

Caratterizzazione e misura di segnali prodotti da impianti DVBH "Gap-filler"

M. Baldini¹, A. Barellini², L. Bogi³, G. Licitra⁴, A.M. Silvi³, A. Zari³

¹Università degli studi di Pisa – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione – via Caruso, 16 – Pisa

²Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana – Dip. Pisa – via V. Veneto, 27 – Pisa

³Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana – Dip. Livorno – via Marradi, 114 – Livorno

⁴Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana – Direz. Tecnica – via Porpora, 22 - Firenze

RIASSUNTO

Il DVB-H (Digital Video Broadcasting- Handheld) è lo standard sviluppato dal DVB Project ed approvato dall'ETSI con la finalità di rendere possibile la ricezione della televisione digitale terrestre (DVB-T) in mobilità, ma anche di servizi dati e multimediali. L'introduzione e la diffusione del DVB-H è ad oggi ancora in fase di completamento. In questo contesto, nel presente lavoro viene indagato l'andamento temporale dell'impatto elettromagnetico di un ripetitore DVBH cittadino (cosiddetto gap-filler) e viene affrontata la metodica di misura dello stesso per mezzo di una catena strumentale in banda stretta.

INTRODUZIONE

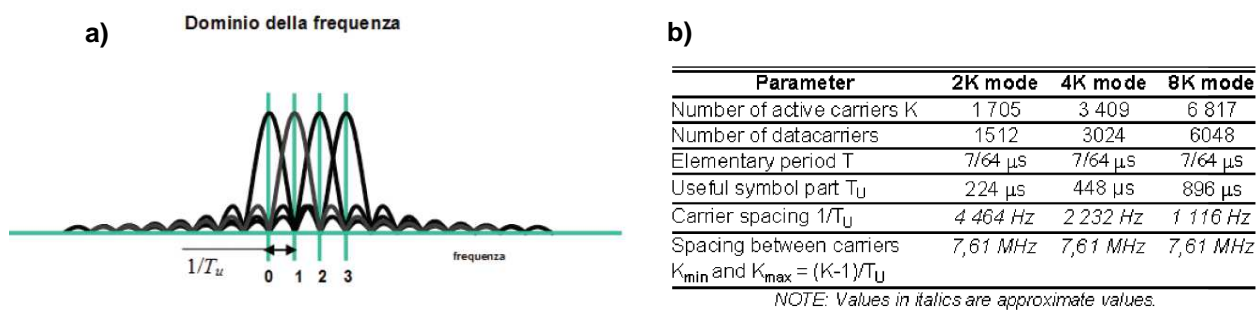
Nel 1997, l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute) ha approvato e pubblicato lo standard tecnico DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial) [1] che contiene le specifiche per la trasmissione terrestre di programmi televisivi con tecnica digitale (DTT). Lo standard DVB-T non risulta tuttavia adatto alla ricezione su terminali mobili. Il DVB-H (*Digital Video Broadcasting- Handheld*) viene sviluppato proprio per risolvere tali problemi nella ricezione in mobilità. Lo standard [2], sviluppato come nel caso del DVB-T dal consorzio DVB Project [3][4], viene approvato dall'ETSI nel 2004. In esso si stabilisce come combinare gli standard ETSI DVB-T preesistenti e con esso aggiornati, per formare il sistema DVB-H. Lo standard DVB-H è caratterizzato dalla trasmissione di dati nello stesso formato utilizzato per la distribuzione dati tramite internet. Il protocollo IP applicato al DVB-H può essere utilizzato per il trasferimento, oltre che di programmi radiotelevisivi, di file, pagine html, immagini, video clip (IP Datacast). Esso rappresenta quindi il punto di giunzione tra le reti broadcast e le reti radiomobili.

LO STANDARD DVB-H: L'INTERFACCIA RADIO E LA RETE DI COPERTURA

Lo standard DVB-H introduce importanti novità rispetto allo standard DVB-T al fine di risolvere i problemi della ricezione in mobilità [5][6][7]. Nel seguito vengono brevemente descritte quelle che interessano l'interfaccia radio del sistema.

