



LINEE GUIDA PER L'INSTALLAZIONE DI SISTEMI DI RICEZIONE DI SEGNALI TELEVISIVI IN TECNICA DIGITALE TERRESTRE

Versione: *FINAL DRAFT vers. 1.2*

Pubblicato sul sito www.dgtvi.it in data 20 aprile 2004

| | |
|--|-----------|
| SINTESI | 4 |
| Il sistema DTT | 4 |
| Comportamento a gradino dei ricevitori digitali DTT | 4 |
| Qualche nota sulle normative | 4 |
| L'importanza del sopralluogo..... | 5 |
| Le parti costituenti l'impianto di ricezione e distribuzione | 5 |
| Sistema di antenne riceventi | 6 |
| Terminale di testa..... | 6 |
| Impianto di edificio e di appartamento..... | 7 |
| Come si collega il ricevitore DTT | 8 |
| Misure di caratterizzazione del segnale DTT | 9 |
| Signal Level | 9 |
| Rapporto C/N (Carrier/Noise) | 9 |
| BER (Bit Error Ratio) | 9 |
| MER (Modulation Error Ratio) | 10 |
| LINEE GUIDA PER L'INSTALLAZIONE DI SISTEMI DI RICEZIONE DI SEGNALI TELEVISIVI IN TECNICA DIGITALE TERRESTRE | 11 |
| 1 Premessa | 11 |
| 2 La trasmissione del segnale DTT (Digital Terrestrial Television) | 12 |
| 2.1 Il contenuto del segnale DTT..... | 13 |
| 2.2 Dal flusso digitale alla trasmissione nell'etere..... | 13 |
| 2.3 Lo spettro del segnale DTT | 19 |
| 3 La ricezione del segnale DTT | 19 |
| 3.1 Comportamento a gradino dei ricevitori digitali | 20 |
| 3.2 Rumore impulsivo..... | 21 |
| 4 Impianti di ricezione | 21 |
| 4.1 Cenni normativi | 21 |
| 4.2 Le parti costituenti l'impianto di ricezione e distribuzione | 22 |
| 4.3 Sistema di antenne per la ricezione dei segnali | 23 |
| 4.3.1 Note impiantistiche generali dei sistemi di captazione (antenne)..... | 25 |
| 4.3.2 Antenne di canale e antenne a larga banda | 29 |
| 4.3.3 Segnali interferenti | 29 |
| 4.3.4 Sistemi riceventi da una singola direzione con terminale di testa a larga banda, senza interferenze co-canale, senza nuove polarizzazioni | 31 |
| 4.3.5 Sistemi riceventi da una singola direzione con terminale di testa canalizzato, senza interferenze co-canale, senza nuove polarizzazioni | 34 |
| 4.3.6 Sistemi riceventi da più direzioni senza interferenze co-canale, senza nuove polarizzazioni | 35 |
| 4.3.7 Sistemi riceventi senza interferenze co-canale, con segnale DTT su diversa polarizzazione o da nuove direzioni | 36 |
| 4.3.8 Sistemi riceventi con interferenze co-canale..... | 37 |
| 4.4 Una nota impiantistica | 38 |
| 4.5 Alcune considerazioni sui filtri e sui convertitori di canale | 38 |
| 5 Impianto di edificio e di appartamento | 40 |
| 6 Misure e sistemi di misura | 40 |
| 6.1 Parametri principali..... | 40 |
| 6.2 Signal Level | 41 |
| 6.2.1 Disequalizzazione del canale | 43 |
| 6.2.2 Livello dei canali adiacenti..... | 44 |
| 6.3 Rapporto C/N (Carrier/Noise, portante/rumore)..... | 44 |
| 6.4 CSI (Channel Status Information) | 45 |
| 6.5 MER (Modulation Error Ratio) | 46 |
| 6.6 BER (Bit Error Ratio) | 47 |
| 6.7 Costellazione | 49 |

| | | |
|-----------------|---|-----------|
| 6.8 | Noise margin..... | 50 |
| 6.9 | Altre informazioni | 50 |
| 7 | Ricezione portatile con antenna omni-direzionale . | 50 |
| 8 | Installazione box interattivo | 51 |
| 8.1 | Collegamenti base (validi per tutti i modelli)..... | 51 |
| 8.2 | Altri collegamenti (opzionali)..... | 52 |
| 8.3 | Considerazioni generali sull'impianto domestico | 52 |
| 8.4 | Riproduzione di Videocassette o DVD | 52 |
| 8.5 | Videoregistrazione..... | 53 |
| 9 | Collegamento del canale di ritorno | 54 |
| 10 | Casistica degli interventi | 54 |
| 10.1 | Installazione del STB senza connessione a impianto di ricezione fisso..... | 55 |
| 10.2 | Installazione del STB con connessione a impianto fisso individuale con segnali DTT che provengono dalla stessa direzione e polarizzazione degli programmi di interesse su canali liberi non interferiti | 55 |
| 10.3 | Adeguamento dell'impianto fisso collettivo ai segnali DTT che provengono dalla stessa direzione e polarizzazione degli programmi di interesse su canali liberi non interferiti..... | 55 |
| 10.4 | Adeguamento dell'impianto fisso individuale con segnali DTT che provengono dalla stessa direzione ma con polarizzazione incrociata rispetto ai programmi di interesse, su canali liberi non interferiti | 55 |
| 10.5 | Adeguamento dell'impianto fisso collettivo ai segnali DTT che provengono dalla stessa direzione con polarizzazione incrociata rispetto ai programmi di interesse, su canali liberi non interferiti. | 56 |
| 10.6 | Adeguamento dell'impianto fisso individuale o collettivo con segnali DTT con interferenza co-canale. | 56 |
| 11 | Conclusioni | 56 |
| ALLEGATO | | 57 |
| 1 | Il segnale televisivo | 57 |
| 1.1 | Il segnale televisivo analogico | 57 |
| 1.2 | Il segnale televisivo digitale | 58 |
| 2 | Il sistemi televisivi | 63 |
| 2.1 | Gli spettri del segnale televisivo..... | 63 |
| 2.1.1 | TV analogica terrestre | 63 |
| 2.1.2 | TV analogica satellitare..... | 64 |
| 2.1.3 | TV digitale satellitare (QPSK)..... | 66 |
| 2.1.4 | Segnali digitali via cavo con modulazione QAM..... | 67 |
| 2.1.5 | Alcune indicazioni sulle interpretazioni del diagramma di costellazione nei sistemi digitali DVB-S e DVB-C | 68 |

SINTESI

La presente guida è composta da due parti: la prima è una guida per l'installatore che è chiamato a confrontarsi con questa nuova tecnologia, la seconda è una monografia a complemento della guida, che approfondisce gli argomenti legati al sistema DTT, corredata di un'appendice relativa al sistema televisivo in generale. Come il lettore potrà notare alcune parti della monografia e della presente guida sono comuni.

Il sistema DTT

I segnali del sistema DTT, sono stati pensati per avere una notevole “robustezza” a varie situazioni di propagazione e impiantistica. Generalmente sono più “robusti” dei segnali TV analogici, quindi, normalmente l'impiantistica legata all'introduzione di questa tecnologia trasmissiva, sarà equivalente o meno critica di quella legata all'attuale sistema televisivo analogico. In qualche caso si esplicherà la richiesta di utilizzare componentistica dichiarata compatibile DTT, in quanto alcune peculiarità del sistema, quali ad esempio l'uso della banda del canale a radio frequenza sono diverse. Sicuramente nel caso della componentistica passiva, in particolare delle antenne, quanto è compatibile DTT è compatibile con il sistema AM-VSB.

Contrariamente a quanto succede con la TV analogica dove un canale trasmissivo di 7 MHz o di 8 MHz, contiene un solo programma, vengono inviati nella stessa banda più programmi in forma digitale.

Comportamento a gradino dei ricevitori digitali DTT

Il segnale DTT è un segnale molto robusto alle interferenze, al rumore Gaussiano, quello che causa nella TV analogica il cosiddetto “effetto neve”, ecc, ma ha una caratteristica che viene normalmente chiamata: comportamento a gradino. Mentre i segnali TV analogici, in presenza di rumore e interferenze peggiorano gradualmente la loro qualità, da una buona visione, fino a diventare non intelligibili, il segnale digitale rimane perfettamente visibile, anche in condizioni di interferenze e rumore che causerebbero una pessima visione per i segnali analogici, poi ad un ulteriore piccolo peggioramento il sistema non “funziona più”, le immagini rimangono bloccate, vanno avanti a scatti, l'audio in alcuni momenti si sente, in altri no; fino a quando con un ulteriore piccolo peggioramento l'immagine non si vede più e l'audio sparisce completamente.

Questo comportamento viene chiamato comportamento a gradino, in quanto il passaggio da una visione perfetta al blocco del sistema è causato da una piccola variazione del rumore o delle interferenze che il disturbano il sistema ricevente.

Anche il “rumore elettrico” proveniente da varie sorgenti, quali possono essere: motori di motori che scintillano, l'accensione di lampade che non hanno i corretti dispositivi previsti dalla normativa EMC, motori a scoppio con impianto di accensione non schermato, ecc., possono essere causa di cattivo funzionamento dei ricevitori DTT, specialmente se le condizioni di ricezione erano già vicine al “gradino”, cioè con poco margine di ricezione.

Qualche nota sulle normative

Gli impianti per la ricezione dei segnali TV e per i servizi multimediali, devono essere costruiti e mantenuti nelle condizioni di funzionalità e sicurezza previsti dalla normativa vigente. Le norme prescrivono le caratteristiche elettriche e meccaniche che permettono all'impianto di soddisfare i requisiti di funzionalità e sicurezza che anche la legge impone (Legge 46-90). In particolare si ricordano le normative CEI EN 50083 1÷10, la guida CEI 100-7 e la guida CEI, Impianti d'antenna: come far installare gli impianti per la televisione e i relativi servizi interattivi; direttive tecniche ed esecutive - 1ª Edizione, novembre 2001.

L'importanza del sopralluogo

L'installatore, dopo essersi documentato sulla posizione dei trasmettitori che irradiano il segnale DTT, verificando zona per zona quali segnali siano attivi, ad esempio sul sito DGTVi: www.dgtvi.it, prima di procedere all'installazione del ricevitore digitale deve effettuare un sopralluogo presso il sito interessato teso a:

- verificare la situazione reale dell'impiantistica del sistema ricevente
- valutare gli interventi necessari all'installazione del nuovo ricevitore DTT
- comunicare al cliente l'entità del lavoro da effettuare.

In molti casi l'impianto ricevente sarà già adatto alla ricezione dei nuovi segnali. In altri casi saranno necessari interventi installativi riguardanti il sistema delle antenne riceventi, il terminale di testa (centralina), in altri casi si richiederà una bonifica dell'impianto di edificio e/o di appartamento.

L'installatore dovrà effettuare le verifiche, se necessario con l'ausilio di strumentazione che permetta di valutare nel modo più oggettivo possibile la reale situazione dell'impianto di ricezione.

Le parti costituenti l'impianto di ricezione e distribuzione

L'impianto di ricezione dei segnali TV può avere realizzazioni molto diverse in funzione delle situazioni ambientali nelle quali si trova ad operare.

Nella figura che segue è esemplificato questo concetto: il sistema di antenna e la presa TV della villetta unifamiliare sono equivalenti a quelle di un condominio. Il terminale di testa (centralina TV) e l'impianto di edificio non sono equivalenti.

In entrambe le situazioni, schematizzando si possono evidenziare 5 funzioni:

- i. Sistema di antenne per la ricezione dei segnali (via terrestre, via satellite)
- ii. Terminale di testa (solo segnali via terrestre, anche segnali via satellite, ecc.)
- iii. Impianto di edificio (per bande adatte ai sistemi via terrestre, via terrestre più satellite, multi cavo, ecc.)
- iv. Impianto di appartamento
- v. Ricevitore (STB, ricevitore TV)

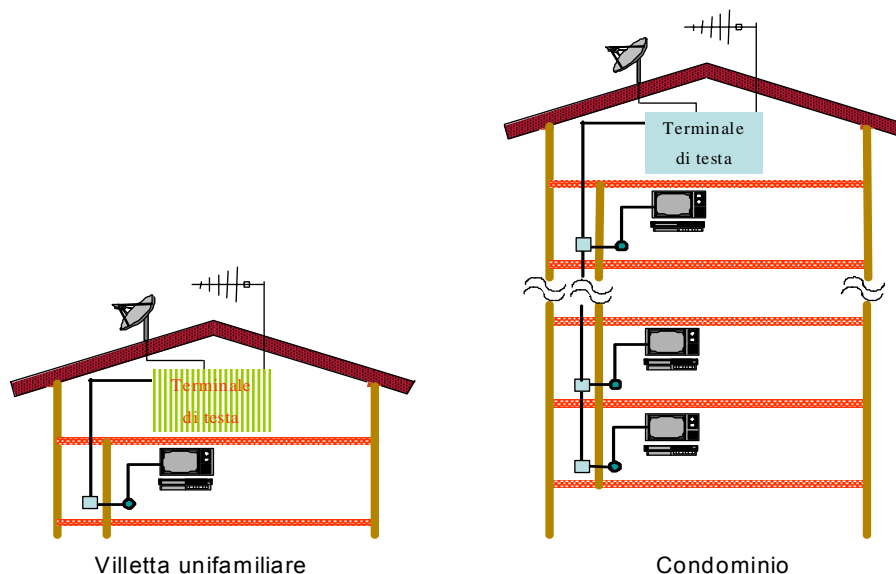


Figura 5 delle Linee Guida

Sistema di antenne riceventi

In generale si suppone che l'impianto sia a norme e correttamente funzionante. Nel caso questo non sia vero, comunque un intervento di bonifica è necessario. A questo proposito si ricorda l'obbligo di certificazione dell'impianto da parte dell'installatore previsto dalla legge (Legge 46-90).

In molti casi, quando i trasmettitori dei segnali di interesse del cliente sono posti negli stessi siti di trasmissione dei segnali TV analogici che il cliente normalmente riceve con le stesse polarizzazioni, trasmettono su frequenze "libere" il sistema di antenne riceventi sarà con molte probabilità già adeguato per la ricezione dei segnali DTT.

Quando i trasmettitori dei segnali DTT sono posti in altri siti o in diverse polarizzazioni sarà necessario un intervento per l'aggiunta di una antenna per ogni nuovo sito o nuova polarizzazione di interesse del cliente.

In molti casi potrebbe essere conveniente l'installazione di antenne di canale per diminuire la possibilità di interferenze, specialmente nel caso di sistemi di amplificazione di edificio a larga banda. Nel caso di aggiunta di antenne di canale, si raccomanda l'uso di antenne dichiarate dal costruttore adatte all'uso di segnali DTT. Questo per evitare delle disequalizzazioni che non danneggiano molto i segnali analogici, ma che possono dare fastidio ai segnali DTT. I cataloghi dei costruttori di questi materiali illustrano moltissime possibilità di scelta, adatte a coprire le esigenze più svariate. Si rimanda alla monografia allegata per la descrizione di come puntare le antenne e quando può essere conveniente fruttare le caratteristiche di direttività anche dei lobi secondari dei diagrammi di direttività delle antenne.

Terminale di testa

Come detto in precedenza il terminale di testa normalmente è diverso fra i sistemi per impianti collettivi e per impianti singoli, se non altro per il livello del segnale in uscita al sistema di amplificazione. Negli impianti singoli, in molti casi, quando il livello del segnale in antenna è sufficiente, il sistema di amplificazione non è presente, ma le antenne sono connesse direttamente al ricevitore.

Quando il sistema di amplificazione è presente, a parte il livello del segnale di uscita, non ci sono sostanziali differenze tecniche fra l'amplificazione di un impianto singolo o di un impianto collettivo. Normalmente incidono considerazioni di tipo economico che spingono negli impianti singoli ad amplificazioni a larga banda, normalmente meno costose, mentre negli impianti collettivi, specialmente se di grandi dimensioni, sono sovente presenti impianti canalizzati.

Nel caso di impianti canalizzati, ogni segnale DTT richiede un nuovo amplificatore di canale (o filtro amplificato di canale) o un convertitore di canale. Per altro anche un nuovo canale TV analogico richiederebbe esattamente la stessa cosa. Converrà utilizzare anche in questo caso apparati dichiarati dai costruttori adatti per il sistema DTT.

Per gli impianti con amplificazione a larga banda, quando siano presenti interferenze co-canale provenienti da trasmettitori di diversi siti o di polarizzazioni diverse, fra segnali DTT e segnali TV analogici o altri segnali DTT, bisognerà effettuare una o se necessario più di una delle seguenti operazioni in funzione del fatto che il segnale interferente sia da utilizzare comunque nell'impianto o meno:

- Attenuare l'interferenza TV analogica mediante filtri elimina canale
- Convertire il canale analogico su una frequenza libera
- Convertire il canale DTT su una frequenza libera.

“Il libro bianco sulla televisione digitale terrestre” dell’Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni riporta la seguente tabella, per indicare in funzione del tipo di modulazione e del codice interno (FEC) quale deve essere il valore minimo di rapporto fra segnale DTT e interferente PAL espresso in dB.

| modulazione | QPSK | | | | | 16 QAM | | | | | 64 QAM | | | | |
|--------------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|
| | 1/2 | 2/3 | 3/4 | 5/6 | 7/8 | 1/2 | 2/3 | 3/4 | 5/6 | 7/8 | 1/2 | 2/3 | 3/4 | 5/6 | 7/8 |
| Segnale DTT / interferente PAL | -12 | -8 | -5 | 2 | 6 | -8 | -4 | 0 | 9 | 16 | -3 | 4 | 10 | 17 | 24 |

Tabella 9 delle Linee Guida

Con le attuali trasmissioni che normalmente prevedono una modulazione 64 QAM con codice interno 2/3 e intervallo di guardia 1/32 il valore minimo richiesto è di 4 dB. Il suggerimento è di avere un valore di interferente co-canale con un margine di alcuni dB rispetto alla tabella sopra riportata. Un buon valore cui puntare potrebbe essere 9 dB.

Impianto di edificio e di appartamento

Gli impianti di edificio e di appartamento devono essere anch'essi a norma.

Si sottolineano in questo caso due aspetti: la schermatura dell'impianto e gli adattamenti di impedenza.

La Guida 100-7 del CEI richiede un coefficiente di schermatura di almeno 75 dB per gli impianti di edificio nelle bande interessate dal sistema DTT. Questo si ottiene con cavi adeguati, componenti passivi adeguati e soprattutto con una cura installativa notevole. Una calza del cavo coassiale male collegata fa precipitare il coefficiente di schermatura dell'impianto. Sovente questi effetti si vedono dopo un po' di tempo che l'installazione è stata effettuata, a causa di ossidazione delle superfici, ecc. Questo può comportare che l'interferenza che con tanta cura si è eliminata dal sistema ricevente entra attraverso il cavo.

Come scritto in modo più ampio nella monografia allegata, i segnali DTT sono vulnerabili agli echi corti, dell'ordine di 0,15µs. Negli impianti fissi, questi echi possono essere soprattutto causati da disadattamenti di impedenza, come ad esempio da code di cavi coassiali non terminati. Quasi tutti i produttori di materiali per questo tipo di installazioni forniscono degli esempi per la corretta installazione dei materiali.

In particolare per prevenire questo tipo di problemi è importante inserire le terminazioni a 75Ω in tutti i punti consigliati e non lasciare delle code di cavo collegate senza terminazione.

La guida 100-7 del CEI riporta inoltre l'isolamento a RF che deve esserci fra le varie prese dell'impianto di distribuzione dei segnali TV e multimediali. Questo è un dato importante che permette evitare interferenze fra un ricevitore ed un altro collegati sullo stesso impianto.

Come si collega il ricevitore DTT

Lo schema dei collegamenti base, effettuati in sede di prima installazione, è il seguente:

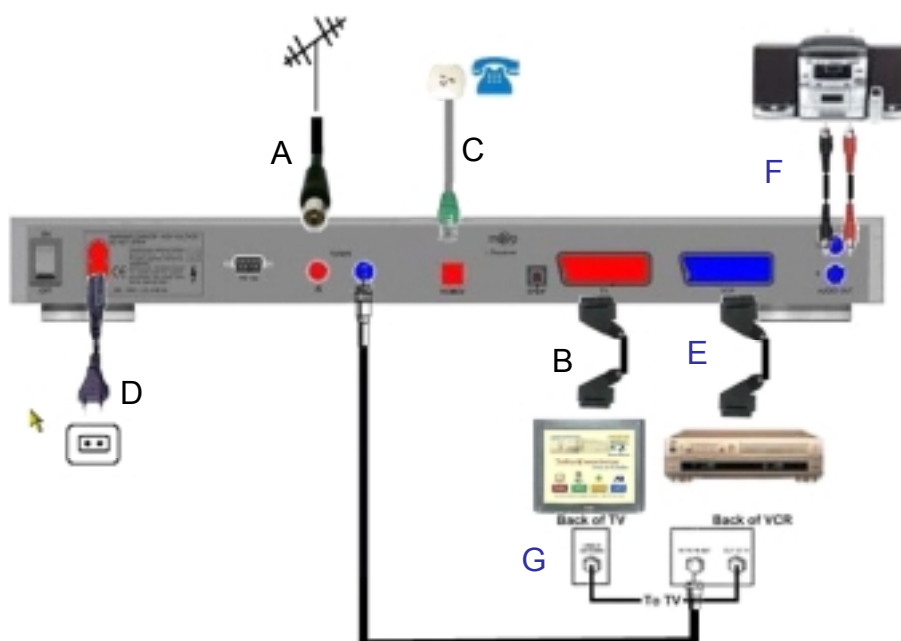


Figura 24 delle Linee Guida

- A. il cavo coassiale proveniente dall'antenna è collegato al STB alla presa d'antenna (presa "ANT IN", "TUNER IN" o denominazioni simili);
- B. il STB è collegato al televisore mediante il cavo SCART normalmente in dotazione (presa denotata come "TV")
- C. per l'accesso ai servizi interattivi, il STB interattivo è collegato alla presa telefonica con il cavo fornito in dotazione (presa "LINE", "MODEM" o denominazioni simili)
- D. il cavo di alimentazione è collegato al STB da una parte e ad una presa elettrica dall'altra.

Una descrizione più completa è riportata nella monografia allegata

Misure di caratterizzazione del segnale DTT

I parametri che caratterizzano principalmente il segnale DTT sono:

- Signal Level (Livello del segnale)
- Rapporto C/N (Carrier/Noise, portante/rumore)
- BER (Bit Error Ratio)
- MER (Modulation Error Ratio)

Altri parametri possono essere valutati (ad es. CSI – Channel Status Information) e molti strumenti di misura permettono simili valutazioni.

Signal Level

Il livello del segnale ricevuto è uno dei parametri principali che permette di valutare se il ricevitore (STB) è nelle condizioni di lavorare correttamente. Viene misurato sia per i segnali analogici sia per i segnali digitali in dB μ V (o in dBmV; 1 dBmV= 60 dB μ V; 0 dB μ V = 1 μ V). Nei canali analogici viene attribuito a questo parametro il valore di picco della portante video che è raggiunto durante la trasmissione dei segnali di sincronismo.

Nel caso di segnali digitali questo valore è dato dal livello complessivo del segnale misurato nell'intera banda del canale, che nel caso DTT è di 7 o 8 MHz.

Se misurato con strumenti che hanno le specializzazioni per i sistemi DTT il valore deve essere compreso fra 31 dB μ V e 80dB μ V per la modulazione 64 QAM codice interno 2/3.

Rapporto C/N (Carrier/Noise)

È una definizione impropria, in quanto non ha molto senso parlare di una unica carrier nel sistema DTT. Il valore C è la quantità di segnale utile che è compresa nella banda del canale interessato, mentre N è il rumore Gaussiano che è interferisce con il segnale utile all'interno della stessa banda. Si misura in dB.

BER (Bit Error Ratio)

I sistemi televisivi digitali trasmettono il loro contenuto in forma digitale. Le trasmissioni televisive digitali sono quindi un flusso di informazioni elementari chiamate "bit", che vengono trasferite dal trasmettitore al ricevitore utilizzando le modulazioni più adatte al mezzo trasmissivo che si deve usare. Il BER, chiamato anche tasso di errore è il rapporto fra il numero di bit (informazioni elementari) sbagliati che giungono nel punto in cui si effettua la misura ed il numero totale di bit trasmessi. Questi valori sono fondamentali per capire se il sistema funziona correttamente. È fondamentale il valore di questo parametro prima del correttore d'errore Reed Solomon, che non deve essere peggiore di 2×10^{-4} . Questo valore corrisponde alla condizione QEF (Quasi Error Free).

Gli strumenti riportano queste misure in varie forme e in vari punti della catena del sistema di ricezione. Ogni strumento indica (o dovrebbe indicare) sul suo manuale, modulazione per modulazione, codice interno per codice interno la corrispondenza fra il valore QEF e la misura di BER effettuata prima del correttore Reed Solomon. Molti strumenti forniscono anche informazioni relative al BER dopo il correttore Reed Solomon. Poiché gli errori in quel punto del sistema ricevente devono essere molto pochi, quindi una stima completa richiederebbe molto tempo, di solito viene riportata una valutazione del genere: migliore di $N \times 10^{-8}$, oppure zero.

