, ed è basata sulle costellazioni APSK (*Amplitude Phase Shift Keying*).

Per quanto riguarda la lunghezza di blocco del codice LDPC, oltre al blocco lungo (64800 bit) e corto

Fig. 1 – Schema a blocchi funzionale del sistema DVB-S2/S2X: sono evidenziate in rosso le estensioni più significative del DVB-S2X



(16200 bit), già presenti nel DVB-S2, per i quali vengono definiti nuovi *code rate*, sono introdotte alcune configurazioni con blocco medio, da 32400 bit.

Oltre alle costellazioni QPSK, 8PSK, 16APSK e 32APSK del DVB-S2, sono state aggiunte nuove configurazioni 8APSK, 16APSK e 32APSK (figura 2), più le nuove 64APSK (figura 3), 128APSK e 256APSK (figura 4) per le applicazioni broadband e professionali, e la $\pi/2$-BPSK, in associazione con uno spreading di un fattore 2 per i rate di codifica più bassi, per i modi VL-SNR.

Alcune di queste configurazioni (indicati nello standard dal suffisso "-L" in cascata al loro nome) sono state specificatamente definite per l'utilizzo su canale lineare e sono utilizzabili ad esempio per trasmissioni in configurazioni multi portante MCPC (Multiple Carrier Per Channel). Il guadagno offerto da questi MODCOD rispetto ai corrispettivi per il canale non-lineare può arrivare anche fino ad 1 dB, per la stessa efficienza spettrale.