Come lo standard DVB-T, il DVB-H è progettato per essere utilizzato nelle bande VHF-III (174-230 MHz) ed UHF IV-V (470-862 MHz) con canalizzazioni di 6/7/8 MHz. Nel sistema DVB-H si aggiunge inoltre la possibilità di trasmettere nella banda L (1452-1492 MHz) con una canalizzazione di 5 MHz.

Figura 1 – a) La modulazione OFDM nel dominio della frequenza; b) Parametri nel dominio della frequenza per segnale DVB-H con canalizzazione pari a 8 MHz



T_u =tempo di simbolo (minima quantità di dati trasmessa contemporaneamente)

Analogamente al DVB-T, il sistema DVB-H utilizza la tecnica di modulazione COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex) [6][8], caratterizzata dalla suddivisione del segnale di informazione ad alta velocità trasmissiva in molti flussi paralleli trasmessi a bassa velocità su un numero elevato di portanti a banda stretta. Tali portanti sono equispaziate in frequenza all'interno della banda di canale disponibile e tra loro ortogonali e quindi non interferenti (fig. 1a). Questa tecnica di modulazione, oltre a consentire di raggiungere elevate velocità trasmissive, consente inoltre di ovviare al degrado del segnale dovuto alla propagazione multi-cammino del segnale tra la sorgente ed il ricevitore. Il sistema DVB-H consente di

utilizzare la modulazione COFDM con tre modalità operative in dipendenza del numero di portanti ortogonali utilizzate: 2K (1705 portanti), 4K (3408 portanti), 8K (6817 portanti)(fig.1b).

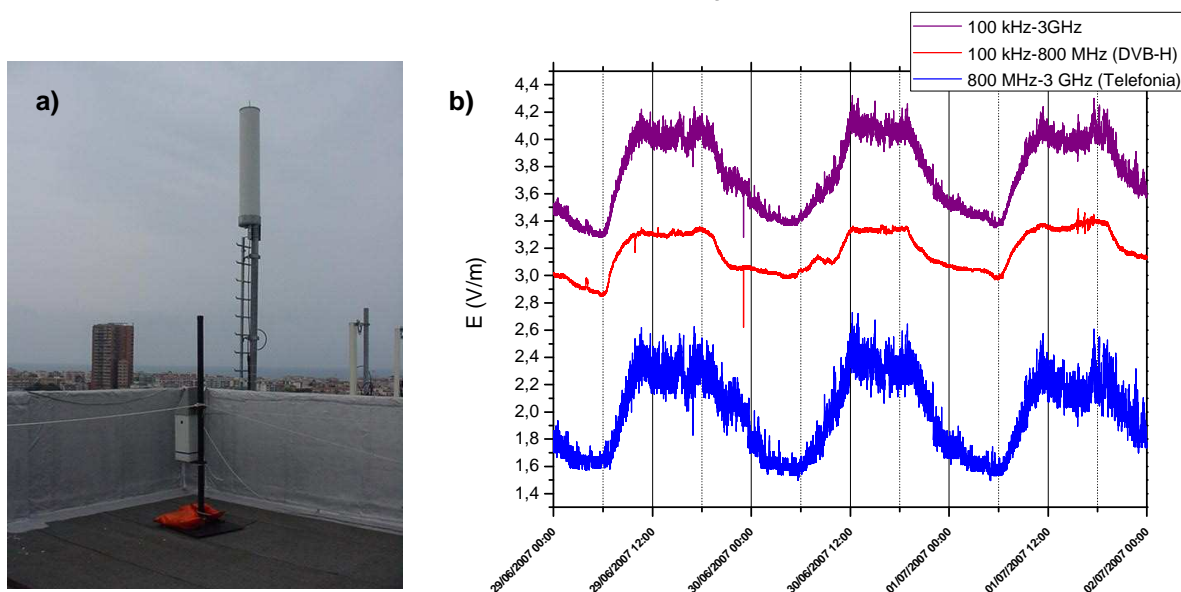
La modalità 4K, non prevista nel DVB-T ma compatibile con esso, è stata appositamente introdotta nello standard DVB-H per migliorare la flessibilità, le prestazioni e la pianificazione di rete per la ricezione in mobilità. In tutte le modalità trasmissive previste, le portanti che trasportano l'informazione utile sono modulate QPSK, 16 QAM o 64 QAM [9] per ottenere nel complesso una capacità totale utile, in un canale a 8 MHz, compresa tra circa 5 Mbit/s e circa 20 Mbit/s.