Altri strumenti riportano in funzione della qualità del segnale ricevuto delle informazioni quali:

Fail: qualità del segnale ricevuto inutilizzabile

Marg: qualità del segnale ricevuto insufficiente

Pass: qualità del segnale ricevuto sufficiente

Queste informazioni semplificano le analisi da parte dell'installatore, per contro in caso di necessità bisognerà comunque valutare tutti i parametri significativi del sistema di ricezione per comprendere bene i problemi.

MER (Modulation Error Ratio)

Il parametro MER è definito nella specifica ETR 290 (linee guida sui metodi di misura per i sistemi DVB).

Questa figura di merito è calcolata valutando la completa degradazione del segnale che è presente all'ingresso del circuito di decisione di un ricevitore e fornisce una indicazione della capacità di decodificare correttamente il segnale. E' espresso in dB, e più è alto il suo valore migliore è la qualità del segnale ricevuto. In presenza del solo rumore "gaussiano", MER coincide con C/N.

LINEE GUIDA PER L'INSTALLAZIONE DI SISTEMI DI RICEZIONE DI SEGNALI TELEVISIVI IN TECNICA DIGITALE TERRESTRE

1 Premessa

Dalla "invenzione" della televisione avvenuta all'inizio degli anni '30 fino ad oggi la strada percorsa ha visto un certo numero di svolte tecnologiche particolarmente significative.

L'idea fondamentale è stata quella di focalizzare una immagine ottica su un trasduttore ottico-elettrico capace di analizzare in sequenza, per punti successivi la quantità di luce che colpisce ciascuno dei punti che compongono la superficie del trasduttore ottico/elettrico e trasformarla in un segnale elettrico che sia in qualche modo proporzionale all'intensità di luce che lo colpisce, ottenendo l'informazione delle immagini in forma elettrica nella "telecamera".

Questa informazione deve essere "trasportata" fino al trasduttore elettro-ottico chiamato "televisore". Nel "televisore" tali informazioni vengono ri-trasformate con una operazione complementare a quella della "telecamera" in immagini ottiche.

Mentre l'idea iniziale di trasformare le immagini in segnali elettrici e successivamente questi segnali elettrici in immagini è tuttora valida, le tecniche utilizzate per questo processo sono cambiate profondamente e probabilmente cambieranno ulteriormente nel futuro, come sono molti i sistemi per trasportare questo segnale elettrico dalla "telecamera" al "televisore".

Si potrebbero scrivere molte pagine relative alla storia dell'evoluzione dei sistemi con i quali si è giunti all'attuale sviluppo tecnologico. Per l'argomento che viene qui trattato saranno solamente accennate le principali tappe di tali tecniche per poi concentrare l'attenzione sulla TV digitale e sul trasporto digitale terrestre (DTT).

Il segnale televisivo (video e audio) che siamo stati abituati a ricevere nelle nostre case a partire dalle prime trasmissioni 50 anni fa, normalmente nasceva in forma analogica, e veniva trasportato alle nostre case attraverso l'etere, per poi giungere al nostro televisore ed essere ritrasformato in immagini e suoni. 50 anni fa le informazioni erano in bianco e nero, mentre l'audio era solamente monofonico. La modulazione utilizzata per il trasporto dei segnali televisivi era (ed è ancora oggi) AM (modulazione d'ampiezza).

Poi con il passare del tempo, si sono aggiunte le informazioni relative al colore, in Italia secondo lo standard PAL, un secondo canale audio, per rendere il suono stereofonico, mentre in forma nascosta alla nostra percezione si sono aggiunte altre informazioni quali quelle del televideo e informazioni "di servizio" che permettono di misurare la qualità del segnale ricevuto.

In Italia ha avuto poco sviluppo, ma in molte parti del mondo è molto utilizzata una tecnologia di trasporto dei segnali televisivi via cavo (CATV). Le tecniche di produzione e modulazione dei segnali che compongono il canale televisivo analogico, sono le stesse che vengono normalmente utilizzate per il trasporto via etere, per tanto anche nei sistemi analogici via cavo si può utilizzare un normale televisore per fruire dei servizi televisivi.

Con l'avvento dei satelliti artificiali si è sviluppata una nuova tecnologia per la diffusione dei segnali televisivi. Infatti con la messa in orbita di satelliti artificiali in posizioni geo-stazionarie, è possibile inviare da terra dei segnali televisivi verso il satellite e fare in modo che questo ritrasmetta i segnali verso terra, in modo da coprire aree geografiche notevoli.

Il mondo dell'elettronica ha notevolmente influenzato tutte le attività umane nell'ultimo mezzo secolo, in particolare attraverso i sistemi di digitalizzazione delle informazioni. Non poteva rimanere esente da questa influenza la televisione. Per tanto si è cominciata a studiare la possibilità di digitalizzare l'informazione televisiva. Partendo dai sistemi degli studi di produzione televisiva, per giungere fino nelle nostre case, ormai da molti anni possiamo ricevere segnali televisivi digitali da satellite ed oggi anche attraverso la

propagazione terrestre. Lo scopo di questa monografia è principalmente quello di illustrare le caratteristiche del sistema che permette di ricevere il segnale digitale terrestre nelle nostre case. Nei capitoli che concludono la monografia sono trattati in forma descrittiva alcuni approfondimenti sul sistema televisivo in generale e sono riportati alcuni confronti fra i vari mezzi trasmissivi.

2 La trasmissione del segnale DTT (Digital Terrestrial Television)

Il segnale DTT viene trasmesso nelle bande di frequenza normalmente riservate alla trasmissione dei segnali televisivi. In Italia viene utilizzata la banda III in VHF e le bande IV e V in UHF. In banda III il segnale ha una larghezza di banda di 7 MHz¹, in banda IV e V il canale ha una larghezza di banda di 8 MHz. La canalizzazione e la larghezza di banda utilizzate sono le stesse che normalmente vengono utilizzate per la trasmissione dei programmi TV analogici, ossia:

| | Canale | Limiti canale (MHz) |
|------------------|---------------------|---------------------|
| Banda III | D | 174÷181 |
| | E | 182,5÷189,5 |
| | F | 191÷198 |
| | G | 200÷207 |
| | H | 209÷216 |
| | H1 | 216÷223 |
| | H2 | 223-230 |
| | Bande IV e V | 21 |
| | 22 | 478÷486 |
| | 23 | 486÷494 |
| | 24 | 494÷502 |
| | 25 | 502÷510 |
| | 26 | 510÷518 |
| | | |
| | 63 | 806÷814 |
| | 64 | 814÷822 |
| | 65 | 822÷830 |
| | 66 | 830÷838 |
| | 67 | 838÷846 |
| | 68 | 846+854 |

Tabella 1

Vi è quindi una completa compatibilità di canalizzazione fra la TV analogica e digitale a propagazione terrestre.

Molte zone d'Italia sono già coperte da segnali DTT. Non è possibile riportare nella monografia le zone coperte dai vari operatori in quanto la situazione è in continua evoluzione ed espansione. È possibile trovare la mappa aggiornata dei trasmettitori DTT dei vari operatori sul sito della organizzazione DGTVi (www.dgtvi.it).

La ricezione del segnale DTT avviene mediante un apposito ricevitore chiamato normalmente o Decoder o Set Top Box (STB) in grado di decodificare la modulazione prevista dagli standard internazionali per questo

¹ Va peraltro segnalato che il Piano Nazionale di Assegnazione delle Frequenze per la radiodiffusione televisiva terrestre in tecnica digitale (**PNAF-DVB**) (Delibera n. 15/03/CONS) prevede in futuro una ricanalizzazione ad 8 MHz della Banda III per uniformità col resto d'Europa

tipo di servizio. L'industria sta lavorando per iniziare a rendere disponibili nel brevissimo periodo TV con decoder integrato.

Consigli sulle modalità di installazione del STB nei normali ambienti domestici verranno trattati nel capitolo 8.

2.1 Il contenuto del segnale DTT

Il contenuto del segnale DTT che occupa la banda di un normale programma TV analogico, si chiama Transport Stream (TS) o Multi Program Transport Stream (MPTS) nel caso in cui contenga più programmi e/o servizi, anche se nel gergo viene chiamato Multiplex. Un MPTS può contenere al suo interno più programmi video, audio, informazioni relative ai programmi trasmessi, ad esempio l'EPG (Electronic Program Guide), altre sequenze di dati, ad esempio per servizi interattivi. Nella seguente figura è riportato uno schema di principio di come può essere composto il contenuto informativo di un MPTS. I vari servizi audio, video vengono digitalizzati e codificati nel blocco chiamato nella figura "Codifica", poi vengono inviati ad un blocco chiamato TS MUX (Transport Stream MULTiplexer), che forma il flusso digitale da inviare al sistema che prepara i dati per la trasmissione. Nella figura sono esemplificati due canali video, tre canali audio, due flussi dati. Nella realtà i MPTS vengono composti dagli operatori televisivi secondo le esigenze di trasmissione con un numero di programmi variabile, che può arrivare anche a 6÷7 canali video, oppure ad una quarantina di canali radio, ecc.

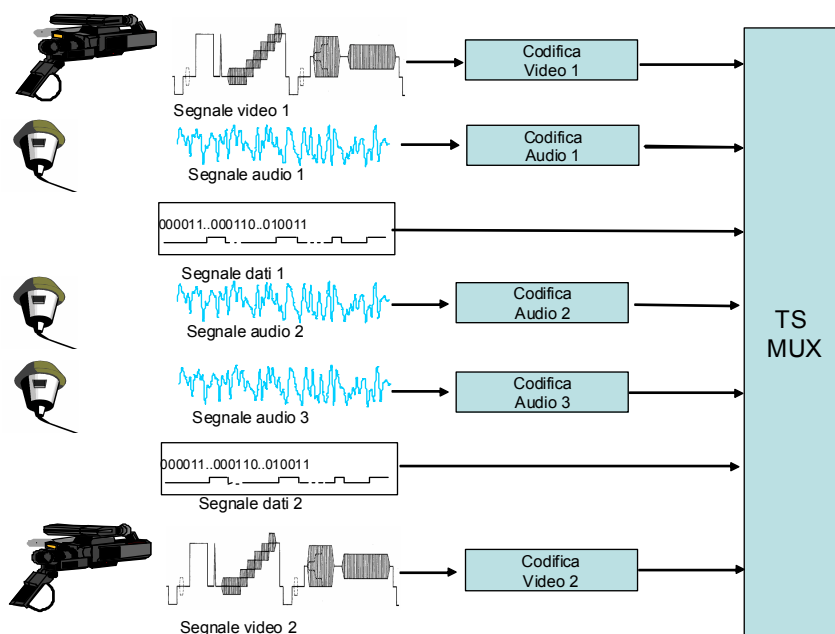


Figura 1

2.2 Dal flusso digitale alla trasmissione nell'etere

Il DVB (Digital Video Broadcasting) diede mandato ai tecnici di studiare per la diffusione dei segnali DTT, un sistema trasmissivo in grado di soddisfare i seguenti requisiti:

- Compatibilità con la canalizzazione prevista dagli standard televisivi esistenti
- Robustezza del sistema rispetto al fenomeno dei cammini multipli tipici della propagazione terrestre (riflessioni)
- Possibilità di ricezione delle trasmissioni da postazioni fisse con i normali sistemi riceventi

- d) Possibilità di ricezione delle trasmissioni da posizioni fisse anche con terminali portatili con antenne omni direzionali
- e) Possibilità di distribuzione del segnale da reti SFN (Single Frequency Network), che permettono di utilizzare, anche in territori di dimensioni regionali e nazionali, trasmettitori sincronizzati che operano sullo stesso canale RF (Radio Frequenza)
- f) Maggior compatibilità possibile con gli altri sistemi per la diffusione di segnali TV digitali (cavo e satellite)

Nel seguito della monografia verranno esaminati tutti questi requisiti e come sono stati raggiunti.

Per essere compatibili con le richieste è stata studiata e normalizzata la soluzione illustrata nella seguente figura:

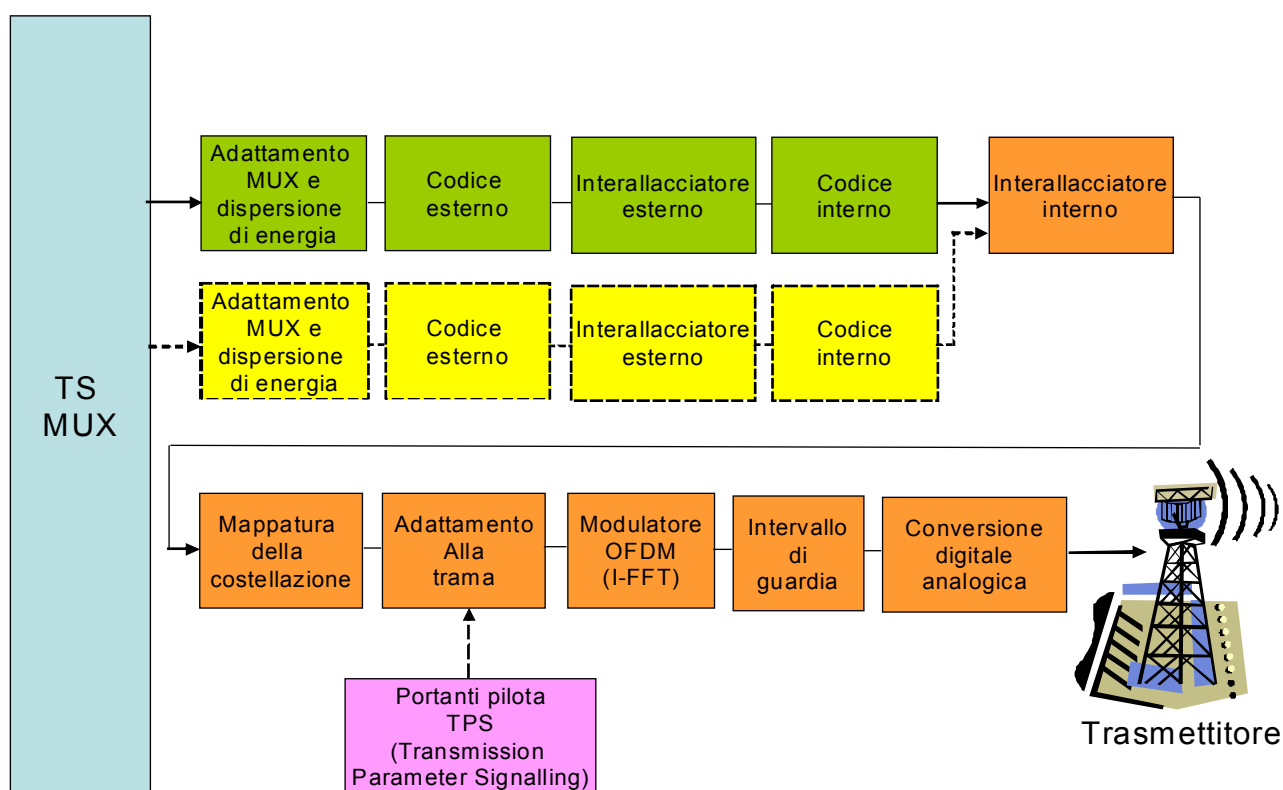


Figura 2

Come si vede il segnale in uscita dal TS MUX, subisce una serie di elaborazioni prima di arrivare al trasmettitore. Le elaborazioni riportate in figura nelle caselle di colore verde sono comuni anche ai sistemi satellitari (DVB-S). La modulazione utilizzata nei sistemi digitali satellitari (QPSK), è quella che più si adatta alle esigenze di quel mezzo trasmissivo, ma non ha le caratteristiche necessarie alla trasmissione terrestre. Il codice esterno è comune anche ai sistemi via cavo (DVB-C). L'utilizzo delle parti disegnate in giallo serve nel caso di trasmissione gerarchica dell'informazione. Per il momento non si entrerà nel merito di questa problematica in questa parte della monografia.

Molte delle operazioni che vengono effettuate sul flusso dati tendono ad irrobustire la capacità di funzionamento del sistema in condizione di rapporto segnale rumore abbastanza difficile, altre servono a permettere la realizzazioni di reti SFN.

Per sopportare le distorsioni, le riflessioni ed il rumore tipiche delle trasmissioni a propagazione terrestre è necessario utilizzare dei sistemi multi-portante. La modulazione avviene attraverso la funzione Modulatore COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) ed è realizzato mediante una IFFT (Inverse Fast Fourier Transform). Ogni portante deve avere una banda molto stretta in modo tale che le distorsioni e l'interferenza, portante per portante, siano molto basse. La standardizzazione europea per il DTT prevede due possibilità: un sistema chiamato 2K ed un sistema chiamato 8K². Il numero di portanti esatto è riportato nelle tabelle che seguono.

Non tutte le portanti sono utilizzate per portare le informazioni dei programmi TV, radio o dei dati di interesse del cliente (segnale utile).

Un certo numero di portanti è utilizzato per informazioni che facilitano il funzionamento del sistema: portanti pilota che fra gli altri hanno anche lo scopo di facilitare la decodifica del segnale ricevuto e portanti utilizzate per il trasporto di informazioni relative ai parametri trasmissivi.

Nella seguente tabella sono riportati alcuni parametri significativi dei sistemi 2K e 8K per i canali a 8 MHz tratti dalla specifica ETSI EN 300 744

| Parametro | Sistema 8K | Sistema 2K |
|--|------------|------------|
| Numero totale portanti | 6.817 | 1.705 |
| Numero portanti dati servizi | 6.048 | 1.512 |
| Portanti pilota | 701 | 176 |
| Portanti informazioni TPS | 68 | 17 |
| Tempo di durata utile del simbolo | 896µs | 224µs |
| Spaziatura fra le portanti | 1116 Hz | 4464 Hz |
| Banda occupata dal segnale nel canale da 8 MHz | 7,61 MHz | 7,61 MHz |

Tabella 2

Nella seguente tabella sono riportati alcuni parametri significativi dei sistemi 2K e 8K per i canali a 7 MHz. Tali valori sono tratti dalla specifica ETSI EN 300 744

² Non si dà qui conto del sistema intermedio 4k, recentemente introdotto dal DVB, all'interno del "pacchetto" noto come DVB-H, per migliorare la ricezione del segnale DTT da parte di mezzi mobili

| Parametro | Sistema 8K | Sistema 2K |
|--|------------|------------|
| Numero totale portanti | 6.817 | 1.705 |
| Numero portanti dati servizi | 6.048 | 1.512 |
| Portanti pilota | 701 | 176 |
| Portanti informazioni TPS | 68 | 17 |
| Tempo di durata utile del simbolo | 1024µs | 256µs |
| Spaziatura fra le portanti | 976 Hz | 3906 Hz |
| Banda occupata dal segnale nel canale da 8 MHz | 6,66 MHz | 6,66 MHz |

Tabella 3

A ciascuna delle portanti che trasportano informazioni relative al segnale utile è applicata una modulazione digitale o QPSK, o 16 QAM, o 64 QAM. L'operatore deciderà in funzione delle esigenze quale robustezza dare a ciascun programma che viene irradiato e di conseguenza quale modulazione utilizzare per ciascun programma. Naturalmente utilizzare una modulazione più robusta comporta una penalizzazione in termini di velocità di trasmissione (bit-rate).

Vengono anche utilizzati codici interni che permettono, inserendo dei dati aggiuntivi di correggere eventuali errori di trasmissione. Il sistema utilizzato è lo stesso usato nei sistemi satellitari e consiste in funzione della protezione desiderata nell'inserire un bit di ridondanza ogni bit di informazione nel caso di codice $\frac{1}{2}$, un bit di ridondanza ogni 2 bit di informazione nel caso di codice $\frac{2}{3}$, di un bit di ridondanza ogni 3 di informazione nel caso di codice $\frac{3}{4}$ e così via. I codici previsti sono $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{7}{8}$.

Per poter permettere trasmissioni SFN, è necessario introdurre un intervallo di guardia che consenta al sistema ricevente di non risentire degli echi anche multipli che possono essere derivati da varie cause, prima fra tutte la trasmissione proveniente da altri trasmettitore in una rete SFN. Naturalmente ad un intervallo di guardia più ampio corrisponde una più elevata immunità sia agli echi generati da propagazione per cammini multipli che ad eventuali segnali interferenti isocanale. Anche questo fatto però penalizza la velocità di trasmissione (bit-rate), , quindi la quantità di informazioni utili trasmesse (payload) viene a diminuire.

Gli intervalli di guardia previsti dalla normativa sono $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{32}$ sia per il sistema 2K sia per il sistema 8K. In funzione del tempo di guardia si può stabilire indicativamente la distanza massima alla quale si possono posizionare due trasmettitori adiacenti nelle reti SFN.

La seguente tabella riporta le caratteristiche legate al tempo dell'intervallo di guardia per una canale di banda 8 MHz.

| | Sistema 8K | | | | Sistema 2K | | | |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Intervallo di guardia | 1/4 | 1/8 | 1/16 | 1/32 | 1/4 | 1/8 | 1/16 | 1/32 |
| Tempo del simbolo utile | 896µs | | | | 224µs | | | |
| Tempo di guardia | 224µs | 112µs | 56µs | 28µs | 56µs | 28µs | 14µs | 7µs |
| Tempo totale del simbolo | 1120µs | 1108µs | 952µs | 924µs | 280µs | 252µs | 238µs | 231µs |
| Distanza massima fra trasmettitori | Circa 67.1 Km | Circa 33.5 Km | Circa 16.8 Km | Circa 8.4 Km | Circa 16.8 Km | Circa 8.4 Km | Circa 4.2 Km | Circa 2.1 Km |

Tabella 4

Dalla tabella sopra riportata si può dedurre che i sistemi 2K non sono adatti a reti di grandi dimensioni a singola frequenza.

DVB ha introdotto un concetto molto importante per la valutazione della qualità delle trasmissioni digitali indipendentemente dal sistema trasmissivi: il valore di Quasi Error Free (QEF). La ricezione dei sistemi televisivi digitali deve essere QEF, cioè deve non avere più di un errore visibile al cliente ogni ora di trasmissione ricevuta. Gli errori si manifestano principalmente con delle porzioni del video che sono quadrettate, come quando si vuole nascondere il viso di una persona per motivi di privacy ad esempio durante i telegiornali. Questi squadrettamenti non voluti, non devono ripetersi più di una volta ogni ora di trasmissione. Di seguito vengono riportati alcuni dati significativi che correlano il tipo la modulazione delle portanti, il codice interno, intervallo di guardia, per ottenere una ricezione QEF, il rapporto segnale rumore (C/N) minimo nella banda del canale RF ricevuto al segnale utile trasmesso nelle 3 condizioni indicate dalla specifica ETSI EN 300 744, il valore è espresso in dB:

- Cond-1: Ricezione ideale in presenza di rumore bianco Gaussiano (Gaussian Channel)
- Cond-2: Ricezione diretta con la presenza di echi, tipico caso di ricezione da impianto fisso (Ricean Channel)
- Cond-3: Ricezione portatile con antenna omni-direzionale non in vista del trasmettitore (Rayleigh Channel)

Si è considerato che il ricevitore introduca un degrado di circa 3 dB per il suo funzionamento.

Si noti che le prestazioni possono variare lievemente da ricevitore a ricevitore. Il valore di 3dB è indicato nel documento CEPT (Conférence Européenne des Administrations des Postes et Télécommunications), "The Chester 1997 Multilateral Coordination Agreement relating to Technical Criteria, Coordination Principles and Procedures for the Introduction of Terrestrial Digital Video Broadcasting (DVB-T)" del luglio 1997 e sono accolti anche dal Libro Bianco dell'Autorità.

La Tabella 5 riporta i valori base di C/N necessari per la ricezione QEF "Quasi Error Free", ossia BER 2.10⁻⁴ dopo la decodifica di Viterbi. Ai valori deve essere incluso il margine di implementazione.

