

DVB-H : ANALISI SELETTIVA DEL SEGNALE

Liguori L.⁽¹⁾, Benes M.⁽¹⁾, Della Valle F., Ferluga S.⁽²⁾, Daris F.⁽¹⁾, Vatta S.⁽¹⁾

⁽¹⁾ ARPA Friuli Venezia Giulia – Dipartimento Provinciale di Trieste, via La Marmora 13 – 34100 Trieste

⁽²⁾ Università degli Studi di Trieste – Dipartimento di Astronomia, via Tiepolo 11 – 34141 Trieste
laura.liguori@arpa.fvg.it

ABSTRACT

Negli ultimi decenni si sta assistendo ad un sempre più rapido sviluppo del settore delle telecomunicazioni che ha portato a far proliferare i servizi offerti all'utenza: dagli SMS alle videochiamate, dall'utilizzo di internet fino all'ultima generazione di cellulari con cui è possibile guardare la televisione in tempo reale (DVB-H : Digital Video Broadcasting – Handheld). Lo sviluppo dei servizi offerti va di pari passo con l'introduzione e l'implementazione di nuove tecniche di modulazione che permettono di costruire e sfruttare le caratteristiche di segnali ad hoc come ad esempio la tecnica CDMA per l'UMTS e la tecnica COFDM per il DVB-H.

La Normativa Tecnica sviluppata finora (CEI 211-7 e 211-10) indica le modalità corrette per la misura e l'estrapolazione dei valori di campo massimi a partire da quelli misurati per i sistemi cellulari di prima, seconda e terza generazione; ancora nulla è stato invece ratificato neanche come semplice linea guida circa la misura del segnale DVB-H. Però gli impianti iniziano ad essere collocati su territorio e nasce quindi la necessità di sviluppare modalità di misura per assicurarsi del rispetto dei limiti previsti dalla Normativa.

Nel presente lavoro viene presentata una modalità di misura selettiva e quantitativa del segnale DVB-H, sviluppata presso l'Unità Operativa di Fisica Ambientale di Trieste dell'ARPA FVG. Per approntare tale modalità è stato necessario un primo studio approfondito della tecnica di modulazione COFDM e una successiva sperimentazione su campo. Il lavoro si conclude con un suggerimento circa quelli che sono risultati essere i migliori valori per i settaggi dell'analizzatore di spettro vagliati in base alle caratteristiche del segnale, alla sua larghezza di banda, e al match dei valori di campo misurati con quelli simulati al computer avendo scelto opportunamente i punti di misura in modo tale che le ipotesi delle simulazioni di campo lontano e spazio libero potessero essere ben approssimate nella pratica sperimentale.

INTRODUZIONE

Date la crescente diffusione sul territorio regionale di impianti a tecnologia DVB-H e la mancanza di specifiche indicazioni nella norma tecnica di riferimento per la misura dei campi elettrici da essi generati [1-3], nell'ambito delle attività istituzionali di ARPA-FVG è emersa la necessità di sviluppare una metodologia ad hoc per poter verificare il rispetto dei limiti di campo previsti dalla vigente Normativa [4, 5].

Per caratterizzare la misura selettiva e quantitativa del DVB-H è stato necessario uno studio approfondito delle caratteristiche del segnale DVB-H e delle tecniche trasmissive utilizzate per questa nuova tipologia di segnale, in modo da definire una rosa di valori per i parametri e le impostazioni dell'analizzatore di spettro, la pratica sperimentale ha poi permesso di restringere l'insieme dei valori a quelli più opportuni agli scopi del presente lavoro.

IL SEGNALE DVB-H

Il DVB-H è un sistema di broadcasting digitale dedicato a utenti mobili. La trasmissione del segnale avviene tra un certo numero di stazioni radiobase posizionate su territorio, distinte in stazioni *master* e *gap-filler* a seconda delle potenze e quindi delle aree di copertura, e da un numero variabile di utenti mobili (i Tvfonini). Il segnale trasmesso dalla stazione radiobase (RBS in Figura 1) prima di giungere al terminale mobile, è riflesso dagli edifici circostanti e da altri ostacoli, naturali ed artificiali.