Per la realizzazione della copertura di servizi DVB-H nelle bande televisive la soluzione generalmente considerata migliore è quella di integrare la copertura degli attuali siti DVB-T, ritenuti non sufficienti per una copertura verso terminali mobili e indoor, con impianti ripetitori posti nelle aree metropolitane, detti *gap filler*, ri-utilizzando, ad esempio, i siti delle reti cellulari. Tali ripetitori trasmettono alla stessa frequenza del sito principale. L'utilizzo dei siti cellulari per l'installazione dei gap-filler garantisce inoltre la presenza del canale di ritorno richiesto dallo standard. Sono inoltre attuabili soluzione cosiddette "ibride" satellite-terrestre dove la copertura a livello nazionale con ricezione diretta da satellite viene integrata da una serie di gap filler terrestri che hanno la funzione di coprire le aree non in visibilità dal satellite, consentire la ricezione indoor, oltre ad incrementare la capacità nelle aree ad alta intensità abitativa (aree urbane) [10].

MISURA DI SEGNALI DI UN RIPETITORE DVB-H GAP-FILLER: METODOLOGIA E RISULTATI

L'introduzione e la diffusione del DVB-H è ancora in corso e la presenza dei gap-filler cittadini è, in alcuni casi, ancora limitata. Il presente lavoro riporta i risultati dello studio effettuato su un ripetitore gap-filler della città di Livorno installato in cositing con un impianto di telefonia mobile GSM, DCS ed UMTS. L'impianto trasmette sul canale 35 della banda UHF. In primo luogo è stata effettuata una prima indagine sull'andamento temporale del segnale DVB-H emesso dal ripetitore gap-filler per mezzo di una centralina per il monitoraggio in continua PMM 8055 fornita di sonda di campo elettrico PMM mod. EP-3DB (fig. 2a). Tale sonda consente di ottenere oltre al valore di campo elettrico determinato complessivamente dalle sorgenti che irradiano nell'intervallo 100 kHz - 3 GHz, anche il contributo di quelle la cui frequenza è compresa tra 100 kHz e 800 MHz. L'uso di tale sonda permette pertanto di distinguere presso il sito in esame il contributo al valore di campo elettrico dell'impianto DVB-H da quello complessivo. Il monitoraggio è stato effettuato per alcuni giorni ed i risultati sono riportati in fig. 2b. Nella figura sono riportati il valore del campo elettrico complessivo nell'intervallo 100 kHz-3 GHz (Banda Larga), il contributo delle sorgenti comprese nell'intervallo 100 kHz-800 MHz (ovvero nel caso in esame l'impianto DVB-H) e quello delle sorgenti comprese nell'intervallo 800 MHz-3 GHz (nel caso in esame gli impianti di telefonia) ottenuto come radice quadrata della differenza dei quadrati dei due precedenti. I valori riportati sono i valori RMS su intervalli di 15 s. La figura 2b mostra come il segnale DVB-H sia caratterizzato da una variabilità di circa il 10-15%, in termini di campo elettrico prodotto, tra il valore minimo, che si ottiene durante la notte ed il valore massimo che si ottiene durante il giorno, rimanendo ad un livello pressoché costante nella fascia oraria 11-18. L'andamento del campo elettrico nella banda 800 MHz-3 GHz è quello tipico della telefonia cellulare [11].