- Cond. 1: Canale Gaussiano (ideale)
 Cond. 2: Canale Rice (ricezione fissa)
 Cond. 3: Canale Rayleigh (ricezione portatile)

| Modulazione | Codice | C/N minimo | | | Capacità utile (Mbit/s) | | | |
|-------------|--------|----------------------|----------------|----------------|-------------------------|-------|-------|-------|
| | | Condizione ricezione | | | Intervallo di guardia | | | |
| | | Cond-1 (dB) | Cond-2 (dB) | Cond-3 (dB) | 1/4 | 1/8 | 1/16 | 1/32 |
| QPSK | 1/2 | 3,1 | 3,6 | 5,4 | 4,98 | 5,53 | 5,85 | 6,03 |
| QPSK | 2/3 | 4,9 | 5,7 | 8,4 | 6,65 | 3,37 | 7,82 | 8,05 |
| QPSK | 3/4 | 5,9 | 6,8 | 10,7 | 7,45 | 8,28 | 8,8 | 9,05 |
| QPSK | 5/6 | 6,9 | 8,0 | 13,1 | 8,3 | 9,22 | 9,76 | 10,05 |
| QPSK | 7/8 | 7,7 | 8,7 | 16,3 | 8,7 | 9,68 | 10,25 | 10,56 |
| 16QAM | 1/2 | 8,8 | 9,6 | 11,2 | 9,95 | 11,06 | 11,71 | 12,06 |
| 16QAM | 2/3 | 11,1 | 11,6 | 14,2 | 13,27 | 14,75 | 15,61 | 16,09 |
| 16QAM | 3/4 | 12,5 | 13,0 | 16,7 | 14,93 | 16,59 | 17,56 | 18,10 |
| 16QAM | 5/6 | 13,5 | 14,4 | 19,3 | 16,59 | 18,43 | 19,52 | 20,11 |
| 16QAM | 7/8 | 13,9 | 15,0 | 22,8 | 17,42 | 19,35 | 20,49 | 21,11 |
| 64QAM | 1/2 | 14,4 | 14,7 | 16,0 | 14,93 | 16,59 | 17,56 | 18,10 |
| 64QAM | 2/3 | 16,5 | 17,1 | 19,3 | 19,91 | 22,12 | 23,43 | 24,13 |
| 64QAM | 3/4 | 18,0 | 18,6 | 21,7 | 22,39 | 24,88 | 26,35 | 27,14 |
| 64QAM | 5/6 | 19,3 | 20,0 | 25,3 | 24,88 | 27,65 | 29,27 | 30,16 |
| 64QAM | 7/8 | 20,1 | 21,0 | 27,9 | 26,16 | 29,03 | 30,74 | 31,67 |

Tabella 5

Si può notare dalla tabella che la velocità minima di trasmissione varia da meno di 5 Mbit/s a più di 31 Mbit/s. Naturalmente la scelta del tipo di modulazione e intervallo di guardia spetta agli operatori, ma sembra ragionevole che almeno per le reti di grande dimensione geografica di tipo SFN non si possa andare oltre i 20÷25 Mbit/s.

Le attuali trasmissioni usano normalmente la configurazione stabilita dal Piano Nazionale di Assegnazione delle Frequenze Digitali (PNAF Digitale), ovvero:

- modulazione 64 QAM,
8k portanti,
Codice 2/3,
Tg/Tu (intervallo di guardia) 1/4
capacità trasmissiva di 19.91 Mbit/s (con possibilità di realizzare reti k-SFN)

In alternativa:

- modulazione 64 QAM,
8k portanti,
Codice 2/3,
Tg/Tu(intervallo di guardia) 1/32
capacità trasmissiva di 24 Mbit/s.

2.3 Lo spettro del segnale DTT

Come abbiamo detto nel paragrafo precedente, il segnale DTT è un segnale che utilizza una canalizzazione a 7 MHz in VHF e 8 MHz nelle bande UHF. È un segnale multi portante, il suo spettro è praticamente piatto all'interno della banda di trasmissione. Nella seguente figura viene riportato un esempio di spettro del segnale DTT. Il posizionamento in frequenza è sul canale E21 quindi con canale a 8 MHz. In nero è riportata lo spettro del sistema a 8K, in blu lo spettro del sistema 2K. Gli spettri sono riportati all'uscita di un generatore per DTT, senza distorsioni o rumore aggiunto. La parte bassa della figura riporta un disegno nel quale si vuole dare una idea delle portanti contenute nello spettro. È come se si fosse notevolmente espansa la scala delle frequenze dell'analizzatore di spettro.

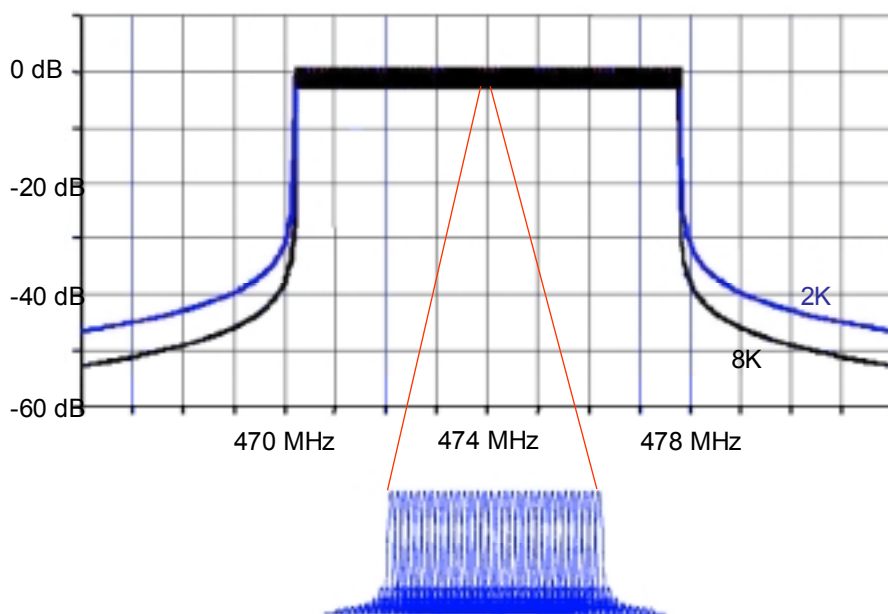


Figura 3

3 La ricezione del segnale DTT

Abbiamo visto nel capitolo 2 come viene generato il segnale TV digitale terrestre.

In questo capitolo esamineremo alcuni aspetti del sistema ricevente, mentre gli aspetti impiantistici verranno esaminati nei capitoli 4 e 5.

La Guida 100-7 del CEI relativa alla ricezione del segnale DTT prevede che il segnale all'ingresso dell'apparato ricevente sia compreso fra i valori di seguito riportati, sia esso un STB o un ricevitore TV con decoder integrato:

Livello minimo del segnale in ingresso (per ogni canale): 39÷45 dB(μ V) in funzione delle caratteristiche di modulazione del segnale COFDM.

Per la modulazione 64 QAM codice interno 2/3 i valori previsti dalla Guida 100-7 del CEI sono:

- valore minimo 45 dB μ V

- valore massimo 74 dB μ V

Si tenga conto che all'ingresso di un ricevitore che abbia 8 dB di figura di rumore, impedenza 75 ohm e con margine di implementazione 3dB, il valore di segnale minimo necessario è pari a circa 31 dB μ V.

Dislivello massimo fra due canali dello stesso tipo (DTT) adiacenti (± 7 MHz nella banda VHF, ± 8 MHz nella banda UHF): 3dB

Dislivello massimo fra due canali dello stesso tipo (DTT) entro ± 60 MHz: 6dB

Inoltre viene definito che il segnale DTT non deve essere superiore a -9 dB rispetto ad un canale analogico adiacente.

La massima disequalizzazione d'ampiezza all'interno della banda del canale DTT (sia in VHF che in UHF) non deve superare 8 dB.

I ricevitori attualmente in commercio hanno normalmente delle prestazioni ampiamente entro la normativa italiana.

Dalla tabella riportata precedentemente risulta evidente che i margini richiesti dalla normativa italiana hanno circa 10 dB di margine rispetto alla situazione con modulazione 64QAM con codice interno 2/3.

3.1 Comportamento a gradino dei ricevitori digitali

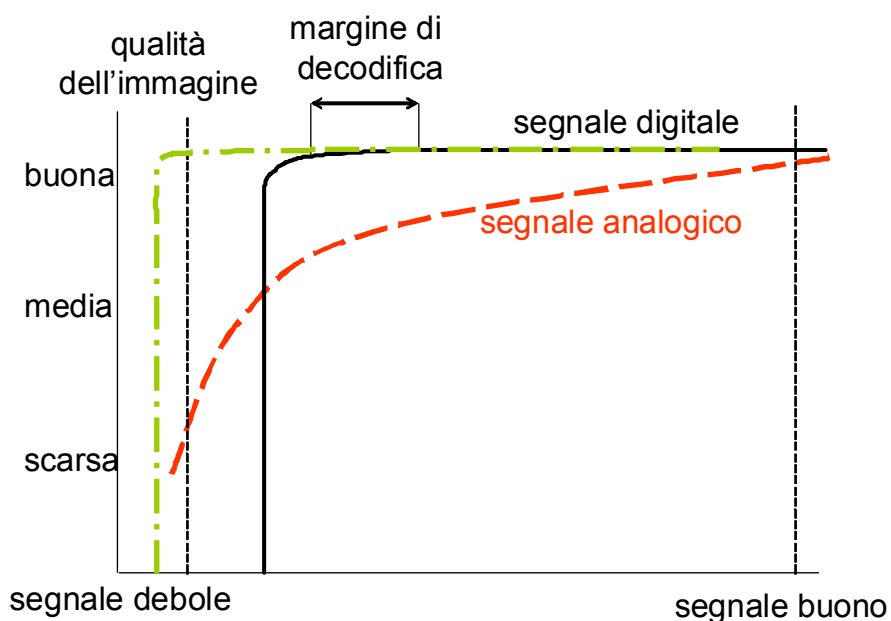


Figura 4

Nell'immagine sopra riportata, è descritto graficamente il concetto che si desidera esprimere.

Con i segnali TV analogici (linea rossa) il degrado della qualità segnale viene percepita con un peggioramento della qualità dell'immagine proporzionale al degrado.

La normativa prevede che il segnale TV analogico alla prese d'utente abbia un rapporto C/N (Carrier/Noise, portante/rumore) minimo di 44 dB, indicata sul grafico con segnale buono. Se questo rapporto cambia peggiorando, si vede un aumento dell'effetto neve, ma l'immagine rimane decifrabile, tipicamente fino a quando il sistema ricevente analogico riesce ad agganciare i sincronismi, indicata sul grafico con segnale debole.

Nei sistemi digitali il comportamento è completamente diverso. Il segnale digitale mantiene una qualità dell'immagine buona, sotto molti aspetti migliore del segnale analogico, fino a quando, con piccolo peggioramento del rapporto segnale rumore diventa del tutto indecifrabile.

Maggiore è la capacità di recupero degli errori del sistema digitale e più robusta la modulazione usata, più a sinistra si sposta la linea relativa al segnale digitale. Ad esempio la linea tratteggiata verde potrebbe essere quella indicativa della modulazione QPSK con codice interno $\frac{1}{2}$, mentre la linea nera potrebbe essere quella relativa alla modulazione 64 QAM con codice interno $\frac{3}{4}$. Nei segnali digitali la differenza fra il livello del segnale ricevuto e il livello di segnale dove comincia la non ricezione viene solitamente chiamato margine di decodifica ed è espresso normalmente in dB.

3.2 Rumore impulsivo

I sistemi televisivi analogici hanno la necessità di ricevere un segnale molto più "buono" per ottenere delle immagini di qualità rispetto ai sistemi DTT. Per contro nel caso siano interferiti da disturbi elettrici, quali quelli che genera l'accensione di lampade, la rotazione di motori di elettrodomestici, disturbi provocati dai sistemi di accensione delle scintille nella auto, ecc., la qualità dell'immagine peggiora gradualmente fino a rendere non intelligibile anche il segnale televisivo analogico. Il miglioramento della qualità degli elettrodomestici, l'applicazione delle norme EMC, la produzione di autovetture con circuiti di accensione schermati, ecc. hanno fortemente diminuito la creazione di rumori impulsivi nei nostri ambienti domestici. Chiaramente il fenomeno non è scomparso.

Alcune possibilità di diminuire l'influenza di questi disturbi è legata ad una buona impiantistica, argomento del quale parleremo in seguito. Purtroppo anche i sistemi DTT risentono comunque di questa problematica, per altro non più di quanto succeda con i sistemi analogici.

Un segnale digitale disturbato in modo impulsivo, con un livello del disturbo che rende inefficienti i sistemi di correzione degli errori, causa alcuni fenomeni sulle immagini e sui suoni dei programmi che si stanno ricevendo quali rumori sul suono, squadrettature sul video, fino ad arrivare nei casi peggiori al momentaneo congelamento dell'immagine sul video e alla interruzione temporanea del suono.

4 Impianti di ricezione

4.1 Cenni normativi

Gli impianti di ricezione e distribuzione dei segnali televisivi devono essere costruiti secondo quanto prevedono le normative vigenti in Italia. In Italia l'ente normatore per queste attività è il CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano)

Le norme CEI prescrivono adeguate caratteristiche elettriche e meccaniche, cosicché l'impianto sia in grado di soddisfare i requisiti di funzionalità e sicurezza che anche la legge impone (Legge 46/90).

Le principali Norme CEI di riferimento per gli impianti d'antenna sono le seguenti:

- Norma CEI EN 50083 "Impianti di distribuzione via cavo per segnali televisivi, sonori e servizi interattivi" Parti 1-10
- Guida per l'applicazione delle norme sugli impianti di ricezione televisiva, Norma Italiana CEI 100-7

- Impianti d'antenna: come far installare gli impianti per la televisione e i relativi servizi interattivi; direttive tecniche ed esecutive - 1a Edizione, novembre 2001

I primi due documenti sono rivolti agli installatori e contengono tutte le norme tecniche necessarie per realizzare l'impianto a regola d'arte. Il terzo documento è rivolto agli amministratori di condominio e al grande pubblico utilizzatore. Esso riporta una serie di informazioni volte a far conoscere i servizi che possono venir distribuiti negli impianti di ricezione e distribuzione via cavo, a facilitare la realizzazione degli impianti, nonché a definire correttamente i rapporti tra il privato committente e l'installatore.

4.2 Le parti costituenti l'impianto di ricezione e distribuzione

L'impianto di ricezione dei segnali TV può avere realizzazioni molto diverse in funzione delle situazioni ambientali nelle quali si trova ad operare.

Nella figura che segue è esemplificato questo concetto: Il sistema di antenne e la presa TV della villetta unifamiliare sono equivalenti a quelle di un condominio. Il terminale di testa (centralina TV) e l'impianto di edificio no.

In entrambe le situazioni, schematizzando si possono evidenziare 5 funzioni:

- i. Sistema di antenne per la ricezione dei segnali (via terrestre, via satellite)
- ii. Terminale di testa (solo segnali via terrestre, anche segnali via satellite, ecc.)
- iii. Impianto di edificio (per bande adatte ai sistemi via terrestre, via terrestre più satellite, multi cavo, ecc.)
- iv. Impianto di appartamento
- v. Ricevitore (STB, ricevitore TV)

Questa monografia intende sviluppare le problematiche relative ai segnali DTT, quindi si parlerà dell'impiantistica che caratterizza gli altri sistemi televisivi solo quando i segnali di questi sistemi interagiscono con i segnali DTT. Risulterà comunque evidente che l'aggiunta di un canale DTT è molto simile all'aggiunta di un canale TV analogico.

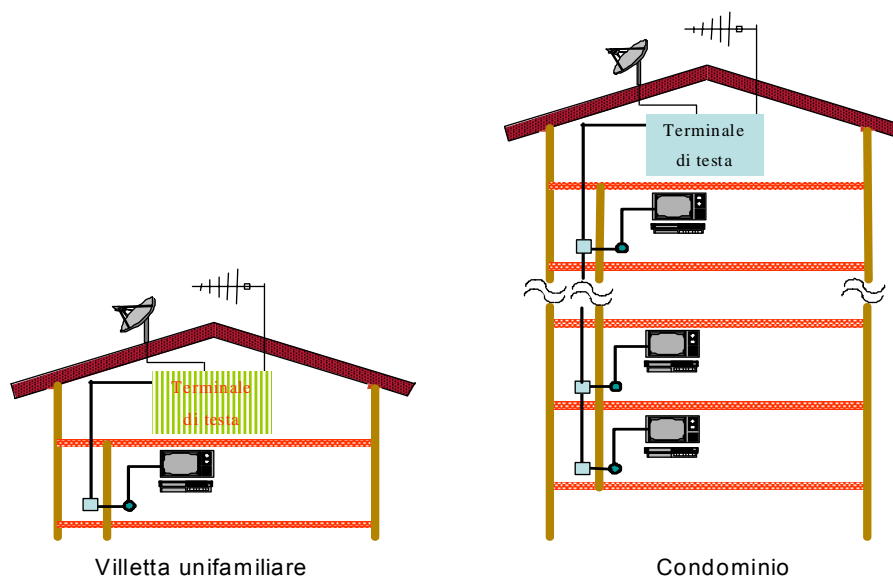


Figura 5

4.3 Sistema di antenne per la ricezione dei segnali

Esaminiamo di seguito per i sistemi di ricezione fissi un certo numero di casi possibili, cui poter riportare il maggior numero di casi reali per il sistema di antenne riceventi e terminale di testa e quali sono le operazioni da svolgere di volta in volta.

Come fare le misure richieste e il loro significato sarà trattato nel capitolo 6.

L'installatore, prima di cominciare la valutazione dei lavori da compiere, deve conoscere la frequenza e le polarizzazioni dei segnali DTT che deve rendere disponibili al cliente. Può verificare zona per zona sul sito DGTVi (www.dgtvi.it) quali sono i canali/bouquet disponibili in zona e la loro caratteristiche di frequenza e polarizzazione, valutare quindi da quale direzione arriveranno i segnali nel sito dove deve intervenire.

La sensibilità dei STB DTT, come in generale di tutti i sistemi digitali è migliore di quella dei normali ricevitori analogici. Nella seguente tabella sono riportati i livelli previsti dalla regolamentazione italiana (guida CEI 100-7)

I livelli sono in dB(μ V) come valori assoluti, in dB nel caso di valori relativi.

| | VHF | | UHF | |
|---|-------|-------------|-------|-------------|
| | TV AM | DVB-T | TV AM | DVB-T |
| Livello minimo con meno di 20 programmi AM | 57 | 39/45 | 57 | 39/45 |
| Livello minimo con più di 20 programmi AM | 57 | 39/45 | 57 | 39/45 |
| Livello massimo con meno di 20 programmi AM | 80 | 74 | 80 | 74 |
| Livello massimo con più di 20 programmi AM | 77 | 74 | 77 | 74 |
| Massimo dislivello con programmi dello stesso tipo su tutta la banda 47÷862 MHz | 12 | Da definire | 12 | Da definire |
| Massimo dislivello con programmi dello stesso tipo con il canale adiacente | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Massimo dislivello con programmi dello stesso tipo su \pm 60 MHz | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Dislivello fra canali analogici e DVB-T (min) | | 9 | | 9 |
| Disequalizzazione all'interno del canale (7/8MHz) | 2.5 | 8 | 2.5 | 8 |
| Rapporto C/N secondo la guida CEI 100-7 | 44 | 27 | 44 | 27 |

Tabella 6

Per la modulazione 64 QAM codice interno 2/3 i valori previsti sono:

- valore minimo 45 dB μ V
- valore massimo 74 dB μ V

È importante notare come i segnali DTT dovrebbero essere di almeno 9 dB inferiori rispetto ai segnali TV analogici. I valori consigliati vanno da 9 a 15 dB di dislivello fra i segnali analogici e quelli DTT, potendoli regolare 10dB è un buon valore da impostare. Nel caso di una distribuzione dei segnali perfettamente equalizzata con tutti segnali analogici con lo stesso livello fra loro e i segnali digitali sullo stesso livello fra loro, 10 dB più bassi degli analogici, l'energia di un canale analogico equivale secondo la convenzione prevista dalla norma ITU 326-7 a quella di più di circa 4 canali digitali. Chiaramente i contenuto energetico dei canali analogici dipende molto dal segnale trasmesso. Se il segnale trasmesso ha un contenuto con molte parti scure, vicine al nero la sua energia è maggiore, se ha molte parti vicino al bianco la sua energia è minore.

Quindi se il progetto dell'impianto è stato fatto correttamente non dovrebbero esserci problemi di saturazione del sistema di amplificazione di edificio nella stragrande maggioranza dei casi.

Attualmente i segnali che si ricevono via etere sono segnali di programmi TV analogici con sistema televisivo e canalizzazioni PAL B e G (raramente in Italia sono presenti sistemi d'antenna per la ricezione di programmi radio).

La situazione è molto diversificata da zona a zona. In Italia vi sono zone dove basta una sola antenna per ricevere tutto il ricevibile, in molte altre zone alzando gli occhi verso i tetti delle case si vedono sistemi d'antenna imponenti con 5, 6 antenne puntate in tutte le direzioni con polarizzazioni verticali ed orizzontali. Questo fatto è una peculiarità italiana, in quanto le Alpi e gli Appennini, da un lato forniscono dei poggiali ideali per posizionare sistemi trasmettenti, dall'altro, specialmente gli Appennini separano abbastanza bene a radiofrequenza la costa Adriatica da quella Tirrenica evitando interferenze fra sistemi trasmettenti posti sui due lati delle montagne. Questo ha facilitato non poco la diffusione di una offerta ricca di programmi TV sia

da reti nazionali sia da operatori locali, facendo però proliferare i sistemi trasmettenti. Di contro ha anche causato un uso delle frequenze non sempre ordinato. Questo causa abbastanza frequentemente situazioni di interferenze che gli impiantisti devono saper verificare e quando possibile superare.

Abbiamo visto che i segnali DTT subiscono una serie di operazioni che permettono di avere una notevole robustezza. Il sistema per aggiungere la ricezione di un canale DTT quindi nella quasi totalità dei casi non complicherà la parte installativa più dell'aggiunta di un canale analogico.

Nei capitoli che seguono vedremo come è possibile effettuare le misure dei parametri che caratterizzano un canale contenente un MPTS DTT.

Di seguito vengono riportati i dati che indicano il valore minimo del campo elettromagnetico espresso in dB(μ V/m) per avere una corretta ricezione. Tali valori sono per la ricezione fissa di segnali con modulazione DTT 64 QAM, codice interno 2/3, sistema 8 k e canale da 8 MHz. Nel caso di canali di 7 MHz, i valori di campo elettromagnetico sono inferiori di 0,6 dB rispetto a quelli specificati per un canale di 8 MHz

| Banda III | Banda IV | Banda V |
|-----------|----------|---------|
| 38 | 44 | 48 |

Tabella 7

Tali valori sono specificati nel documento CEPT (Conférence Européenne des Administrations des Postes et Télécommunications), "The Chester 1997 Multilateral Coordination Agreement relating to Technical Criteria, Coordination Principles and Procedures for the Introduction of Terrestrial Digital Video Broadcasting (DVB-T)" del luglio 1997 (reperibile sul sito www.ero.dk) e riportati nella guida CEI 100-7.

Questi valori di campo elettromagnetico sono valutati, ad esempio nella Banda V con un'antenna direttiva, con guadagno 12 dB, posta a 10 m di altezza rispetto al suolo, con una attenuazione del cavo di 5 dB. Tali valori sono comunque valori minimi, senza alcun margine.

4.3.1 Note impiantistiche generali dei sistemi di captazione (antenne)

In questo paragrafo si trattano alcuni argomenti che sono legati ai sistemi riceventi in generale, DTT compreso.

Come è noto il campo elettromagnetico è composto da due componenti, campo elettrico e campo magnetico concatenate fra di loro, che si propagano in modo ortogonale fra di loro.

La polarizzazione delle antenne fa riferimento alla componente del campo elettromagnetico relativa al campo elettrico. La ricezione in antenna di trasmissioni polarizzate ortogonalmente (a 90°), è normalmente attenuata rispetto alla polarizzazione corretta.

Le antenne in commercio per la ricezione dei segnali televisivi hanno ormai tutte un sistema di adattamento dell'impedenza in uscita verso la connessione del cavo che adatta l'impedenza del dipolo all'impedenza del cavo coassiale usato nei sistemi riceventi. L'impedenza del cavo è di 75 Ω nominali. Per essere compatibile con le norme in vigore in Italia il valore dell'impedenza del cavo deve essere 75 Ω \pm 3 Ω . Il sistema di adattamento dell'impedenza è normalmente chiamato "balun".

Nella seguente figura è riportato un possibile diagramma di direttività di una antenna ricevente, sul piano della polarizzazione di ricezione. Non prendiamo in considerazione i diagrammi di direttività nella polarizzazione ortogonale a quella di propagazione perché non di vero interesse in questo momento. Il diagramma riportato non è di una antenna reale, ma un diagramma dimostrativo per illustrare i concetti che si desidera trattare. Non differisce e nella sostanza, anzi, potrebbe essere di una antenna reale, quindi nel seguito la considereremo come se fosse una antenna reale.

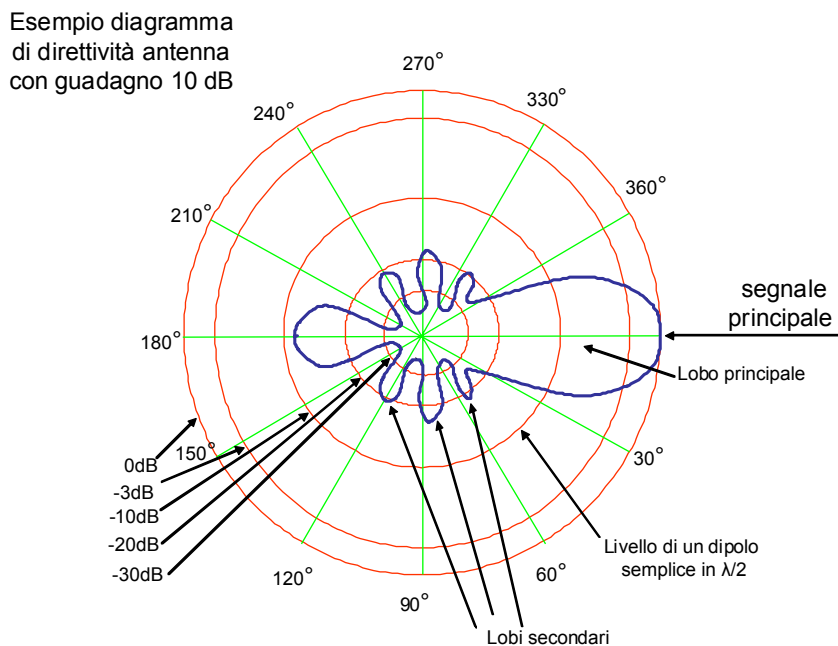


Figura 6

L'antenna ha un guadagno di 10 dB alla frequenza per la quale è ricavato il diagramma.