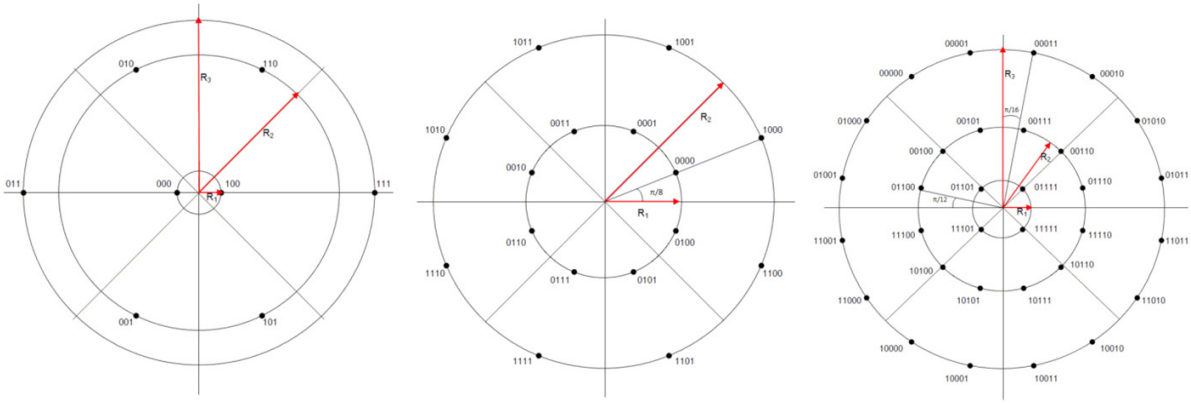


Fig. 2 – esempi di costellazione 8APSK, 16APSK e 32APSK

Fig. 3 – differenti realizzazioni della costellazione 64 APSK

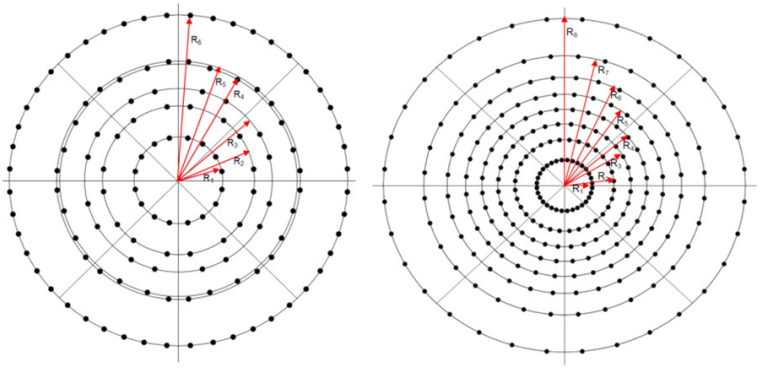


Fig. 4 – esempi di costellazione 128APSK e 256APSK

Le nuove configurazioni di modulazione e rate di codifica (MODCOD) offerte sono pari a circa il doppio rispetto ai modi presenti nel DVB-S2. Ciò consente di ottenere una maggiore granularità nel piano efficienza spettrale/rapporto segnale-rumore, come si può vedere in figura 5, per un modello semplificato di canale non-lineare di tipo Hard Limiter, nell'intervallo di rapporti segnale rumore tipici delle applicazioni broadcast, e figura 6, su canale lineare, per tutto l'intervallo di rapporti segnale-rumore coperti dal DVB-S2X.

2.1.2 Nuovi roll-off più stretti

Per ridurre l'occupazione in frequenza del segnale, e consentire maggiore flessibilità di configurazione del sistema a seconda delle esigenze operative, l'S2X introduce nuovi valori di roll-off più piccoli (15%, 10% e 5%) in aggiunta a quelli già presenti nel DVB-S2 (35%, 25%, 20%).

In [4] è illustrato che il guadagno ottenibile mediante l'uso di roll-off più stretti dipende molto dalla flessibilità dell'operatore satellitare nel poter modificare i vincoli su symbol-rate e maschere di emissione. Se non ci sono vincoli sul symbol-rate utilizzabile, il beneficio offerto dai roll-off più stretti per ottimizzare l'efficienza spettrale di un tipico schema di trasmissione è minimo. Ciononostante, l'utilizzo dei roll-off più stretti può essere utile per il controllo dell'interferenza sui canali adiacenti dovuto all'aumento del symbol-rate.

2.1.3 Il VCM diventa normativo anche per il DTH

L'S2X rende anche normativa la modalità VCM (*Variable Coding and Modulation*) per tutti gli scenari applicativi: nel DVB-S2, per il DTH la modalità normativa era CCM, *Constant Coding and Modulation*, mentre il VCM era opzionale. In questa maniera, variando la configurazione del sistema, e quindi la protezione sul segnale, frame per frame, è possibile utilizzare il giusto compromesso fra robustezza del segnale ed efficienza spettrale, sulla base degli specifici requisiti dei servizi trasmessi.

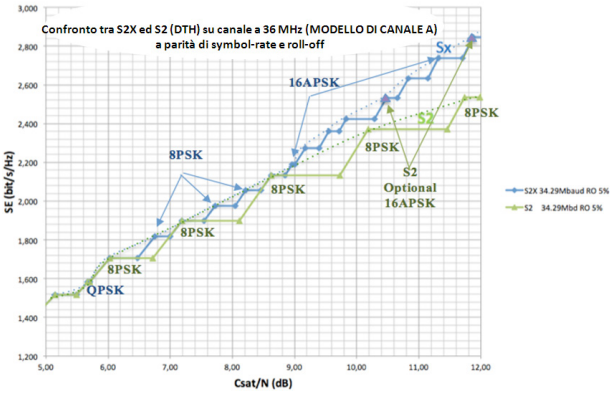


Fig. 5 – Efficienza spettrale di DVB-S2 e DVB-S2X a confronto nell'intervallo di valori di rapporto segnale rumore tipici dei servizi diffusivi DTH. Si noti che è stato selezionato un roll-off del 5% sia per l'S2 che per l'S2X (anche se l'S2 prevede roll-off minimo del 20%).