Figura 2 – a) foto del ripetitore DVB-H e della centralina di monitoraggio; b) Andamento temporale del monitoraggio in continua – valori RMS ogni 15 s



Saranno necessari ulteriori indagini per stabilire se la variabilità del segnale DVB-H tra il giorno e la notte sia dovuta realmente ad una effettiva variabilità di emissione del gap-filler o al contrario a possibili contributi determinati dall'impianto radiobase (dovuto ad una non sufficiente attenuazione dei segnali fuori banda da parte del filtro per l'individuazione dei contributi dei segnali con frequenza inferiore a 800 MHz), dalla risposta della sonda in presenza di segnali con modulazione COFDM nonché dalla sua dipendenza dalla temperatura esterna e dall'irradiazione solare.

Al momento, in Italia, non è presente alcuna normativa tecnica che dia indicazioni di come effettuare la misura su segnali DVB-T e DVB-H. Tuttavia, il segnale DVB-H (in fig. 3a un esempio) è, analogamente al segnale DVB-T ed a quello UMTS, un segnale a larga banda. Pertanto, per la misura del segnale DVB-H con catena strumentale a banda stretta, si può pensare di applicare metodologie di misura analoghe a quelle previste dalla norma CEI 211-10 per i segnali UMTS [12], come d'altronde già verificato per il segnale DVB-T [13]. A tale scopo sono state pertanto effettuate misure sul medesimo segnale DVB-H per mezzo di una catena strumentale costituita da un'antenna log-periodica Chase mod. UPA 6108 (300 MHz-1 GHz), un cavo coassiale ed un analizzatore di spettro supereterodina Agilent ESA mod. E4407B. Le misure sono state effettuate in un punto differente dal precedente, posto a circa 300 m dall'impianto. La norma 211-10 prevede che la misura di un segnale UMTS venga effettuata utilizzando la modalità Channel Power (CP) al fine di ricavare la potenza irradiata in un determinato canale (5 MHz nel caso del segnale UMTS). Per analogia, le misure sono state pertanto eseguite in modalità CP con una banda di integrazione (IBW) pari alla larghezza del canale (8 MHz), con una larghezza di banda visualizzata (SPAN) di pari ampiezza centrata alla frequenza di centro banda del canale 35 (pari a 586 MHz). Le misure hanno mirato a verificare se nell'analizzatore di spettro, analogamente all'UMTS, sia opportuno l'utilizzo del detector in modalità RMS e SAMPLE, mentre non sia indicato l'uso del detector in modalità PEAK a causa dell'elevato fattore di cresta di questi segnali. Le misure hanno mirato inoltre a verificare la larghezza del filtro RBW più adatta da impostare sull'analizzatore e la dipendenza del risultato dal tempo di SWEEP. Nel corso delle misure l'antenna è stata posizionata e mantenuta in polarizzazione verticale. In tutte le misure effettuate è stato utilizzato un valore del filtro VBW tale che $VBW=3*RBW$ (ad eccezione del valore $RBW=3$ MHz per il quale $VBW=RBW$, essendo il massimo valore disponibile per la VBW pari a 3 MHz). Ogni misura è consistita nell'acquisizione di 300 spettri (corrispondenti a circa 2 minuti di acquisizione) che sono stati mediati in potenza (funzione POWER AVERAGE). Dello spettro così ottenuto (il numero di spettri acquisiti ne garantisce la stabilità) veniva registrato il valore del CP fornito dall'analizzatore. La tabella 2 riepiloga i risultati ottenuti al variare del tipo di detector e del valore del filtro RBW utilizzato mantenendo costante il tempo di SWEEP (200 ms) mentre in tabella 3 sono riportati i valori ottenuti al variare del tempo di Sweep mantenendo costante il valore del filtro RBW (30 kHz).