Il riferimento (0dB) è un dipolo semplice a $\lambda/2$ (1/2 lunghezza d'onda).

Il diagramma si ricava inviando un segnale RF da una direzione fissa, poi si legge il valore del segnale ricevuto dall'antenna. Ruotando l'antenna in modo continuo per 360° si leggono i livelli del segnale ricevuto posizione per posizione e si riporta in modo grafico come nell'esempio.

Come si vede dal diagramma, purtroppo l'antenna non riceve segnale solamente dalla direzione principale, ma anche da altre direzioni. I punti del diagramma di direttività che sono vicini alla direzione di massimo guadagno, vengono chiamati lobo principale. I punti del diagramma di direttività relativi ad altre direzioni, vengono chiamati lobi secondari.

Quasi tutti i costruttori di antenne forniscono i diagrammi di direttività dei loro prodotti. Normalmente viene fornito anche il valore del rapporto avanti/indietro in dB, che definisce il rapporto fra il segnale che viene ricevuto nella direzione principale (0°) e il segnale proveniente dalla direzione a 180°, nel disegno riportato tale valore è di 12 dB.

La seguente considerazione è importante: se si è in presenza di un segnale interferente, come schematizzato nella seguente figura; proveniente da una direzione di circa 85°, con l'antenna puntata esattamente nella direzione giusta per ottenere il massimo livello del segnale utile (diagramma di direttività blu), il segnale interferente si accoppia con un livello di -17 dB con un rapporto segnale disturbo di 17dB.

Ruotando di 15° l'antenna (diagramma di direttività arancio), il segnale principale raggiunge un valore di -2dB rispetto al puntamento precedente, ma il segnale interferente raggiunge un valore di

-35dB. In questo caso il rapporto segnale disturbo è di 33dB, molto migliore del precedente. Naturalmente il posizionamento del segnale interferente è stato fatto in questo disegno per massimizzare l'effetto, però, il concetto che non sempre il puntamento per il massimo livello del segnale utile da i migliori risultati globali è importante.

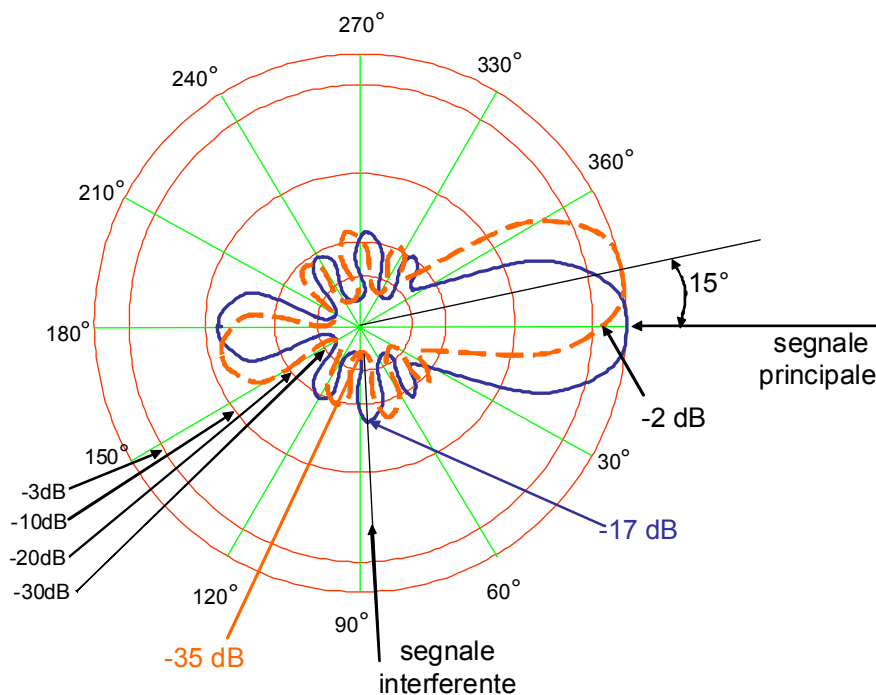


Figura 7

È importante seguire attentamente le indicazioni dei costruttori di antenne nel montaggio e nell'uso di questi prodotti. Le antenne in molti casi vengono vendute smontate o parzialmente montate. Bisogna prestare molta attenzione durante il montaggio, poiché un montaggio un po' difettoso non comporta grandi differenze sul lobo principale, ma può causare grandi ripercussioni sui lobi secondari. La stessa cosa vale per le indicazioni per l'uso di queste antenne. Se il costruttore dice che l'antenna deve essere montata in testa al palo, è bene montarla in quella posizione e non in altre in quanto la vicinanza del palo agli elementi dell'antenna cambia il diagramma di direttività dell'antenna stessa. Alcuni costruttori forniscono delle indicazioni rispetto alla distanza che deve esserci fra le antenne in funzione della banda di funzionamento e dell'angolo di puntamento. Tali dati sono riportati anche sulla guida CEI 100-7 e riassunti nella seguente tabella (le distanze sono espresse in metri):

| Distanza fra antenne parallele o divergenti entro 20° | | | | | |
|---|------|----------|------|------|------|
| Banda | I | Canale C | III | IV | V |
| I | 3,20 | 1,80 | 1,80 | 1,00 | 1,00 |
| Canale C | 1,80 | 1,40 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| C | 1,80 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| III | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,80 | 0,65 |
| IV | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,65 | 0,65 |
| V | | | | | |
| Distanza fra antenne divergenti fra 20° e 70° | | | | | |
| I | 2,30 | 1,30 | 1,30 | 0,75 | 0,75 |
| Canale C | 1,30 | 0,80 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| C | 1,30 | 0,55 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| III | 0,75 | 0,55 | 0,75 | 0,60 | 0,50 |
| IV | 0,75 | 0,55 | 0,75 | 0,50 | 0,50 |
| V | | | | | |
| Distanza fra antenne divergenti fra 70° e 90° | | | | | |
| I | 1,85 | 1,00 | 1,00 | 0,55 | 0,55 |
| Canale C | 1,00 | 0,80 | 0,55 | 0,55 | 0,55 |
| C | 1,00 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 |
| III | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,45 | 0,35 |
| IV | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,35 | 0,35 |
| V | | | | | |

Tabella 8

Non vengono riportate in questa monografia tutte una serie importante di norme relative alla sicurezza, che comunque l'installatore deve conoscere e applicare.

Particolare importanza hanno le norme relative alle connessioni a terra per la messa in sicurezza dell'impianto e per la protezione dalle scariche atmosferiche. Anche in questo caso è indispensabile la guida 100-7 del CEI, che riporta inoltre dati interessanti per gli installatori relativamente alla scelta dei sostegni (pali) da utilizzare in funzione della posizione, dell'altezza, della velocità del vento, ecc.

Gli impianti di captazione dei segnali a propagazione terrestre sono quasi esclusivamente posti sui tetti delle case, quindi all'aperto e soggetti agli agenti atmosferici, allo smog, ecc., bisogna quindi prestare la massima attenzione ai materiali utilizzati, in particolare ai cavi, che devono essere cavi il più possibile resistenti all'acqua, all'umidità, allo smog. Sarebbe quindi auspicabile l'uso di cavi prodotti con espansione del dielettrico a gas, con guaina esterna resistente all'umidità, con alto coefficiente di schermatura e poiché normalmente non ci sono problemi di spazio, si possono utilizzare cavi di diametro 7 mm, quindi con una bassa attenuazione. È inoltre importante fissare bene i cavi con mezzi idonei (fascette), stando attenti a non deformare il cavo per eccesso di compressione, in modo che non "svolazzino", in quanto movimenti ripetuti causano un invecchiamento precoce del cavo. Bisogna poi evitare che il cavo porti l'acqua nei condotti che permettono l'inserimento dei cavi negli edifici, quindi è necessario lasciare un po' di ricchezza per poter formare uno sgocciolatoio in tutti i punti in cui serve. Bisogna inoltre proteggere bene le connessioni delle antenne ai cavi in modo che non si formino ossidi dannosi al sistema ricevente. Normalmente le attuali

antenne in commercio hanno dei buoni sistemi di protezione della connessione fra dipolo e cavo dagli agenti atmosferici, devono essere montati bene, senza danneggiamenti per mantenere a lungo la loro funzione protettiva. Una particolare importanza ha la connessione dello schermo del cavo. Le statistiche americane relative ai guasti che causano un mal funzionamento degli impianti CATV, indicano che più del 90% dei guasti relativi alla parte passiva dell'impianto è dovuta ad una cattiva connessione in particolare dello schermo del cavo coassiale. È inutile utilizzare cavi ad alto coefficiente di schermatura se poi si connette male lo schermo.

Si stanno diffondendo antenne che hanno la connessione verso il cavo d'uscita con connettore F. Queste antenne sono normalmente di buona qualità. Deve essere però prestata attenzione nella fase di connessione a inserire il cavo nel connettore e poi stringere il dado di connessione della massa senza fare ruotare troppo il cavo, poiché questo movimento rotatorio "tornisce" la parte femmina del connettore, diminuendone anche di molto la vita. È inoltre necessario utilizzare i connettori corretti per il diametro del cavo usato, per evitare stress meccanici al cavo o possibilità di passaggio dell'umidità nella connessione dello schermo. Anche in questo caso è importante proteggere il connettore adeguatamente dagli agenti atmosferici.

4.3.2 Antenne di canale e antenne a larga banda

Le caratteristiche di direttività riportate in precedenza non distinguono se tale direttività, tale guadagno, ecc. è relativo ad un solo canale o a più canali. Le antenne oggi in commercio permettono un'ampia scelta di possibilità. Esistono antenne di canale, cioè antenne che hanno in diagramma di direttività del genere di quello illustrato in precedenza valido per il canale sul quale sono accordate, mentre al di fuori della banda del canale per le quali sono state costruite hanno una attenuazione del segnale più o meno rilevante, in funzione delle caratteristiche costruttive, antenne multi canale, che hanno le stesse caratteristiche di quelle di canale ma con la banda estesa a più canali, generalmente da tre a cinque, antenne a larga banda che hanno un guadagno più o meno piatto su tutta la banda interessata, generalmente queste antenne coprono la banda III, la banda IV e la banda V separatamente o la banda IV e V insieme. Il diagramma di direttività sopra esemplificato vale per la banda di ricezione per la quale sono state costruite. È importante conoscere ed utilizzare le antenne per le loro caratteristiche in funzione delle necessità impiantistiche caso per caso.

4.3.3 Segnali interferenti

Abbiamo visto che le antenne sono in grado di discriminare il livello del segnale in funzione della direzione dalla quale proviene. Se un segnale sulla stessa frequenza (co-canale) proviene da una direzione diversa rispetto a quella del segnale desiderato, genera un segnale non voluto chiamato "segnale interferente". Questo segnale interferente è proporzionale al campo elettromagnetico del segnale interferente e al guadagno che l'antenna ricevente presenta nella direzione del segnale interferente. Per i segnali TV analogici il segnale interferente dello stesso tipo, genera in alcuni casi degli effetti assimilabili a distorsioni che le normative dicono debbano essere inferiori di almeno 54 dB rispetto al segnale utile. Comunque, anche fuori da considerazioni normative, interferenze che via via crescono rispetto ai - 54 dB, verso i - 40dB, i -35dB, diventano veramente fastidiosi.

Alcuni accorgimenti attuati dagli operatori in fase di trasmissione possono ridurre anche notevolmente il fastidio che si percepisce rendendo la qualità sufficientemente buona anche con un rapporto segnale/interferente parecchio minore (27 dB). È sempre buona norma cercare di ridurre il livello dei segnali interferenti rispetto al segnale utile, attuando i corretti interventi impiantistici, non dimenticando comunque il rapporto costi/benefici.

Il segnale DTT anche da questo punto di vista è più robusto dei segnali analogici.

In ogni caso, sarà meno sensibile alle interferenze un canale DTT con modulazione QPSK e codice interno $\frac{1}{2}$ rispetto ad un canale DTT con modulazioni più performanti (64 QAM con codice interno 7/8). Esiste per altro anche la problematica dell'interferenza del segnale DTT che disturba un segnale TV analogico.

Partendo dall'esaminare il problema più semplice, lo spettro del segnale DTT è piatto, disturberà quindi il segnale TV analogico più o meno come fosse rumore Gaussiano. Questo tipo di interferenza è meno fastidioso delle interferenze di segnali TV analogici tipicamente di almeno 13÷15 dB. Per tanto le interferenze dei segnali DTT verso i segnali di TV analogica sono parecchio meno gravi di quelle causate da

altre TV analogiche di pari livello. Come abbiamo già visto, la sensibilità dei ricevitori DTT è migliore di parecchi dB rispetto al segnale previsto dalle normative per la corretta ricezione dei segnali TV analogici. Questo porta con sé la tendenza a diminuire, normalmente di circa 10 dB la potenza dei trasmettitori DTT rispetto ai trasmettitori di TV analogica. Questo diminuisce ancora di più il problema delle interferenze DTT verso i canali TV analogici tradizionali.

Prendendo in esame il segnale DTT, possiamo ragionare su tre tipi di segnali interferenti:

- un segnale TV analogico
- un segnale DTT non SFN
- un segnale DTT SFN

È pensabile che il segnale di un co-canale interferente analogico non sia correlato con il segnale DTT. In questa analisi faremo riferimento ad un problema per volta, non terremo quindi conto del rumore che potrà comunque essere presente insieme al segnale interferente e se Gaussiano si sommerà in potenza con il segnale interferente diminuendo in funzione della sua intensità il livello del segnale interferente che permette una buona visione del segnale DTT.

I dati relativi all'effetto del rumore Gaussiano sono già stati riportati in una precedente tabella in funzione della modulazione delle singole portanti e del codice interno del segnale DTT.

La tendenza dovrebbe essere quella di minimizzare in fase di ricezione del segnale il più possibile questo tipo di interferenze. Con una modulazione 64 QAM delle portanti del sistema DTT con codice interno di 2/3, si è visto che il rapporto segnale rumore non deve essere inferiore a 17,6 dB (Ricean Channel) in presenza di impianti fissi di ricezione per ottenere una ricezione QEF.

“Il libro bianco sulla televisione digitale terrestre” dell’Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni riporta la seguente tabella, per indicare in funzione del tipo di modulazione e del codice interno quale deve essere il valore minimo di rapporto fra segnale DTT e interferente PAL espresso in dB.

| modulazione | QPSK | | | | | 16 QAM | | | | | 64 QAM | | | | |
|---|------|-----|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|
| | 1/2 | 2/3 | 3/4 | 5/6 | 7/8 | 1/2 | 2/3 | 3/4 | 5/6 | 7/8 | 1/2 | 2/3 | 3/4 | 5/6 | 7/8 |
| Segnale DTT / interferente PAL | -12 | -8 | -5 | 2 | 6 | -8 | -4 | 0 | 9 | 16 | -3 | 4 | 10 | 17 | 24 |

Tabella 9

Con le attuali trasmissioni che normalmente prevedono una modulazione 64 QAM con codice interno 2/3 il valore minimo richiesto è di 4 dB. Il suggerimento è di avere un valore di interferente co-canale con un margine di alcuni dB rispetto alla tabella sopra riportata. Deve essere fatta la scelta di avere un segnale TV analogico interferente il più basso possibile.

Il segnale video analogico ha la maggior parte dell'energia legata alla portante video ed ai sincronismi. Questo significa che praticamente l'interferenza dovuta ad un segnale analogico interferisce in modo massiccio con poche portanti dello spettro del segnale DTT, quelle dell'intorno della portante video ± 15625 Hz. In queste zone dello spettro il segnale DTT se fortemente interferito può venire molto deteriorato. Nelle altre zone dello spettro il segnale video analogico ha una energia decisamente minore, quindi interferisce con le altre portanti del segnale DTT in modo minore.

Nel caso di interferenza con un segnale DTT non SFN tale interferenza può essere considerata come rumore Gaussiano, che si somma in potenza al rumore del sistema ricevente.

Una considerazione particolare deve essere fatta per le interferenze con segnali co-canale DTT SFN.

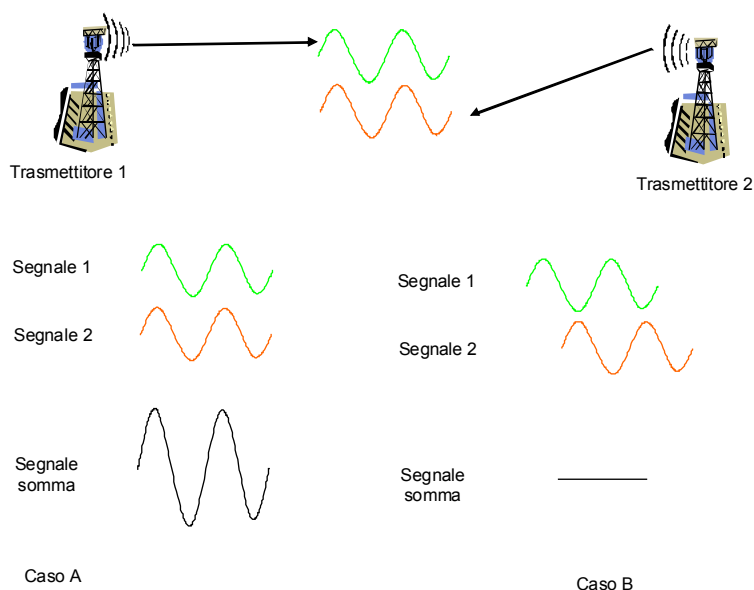


Figura 8

Supponiamo di essere in un sito che riceve due segnali sinusoidali trasmessi da due trasmettitori che trasmettono in modo sincrono lo stesso segnale. Se i segnali giungono al ricevitore con lo stesso livello di segnale, con la stessa fase (Caso A), i due segnali si sommano dando in uscita un segnale di livello equivalente alla somma dei due segnali ricevuti, Se i due segnali giungono al ricevitore con lo stesso livello, ma con fasi opposte, i due segnali si eliminano (Caso B).

Naturalmente nell'esempio si sono fatte un certo numero di ipotesi poco probabili in pratica. Infatti il segnale DTT non è una sinusoidale, ma ha una certa banda, è abbastanza improbabile avere un sistema d'antenna che punta su due trasmettitori che permettono la ricezione di segnali con lo stesso livello e con lo stesso tempo di propagazione del segnale, ecc. Le protezioni intrinseche nel sistema DVB-T garantiscono una notevole protezione da questi fenomeni, comunque è conveniente, quando è possibile ricevere il segnale DTT da due trasmettitori con segnale circa equivalente, utilizzare solo uno dei segnali proveniente dai due trasmettitori.

4.3.4 Sistemi riceventi da una singola direzione con terminale di testa a larga banda, senza interferenze co-canale, senza nuove polarizzazioni

Il caso più semplice di sistemi riceventi è quello nel quale la ricezione di tutti i segnali è possibile da una singola direzione.

In questo caso tutti i trasmettitori di interesse sono posizionati o vicini fra di loro o sulla stessa direttrice con la stessa polarizzazione, come esemplificato nella figura che segue.

Infatti, come abbiamo visto, normalmente un angolo di $15^{\circ} \pm 20^{\circ}$ rispetto al sistema ricevente non cambia in sostanza il guadagno d'antenna. Possiamo in questo caso considerare i segnali provenienti da un'unica

direzione. Si suppone che nel caso di sistemi con terminale di testa a larga banda non si convertano i segnali TV analogici.

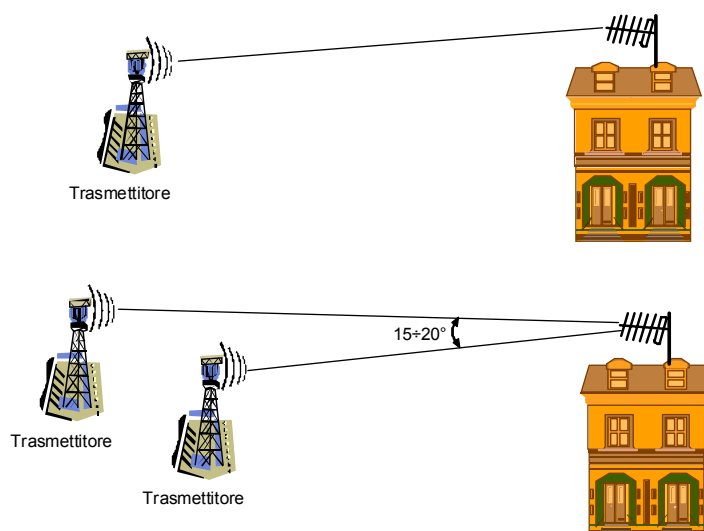


Figura 9

Questo è il caso tipico in cui il terminale di testa può essere, se necessario un miscelatore per la somma di segnali di bande diverse, con o senza amplificatore a larga banda per ricezioni in impianti singoli, con amplificatore a larga banda per l'alimentazione della rete di edificio di maggiori dimensioni, meglio se l'amplificatore a larga banda è con ingressi separati sui quali è possibile regolare il livello banda per banda. Se i canali DTT sono trasmessi dagli stessi siti dei programmi analogici, su frequenze non usate da altri programmi, probabilmente non è necessario intervenire né sul sistema ricevente né sul terminale di testa. In questo caso bisognerà verificare che il livello del segnale di ingresso sia compatibile con l'impianto esistente per garantire alle prese di utente il segnale che le normative richiedono.

Nella seguente figura è riportato un ipotetico schema di sistema d'antenne una per la banda III, una per la banda IV ed una per la banda V, con impianto singolo o centralizzato. In questo caso i segnali digitali sono supposti compatibili con l'impianto, non ci sono necessità di intervento nell'impianto.

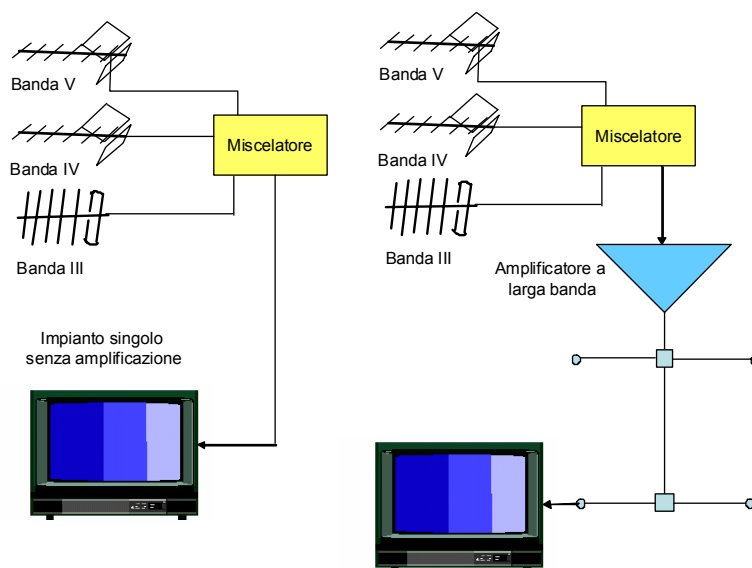


Figura 10

Se come abbiamo detto il livello del segnale DTT è inferiore per ciascun canale di circa 10 dB, rispetto ai segnali analogici e l'amplificatore è di grado di pilotare l'impianto correttamente, anche con l'aggiunta di un certo numero di nuovi segnali DTT non dovrebbero esserci necessità di interventi sull'impianto.