Le varie repliche del segnale, dovute alle diverse riflessioni, giungono al ricevitore seguendo tragitti differenti e quindi con diversi ritardi rispetto al segnale diretto e con una fase e un'ampiezza che dipendono dalla lunghezza del tragitto percorso. La composizione, in ricezione, di tutti gli echi del segnale può determinare interferenze costruttive o distruttive, amplificando o attenuando il segnale originario.

Per affrontare e risolvere questo problema, nel DVB-H viene impiegata una particolare tecnica di modulazione denominata OFDM.

L'OFDM.

L'OFDM è un tipo particolare di modulazione a divisione di frequenza sviluppato per trasmettere più segnali in parallelo, mediante sottoportanti ortogonali [6] (Figura 2).

Figura 1 – il fading

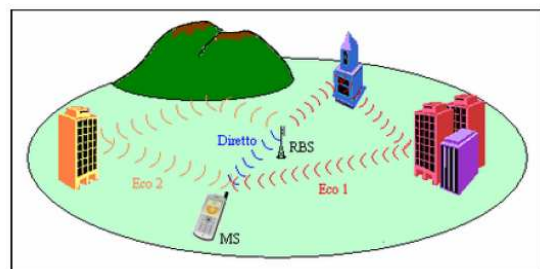
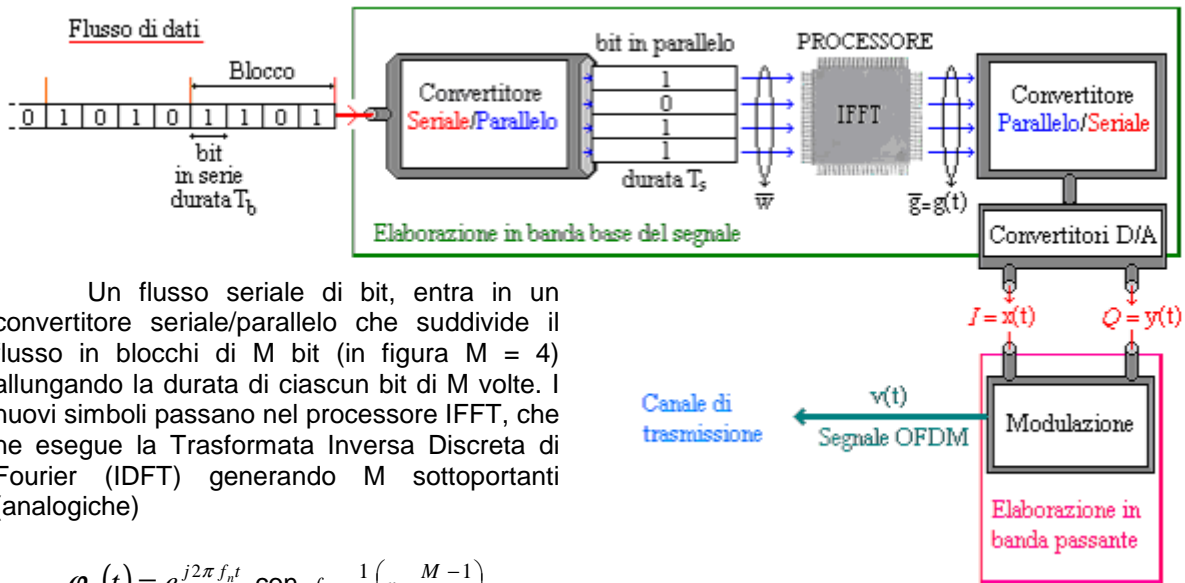


Figura 2 – Formazione del segnale OFDM



Un flusso seriale di bit, entra in un convertitore seriale/parallelo che suddivide il flusso in blocchi di M bit (in figura M = 4) allungando la durata di ciascun bit di M volte. I nuovi simboli passano nel processore IFFT, che ne esegue la Trasformata Inversa Discreta di Fourier (IDFT) generando M sottoportanti (analogiche)

$$\varphi_n(t) = e^{j2\pi f_n t} \quad \text{con} \quad f_n = \frac{1}{T} \left(n - \frac{M-1}{2} \right)$$

distanziate in frequenza di $1/T_s$ Hz la cui ortogonalità è garantita su un intervallo di durata T_s .