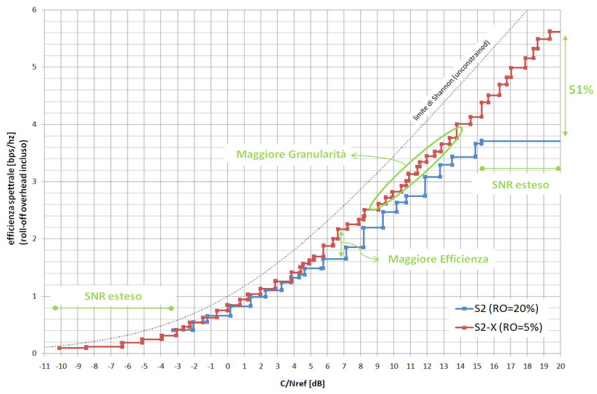


Fig. 6 – Confronto tra DVB-S2 e DVB-S2X nel piano efficienza spettrale verso C/Nref , su canale lineare, per tutte le configurazioni MODCOD di sistema

2.1.4 Il PLHEADER

Come per il DVB-S2, il Frame di livello fisico (PLFRAME) è preceduto da un *Physical Layer Header* (PLHEADER), la cui funzione è quella di trasportare i bit necessari alla sincronizzazione dei dispositivi riceventi con il segnale trasmesso e informazioni aggiuntive come la lunghezza del frame dati, la

presenza di simboli pilota per facilitare la sincronizzazione del ricevitore e lo schema di modulazione e codifica utilizzato; per segnalare i nuovi MODCOD il numero di bit del PLHEADER è stato incrementato da 7 a 8. Inoltre, in associazione ai MODCOD VL-SNR è prevista la trasmissione, in coda al PLHEADER, di un header speciale (VL-SNR Header), in grado di garantire la sincronizzazione su terminali mobili operanti in VL-SNR, oltre che l'identificazione del MODCOD utilizzato.

2.1.5 Le sequenze di scrambling

Per mitigare l'interferenza co-canale, l'S2X affianca 6 nuove sequenze di scrambling alla sequenza del DVB-S2 nelle applicazioni DTH. In alcuni casi specifici, infatti, già oggi si verificano situazioni di elevata interferenza co-canale (CCI, *Co-Channel Interference*), e si prevede che possa diventare sempre più frequente in futuro nelle configurazioni satellitari multi-spot (specialmente in banda Ka).

2.2 I livelli superiori

Anche ai livelli protocollari superiori, il DVB-S2X introduce nuove funzionalità, che consentono di aumentarne la flessibilità e le prestazioni. In particolare, si introduce il concetto di *channel bonding*, per suddividere un grande flusso trasmissivo su più transponder satellitari e l'uso di nuovi protocolli di trasmissione per IP (GSE- *Generic Stream Encapsulator*, GSE-lite).

Infine, il nuovo standard definisce una nuova struttura opzionale di Super-Frame, per permettere in futuro trasmissioni multi-formato capaci di garantire forti guadagni in termini di capacità e flessibilità del sistema e favorire lo sviluppo di tecniche avanzate (mitigazione dell'interferenza, *beam-hopping*, ecc.) per migliorare in modo significativo le prestazioni su reti per servizi interattivi a banda larga.

3. Prima trasmissione DVB-S2X

Il 21 ottobre 2014 dal Centro Ricerche Rai di Torino è stato trasmesso il primo segnale a standard DVB-S2X, contenente un flusso di immagini di test in 4k (UHD, *Ultra High Definition*) utilizzando il nuovo standard di compressione HEVC (*High Efficiency Video Coding*) .

Il Transport Stream, realizzato presso i laboratori del CRIT, è stato inviato al modulatore DVB-S2X Newtec MDM6100, che generava il segnale in banda IF a 70MHz. Tale segnale veniva trasferito alla Stazione Mobile ITA646 mediante la quale si è effettuato l'uplink verso il satellite Eutelsat 5W, transponder KB11. Tale satellite ha su Torino 6 dB di G/T e 53 dBW di EIRP come illustrato in figura 7.