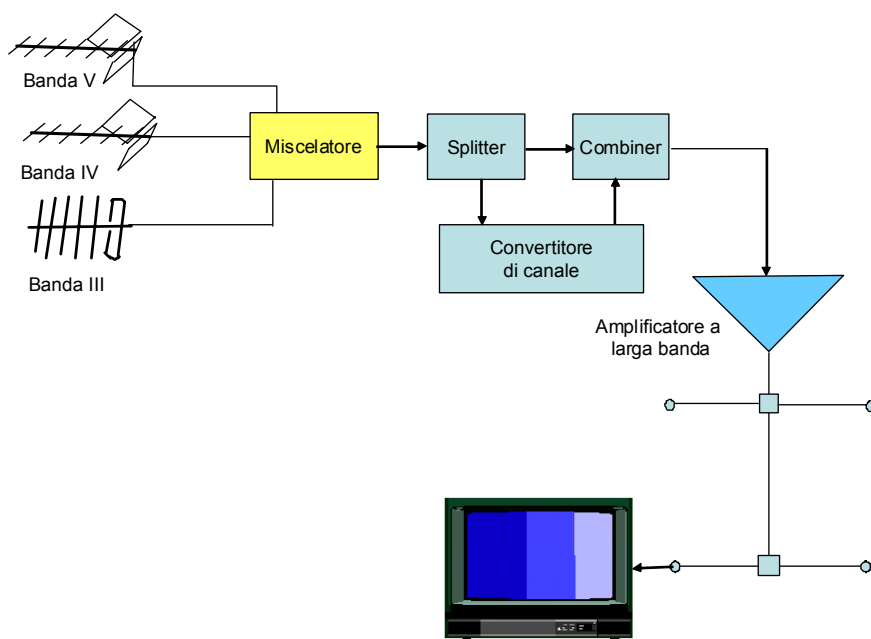


Figura 11

Nel caso il livello del segnale richieda una equalizzazione, perché troppo basso, si può inserire un dispositivo in grado di spostare in frequenza il segnale DTT su un canale vuoto sommandolo poi in uscita con il giusto livello con il segnale preesistente.

Quando è necessario convertire un segnale DTT da una frequenza ad un'altra, o in qualche caso sulla stessa frequenza, si devono utilizzare convertitori che i costruttori dichiarano compatibili con i sistemi DTT, in quanto i segnali DTT "patiscono" il rumore di fase più dei segnali TV analogici.

Nel caso il segnale sia troppo alto bisogna inserire un filtro elimina canale, per "togliere" il canale troppo alto dalla distribuzione nella rete di edificio, per poi inserire lo stesso canale con il livello corretto su un'altra frequenza, come illustrato nella seguente figura.

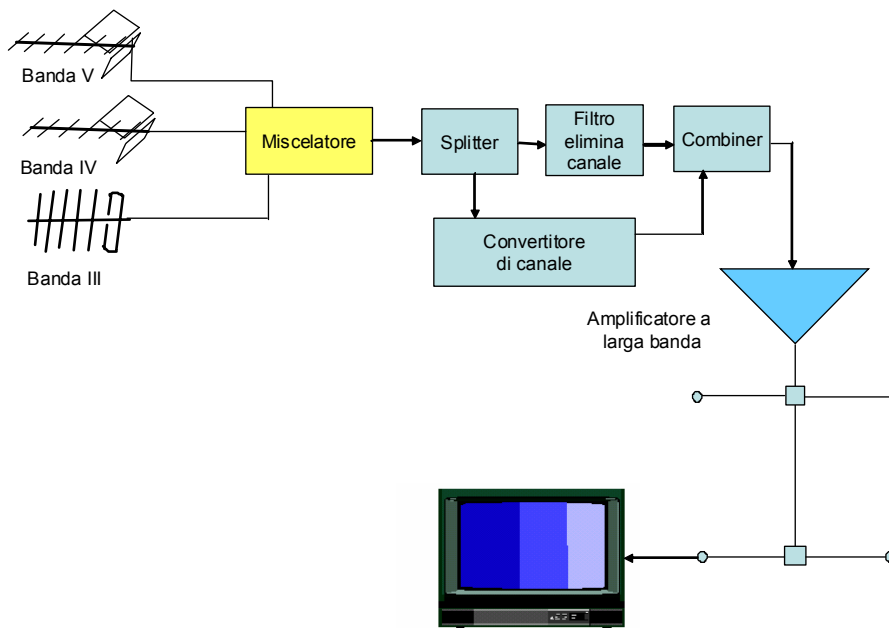


Figura 12

Queste operazioni devono essere ripetute per tutti i segnali DTT che hanno una disequalizzazione maggiore di quanto richiedano le normative.

Si ricorda che comunque la stessa equalizzazione dovrebbe essere fatta per i segnali analogici che hanno una disequalizzazione maggiore di quanto richiedano le normative.

L'esperienza pratica dice che nel caso di sistemi esistenti l'equalizzazione dei canali analogici ricevuti, non sempre è compatibile con la normativa nei casi di impianti con amplificazione a larga banda. In questi casi le prestazioni del sistema ricevente possono essere di non elevata qualità.

Come si può notare quando bisogna intervenire sui livelli del segnale in modo selettivo con sistemi di amplificazione a larga banda la cosa non è semplice.

Sovente la prova dei sistemi riceventi viene fatta in modo funzionale e non in modo oggettivo. Questa metodologia di installazione anche se è normalmente più economica, non garantisce la qualità del segnale. Infatti un installatore deve certificare gli impianti solo per i segnali che rientrano nelle norme.

4.3.5 Sistemi riceventi da una singola direzione con terminale di testa canalizzato, senza interferenze co-canale, senza nuove polarizzazioni

I terminali di testa canalizzati sono più complessi come numero di componenti, più costosi inizialmente, ma garantiscono prestazioni complessive più controllabili e flessibili. Sono adatti soprattutto ad impianti multipli,

in quanto per gli impianti singoli il loro costo normalmente è alto. Ogni variazione rispetto ai segnali da distribuire nell'impianto in questo caso è più semplice

Infatti nel caso si desideri aggiungere un nuovo canale analogico o digitale, bisognerà aggiungere o un filtro di canale o un convertitore di canale per ogni nuovo programma analogico o digitale che si vuole aggiungere.

I moduli del terminale di testa illustrati nella figura sottostante possono essere dei filtri di canale attivi o convertitori di canale; ognuno di essi, meglio se con Controllo Automatico di Guadagno (CAG), gestisce un programma analogico o un MPTS DTT. Quindi per mezzo di questi moduli è possibile equalizzare perfettamente la distribuzione dei segnali nella rete di edificio. L'inserimento di un nuovo canale analogico, o di un programma DTT comporta esattamente la stessa operazione. Bisogna inserire un nuovo modulo, filtro di canale o convertitore. E' necessario utilizzare moduli che i costruttori dichiarano compatibili con i sistemi DTT.

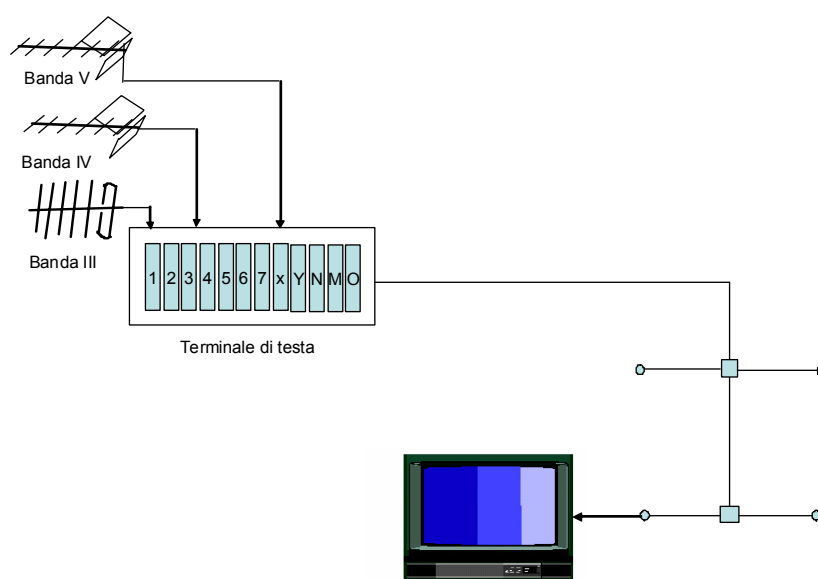


Figura 13

4.3.6 Sistemi riceventi da più direzioni senza interferenze co-canale, senza nuove polarizzazioni

Nel caso di ricezioni da trasmettitori posti sul territorio in posizioni che formino angolo di ricezione non compatibili con antenne direttive, il sistema ricevente si complica e, quando non è possibile utilizzare antenne di canale o multi canale per ciascuna direzione, garantendo al contempo che l'attenuazione fuori banda di tali antenne sia tale da non dare fastidio ai segnali ricevuti da altre antenne nelle loro specifiche bande di lavoro, bisogna per forza passare ad un sistema canalizzato.

Nella figura che segue è illustrato un sistema ricevente che riceve il segnale da tre direzioni diverse.

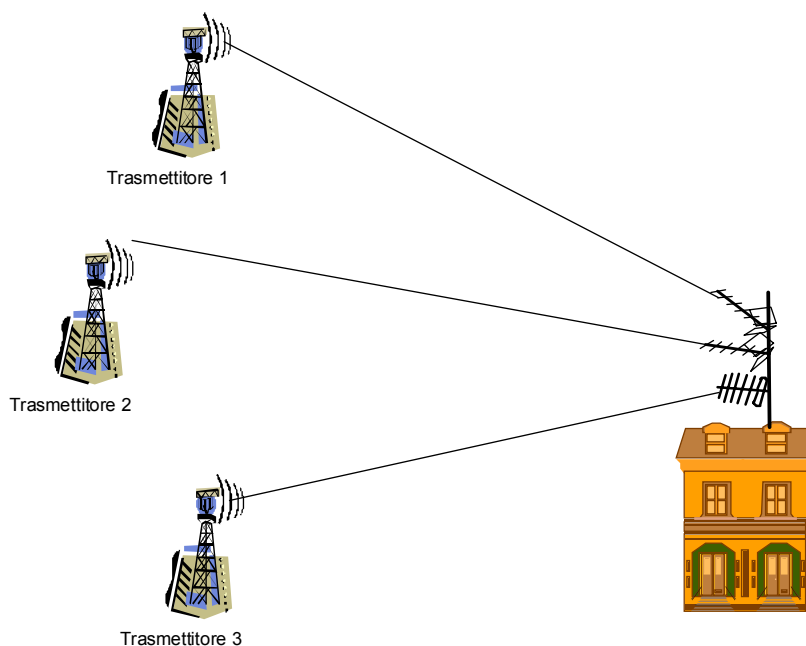


Figura 14

In questo caso se le antenne riceventi sono a larga banda e, per ogni direzione giungono segnali utili su tutte le antenne, non è semplice utilizzare antenne di canale, in quanto si moltiplicherebbe il numero di antenne necessario. L'installatore di volta in volta deve scegliere la soluzione più conveniente, ricordando però che per certificare un impianto, i segnali per i quali l'impianto viene certificato devono rientrare nei limiti previsti dalla normativa. L'aggiunta di uno o più canali DTT (come l'aggiunta di uno o più canali analogici) in questo caso, in un impianto canalizzato è riportabile al caso precedente.

In qualche caso può essere utile utilizzare terminali di testa a larga banda con ingressi separati per banda. Questi sistemi sono presenti specialmente nei piccoli impianti centralizzati. Gli ingressi permettono di controllare banda per banda il guadagno del sistema. Gli ingressi sono solitamente: banda I, banda II, banda III, banda IV, banda V, o combinazioni fra le bande I, II, III, e fra le bande IV e V. In questo caso, specialmente se i nuovi segnali sono in banda III, dove normalmente i segnali via etere sono pochi, è possibile gestire con dei filtri e dei convertitori di frequenza la distribuzione dei nuovi segnali nell'impianto.

4.3.7 Sistemi riceventi senza interferenze co-canale, con segnale DTT su diversa polarizzazione o da nuove direzioni

Quando un nuovo segnale da aggiungere al sistema ricevente giunge da una polarizzazione ancora non presente nel sistema d'antenna, è indispensabile aggiungere una nuova antenna per la nuova polarizzazione. Nel caso di terminale di testa canalizzato valgono le cose già dette in precedenza, collegando questa volta la nuova antenna al filtro di canale o convertitore destinato a questo programma o a questo segnale DTT. Nel caso di terminale di testa a larga banda, si può agire in due modi: montare una antenna di canale da combinare con l'impianto esistente se la selettività della nuova antenna permette di non creare interferenze con i segnali preesistenti, tenendo inoltre presente che per ogni nuovo canale DTT (o canale TV analogico) bisognerà ripetere l'operazione, oppure montare una antenna a larga banda e installare un convertitore di canale la cui uscita può essere sommata con il giusto livello con il segnale già presente nell'impianto su un canale libero.

Un comportamento equivalente si può avere nel caso di ricezione da una nuova direzione.

Certamente l'attenuazione dei segnali data dal cambio di polarizzazione aiuta a diminuire in molti casi le interferenze che la nuova antenna potrà generare verso i segnali utilizzati nell'impianto provenienti da altre

direzioni, permettendo in alcuni casi anche l'utilizzo di amplificatori a larga banda, specialmente se con ingressi separati per banda. In qualche caso potrà essere utile l'ausilio di filtri elimina canale sulle due polarizzazioni.

4.3.8 Sistemi riceventi con interferenze co-canale

Questo è il caso in cui le probabilità di dover intervenire sull'impianto ricevente sono molto elevate anche se i nuovi segnali DTT provengono dalle direzioni preesistenti. A costo di essere monotoni, si ribadisce che se il nuovo segnale fosse un segnale TV analogico, la situazione non sarebbe più semplice di quella che si presenta con un segnale DTT.

Si possono presentare più sottocasi:

- a. Il segnale interferente è un segnale proveniente dalla stessa direzione, come illustrato nella figura sottostante il segnale DTT proviene dal trasmettitore 3, l'altro segnale dal trasmettitore 4
- b. Il segnale DTT proviene dal trasmettitore 1, il segnale interferente proviene dal trasmettitore 2 o dal trasmettitore 3 o dal trasmettitore 4.

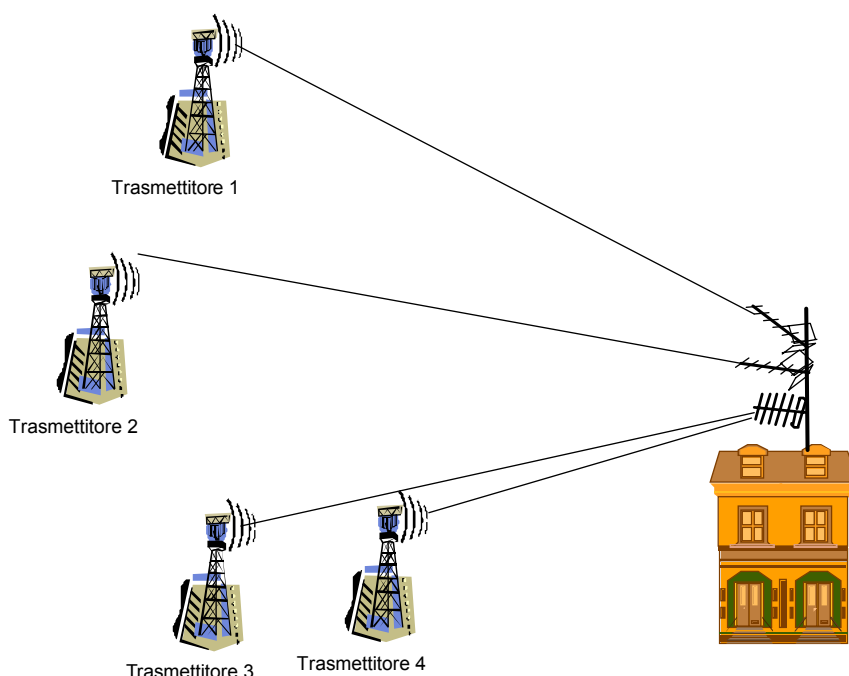


Figura 15

Il caso a) è di difficilissima se non impossibile soluzione, in quanto non si può utilizzare la direttività d'antenna per migliorare il rapporto fra il segnale utile e il segnale interferente. In questo caso l'installatore dovrà valutare quali margini ci sono per migliorare la situazione di ricezione, ma con poche probabilità di successo.

Il caso b) è ragionevolmente risolvibile. Valgono in questo caso le cose dette al punto 4.1.3 rispetto al tipo di interferente ed ai rapporti segnale/interferente da ottenere per avere una buona ricezione.

La soluzione possibile è, sfruttare la direttività delle antenne e l'attenuazione dei lobi secondari in modo da arrivare a migliorare il rapporto segnale/interferente fino a portarlo nelle giuste condizioni di lavoro. In qualche caso potrà essere sufficiente orientare in modo leggermente diverso il puntamento delle antenne esistenti, in altri casi sarà necessario sostituire una o due antenne con antenne più direttive e con lobi secondari più attenuati nella direzione del segnale interferente in modo da ottenere il necessario rapporto segnale-interferente per ogni direzione.

Una volta risolto il problema della sufficiente qualità del segnale all'uscita del sistema di captazione dei segnali, si possono ulteriormente presentare due sottocasi:

- I. Il canale interferente non ha importanza per la distribuzione nell'edificio, perché il segnale interferente è presente anche con altre canalizzazioni con qualità adeguata
- II. Il canale interferente ha importanza per la distribuzione nell'edificio, perché il segnale interferente non è presente anche con altre canalizzazioni con qualità adeguata

Come sempre le ricadute impiantistiche sono diverse nel caso di terminale di testa canalizzato o a larga banda. Nel caso I con terminale di testa canalizzato si dovrà aggiungere un filtro di canale o un convertitore di canale per gestire il segnale utile. Nel caso di sistema a larga banda, potranno essere necessarie le stesse operazioni già indicate in precedenza.

Nel caso II, sicuramente uno dei due canali dovrà essere convertito su uno dei canali liberi nella distribuzione dell'impianto. Nel caso sia sufficiente convertire uno solo dei segnali, se uno degli interferenti è un segnale TV analogico, è conveniente convertire questo segnale, per le problematiche relative al rumore di fase che sono più critiche sui segnali DTT che sui segnali analogici.

4.4 Una nota impiantistica

Come scritto in modo più ampio in seguito, i segnali DTT sono vulnerabili agli echi corti, dell'ordine di $0,15\mu\text{s}$. Negli impianti fissi, questi echi possono essere soprattutto causati da disadattamenti di impedenza, come ad esempio da code di cavi coassiali non terminati. Quasi tutti i produttori di materiali per questo tipo di installazioni forniscono degli esempi per la corretta installazione dei materiali. In particolare per prevenire questo tipo di problemi è importante inserire le terminazioni a 75Ω in tutti i punti consigliati e non lasciare delle code di cavo collegate senza terminazione.

4.5 Alcune considerazioni sui filtri e sui convertitori di canale

Abbiamo visto in precedenza quale forma ha lo spettro di un segnale DTT. Nella figura che segue è riportata una schematizzazione che sovrappone lo spettro di un segnale DTT con lo spettro di un segnale TV analogico nella banda di 8 MHz. Il margine di un segnale DTT rispetto ad un canale di 8 MHz è di circa 650 KHz per parte, mentre quello di un segnale video analogico, con canalizzazione a 8 MHz ha un margine di 1,25 MHz rispetto alla portante video, e 1,25 MHz rispetto alla prima portante audio.

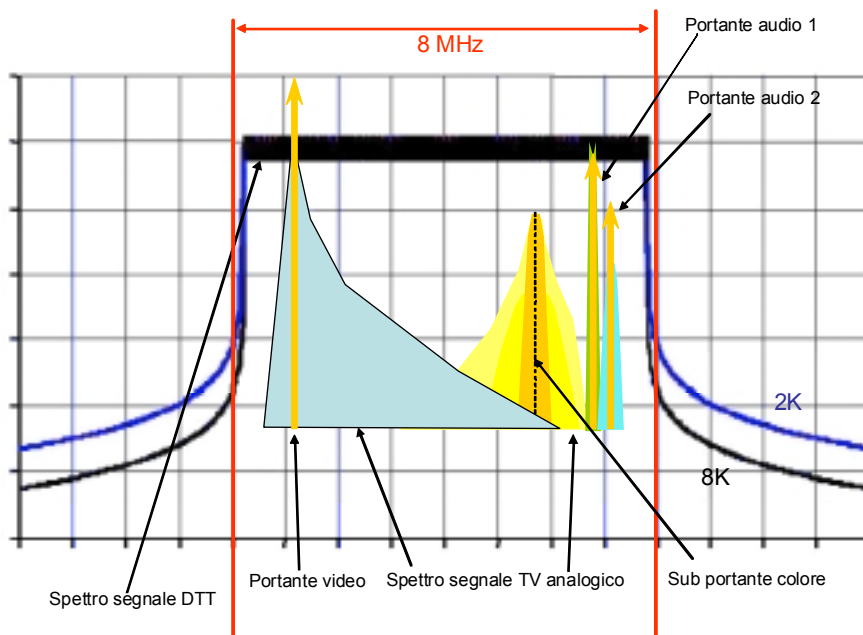


Figura 16

Dalla seguente figura dove sono rappresentati degli spettri dei segnali video analogico e DTT, si può notare come il contenuto energetico dei segnali TV analogici di due programmi posti in due canali RF adiacenti hanno un margine di circa 2 MHz praticamente privo di energia, inoltre uno dei lati dello spettro della TV analogica è riservato all'audio, nell'esempio al secondo canale audio nel caso di trasmissione stereofonica. Una distorsione in questa zona dello spettro se pur peggiora il suono stereofonico non è gravissima.

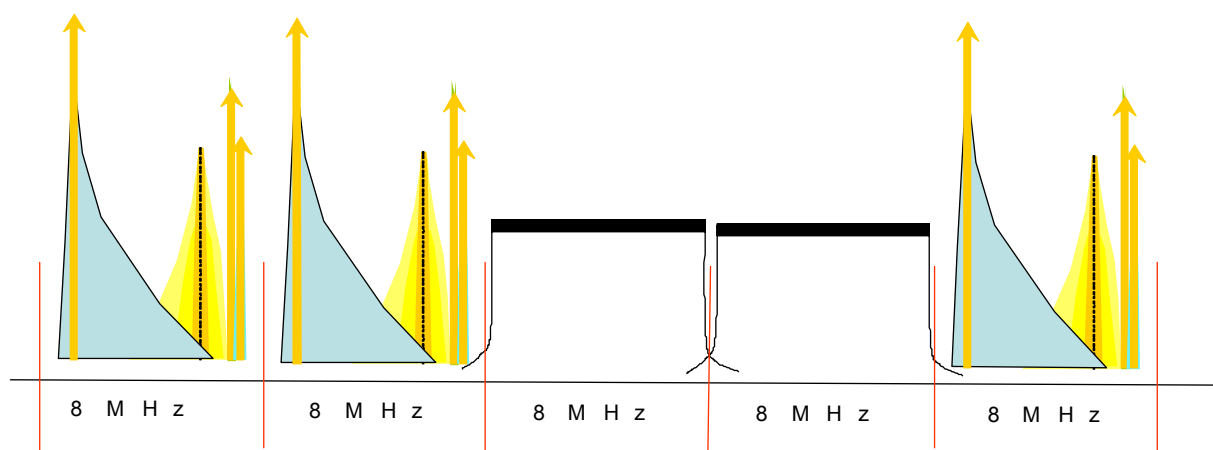


Figura 17

Nel caso di segnali DTT, lo spazio con basso contenuto energetico è di 1,25÷1,3 MHz. Inoltre lo spettro del segnale DTT è piatto, quindi già sui bordi dello spettro sono poste delle portanti che trasportano informazione che non può andare persa. È importante quindi che i filtri e i convertitori di frequenza che si usano per i segnali DTT, tengano conto di queste esigenze. Si consiglia quindi di utilizzare componenti che i costruttori certificano essere compatibili con i segnali DTT.

Se si è in presenza di un segnale co-canale interferente proveniente da un'altra direzione, in molti casi sarà necessario convertire il segnale utile su un'altra frequenza libera, lasciando il segnale interferente dove è. Nei casi in cui le condizioni lo permettono, poiché è più economico eliminare un canale interferente rispetto a convertire il segnale utile, questa soluzione è adottabile. I filtri presenti sul mercato, solitamente

sintonizzabili, hanno delle caratteristiche tali per cui è possibile con i segnali analogici attenuare anche fortemente il segnale disturbante. Lo spettro del segnale analogico non è piatto come quello del segnale OFDM, ma abbiamo visto che concentra l'energia in modo particolare sulla parte di banda vicina alla portante video. È quindi più semplice con i normali sistemi di misura utilizzati dagli installatori, verificare l'attenuazione dei valori relativi ai normali sistemi TV analogici. Nel caso i canali adiacenti a quello da eliminare, provenienti dalla direzione del canale disturbante siano canali DTT utili alla distribuzione in edificio, bisognerà comunque prestare attenzione alla distorsione dello spettro che si può avere sui canali adiacenti a quello da eliminare quando si usano questi filtri.

5 Impianto di edificio e di appartamento

Abbiamo già detto più volte che il segnale DTT è molto resistente rispetto al rumore Gaussiano, alle disequalizzazioni di ampiezza, più resistente di altri segnali alle interferenze, ecc. Per tanto un impianto di edificio e di appartamento realizzato in modo corretto, secondo le normative non deve presentare nessun problema particolare per i segnali DTT. Molti produttori hanno migliorato la qualità e le prestazioni della componentistica per la costruzione degli impianti coassiali, mantenendo prezzi dei prodotti ragionevoli. Si raccomanda quindi di utilizzare partitori e derivatori di qualità che garantiscano la corretta attenuazione, compatibilità elettromagnetica, ecc. Cavi con coefficiente di schermatura adeguato, minimo 75 dB per la banda di interesse DTT, meglio se superiore. La posa dei cavi nell'interno degli edifici e delle abitazioni, deve essere fatta con cura, evitando stiramenti che possono cambiare le caratteristiche radioelettriche del cavo stesso oltre ad invecchiarlo precocemente. Una particolare cura deve essere usata per la connessione delle calze schermanti che deve sempre essere fatta a regola d'arte, per evitare che dopo poco tempo l'impianto che inizialmente funziona bene, abbia a subire interferenze e a patire maggiormente i disturbi impulsivi a causa delle peggiorate condizioni di schermatura. Si raccomanda di progettare l'impianto in modo tale da garantire il corretto livello e la corretta equalizzazione dei segnali alle prese terminali. Si raccomanda inoltre di garantire il corretto isolamento radioelettrico fra le prese terminali, per evitare che un ricevitore difettoso danneggi la ricezione di altri apparati.