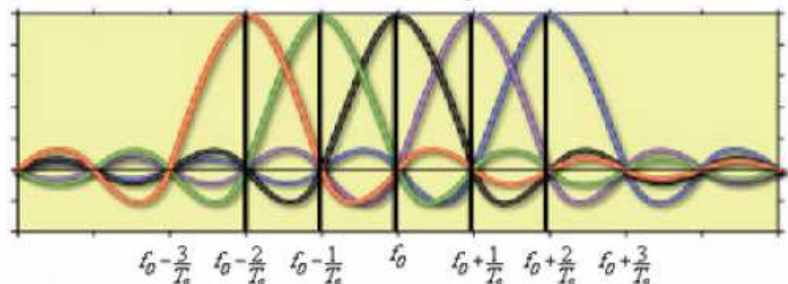
Il convertitore parallelo/seriale riorganizza infine i segnali in un flusso seriale: che costituisce lo spettro complessivo a banda-larga del segnale che viene poi elevato in banda passante (Figura 3). In formule:

$$g(t) = A_c \sum_{n=0}^{M-1} w_n \varphi_n(t), \quad 0 < t < T_s$$

in cui A_c è l'ampiezza della portante, e w_n sono gli elementi del vettore

$$\vec{w} = [w_0, w_1, \dots, w_{M-1}]$$

Figura 3 – Involuppo del segnale seriale in uscita



In Figura è possibile osservare come il segnale involuppo in uscita dal convertitore sia noise-like.

SEGNALI DVB-H E UMTS A CONFRONTO

Il segnale DVB-H risulta quindi avere uno spettro complessivo a 'panettone', involuppo di un elevato numero di sottoportanti a banda-stretta; confrontandolo con l'UMTS, grazie ad analogie e differenze, è possibile risalire ai parametri da impostare sull'analizzatore di spettro per eseguire al meglio, in assenza di specifiche norme tecniche a riguardo, la misura del segnale DVB-H.

Nonostante i due segnali siano apparentemente simili (cfr Figure 4 e 5 e Tabelle 1 e 2) le differenti architetture si evidenziano nelle misure di potenza emessa da una SRB.

Nel caso dell'UMTS, la misura, che deve essere eseguita con un analizzatore di spettro vettoriale che consenta l'analisi nel dominio dei codici, non è sufficiente per determinare la potenza massima erogabile dalla SRB poiché è necessario conoscere anche il parametro di rete per poter estrapolare, dal valore misurato quello confrontabile con i limiti di legge. Questo perché l'altezza del segnale UMTS dipende dal numero di utenti e dal tipo di servizi via via richiesti.

Viceversa, essendo la trasmissione DVB-H di tipo broadcasting per la quale non è previsto accesso multiplo a divisione di codice, è sufficiente un analizzatore di spettro non vettoriale, sprovvisto di modulo per l'analisi nel dominio dei codici, purché consenta la misura in modalità Channel Power dal momento che il segnale DVB-H è di tipo noise like. Ancora, l'indipendenza dal traffico permette anche di raffrontare direttamente i valori misurati con i limiti previsti dalla Normativa senza necessità di estrapolarli mediante opportuni algoritmi di calcolo come invece accade per tutti i segnali di telefonia cellulare.