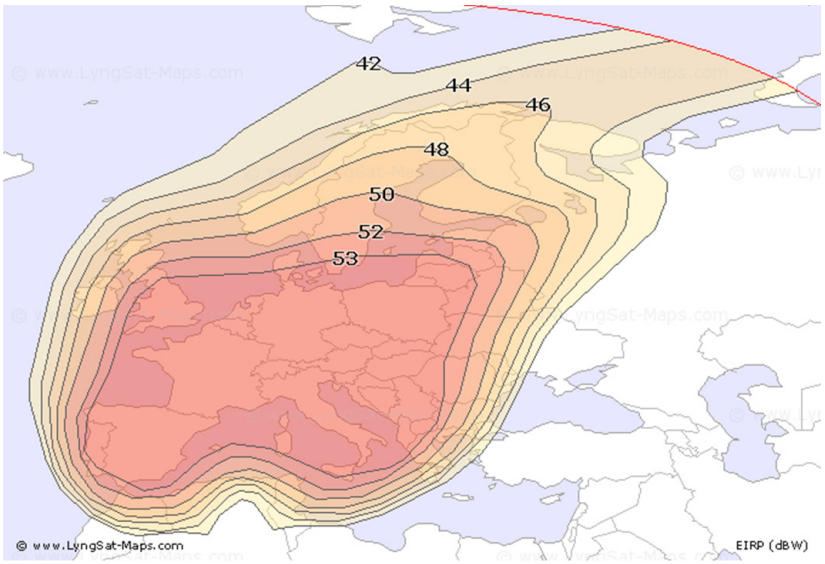


Fig. 7 – EIRP del satellite Eutelsat 5W

La costellazione scelta è stata il 16APSK con codice di correzione di errori (*FEC*) 26/45 per un'efficienza spettrale risultante pari a 2,46 bit/s/Hz. Il roll-off utilizzato è stato del 5%.

Avendo a disposizione una banda di 18MHz, si è adottato un symbol rate di 17 Mbaud, in grado di trasportare, con i parametri scelti, fino a 41,8 Mbit/s.

Per la ricezione si è utilizzata una parabola da 90 cm, sufficiente per ricevere il segnale proveniente dal satellite Eutelsat 5W con un ampio margine di ricezione. Durante la trasmissione il demodulatore DVB-S2X utilizzato, Newtec MDM6100, indicava infatti un margine di ricezione intorno ai 6dB, in linea con quanto previsto in base al link budget.

Non essendo ancora disponibili dei ricevitori commerciali 4k dotati di demodulatori DVB-S2X l'uscita TS del demodulatore professionale utilizzato per ricevere il segnale dal satellite Eutelsat 5W è stato rimodulato in DVB-S e per poter utilizzare un TV 4k dotato di un classico ricevitore DVB-S.

Lo schema di principio relativo alla trasmissione DVB-S2X è riportato in figura 8.

Fig. 8 – La dimostrazione DVB-S2X HEVC

Bilbliografia

[1] A. Morello, V. Mignone, *Il sistema DVB-S2 di seconda generazione per la trasmissione via satellite e Unicast*, in "Elettronica e Telecomunicazioni", Anno LII, Numero 3, Dicembre 2003, pp 5-28

[2] V. Mignone, A. Morello, G. Vitale, *DVB-S2X: l'estensione verso il futuro delle comunicazioni via satellite*, in "Elettronica e Telecomunicazioni", Anno LXIII, Numero 1, Giugno 2014, pp 5-20

[3] ETSI EN 302 307-1 V1.4.1 (2014-11), *Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications - Part 1; DVB-S2*

[4] ETSI EN 302 307-2 V1.1.1 (2015-02), *Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications; Part 2; DVB-S2 Extensions (DVB-S2X)*

[5] ETSI TR 102 376-2, *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for the second generation system for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications; Part II : S2 eXtensions*