6 Misure e sistemi di misura

I parametri che caratterizzano i segnali DTT sono diversi da quelli che caratterizzano i segnali TV analogici. Anche i parametri che hanno mantenuto lo stesso nome hanno delle implicazioni diverse rispetto a quella dei segnali TV analogici. Gli installatori devono quindi prepararsi a verificare una serie di grandezze che non erano presenti nei sistemi TV analogici, o hanno cambiato nella sostanza il significato.

Parte di queste grandezze sono già patrimonio degli installatori che lavorano per i sistemi DVB-S e DVB-C. Sono già presenti sul mercato strumenti che permettono di effettuare misure di tutti i parametri che caratterizzano i segnali DTT, ma comunque anche i vecchi strumenti possono ancora fornire delle indicazioni utili se usati con conoscenza di causa. Per contro anche la strumentazione che ha già integrato il sistema di misura dedicato ai segnali DTT, deve essere usata correttamente per ottenere risultati significativi, specialmente quando i parametri sono vicini ai limiti di funzionamento.

Nel caso di impianti riceventi fissi, i punti in cui il segnale ricevuto deve essere conforme con le specifiche del sistema ricevente sono le prese coassiali alle quali si deve collegare il STB.

In questi punti deve infatti poter essere garantita la qualità necessaria.

Alcuni dati caratteristici del segnale DTT, sono già stati riportati in precedenza, quali: livello del segnale, dislivello rispetto ad altri segnali TV, rapporto segnale-rumore, disequalizzazione di ampiezza massima all'interno del canale (7-8 MHz), ecc.

6.1 Parametri principali

I parametri che caratterizzano principalmente il segnale DTT sono:

- Signal Level (Livello del segnale)
 - Disequalizzazione del canale (risposta in frequenza del canale)

- Livello Canali Adiacenti
 - Rapporto C/N (Carrier/Noise, portante/rumore)
 - CSI (Channel Status Information)
 - MER (Modulation Error Ratio)
 - BER (Bit Error Ratio)
 - Costellazione
 - Noise Margin

6.2 Signal Level

Il livello del segnale ricevuto è uno dei parametri principali che permette di valutare se il ricevitore (STB) è nelle condizioni di lavorare correttamente. Viene misurato sia per i segnali analogici sia per i segnali digitali in dB μ V (o in dBmV; 1 dBmV= 60 dB μ V; 0 dB μ V = 1 μ V). Nei canali analogici viene attribuito a questo parametro il valore di picco della portante video che è raggiunto durante la trasmissione dei segnali di sincronismo.

Nel caso di segnali digitali questo valore è dato dal livello complessivo del segnale misurato nell'intera banda del canale, che nel caso DTT è di 7 o 8 MHz.

L'analizzatore di spettro è, semplificando molto, uno strumento al cui ingresso viene inviato il segnale da misurare e che rileva il livello del segnale all'uscita di un filtro che ha una banda passante prefissata (Resolution Bandwidth, RB). Nella figura che segue è riportato un esempio delle informazioni principali riportate sullo schermo di un analizzatore di spettro. Il rettangolo giallo non è presente sull'immagine di un analizzatore di spettro, ma indica la funzione che compie il filtro durante la misura. Il posizionamento in frequenza del filtro viene fatta variare in modo continuo all'interno del campo di frequenze di interesse della misura, compresa fra i valori di start frequency e di stop frequency, secondo quanto indicato dalla linea tratteggiata verde. In questo modo è possibile ricavare il livello del segnale in funzione della frequenza nella banda compresa fra Start frequency e Stop frequency. Nell'esempio riportato, se la banda del segnale DTT è di 8 MHz, ogni divisione sull'asse delle ascisse vale 1 MHz. Il livello del segnale viene fornito graficamente sull'asse delle ordinate. Normalmente l'asse delle ordinate riporta l'ampiezza del segnale in dB. Viene riportato in alto il livello di riferimento (Reference level) come valore assoluto, tipicamente in dB μ V (o in dBmV). Ogni divisione dell'asse delle ordinate corrisponde ad un certo numero di dB. Le scale più usate prevedono scale da 10 dB, 5 dB, 2 dB, 1 dB. Nel caso della figura che segue ad esempio, se il reference level fosse di 80 dB μ V, e la scala di 10 dB per divisione il livello del segnale misurato all'interno della banda del filtro di misura (RB), sarebbe, nella parte centrale di misura, di 70 dB μ V. Sono poi molte le altre funzioni normalmente disponibili, quali marker, filtri video, ecc., ma quelle indicate sono quelle indispensabili per comprendere il significato della misura di livello del segnale TV

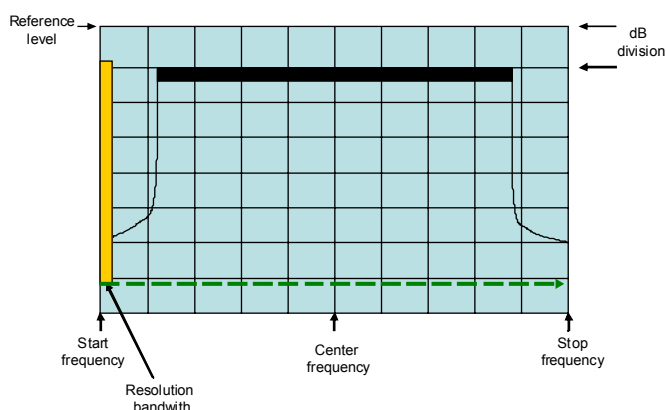


Figura 18

Nella seguente figura viene illustrata come viene effettuata la misura di livello di un segnale TV.

Si lo strumento al posto del decoder DTT e del TV.

Per i segnali TV analogici si deve valutare il valore di picco del segnale in corrispondenza della portante video. Si effettua la misura con una banda di circa 300 KHz di RB nel caso dei segnali analogici con filtro posizionato con la portante video al centro del filtro.

Nel caso dei segnali digitali, il livello è riferito all'intera banda all'interno del canale in modo che tutta l'energia del canale DTT contribuisca al valore del livello (7/8 MHz). La RB impostata sull'analizzatore di spettro deve essere tale che l'energia dei canali adiacenti non deve entrare nel calcolo del livello del segnale del canale sotto misura. Pertanto normalmente si utilizza una RB simile a quella usata per i canali analogici, poi, o mediante delle funzioni automatiche contenute nei sistemi di misura o con alcuni semplici calcoli si ottiene il valore corretto del segnale su tutta la banda.

Se indichiamo con L_{dtt} il livello del segnale complessivo del canale DTT, L_{mis} il livello del valore misurato nella parte piatta dello spettro, con B la banda del canale in MHz, ed esprimiamo la RB in MHz, si ottiene:

$$L_{dtt} = L_{mis} + 10 \log(B/RB) + k$$

K è dipendente dall'analizzatore di spettro usato. Il suo valore è normalmente intorno a 1,7, per cui nel caso della precedente figura, supponendo di avere utilizzato una RB di 300 KHz, si ottiene:

$$L_{dtt} = 70 + 10 \log(8/0,3) + 1,7$$

$$L_{dtt} = 70 + \log 16,6 + 1,7$$

$$L_{dtt} = 70 + 14,26 + 1,7 = 85,96 \text{ dB}\mu\text{V}.$$

Se la RB di misura fosse stata 230 KHz, il valore sarebbe stato 87,11 dB μ V.

Questi calcoli danno una informazione corretta solo se lo spettro del segnale DTT è piatto come illustrato fino ad ora.

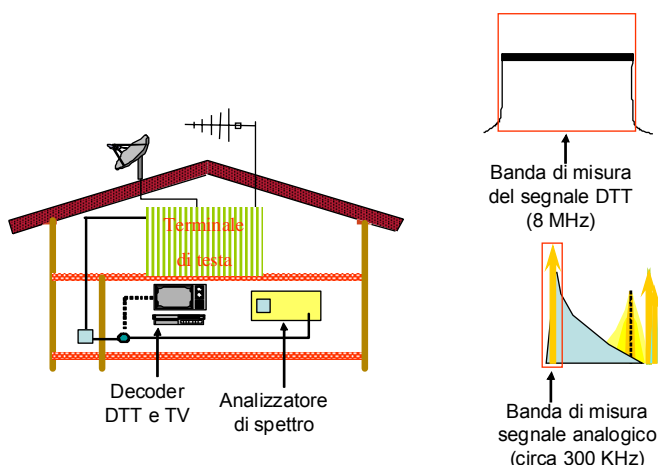


Figura 19

Normalmente gli installatori non hanno a disposizione analizzatori di spettro, ma misuratori di campo.

Alcuni di questi strumenti hanno un vero analizzatore di spettro, permettono quindi una valutazione della misura completa, in modo corretto. Comunque tutti i misuratori di campo hanno al loro interno funzioni di analisi dello spettro.

Chi ha a disposizione un misuratore di campo che comprende le specializzazioni per le misure DTT, non ha bisogno di fare i calcoli sopradescritti in quanto l'analizzatore di spettro contenuto nel misuratore di campo, esegue automaticamente i calcoli e le correzioni necessarie.

Altri, normalmente utilizzati per i sistemi TV analogici, forniscono solamente la misura del valore di picco in forma numerica. In questi casi è possibile ottenere i valori di livello corretti tutte le volte che le distorsioni/disequalizzazioni del segnale alla presa d'utente non sono rilevanti.

6.2.1 Disequalizzazione del canale

Fino ad ora abbiamo sempre presentato il segnale DTT con uno spettro piatto (linea rossa tratteggiata nella seguente figura). In pratica abbiamo visto nelle tabelle precedenti che per avere un segnale compatibile con le normative, un segnale può essere disequalizzato in ampiezza fino a 8 dB. Supponendo che il sistema trasmissivo non abbia dei guasti, le distorsioni di ampiezza del canale in funzione della frequenza sono causate o dall'impianto ricevente, o da interferenze dello stesso segnale che percorre più strade (riflessioni multiple) prima di giungere alla presa del sistema ricevente.

Nella figura che segue, nella quale la distanza fra le divisioni orizzontali vale 2 dB, sono rappresentate delle disequalizzazioni ai punti A, B, C che sono all'interno della disequalizzazione permessa dalle normative, mentre la D non lo è.

Con strumenti che permettono una visualizzazione dello spettro, queste distorsioni risultano evidenti.

Con strumenti che compiono correttamente la valutazione del livello del segnale, si evidenzierà nella parte A della figura un'attenuazione rispetto allo spettro piatto, della linea rossa una ampiezza di circa 4dB inferiore, nella parte B un valore di livello di circa 2 dB inferiore, nella C un valore di circa 6 dB inferiore, nella D un valore ancora inferiore.

Con uno strumento che valuta il valore di picco nella posizione prevista su quel canale dalla portante video analogica, la misura darebbe sempre lo stesso risultato.

Nelle figure C e D sono riportate due linee orizzontali che vogliono indicare il livello di sensibilità del ricevitore (ad esempio 45 dB μ V). Si vede che quasi metà della banda del canale è sotto soglia. Con il misuratore di livello che rileva il valore su tutta la banda si può valutare che non c'è margine con uno strumento a rilevazione di picco, la valutazione sarebbe sbagliata perché si penserebbe di avere ancora 5 dB di margine. Quindi bisogna prestare molta attenzione quando si è vicini ai limiti di funzionamento del sistema alla correttezza di questa misura.

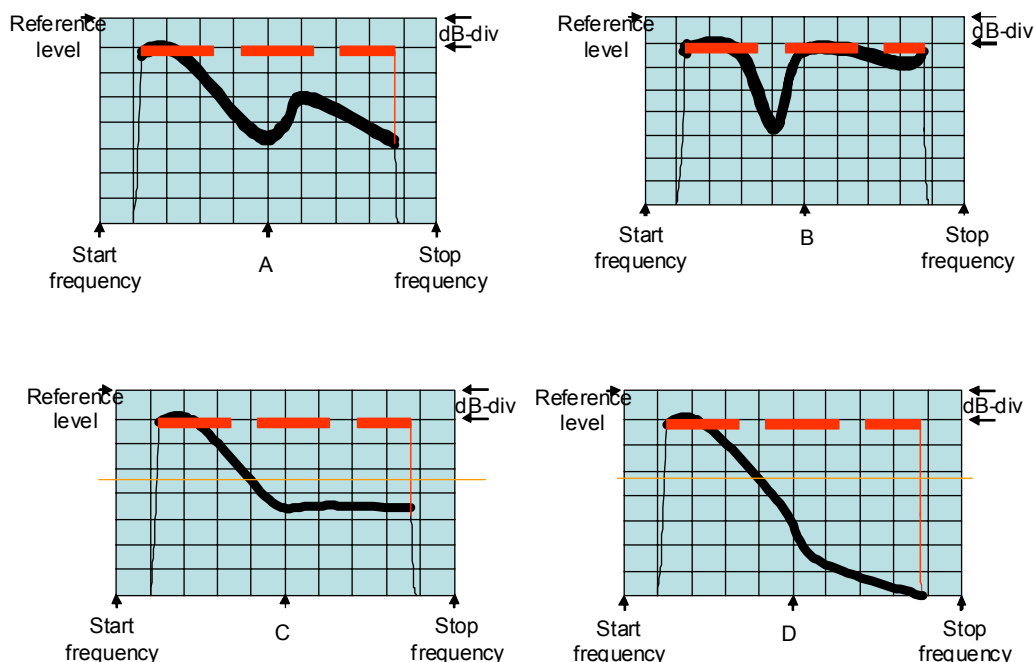


Figura 20

6.2.2 Livello dei canali adiacenti

Una certa attenzione deve essere prestata al livello dei canali adiacenti, specialmente se analogici di livello molto più alto, in particolare con il canale adiacente superiore, che ha il massimo dell'energia concentrato sulla portante video che è a 1,25 MHz sopra il limite della banda del canale digitale. Questo valore ha infatti effetto sul funzionamento del ricevitore DTT più di altri come vedremo di seguito.

6.3 Rapporto C/N (Carrier/Noise, portante/rumore)

Nei sistemi analogici è possibile in modo più o meno complicato valutare il rapporto fra la portante video e il rumore Gaussiano a spettro piatto nella banda di interesse (rumore bianco, in quanto le distorsioni dei segnali che possono essere presenti nell'impianto ricadono in parti ben precise dello spettro. Questo anche perché la maggior parte dell'energia è concentrata sulla portante video. Se si considera il rumore bianco, questo è presente sullo spettro del segnale in modo uniforme, come ad esempio la linea rossa della figura che segue, dove è esemplificata una situazione ideale di distribuzione del rumore uniforme su tutta la banda. Non sempre in pratica la distribuzione del rumore è così piatta, ma normalmente si può considerarla tale all'interno della banda di un canale TV (7/8MHz), quindi è sufficiente misurare il livello di fondo dello spettro dove non c'è contenuto energetico del segnale TV, come nel punto A, calcolare il livello del rumore così ottenuto, riferendolo ad una banda di 5 MHz e farne il rapporto con il valore di picco del segnale e la misura è corretta. Normalmente il rapporto C/N è espresso in dB, come sono espresse in dB μ V (o dBmV) i livelli del segnale e del rumore.

Non sempre la situazione è così ideale, pertanto si usano anche altri sistemi per questa misura che però riportano in qualche modo alla situazione appena descritta.

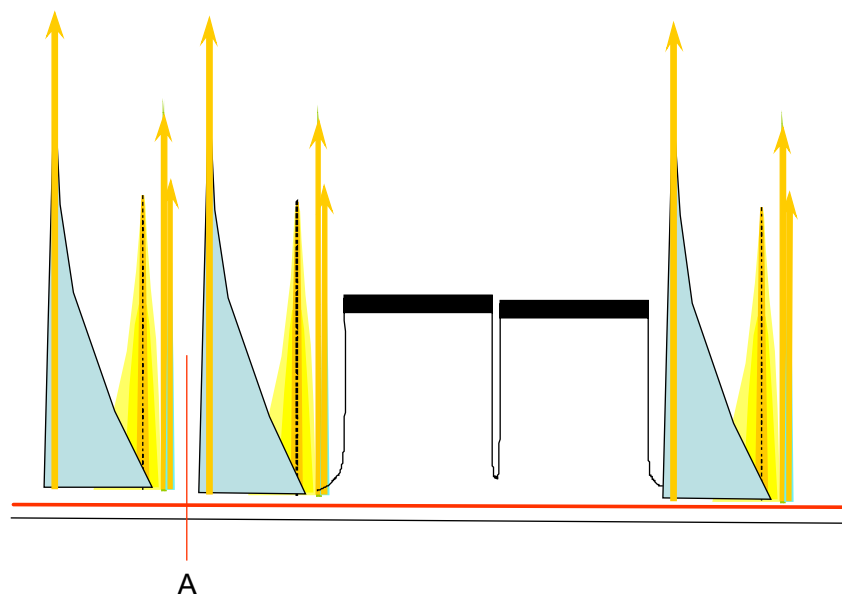


Figura 21

Nel caso di segnali DTT, lo spettro del segnale è piatto, riempie tutta la banda del canale TV, per cui non ci sono zone dello spettro sufficientemente prive di energia per poter fare questa misura. Inoltre la definizione di Carrier intesa come singola portante del canale non ha molto senso in quanto le portanti sono migliaia. Ci si riferisce normalmente al rapporto fra il livello del segnale utile compreso nel canale TV, come definito al punto 6.1.1 e il livello del rumore all'interno della banda del canale interessato. Una vera misura a RF non è quindi possibile in servizio, con segnale utile presente. Sarebbe necessario spegnere il trasmettitore. Poiché però il trasmettitore ha ragionevolmente un rapporto C/N buono, questa misura non serve in caso di ricezione diretta del segnale, nel caso cioè non siano presenti elementi attivi fra l'antenna e il ricevitore. Nel caso questi elementi attivi ci siano, bisogna, se possibile misurare il livello del rumore nel canale interessato dopo aver staccato il segnale RF in ingresso al sistema ricevente per quanto riguarda il canale sotto misura. Bisogna in questo caso prestare molta attenzione ai sistemi riceventi che prevedono un CAG, in quanto in mancanza di segnale il sistema tende ad amplificare di più, quindi ad aumentare il rumore ricevuto. Una volta ottenuto il livello del rumore è possibile, dopo aver valutato il livello del segnale utile farne il rapporto come abbiamo visto per i segnali analogici. Questo rapporto è normalmente espresso in dB.

Normalmente i sistemi di misura contenuti nei misuratori di campo che danno questa indicazione, ottengono tale valore calcolandolo dopo la demodulazione digitale. Non fanno quindi questa misura a RF ma valutano in funzione della qualità del segnale demodulato quale è il rapporto C/N possibile per ottenere quella qualità del segnale. In questo caso corrisponde al SNR (Signal Noise Ratio)

6.4 CSI (Channel Status Information)

Questa misura indica nel suo insieme, la qualità dello stato del canale ricevuto, viene valutato portante per portante lo scostamento fra il valore del segnale ricevuto e quello considerato ottimo.

Il suo valore espresso in percentuale indica in modo inversamente proporzionale al suo valore la qualità del canale ricevuto. 0% è un canale ideale. Man mano che il suo valore cresce la qualità del canale diminuisce.

Per dare una indicazione di quali sono i parametri che intervengono e come influenzano la misura, viene riportata di seguito una tabella tratta dal documento di: J. Lago-Fernandez della R&D della BBC dal titolo "Using channel state information (CSI) to characterise DVB-T reception".

I valori riportati si riferiscono a una trasmissione con sistema 2K, modulazione 64 QAM, codice interno 2/3, intervallo di guardia 1/32 con il sistema ricevente nelle condizioni QEF senza margini.

| Tipo di disturbo | C/I _{ref} (dB) | b-BER | BER QEF | CSI % |
|---|-------------------------|----------------------|--------------------|-------|
| Rumore Gaussiano | 18,9 | $5,1 \times 10^{-2}$ | 2×10^{-4} | 47,4 |
| Interferenza co-canale PAL | -2,1 | $6,5 \times 10^{-2}$ | 2×10^{-4} | 32,9 |
| Interferenza canale adiacente superiore PAL | -43,7 | 5×10^{-2} | 2×10^{-4} | 42,7 |
| Interferenza canale adiacente inferiore PAL | -42 | $4,7 \times 10^{-2}$ | 2×10^{-4} | 42,6 |
| Interferenza canale adiacente superiore DTT | -30,8 | 5×10^{-2} | 2×10^{-4} | 41,3 |
| Interferenza canale adiacente inferiore DTT | -30,1 | $4,8 \times 10^{-2}$ | 2×10^{-4} | 48,4 |

Tabella 10

C/I_{ref} è il rapporto segnale utile/ segnale disturbante; b-BER è il valore del tasso d'errore stimato prima del correttore basato su codice interno (Viterbi).

Come si vede dalla tabella, il valore comune a tutte le misure è il BER QEF, cioè il tasso d'errore che consente una ricezione QEF (Quasi Error Free). Questo valore 2×10^{-4} è misurato dopo il Viterbi prima del Reed-Solomon. Una considerazione: l'interferenza co-canale si differenzia abbastanza sostanzialmente dalle altre, infatti nella condizione QEF, il CSI vale 32,9%, mentre in tutti gli altri casi il CSI in condizioni QEF vale oltre 40%. Questo significa che, poiché il segnale interferente co-canale, concentra l'energia disturbante in una piccola parte dello spettro, nell'intorno della portante video del segnale interferente, probabilmente l'intensità del segnale disturbante distrugge completamente le portanti DTT nella stessa banda, mentre lascia quasi indisturbate le portanti nel resto della banda. Sono poche le portanti fortemente disturbate, mentre sono molte le portanti non interferite, ma le poche portanti fortemente disturbate causano un tasso d'errore equivalente a quello che creano molte più portanti disturbate ciascuna meno intensamente.

Echi dovuti a segnali multipath non creano sostanziali differenze rispetto a quanto appena esposto se ricadono nell'intervallo di guardia. Echi fuori dall'intervallo di guardia sono gravemente penalizzanti.

6.5 MER (Modulation Error Ratio)

La definizione della specifica ETR 290 (linee guida sui metodi di misura per i sistemi DVB) dice per tutti i sistemi digitali che il MER è un valore che include in una singola figura di merito l'analisi del segnale ricevuto. Questa figura di merito è calcolata valutando la completa degradazione del segnale che probabilmente è presente all'ingresso del circuito di decisione di un ricevitore commerciale e fornisce una indicazione della capacità del ricevitore di decodificare correttamente il segnale. Questo parametro viene espresso in dB, più è alto il suo valore migliore è la qualità del segnale ricevuto.

Gli strumenti valutano dopo la demodulazione digitale questo parametro. Nel caso non siano presenti distorsioni particolari o interferenze valutabili dal sistema di misura come tali, il suo valore corrisponde a SNR e al C/N. Nel caso siano distinguibili interferenze o distorsioni particolari, allora questi parametri potranno avere valori diversi.

Si riporta di seguito un estratto dalla proposta di modifica della raccomandazione ITU "Methods for quality coverage assessment of digital terrestrial television broadcasting signals" (ed. 25 Marzo 2004), già discussa ed approvata.

Il MER, può essere visto come un fattore di merito dell'intera catena trasmittente. Il valore MER minimo è legato allo schema di modulazione adottato e può essere definito come il valore raggiunto quando VBER (BER "dopo Viterbi") è uguale a 2×10^{-4} (Condizione QEF "Quasi Error Free"). Anche per il parametro MER

è introdotto il concetto di Margine. Il Margine è definito come la distanza, espressa in dB, tra il valore MER misurato ed il valore MER minimo. BER e MER sono rappresentativi della stessa condizione di ricezione ed è possibile trovare una correlazione tra le due tabelle di attribuzione della Qualità.

La Tabella seguente riporta i valori proposti per la qualità per la ricezione fissa.

| Field Strength \ MER | $MER \leq MER_{min}$ | $MER_{min} < MER$ and $MER \leq MER_{min} + 5$ | $MER_{min} + 5 < MER$ and $MER \leq MER_{min} + 10$ | $MER > MER_{min} + 10$ |
|--------------------------|----------------------|--|---|------------------------|
| $E < E_{70}$ | Q1 | Q2 | Q2 | Q2 |
| $E_{70} \leq E < E_{95}$ | Q2 | Q3 | Q3 | Q4 |
| $\geq E_{95}$ | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 |

Dove:

E_{70} / E_{95} rappresenta il “minimum median field strength” necessario per “location probability” 70% / 95% (DTTB Handbook Edition 2002 – chapter 5). Il valore E_{70} / E_{95} dipende dalla configurazione adottata.