Tabella 2 – Risultati delle misure di CP sul canale DVB-H ottenuti al variare del detector e del filtro RBW (Sweep = 200ms)

RBW	CHANNEL POWER (dBm)		
	RMS	SAMPLE	PEAK
10 kHz	-53,72	-53,77	-48.40
30 kHz	-53,68	-54.10	-47.44
100 kHz	-53,50	-54.00	-46.30
300 kHz	-53,56	-53.86	-45.48
1 MHz	-54,29	-54.60	-45.08
3 MHz	-55,68	-55.71	-45.59

Tabella 3 – Risultati delle misure di CP sul canale DVB-H ottenuti al variare del tempo di SWEEP (RBW=30 kHz)

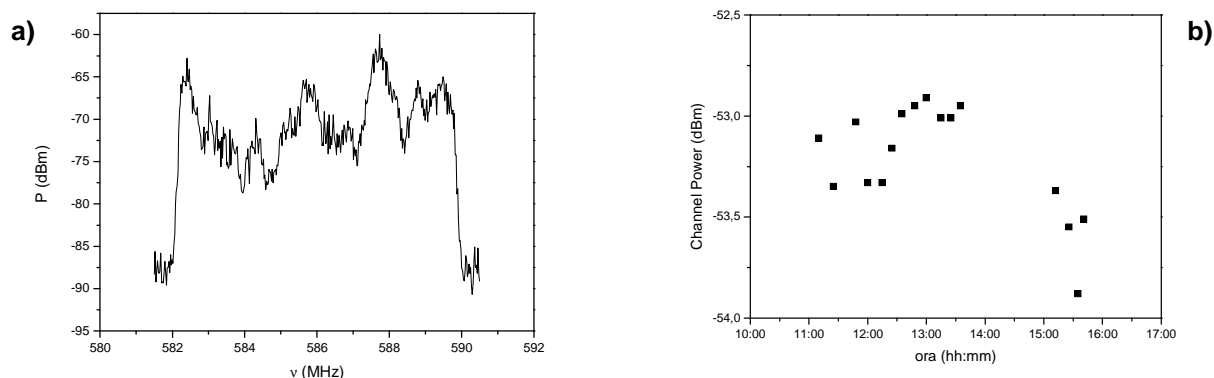
SWEEP TIME	CHANNEL POWER (dBm)		
	RMS	SAMPLE	PEAK
20ms	-53,88	-53,96	-50.23
100ms	-53,86	-54.03	-48.20
200ms	-53,86	-54.03	-47.31
1sec	-54,04	-54,01	-45.99

I risultati ottenuti confermano che, nella misura di segnali DVB-H, sia indicato l'utilizzo del detector in modalità RMS o SAMPLE. Queste due modalità consentono risultati confrontabili entro pochi decimi di dB (0.3-0.4 dB). L'utilizzo del detector in modalità PEAK determina invece una sovrastima anche sensibile (fino a 9 dB) del segnale. Per quanto riguarda i valori del filtro RBW, i risultati mostrano come l'utilizzo di valori per tale filtro compresi tra 10 kHz e 300 kHz determini risultati tra loro confrontabili entro 0.2-0.3 dB mentre

l'utilizzo di valori del filtro superiori comporti una sottostima del segnale fino a 2 dB (nel caso del valore RBW=3 MHz dovuto in parte all'utilizzo di una VBW pari alla RBW). Nel condizioni di misura, i risultati evidenziano infine una sostanziale ininfluenza del valore ottenuto del tempo di SWEEP.

Infine, ad ulteriore verifica della stabilità del segnale DVB-H, è stata effettuata una serie di misure in banda stretta nella medesima configurazione di misura (RBW=30kHz, VBW=100 kHz, Sweep=200 ms, detector RMS) nell'arco di alcune ore. La fig. 3b riporta i risultati ottenuti mostrando come nell'arco del periodo di misura (circa 5 ore) i valori ottenuti siano compresi nell'intervallo di 1 dB.