Figura 4 - Segnale DVB-H

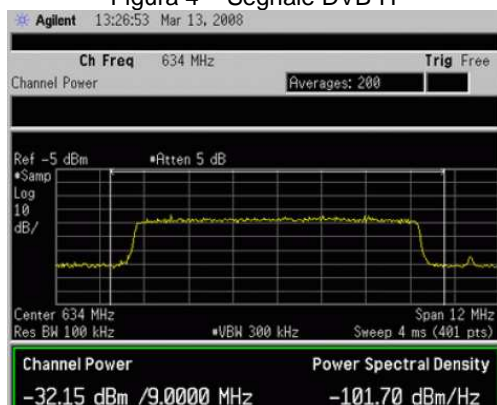


Figura 5 - Segnale UMTS

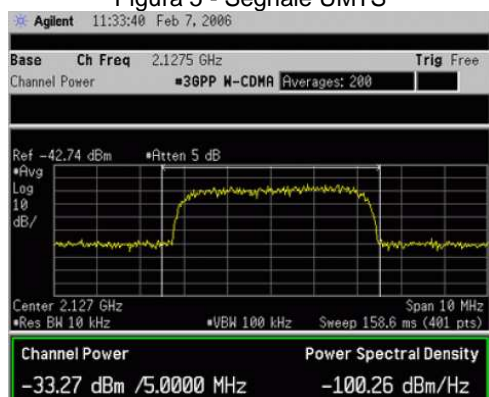


Tabella 1 – Caratteristiche segnale DVB-H

Tecnica	COFDM
range di frequenze	400 – 900 MHz
larghezza di banda	8 MHz
Spettro	noise-like a 'panettone'
Tipologia del segnale	Inviluppo complessivamente a larga banda di un grande numero di segnali a banda stretta molto vicini in frequenza tra loro
Potenza in trasmissione	costante (broadcasting)

Tabella 2 – Caratteristiche segnale UMTS

Tecnica	CDMA
range di frequenze	1800 – 2200 MHz
larghezza di banda	5.5 MHz
Spettro	noise-like a 'panettone'
Tipologia del segnale	a larga banda
Potenza in trasmissione	variabile in funzione degli utenti connessi

Lo studio del segnale DVB-H ha quindi permesso di stabilire che la misura deve essere eseguita in modalità Channel Power con un analizzatore di spettro non necessariamente vettoriale e che vanno confrontati con i limiti di legge i valori così come sono misurati senza eseguire estrapolazioni. Restano da definire i parametri operativi dell'analizzatore (RBW, VBW, etc) per fare la misura.

PROCEDURA OPERATIVA

Oggetto delle misure è stata una stazione DVB-H master situata in Loc. Chiampore nel Comune di Muggia (TS).

A partire dai dati radioelettrici dell'impianto, a catasto ARPA FVG, è stata eseguita una simulazione (Figura 6) di campo elettrico, tramite il software di calcolo CemView, (sviluppato da ARPA Piemonte) in modo da identificare, a priori, il punto più idoneo in cui fare la misura. La quota della simulazione è stata fissata a 1.5 m sls avendo precedentemente stabilito di fare misure ad un'unica altezza con catene strumentali differenti.

Come punto di misura si è quindi scelto quello che logisticamente appariva più comodo tra quelli in cui la simulazione alla quota fissata prevedeva il massimo contributo dell'impianto DVB-H in esame.

Il campo calcolato nel punto di misura è quindi:

$$E_{\text{calcolato}} = 0.50 \pm 0.01 \text{ V/m.}$$

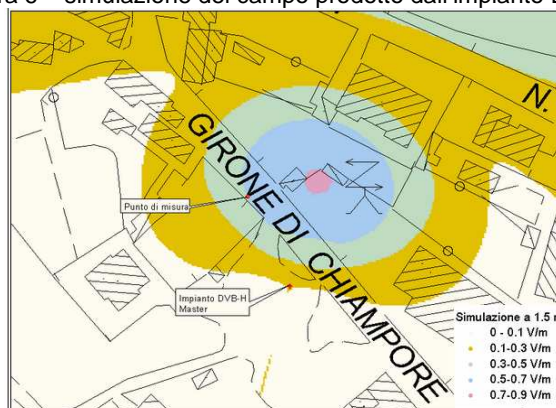
dove l'incertezza è quella riconducibile all'errore associato alla CTR. Tale valore andrà confrontato con i valori misurati.

Per quanto riguarda la verifica strumentale, le misure sono state eseguite con due diverse catene di misura:

- analizzatore di spettro Agilent, modello E4407B e sonda biconica EMSAP2000¹
- analizzatore di spettro Agilent, modello E4407B e sonda attiva FP2000¹

caratterizzate da un'incertezza pari al 24.5 % che sale al 29.4 % in caso di utilizzo dell'attenuatore esterno.