I valori MER_{min} per le configurazioni più utilizzate sono in Tabella seguente.

Sono richiesti studi ulteriori per determinare i valori nelle altre configurazioni.

Tabella 11

| F (MHZ) | 200 | | | 550 | | | 700 | | |
|------------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------------|
| System GI 1/4 | QPSK 2/3 | 16- QAM 2/3 | 64- QAM 2/3 | QPSK 2/3 | 16- QAM 2/3 | 64- QAM 2/3 | QPSK 2/3 | 16- QAM 2/3 | 64- QAM 2/3 |
| MER_{min} (dB) | 5 | 12 | 18 | 6 | 12 | 18 | 6 | 12 | 18 |

Tabella 12

6.6 BER (Bit Error Ratio)

I sistemi televisivi digitali trasmettono il loro contenuto in forma digitale. Le trasmissioni televisive digitali sono quindi un flusso di informazioni elementari chiamate “bit”, che vengono trasferite dal trasmettitore al ricevitore utilizzando le modulazioni più adatte al mezzo trasmissivo che si deve usare. Il BER, chiamato anche “tasso di errore” è il rapporto fra il numero di bit (informazioni elementari) sbagliati che giungono nel punto in cui si effettua la misura ed il numero totale di bit trasmessi. Questi valori sono fondamentali per capire se il sistema funziona correttamente. Abbiamo già parlato del QEF, che corrisponde a non più di un errore visibile sullo schermo di un sistema televisivo digitale in un’ora.

Supponendo di avere un MPTS che trasporta 30 Mbit/s di informazione per contenere tutti i suoi programmi, si può facilmente calcolare che essendo 3600 i secondi in un’ora, il totale dei “bit” trasmessi in un’ora è di 108000 Mbit corrispondenti a circa 10^{11} bit. Il tasso d’errore quindi alla fine della catena di decodifica deve

essere di circa 1×10^{-11} . Il correttore d'errore chiamato in precedenza "codice esterno" (Reed Solomon), è in grado di correggere una quantità di errori tali da ottenere alla sua uscita il tasso d'errore QEF quando al suo ingresso è presente un tasso d'errore di circa 2×10^{-4} . Il sistema di correzione di errori dovuto al codice interno (Viterbi) è ulteriormente in grado di ottenere una correzione di errore. Più è ampia la ridondanza aggiunta più è alta la capacità di correggere errori. Gli strumenti di misura forniscono diverse forme di visualizzazioni di questi tassi d'errore: BER prima del Viterbi (normalmente chiamato b-BER (before-BER) oppure b-Viterbi), BER dopo il Viterbi, (cioè prima del Reed-Solomon), BER dopo il Reed Solomon. Non tutte le case costruttrici di strumenti utilizzano gli stessi acronimi, per cui bisogna valutare con attenzione quale valore corrisponde a quale acronimo. Normalmente, poiché diversamente la misura richiederebbe dei tempi molto lunghi il tasso d'errore dopo il Reed-Solomon fornisce informazioni del genere: "migliore di 10^{-8} " oppure "zero" se il BER è inferiore a quanto misurabile.

Si riporta di seguito un estratto della proposta di modifica alla raccomandazione ITU "Methods for quality coverage assessment of digital terrestrial television broadcasting signals" (ed. 25 Marzo 2004), già discussa ed approvata.

Per la ricezione fissa, è proposta la nuova scala (della qualità) riportata nella tabella seguente.

| Field Strength \ BER | $VBER > 2 \times 10^{-4}$ | $VBER \leq 2 \times 10^{-4}$ And CBER margin ≤ 1 decade | $VBER \leq 2 \times 10^{-4}$ And CBER margin between 1 e 2 decades | $VBER \leq 2 \times 10^{-4}$ And CBER margin > 2 decades |
|--------------------------|---------------------------|---|---|---|
| $E < E_{70}$ | Q1 | Q2 | Q2 | Q2 |
| $E_{70} \leq E < E_{95}$ | Q2 | Q3 | Q3 | Q4 |
| $\geq E_{95}$ | Q2 | Q3 | Q4 | Q5 |

Dove:

E_{70} / E_{95} rappresenta il "minimum median field strength" necessario per avere "location probability" **70%** / **95%** (DTTB Handbook Edition 2002 – chapter 5). Il valore E_{70} / E_{95} dipende dalla configurazione adottata.

CBER = Channel BER or BER before Viterbi

VBER = BER after Viterbi

CBER Margin = $CBER - CBER_{min}$

Il valore $CBER_{min}$ è il valore raggiunto quando VBER è uguale a 2×10^{-4} (Condizione QEF "Quasi Error Free") e dipende dal code rate. I valori $CBER_{min}$ per le configurazioni più utilizzate sono nella Tabella seguente.

Sono richiesti studi ulteriori per determinare i valori nelle altre configurazioni.

Tabella 13

| F (MHZ) | 200 | | | 550 | | | 700 | | |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| System GI ¼ | QPSK 2/3 | 16- QAM 2/3 | 64- QAM 2/3 | QPSK 2/3 | 16- QAM 2/3 | 64- QAM 2/3 | QPSK 2/3 | 16- QAM 2/3 | 64- QAM 2/3 |
| $CBER_{min}$ | 4×10^{-2} | 4×10^{-2} | 4×10^{-2} | 4×10^{-2} | 4×10^{-2} | 4×10^{-2} | 4×10^{-2} | 4×10^{-2} | 4×10^{-2} |

Tabella 14

6.7 Costellazione

La costellazione è una rappresentazione grafica della qualità del segnale ricevuto. Un esempio di questa rappresentazione grafica è riportato nella figura che segue, dove vengono esemplificate delle rappresentazioni di costellazione per i sistemi QPSK, 16 QAM e 64 QAM. Nella descrizione che segue non vengono prese in considerazione le distorsioni che possono essere generate dal trasmettitore di segnale DTT, che viene considerato ragionevolmente di alta qualità.

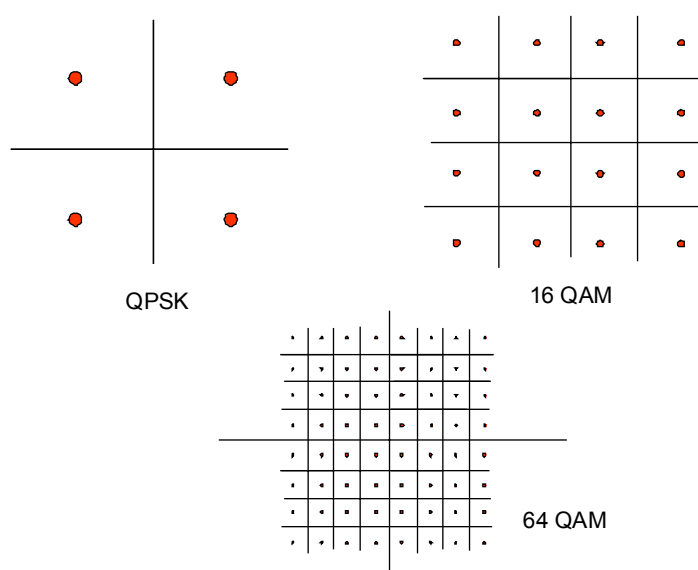


Figura 22

Nei sistemi multi-portante quali quelli DTT, le informazioni derivate dal diagramma di costellazione, danno delle indicazioni sulla qualità del segnale ricevuto. Il punto ideale della costellazione è riportato in verde nella seguente figura, che rappresenta un diagramma di costellazione per una modulazione 16 QAM. Per le altre modulazioni (QPSK e 64 QAM) i significati del diagramma di costellazione sono gli stessi. In rosso sono riportati dei possibili punti di valori reali del segnale ricevuto e indicano come i valori reali si scostano dal valore ideale. La rappresentazione grafica di questi punti viene normalmente chiamata “nuvola”. La qualità del segnale ricevuto è tanto migliore quanto più piccola è la nuvola, cioè quanto più vicini sono i punti del segnale ricevuto rispetto al valore ideale.

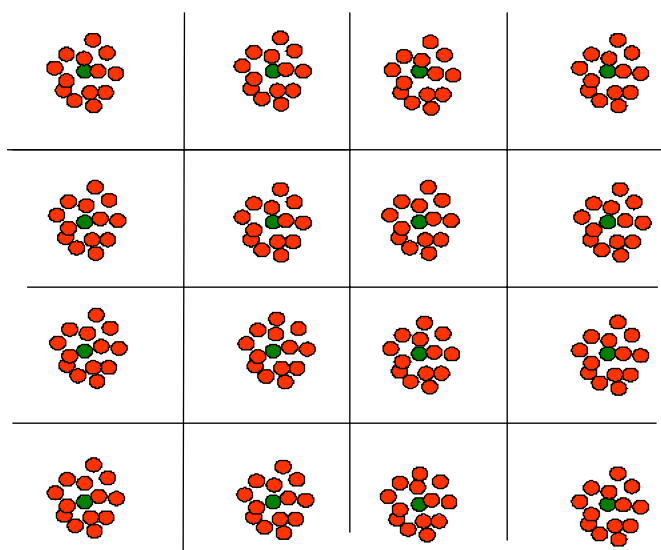


Figura 23

6.8 Noise margin

Per Noise Margin si intende la differenza in dB fra la situazione reale di ricezione e il valore che causa la situazione QEF, come se tutte le cause di interferenza, disturbo e rumore fossero rumore Gaussiano. Più è ampio questo valore più saranno basse le probabilità di avere errori in ricezione.

6.9 Altre informazioni

Alcuni strumenti di misura forniscono informazioni che valutano la qualità del segnale ricevuto, fornendo informazioni che riassumono in forma più o meno testuale la qualità del segnale ricevuto.

Le informazioni sono ad esempio del genere:

Fail : qualità del segnale ricevuto inutilizzabile

Marg: qualità del segnale ricevuto insufficiente

Pass: qualità del segnale ricevuto sufficiente

Queste informazioni semplificano le analisi da parte dell'installatore, per contro in caso di necessità bisognerà comunque valutare tutti i parametri significativi del sistema di ricezione per comprendere bene i problemi.

7 Ricezione portatile con antenna omni-direzionale .

La garanzia della corretta ricezione rimane legata a impianti di ricezione fissi, che mantengono, se fatti secondo corretti metodi impiantistici una qualità pressoché costante del segnale ricevuto.

Comunque, in zone in vista dei trasmettitori, dove il segnale è più forte, in molti casi è possibile la ricezione diretta, senza impianti di ricezione fissa all'interno delle abitazioni. Alcune indicazioni delle necessità di livello di segnale all'interno delle abitazioni che garantiscano una buona probabilità di ricezione possono essere le seguenti: l'intensità del campo elettromagnetico deve essere mediamente almeno di 18+20 dB superiore a

quella che garantisce una buona ricezione da impianto fisso. Quindi nelle zone vicine ai trasmettitori, soprattutto nelle camere disposte in vista dei trasmettitori, è possibile, se la connessione ad impianto fisso non è possibile o scomoda da eseguire, provare la ricezione diretta.

Si noti che, in deroga a quanto comunemente si assume, echi con ritardo molto basso (inferiore a $0,15\mu\text{s}$), e quindi ampiamente entro l' intervallo di guardia, possono causare, a seconda della fase dell'eco stesso, una perdita di margine fino a circa 10dB. In altre parole anche se il livello del segnale ricevuto sembra sufficiente per una ricezione corretta, in caso di eco corto la ricezione può fallire.

Le situazioni sopra citate si verificano frequentemente in caso di ricezione portatile o in caso di riflessioni sui cavi dell'impianto di distribuzione condominiale. Come regola, quando lo spettro del segnale presenta un "buco" largo e profondo, si deve sospettare la situazione citata. Per maggiori dettagli si rimanda all'articolo:

A. Bertella, P.B. Forni, G. Giancane, B. Sacco, M. Tabone, "Ricezione portatile indoor DVB-T", Elettronica e Telecomunicazioni, dic.2002 (<http://www.crit.rai.it/eletel/2002-3/23-1.htm>)

8 Installazione box interattivo

8.1 Collegamenti base (validi per tutti i modelli)

Lo schema dei collegamenti base, effettuati in sede di prima installazione di un box interattivo con canale di ritorno su linea telefonica commutata (quello inizialmente più comune), è il seguente³:

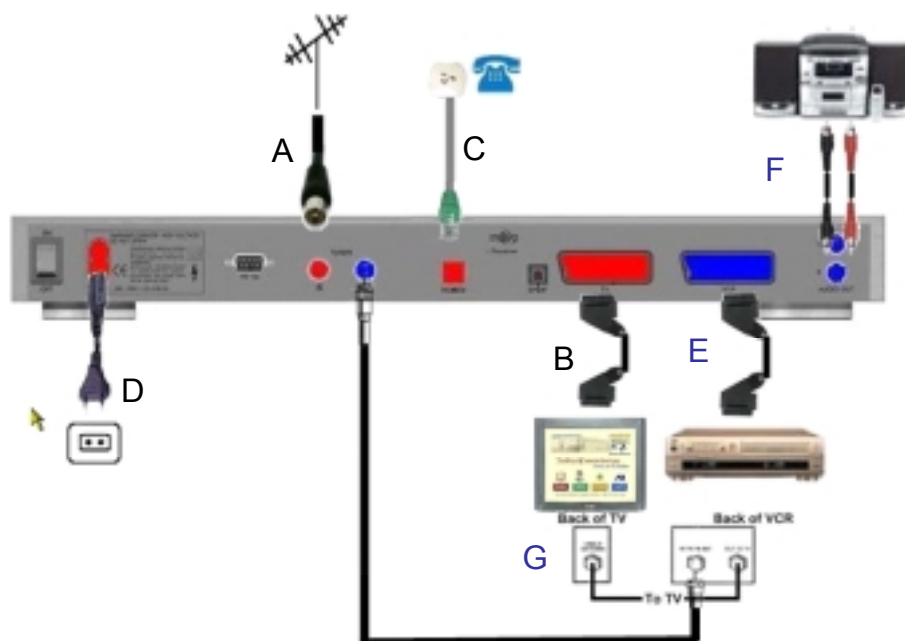


Figura 24

³ Non si prende qui in considerazione il caso ormai marginale di TV privi di SCART, per i quali peraltro alcuni modelli di STB prevedono ancora l'uscita modulata su un canale RF programmabile.

- A. il cavo coassiale proveniente dall'impianto d'antenna è collegato alla presa d'antenna del STB (presa "ANT IN", "TUNER IN" o denominazioni simili);
- B. il STB è collegato al televisore mediante il cavo SCART normalmente in dotazione (presa denotata come "TV")
- C. per l'accesso ai servizi interattivi, il STB è collegato alla presa telefonica con il cavo fornito in dotazione (presa "LINE", "MODEM" o denominazioni simili)
- D. il cavo di alimentazione è collegato al STB da una parte e ad una presa elettrica dall'altra.

8.2 Altri collegamenti (opzionali)

- E. per consentire la riproduzione sul televisore di videocassette (o di altri supporti magnetici/ottici) e/o la registrazione su videocassetta (o su altro supporto magnetico/ottico), dei programmi digitali, collegare un cavo SCART da un lato al videoregistratore e dall'altro al STB nella presa denotata con "VCR" (ove presente)
- F. Per collegare il STB ad un impianto Hi-Fi, utilizzare le uscite audio "AUDIO OUT" Right e Left, oppure, nel caso sia presente, quella audio digitale "S/PDIF"
- G. per accedere e registrare su videocassetta, o su altro supporto magnetico/ottico, programmi analogici eventualmente non ancora presenti nell'offerta digitale terrestre dell'area di interesse, collegare con opportuni cavetti coassiali:
 - i. la presa "ANT OUT" ("TUNER OUT" o denominazioni simili) del STB all'ingresso d'antenna del videoregistratore
 - ii. l'uscita RF del videoregistratore all'ingresso d'antenna del televisore

8.3 Considerazioni generali sull'impianto domestico

Considerata l'estrema variabilità delle caratteristiche dell'impianto domestico in cui il STB sarà inserito (numero e tipo di prese AV sul TV e sugli altri apparati collegati, eventuale presenza di lettori DVD, Home Theater, decoder satellitari, consolle giochi, etc.) non è possibile fornire a priori delle configurazioni di valenza generale. Ci limitiamo pertanto di seguito a dare alcune indicazioni di massima:

- a) il televisore ha un'unica presa AV (SCART)?

Se gli altri apparati lo consentono, in termini di prese AV disponibili, è possibile prolungare o modificare a piacere la catena TV-STB-videoregistratore descritta in precedenza. Inserendo ad esempio un lettore DVD con 2 prese SCART fra STB e videoregistratore. Altrimenti si richiede l'acquisto di una presiera SCART multipla a commutazione manuale.

- b) il televisore ha più prese AV (SCART o altri formati)?

E' possibile distribuire gli apparati presenti con una certa flessibilità sulle diverse prese AV del televisore e/o su più catene, selezionabili dal telecomando dell'apparecchio televisivo (AV 1, AV 2, etc.). Consigliamo in ogni caso di dedicare una presa SCART alla catena TV - STB - videoregistratore descritta in precedenza.

8.4 Riproduzione di Videocassette o DVD

A seconda del particolare modello di STB impiegato, la visione sul televisore di una videocassetta (VCR posto in modalità PLAY) da un videoregistratore collegato al STB attraverso la presa "VCR", può richiedere o meno che il STB sia in condizioni di stand-by oppure spento. La stessa osservazione vale per DVD, consolle, decoder satellitari, ecc., inseriti al posto di o in cascata al videoregistratore.

8.5 Videoregistrazione

I videoregistratori oggi in commercio non sono in grado di ricevere direttamente i nuovi programmi TV digitali. Essi devono quindi essere necessariamente collegati al STB.

A loro volta, i STB oggi in commercio sono normalmente dotati di un'unica funzione di sintonizzazione: ciò si traduce nell'impossibilità di vedere un programma digitale e registrarne un altro, sempre digitale, in contemporanea. In presenza dei collegamenti descritti in precedenza è comunque possibile registrare un programma analogico mentre si sta guardando un altro programma digitale.

La casistica d'uso è la seguente:

a) Per registrare un programma digitale in corso:

- accertarsi che il videoregistratore sia collegato con un cavo SCART, attraverso la presa denotata con "VCR", al STB;
- sintonizzare il videoregistratore sull'ingresso esterno (canale AV o 0, a seconda dei modelli) e premere il tasto **REC**
- durante la registrazione il STB deve rimanere acceso e sintonizzato sul canale digitale da registrare;

b) Per registrare un programma analogico in corso:

- accertarsi che il videoregistratore sia collegato con l'apposito cavetto coassiale, attraverso la presa "ANT OUT" ("TUNER OUT" o denominazioni simili), al STB;
- sintonizzare il videoregistratore sul canale analogico desiderato e premere il tasto **REC**
- durante la registrazione il STB può anche essere posto in stand-by o spento, ma se rimane acceso è possibile guardare un altro programma digitale

c) Per programmare la videoregistrazione di un programma digitale:

- accertarsi che il videoregistratore sia collegato con un cavo SCART, attraverso la presa denotata con "VCR", al STB;
- i STB in commercio mettono generalmente a disposizione dell'utente la funzione *Timer*, che permette di programmare la sintonizzazione automatica del STB ad una data ora su un dato canale digitale. Da notare il fatto che il STB non emette nessun segnale di controllo verso il videoregistratore: è quindi necessario che le impostazioni del timer del videoregistratore corrispondano alle impostazioni del timer del STB
- per il corretto funzionamento della funzione *Timer*, il STB deve rimanere acceso; la sintonizzazione del STB sul canale da registrare avviene invece in modo automatico.

d) Per programmare la videoregistrazione di un programma analogico:

- accertarsi che il videoregistratore sia collegato con l'apposito cavetto coassiale, attraverso la presa "ANT OUT" ("TUNER OUT" o denominazioni simili) al STB;
- programmare il videoregistratore come per una normale registrazione
- durante la registrazione il STB può anche essere posto in stand-by o spento, ma se rimane acceso è possibile guardare un altro programma digitale

9 Collegamento del canale di ritorno

I STB interattivi prevedono che il cliente possa inviare o ricevere attraverso il STB delle informazioni ai o dai vari gestori dei servizi. Il cliente quindi non solo riceve i programmi, le informazioni e i dati trasmessi indistintamente dai vari operatori, ma interagisce direttamente con loro inviando o ricevendo informazioni, dati, ecc.

Le informazioni possono essere scambiate dal cliente con il fornitore del servizio mediante i più diversi canali di comunicazione, detti comunemente “canali di ritorno”: linea telefonica normale (PSTN Public Switched Telephone Network ossia Rete telefonica pubblica a commutazione di circuito), accesso a larga banda ADSL o fibra, via radio con collegamento dati di telefonia mobile a circuito (GSM) o a pacchetto (GPRS), ecc..

Normalmente le indicazioni contenute nei manuali dei ricevitori a questo proposito, sono complete e se seguite correttamente permettono una corretta installazione del STB, comunque almeno nel caso più diffuso e supportato da tutti gli operatori televisivi (PSTN) vengono di seguito fornite alcune indicazioni.

Il STB che ha questa modalità operativa deve essere connesso ad una presa dell'impianto telefonico interno dell'appartamento nel quale si installa il STB.

Nel caso sia disponibile una presa telefonica libera è sufficiente connettere direttamente,

utilizzando il cavetto telefonico normalmente in dotazione al STB, o se mancante o troppo corto per raggiungere la presa, con un cavo telefonico apposito, l'attacco telefonico RJ11 del STB con la presa telefonica dell'impianto telefonico interno, di proprietà del cliente. In funzione del tipo di presa disponibile i cavi telefonici per questa connessione possono essere terminati dal lato STB con una spina RJ11 e dall'altro lato con una spina RJ11 o con una spina telefonica tripolare. Esistono comunque in commercio adattatori da presa tripolare a RJ11. Nel caso non sia presente una presa libera, bisognerà o installare una presa telefonica ad hoc, ponendo in parallelo alla presa telefonica esistente una nuova presa rispettando gli stessi collegamenti esistenti sulla presa già installata, o utilizzare delle spine maschio-femmina che hanno una uscita derivata RJ11.

Nel caso la presa dell'impianto telefonico sia RJ11 si potrà installare un adattatore derivatore con una spina e due prese. Bisognerà comunque avvisare il cliente che nel caso decida di usare i servizi che prevedono questa connessione, durante lo scambio di informazioni (ad esempio televoto), la linea telefonica rimane impegnata per questo uso e non è più libera per normali chiamate. Dopo l'installazione il collegamento telefonico può essere collaudato mediante la chiamata ad uno dei servizi interattivi degli operatori.

Il STB che ha la modalità di funzionamento GPRS per il canale di ritorno, necessita di una SIM GSM abilitata al traffico GPRS che deve essere inserita nell'apposito alloggiamento durante l'installazione. Deve essere poi collegata all'apposita presa l'antenna GSM in dotazione al STB. In questo caso, deve essere verificata la copertura GPRS e la copertura TV.

10 Casistica degli interventi

Di seguito viene riepilogata la casistica alla quale può essere riportata l'attività di installazione del STB per la ricezione dei programmi DTT.

In tutti i casi devono essere effettuate le connessioni previste nel capitolo 8 agli altri apparati in funzione delle esigenze del cliente.

In tutti i casi in cui il STB sia un STB interattivo devono essere effettuate le connessioni previste dal capitolo 9 per il canale di ritorno.

L'installatore dovrà preparare l'installazione mediante un sopralluogo che identifichi il tipo di intervento necessario.

Le indicazioni fornite di seguito partono dal presupposto che l'impianto di distribuzione dei segnali televisivi di edificio e di appartamento sia correttamente funzionante secondo le normative vigenti. Nel caso così non fosse, l'adeguamento dell'impianto alle normative esula dalle necessità specifiche della ricezione dei segnali DTT. Nel sopralluogo, alcune misure possono permettere di valutare lo stato di conformità dell'impianto alle normative.

10.1 Installazione del STB senza connessione a impianto di ricezione fisso

Nel caso si valuti che la ricezione dei segnali DTT può avvenire senza la connessione all'impianto di ricezione fisso, una volta svolte le connessioni agli altri apparati elettronici e per il canale di ritorno, l'attività installativa è completa dopo aver sintonizzato e collaudato il nuovo STB.

10.2 Installazione del STB con connessione a impianto fisso individuale con segnali DTT che provengono dalla stessa direzione e polarizzazione degli programmi di interesse su canali liberi non interferiti

L'installatore, dopo aver verificato la qualità del segnale alla presa coassiale mediante idonei strumenti, se la qualità del segnale è corretta, conetterà il segnale in ingresso al nuovo decoder mediante un cavo coassiale, poi seguendo quanto scritto nel capitolo 8 collegherà il STB al TV e agli altri apparati presenti in casa del cliente. Nel caso il STB sia interattivo, devono essere effettuate le connessioni previste dal capitolo 9 per il canale di ritorno, completando l'attività installativa sintonizzando e collaudando il nuovo STB.