Figura 3 – a) esempio di segnale DVB-H; b) Misure di CP sul canale DVB-H nell'arco di alcune ore



CONCLUSIONI

L'implementazione sul territorio nazionale della rete DVB-H ed in particolare l'installazione dei ripetitori cittadini gap-filler è ancora in fase di completamento. Nel presente lavoro è stata effettuata una prima caratterizzazione dell'andamento temporale nell'arco della giornata dei valori di campo elettromagnetico prodotti da un ripetitore gap-filler. I risultati ottenuti per mezzo di una centralina per il monitoraggio in continua hanno mostrato una sostanziale stabilità del segnale DVB-H durante le ore del giorno (confermata anche dalle misure con catena strumentale in banda stretta) e di una variabilità in termini di campo elettrico pari a circa il 10-15% nell'arco della giornata. Saranno tuttavia necessarie ulteriori indagini, specialmente in condizioni di utilizzo a regime della rete DVB-H, per confermare o meno se tale andamento sia effettivamente dovuto ad una variabilità dell'emissione del trasmettitore DVB-H. Le misure in banda stretta effettuate hanno permesso comunque di verificare che per la misura di segnali DVB-H con analizzatore di spettro possono essere applicate metodiche analoghe al sistema UMTS. Le misure della potenza di canale, ottenute per mezzo della funzione Channel Power, hanno mostrato la necessità dell'utilizzo del detector in modalità RMS o SAMPLE. L'utilizzo del detector in modalità PEAK determina invece una sovrastima anche sensibile (fino a 9 dB) dovuta all'elevato fattore di cresta del segnale. I risultati mostrano inoltre come l'utilizzo di valori per il filtro RBW compresi tra 10 kHz e 300 kHz determini risultati tra loro confrontabili entro 0.2-0.3 dB e, entro tali condizioni, una sostanziale ininfluenza del valore ottenuto del tempo di sweep.

Bibliografia

- [1] ETSI - European Telecommunications Standards Institute, *Standard EN 300 744 V1.5.1 Digital video broadcasting (DVB); framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television*, (2004-11)
- [2] ETSI - European Telecommunications Standards Institute, *Standard EN 300 304 V1.1.1 Digital video broadcasting (DVB); transmission system for handheld terminals (DVB-H)*, (2004-11)
- [3] DVB Project home page, <http://www.dvb.org>
- [4] DVB Project official Mobile TV website, <http://www.dvb-h.org/>
- [5] Bertella A., Casagrande P., Milanesio D., Tabone M., *Il sistema DVB-H per la TV Mobile*, Elettronica e Telecomunicazioni n.3, Dicembre 2005, RAI
- [6] Bruno G., Corasanti U., D'Antonio L., *Il sistema DVB-H: interfaccia radio ed architettura*, Notiziario Tecnico Telecom Italia, Anno 15 n.1, Giugno 2006, Telecom Italia
- [7] Faria G., Henriksson J., Stare E. e Talmola P., *DVB-H: Digital Broadcast Services to Handheld Devices*, Proceedings of the IEEE, Vol.94 n.1, Gennaio 2006, IEEE
- [8] Mignone V., *La modulazione COFDM*, Elettronica e Telecomunicazioni n.3, Dicembre 2006, RAI
- [9] Agilent, *Application Note 1291 Digital Modulation in Communications Systems: An Introduction*, 2001, Agilent Tech.
- [10] Laine P., *Satellite Based Broadcast*, Atti del Multiradio Multimedia Communication 2006 Workshop, Berlino, 2006
- [11] Silvi A. M., Zari A., Licita G., *Assessment of the temporal trend of the exposure of people to electromagnetic fields produced by base stations for mobile telephones*, Radiation Protection Dosimetry 97(4):387-390, 2001, Oxford Journals
- [12] CEI, *Norma tecnica 211-10 V1 - Appendice H: Metodologia di misura per segnali UMTS*, 2004.
- [13] Adda S., Anglesio L., Bertoldo S., La pAglia M., Trincherò D., *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.", Biella, 2006