Figura 6 – simulazione del campo prodotto dall'impianto DVB-H



¹ sviluppata da Clampco Sistemi Srl

Sono state eseguite due misure con la prima catena strumentale, nelle due modalità sample (Figura 7) e average (Figura 8) ed una misura con la seconda catena strumentale nella sola modalità sample (Figura 9) [7-9] ottenendo i risultati:

$$E_{EMSAP\ sample} = 0.45 \pm 0.13\ V/m$$

$$E_{EMSAP2\ average} = 0.49 \pm 0.14\ V/m$$

$$E_{FP200\ sample} = 0.47 \pm 0.14\ V/m$$

Calcolando la media pesata dei valori misurati si ottiene

$$E_{pesato} = 0.47 \pm 0.08\ V/m,$$

I valori misurati nelle tre diverse modalità e la loro media pesata vanno poi confrontati con il valore simulato per valutarne la rispondenza (figura 10) e quindi testare la bontà delle impostazioni scelti per l'analizzatore di spettro.

Dal grafico si può vedere come tutti i punti di misura acquisiti nelle diverse modalità e la loro media pesata ricadano con le loro barre d'errore nel range di valori ammessi per il campo simulato nell'ambito della sua incertezza.

CONCLUSIONI

Si può quindi concludere che tutte le misure eseguite e la stessa media pesata possono essere considerate una ragionevole stima del campo elettrico se appunto rapportate a quello simulato.

Analogo risultato è stato ottenuto eseguendo una misura su un impianto gap-filler DVB-H portando alla conclusione che le misure vanno eseguite in modalità Channel Power con il detector Sample o Average e impostando i parametri riportati in Tabella 3.

Tabella 3 – impostazioni analizzatore

Span	12 MHz
RBW	100 KHz
VBW	300 kHz
Banda d'integrazione	9 MHz

Bibliografia:

- [1] Norma CEI 211-7 Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz – 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana Fascicolo 5909 (01.01.2001).
- [2] Norma CEI 211-10 Guida alla realizzazione di una Stazione Radio Base per rispettare i limiti di esposizione ai campi elettromagnetici in alta frequenza Fascicolo 6456 (01.04.2002).
- [3] Guida tecnica per la misura dei campi elettromagnetici compresi nell'intervallo di frequenza 100kHz – 3GHz in riferimento all'esposizione della popolazione ANPA RTN CTN_AGF 1/2000.
- [4] LQ 36/2001 Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici G.U. 7 marzo 2001, n. 55.
- [5] DPCM 08.07.03 Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz G.U. 28 agosto 2003, n. 199.
- [6] L. W. Couch Fondamenti di telecomunicazioni Apogeo (2002).
- [7] S. Adda et al. Tecniche di valutazione dell'esposizione al campo elettromagnetico in presenza di segnali DVB-T e DVB-H Atti del Terzo Convegno Nazionale "Controllo ambientale degli agenti fisici: dal monitoraggio alle azioni di risanamento e bonifica" – ARPA Piemonte 7-8-9 giugno 2006 – Città Studi, Biella
- [8] S. Trincherò et al. Exposure measuring techniques for wide band mobile radiocommunications Rad. Prot. Dos. Vol. 111, No. 4 429-433 (2004).
- [9] M. Schubert et al. Exposure of the general public to digital broadcast transmitters compared to analogue ones Rad Prot. Dos. Vol. 124, 53 – 57 (2007).

Figura 7 - segnale DVB-H acquisito con l'antenna EMSAP2000 in modalità average

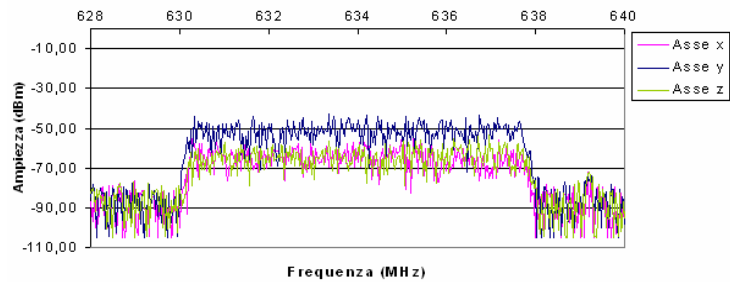


Figura 8 – Confronto tra i valori di campo elettrico misurati e calcolato generati dall'impianto DVB-H master di Chiampore (TS)