Nel caso le misure evidenzino delle problematiche, bisognerà, dopo averlo concordato con il cliente, intervenire per riportare l'impianto alle condizioni di corretto funzionamento.

10.3 Adeguamento dell'impianto fisso collettivo ai segnali DTT che provengono dalla stessa direzione e polarizzazione degli programmi di interesse su canali liberi non interferiti

Nel caso di impianti collettivi, comunque è importante un sopralluogo attento, in quanto i nuovi programmi in generale e DTT in particolare, nel caso in esame vanno a riempire dei canali RF fino a quel momento non utilizzati. Trattandosi di impianti collettivi, è opportuna una verifica del segnale ricevuto in antenna, in modo da permettere comunque, se necessario una equalizzazione dei livelli all'ingresso alla rete di edificio. Nel caso di amplificazione a larga banda, probabilmente non saranno necessari interventi sull'impianto.

Nel caso i segnali ricevuti non abbiano una corretta equalizzazione (segnale DTT inferiore da 9dB circa 15 dB rispetto agli analogici adiacenti), potrà convenire inserire un convertitore di canale e spostare il segnale su una frequenza libera, questo per ogni canale DTT non equalizzato.

Nel caso di sistemi canalizzati bisognerà inserire un filtro attivo di canale o un convertitore di canale per ogni segnale DTT che si desidera aggiungere.

10.4 Adeguamento dell'impianto fisso individuale con segnali DTT che provengono dalla stessa direzione ma con polarizzazione incrociata rispetto ai programmi di interesse, su canali liberi non interferiti

In questo caso l'adeguamento dell'impianto consiste nell'installazione di una nuova antenna per la ricezione dei segnali con la nuova polarizzazione. Se come è probabile il sistema ricevente ha amplificatori a larga banda, poiché la ricezione in antenna di segnali con polarizzazione diversa è normalmente abbastanza attenuata, ma non abbastanza da non dare fastidio soprattutto ai programmi analogici se sommati direttamente, bisognerà in molti casi aggiungere anche un filtro attivo di canale o un convertitore per ogni canale DTT e sommare l'uscita di questi filtri e/o convertitori al resto dei segnali precedenti, prima della

distribuzione. La stessa situazione vale nel caso di provenienza dei nuovi segnali da altra direzione su frequenze prima libere.

10.5 Adeguamento dell'impianto fisso collettivo ai segnali DTT che provengono dalla stessa direzione con polarizzazione incrociata rispetto ai programmi di interesse, su canali liberi non interferiti

In questo caso l'adeguamento dell'impianto consiste nell'installazione di una nuova antenna per la ricezione dei segnali con la nuova polarizzazione. Se il sistema ricevente ha amplificatori a larga banda - poiché la ricezione in antenna di segnali con polarizzazione diversa è normalmente abbastanza attenuata, ma non abbastanza da non dare fastidio soprattutto ai programmi analogici se sommata direttamente - bisognerà in molti casi aggiungere anche un filtro attivo di canale o un convertitore per ogni canale DTT e sommare l'uscita di questi filtri e/o convertitori al resto dei segnali precedenti, prima della distribuzione.

Nel caso di impianti canalizzati bisognerà aggiungere un filtro attivo di canale o un convertitore per ogni segnale DTT e sommare l'uscita di questi filtri e/o convertitori al resto dei segnali precedenti, prima della distribuzione.

La stessa situazione vale nel caso di provenienza dei nuovi segnali da altra direzione su frequenze prima libere.

10.6 Adeguamento dell'impianto fisso individuale o collettivo con segnali DTT con interferenza co-canale.

Escludendo i casi in cui l'interferenza non è eliminabile, come già detto nel 4.1.8, sarà necessario orientare le antenne in modo da minimizzare le interferenze, forse sostituire le antenne con altre più direttive e con i lobi secondari più attenuati nella direzione da cui proviene l'interferenza. Se gli interventi con le antenne non bastano, bisognerà comunque convertire almeno uno dei programmi che si interferiscono.

11 Conclusioni

Si è cercato di dare una idea di cosa è il sistema televisivo digitale terrestre (DTT), di quale sforzo tecnologico ci sia dietro questa novità. Il fatto di poter ricevere 5, 6 programmi TV nella stessa banda oggi occupata da un solo programma analogico è indubbiamente un vantaggio.

La maggiore sensibilità dei ricevitori permette di diminuire la potenza dei trasmettitori, diminuendo di conseguenza l'inquinamento elettromagnetico, ecc. L'impiantistica per la ricezione di questi programmi non è più complessa di quella che permette la buona ricezione dei programmi TV analogici. Aggiungere un canale DTT nell'impianto di casa, sia individuale sia collettivo, non costa di più di aggiungere un canale analogico.

ALLEGATO

1 Il segnale televisivo

1.1 Il segnale televisivo analogico

Il sistema televisivo analogico, come già accennato nella premessa si basa sull'idea illustrata nella figura sottostante, nella quale una "Telecamera" riprende una "Immagine originale" che viene focalizzata su un trasduttore ottico-elettrico contenuto nella telecamera. Il trasduttore ottico-elettrico, viene "letto" in modo sequenziale da sinistra a destra (riga), dall'alto verso il basso (quadro), fornendo in uscita un segnale elettrico in banda base la cui livello è proporzionale all'intensità della luce che colpisce il trasduttore (informazioni di luminanza) e, nel caso la telecamera sia a colori, fornisce anche le informazioni necessarie alla ricostruzione della parte cromatica dell'immagine (informazioni di cromaticità). Ne consegue che l'immagine viene letta come una serie di righe e quadri successivi. Tanto più sono vicine le righe tanto più l'immagine può essere simile a quella originale. Poiché l'occhio umano non è in grado di distinguere come immagini successive immagini che si susseguono con una cadenza elevata, ma le percepisce come una sequenza continua, è importante inviare un numero di quadri sufficientemente elevato. Anche in questo caso più è elevato il numero di quadri, tanto più vicina sarà l'immagine finale rispetto all'originale. Un ulteriore limite è costituito dalla capacità di seguire immagini con variazioni luminose molto vicine. Ad esempio se durante la lettura di una riga due punti successivi hanno delle variazioni notevoli di intensità luminosa, ad esempio un punto è bianco, quello successivo è nero, la possibilità di riuscire a riportare fedelmente questa situazione dipende da quanto piccoli sono i punti che si riesce a leggere. Un ultimo aspetto importante è che i segnali che giungono al televisore possano essere posizionati esattamente nella stessa posizione nella quale sono stati letti. A questo scopo sono aggiunte delle informazioni che permettono di sincronizzare il sistema ricevente.

La scelta delle grandezze è fatta a livello di sistema radiotelevisivo. Per l'Italia i valori sono di 625 righe per ogni quadro, di 25 quadri al secondo, di avere una definizione fra due punti successivi di una linea che permettano di passare dal bianco al nero in una distanza uguale a quella di due righe successive. La banda necessaria risulta essere di circa 5,5 MHz.

Il segnale in banda base così ottenuto, non è in grado di essere trasportato a distanza, per tanto viene inviato ad un "Modulatore", si ottiene così un segnale a radiofrequenza che può essere inviato ad un "Trasmettitore" e, come nell'esempio, via etere raggiungere il Televisore, dove l'informazione ottica viene ricreata.

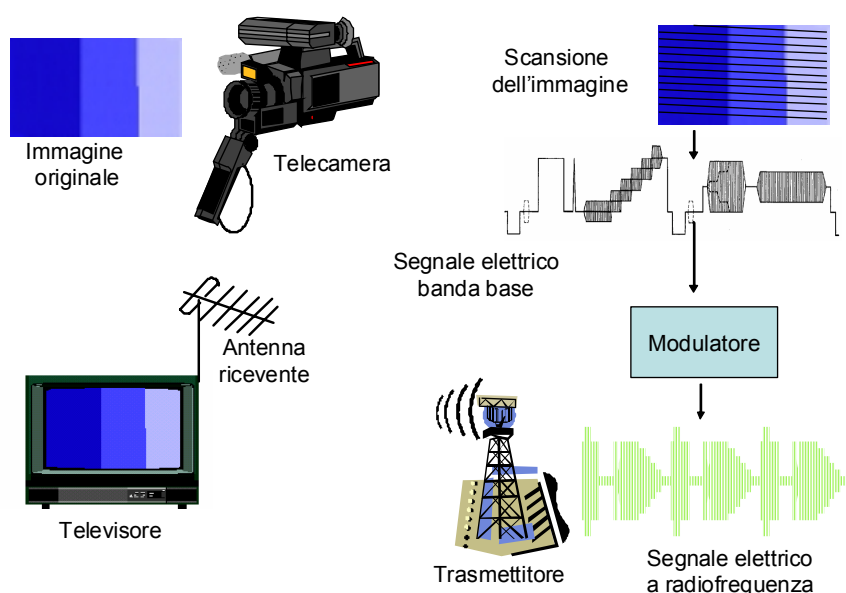


Figura 25

La qualità con la quale l'immagine originale viene riprodotta sul televisore è legata a molti fattori, alcuni, come è stato spiegato, sono legati al sistema televisivo scelto, alcuni legati alla qualità delle macchine impiegate, alcuni alla qualità del collegamento via etere, alcuni infine all'impiantistica di edificio e di appartamento.

1.2 Il segnale televisivo digitale

Il segnale analogico è un segnale in cui momento per momento, in modo continuo, il livello del segnale segue le variazioni, ad esempio dell'intensità luminosa del punto in cui in quel momento il trasduttore legge l'informazione. Il segnale digitale viceversa non può assumere tutti i valori possibili, ma solamente i valori discreti che il tipo di convertitore Analogico-Digitale (AD) è in grado di produrre.

Nella figura sottostante parte A, la curva disegnata in verde, con linea continua rappresenta il segnale di ingresso ad un sistema di conversione AD. La linea spezzata disegnata in nero, rappresenta una possibile digitalizzazione fatta con una approssimazione di $1/64$ con una conversione lineare. Infatti i gradini a partire dal primo a sinistra hanno delle distanze fra di loro o unitarie o di multipli interi del valore unitario. Il primo gradino a sinistra è positivo e vale 3 unità (+3), il secondo gradino ha una differenza di altre 3 unità per cui il suo valore assoluto vale +6, il terzo gradino vale +9, il quarto +11, il quinto +13, il sesto +15, il settimo +16, l'ottavo +17, il nono +16, e così via. In questo esempio quindi il gradino minimo vale circa $1/16$ del valore di picco del segnale analogico da convertire. Un po' più di $1/32$ del valore picco picco del segnale analogico. Normalmente i sistemi di conversione AD hanno un numero di gradini che cresce come numero in potenza di 2, quindi 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, ecc. a seconda del numero di bit utilizzati per la rappresentazione delle unità.

Il gradino minimo viene chiamato quanto.

In condizioni di linearità l'approssimazione con cui si stima il valore del segnale da convertire è non più della metà di un quanto.

La dinamica del sistema di conversione deve essere tale per cui il valore massimo del segnale da campionare rientra con un certo margine nella dinamica del sistema di conversione.

Nel caso dell'esempio, sarebbero bastati 17 gradini positivi e 17 gradini negativi, il dimensionamento corretto è quindi a 64 gradini, cioè il numero in base 2 superiore a 34. Nel caso in esempio, il margine sarebbe di circa metà della dinamica. I trattini orizzontali indicano che per un certo tempo il sistema di conversione non

“campiona” nuovamente il segnale, ma mantiene il valore del campione precedente. Il numero relativo a ciascun livello indica quindi quale valore di tensione ha il segnale campionato nel momento di campionamento.

Inviando ad un sistema in grado di generare una tensione uguale a quella che “legge” il sistema di conversione AD, se vengono impostati al suo ingresso gli stessi numeri, si può ricostruire la linea spezzata disegnata nella fase di conversione AD.

Questa funzione, complementare a quella AD viene chiamata conversione Digitale Analogica (DA). Se si invia l'uscita del sistema DA ad un opportuno filtro passa basso, si ricava un segnale simile a quello riportato in rosso con linea tratteggiata nella parte A della figura, che ricostruisce con una certa fedeltà il segnale della linea verde di ingresso. L'errore che si compie a causa dell'approssimazione con la quale il campione digitale differisce da quello analogico, si chiama errore di quantizzazione. Questo errore è tanto più grande quanto più sono pochi i gradini del sistema di conversione DA e AD. Questo errore genera un effetto indesiderato chiamato rumore di quantizzazione. Tale errore è tanto più piccolo quanto sono piccoli i gradini del sistema di conversione, cioè si compie un errore minore utilizzando una conversione a 2048 campioni rispetto a quella che si compie utilizzando 1024 campioni, ecc.

Con questo sistema, è possibile quindi ricostruire a distanza un segnale analogico convertendo con un sistema AD il segnale originale, inviando quindi i valori numerici dei campioni ad un sistema DA seguito da un filtro opportuno (Filtro passa basso) si rigenera un segnale sufficientemente identico all'originale. I valori numerici vengono normalmente inviati dall'AD al DA in forma binaria per tanto la sequenza prima descritta diventerebbe:

| | | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| +3 | +6 | +9 | +11 | +13 | +15 | +16 | +17 | +16 | +15 |
| 000011 | 000110 | 001001 | 001011 | 001101 | 001111 | 010000 | 010001 | 010000 | 001111 |

Tabella 15

Il primo valore a sinistra della sequenza binaria indica che il valore è positivo, gli altri valori in questo esempio indicano in forma binaria il valore assoluto. In questa rappresentazione lo zero è quindi il minimo valore positivo, si ha quindi un gradino in più per i segnali negativi. La forma nella quale i numeri vengono trasferiti non è molto importante purché sia univoca, quindi va bene il binario puro, il complemento a due, il modulo e segno, ecc. Ognuno dei simboli binari viene normalmente chiamato bit. La trasmissione di informazioni binarie è normalmente chiamata “trasmissione digitale”. Come vedremo in seguito, anche nel caso della TV digitale si inviano verso il sistema ricevente dei valori numerici.

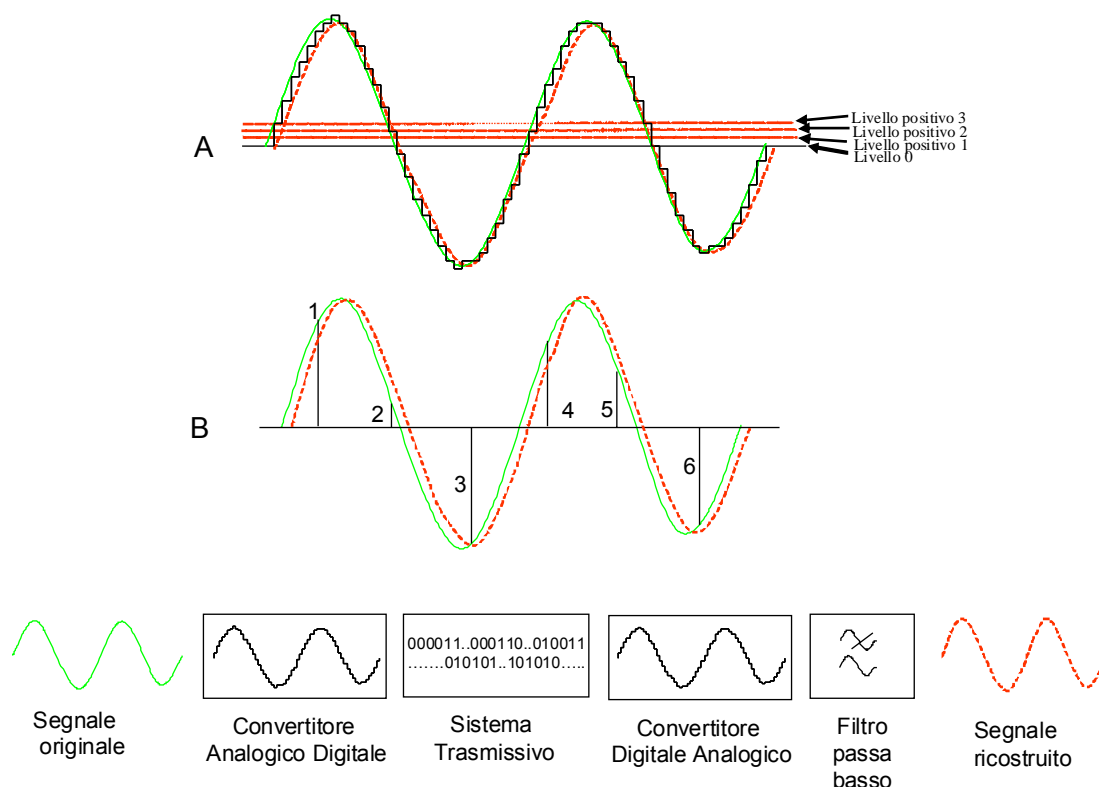


Figura 26

Si può dimostrare che si può ricostruire convenientemente un segnale se si campiona ad una frequenza almeno doppia rispetto al limite di banda del segnale sorgente. Si può quindi ottenere una banda utile di 20 KHz su un segnale audio se la frequenza di campionamento è di almeno 40 KHz. Nella parte B della figura, si può vedere un esempio di campionamento ad una frequenza circa tripla del segnale originale. Inviando i valori numerici ricavati nei punti da 1 a 6 da un convertitore AD ad un convertitore DA, seguito da un filtro passa basso si ricostruisce un segnale molto simile all'originale, quello indicato con la line tratteggiata rossa.

Se le conversioni AD e DA introducono un rumore e delle distorsioni trascurabili, tali cioè da non poter essere percepite dagli utilizzatori, il vantaggio di compiere queste operazioni di digitalizzazione è notevole. Ne riportiamo solo tre delle più significative: i computer sono in grado di elaborare solo informazioni digitali, per tanto senza la digitalizzazione delle immagini non sarebbe possibile l'elaborazione a computer dei segnali televisivi, quindi niente effetti speciali, capacità di regia complesse, ecc. Questo si può notare quando vengono "passate" in TV delle immagini di vecchi spettacoli registrati prima che queste tecniche fossero disponibili. Con il gusto attuale tali trasmissioni non funzionerebbero più.

Il secondo vantaggio è che è più semplice ed economico memorizzare delle informazioni in forma numerica che analogica se si vuole avere e mantenere nel tempo una grande qualità dell'informazione memorizzata, i CD per l'audio ed i DVD per il video ne sono una semplice ma efficace dimostrazione.

Il terzo vantaggio si ottiene sui sistemi trasmissivi, infatti non è più necessario avere un segnale perfetto sul ricevitore, basta avere un segnale che ci permetta di distinguere fra due possibili valori che vengono trasmessi: 0 o 1.

In seguito quando parleremo delle modulazioni adatte alla trasmissione di segnali digitali approfondiremo l'argomento.

Nei sistemi digitali da studio, il segnale video viene campionato nelle sue componenti, per la parte di luminanza con una frequenza di 13,5 MHz, mentre le due componenti di crominanza vengono campionate in totale quanto la componente di luminanza. Il campionamento avviene a 10 bit, cioè utilizzando 1024 gradini.

Per tanto il trasporto di questa informazione richiede (13,5 MHz X 10 bit (luminanza) + 13,5 MHz X 10 bit (crominanza)), quindi la trasmissione di 270 Mbit/s.

Questa velocità di trasmissione non è compatibile con i costi e le occupazioni di banda di sistemi di diffusione del segnale televisivo destinati alla clientela residenziale. Per tanto si sono studiati dei metodi di codifica/compressione che, non penalizzando la qualità dell'immagine percepita dal cliente, permettano delle trasmissioni con l'utilizzo di banda adatta ai canali disponibili e l'utilizzo di terminali non eccessivamente costosi.

Lo studio di queste metodologie si deve soprattutto all'organizzazione MPEG (Moving Pictures Experts Group), che ha studiato a fondo le caratteristiche del segnale televisivo, video e audio, per capire come è possibile diminuire la quantità di informazione trasmessa senza perdere qualità del video e dell'audio percepita dall'utilizzatore.

Senza entrare nel merito di complicati algoritmi di codifica dei segnali, che richiederebbero comunque una trattazione lunga e complessa, sapendo anche di non essere sempre rigorosi, si possono citare alcuni concetti che sono la base degli studi sviluppati da MPEG.

In forma analogica, ogni quadro viene trasmesso con la frequenza di ripetizione prevista dal sistema televisivo adottato, anche se è perfettamente uguale a quello precedente. Non è praticamente possibile memorizzare in forma analogica il contenuto di un quadro. Per cui la trasmissione dell'informazione analogica contiene moltissime informazioni che sono già state inviate, ma che bisogna continuare ad inviare perché il ricevitore non può memorizzarle.

Nei sistemi digitali questo non è necessario, è abbastanza semplice memorizzare il contenuto di un quadro e, se quello successivo è uguale basta inviare l'informazione che il contenuto è uguale al precedente. Anche quando qualche cosa cambia, raramente cambia tutto il contenuto di un quadro, per cui sovente è conveniente inviare solo le informazioni relative alle cose che cambiano. Non solo, ma normalmente le cose in movimento percorrono delle traiettorie uniformi, quindi prevedibili. In questo caso si potranno inviare le informazioni relative alle variazioni rispetto alle traiettorie previste, ecc.

Per evitare che, essendoci stato un errore di trasmissione, di memorizzazione, o dovuto a qualsiasi causa, per cui il quadro memorizzato contiene errori, ogni N quadri viene inviato un nuovo quadro intero. N varia normalmente fra 10 e 15.

Per i segnali audio, le tecniche di riduzione dell'informazione trasmessa sono diverse. Il microfono viene raggiunto da una quantità di informazioni che l'orecchio umano normalmente non percepisce. Vengono quindi trasmesse le sole informazioni che l'orecchio utilizza.

L'unità di misura della velocità di trasmissione dei dati digitali normalmente utilizzata è il bit/s con i suoi multipli Kbit/s (1000 bit/s), Mbit/s (1000000 bit/s), Gbit/s (1000000000 bit/s).

Normalmente all'interno dei sistemi di codifica, decodifica, ecc., non si usano connessioni ad un solo filo, ma i valori numerici vengono trasportati su più fili in parallelo con strutture chiamate a BUS. Normalmente i BUS sono ad 8 fili. I valori che rappresentano 8 bit vengono chiamati Byte.

I metodi di codifica più conosciuti che si devono a MPEG sono MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4.

Nei sistemi televisivi broadcast, viene utilizzato il sistema MPEG-2 MP-ML (Main Profile - Main Level), che prevede una velocità di trasmissione compresa fra 2Mbit/s e 15 Mbit/s per un singolo programma televisivo.

Il sistema è standard nelle metodologie di decodifica dei segnali, mentre la codifica non è standard.

Questo significa che tutti i ricevitori raggiunti dallo stesso segnale daranno la stessa uscita, ma che il fornitore del servizio potrà decidere quali parametri della qualità dell'immagine privilegiare: la morbidezza delle immagini, la capacità di seguire movimenti veloci, una bassa velocità di trasmissione, ecc.

Il gruppo MPEG inoltre ha definito come deve essere composto il flusso del segnale digitale che include le informazioni video, audio, dati, da inviare al sistema trasmissivo. La definizione di questo flusso dati, detto anche Transport Stream (TS), è contenuta nella specifica ISO/EC DIS 13818-1.

Il TS è definito come una sequenza di pacchetti di 188 Byte, di cui 187 Byte che contengono informazione più un Byte di sincronismo.

Un esempio di come si può costruire questo flusso dati è riportato nella figura che segue. I segnali audio e video vengono inviati agli opportuni codificatori, che svolgono la digitalizzazione e la codifica prevista. L'uscita del codificatore Video 1, conterrà le informazioni relative al servizio video provenienti dal Segnale video 1. Le uscite dei codificatori audio conterranno le informazioni dei rispettivi segnali audio. Queste informazioni vengono inviate al Packetizer che aggiunge delle informazioni di sistema e raggruppa le informazioni in pacchetti, formando il PES (Packetised Elementary Stream). I PES vengono inviate ad un TS MUX (Transport Stream Multiplex), che inserisce in sequenza le informazioni dei vari servizi all'interno del Transport Stream (TS), aggiungendo inoltre informazioni che permettono di ricostruire in ricezione la corretta sequenza delle informazioni trasmesse. Come si vede dall'esempio in figura, il TS può contenere più servizi video, audio e dati, correlati o meno fra di loro. Ogni servizio all'interno del TS è contraddistinto da un PID (Program Identifier), che permette di distinguere a quale servizio appartengono i dati che si stanno inviando. Inoltre ogni servizio contiene delle informazioni relative alle temporizzazioni con le quali è possibile ripristinare il sincronismo del singolo servizio in ricezione. Vengono inoltre inviate alcune informazioni relative ai vari servizi quali quelle relative all'accesso condizionato (CAT, Conditional Access Table, usate per i servizi a pagamento), alla correlazione fra i vari servizi contenuti nel TS (PAT, Program Association Table e PMT, Program Map Table), alla rete alla quale appartengono i servizi (NIT, Network Information Table). Anche queste tabelle hanno un loro PID che le contraddistingue.

In molti casi il TS che contiene più programmi viene anche chiamato Multi Program Transport Stream (MPTS).

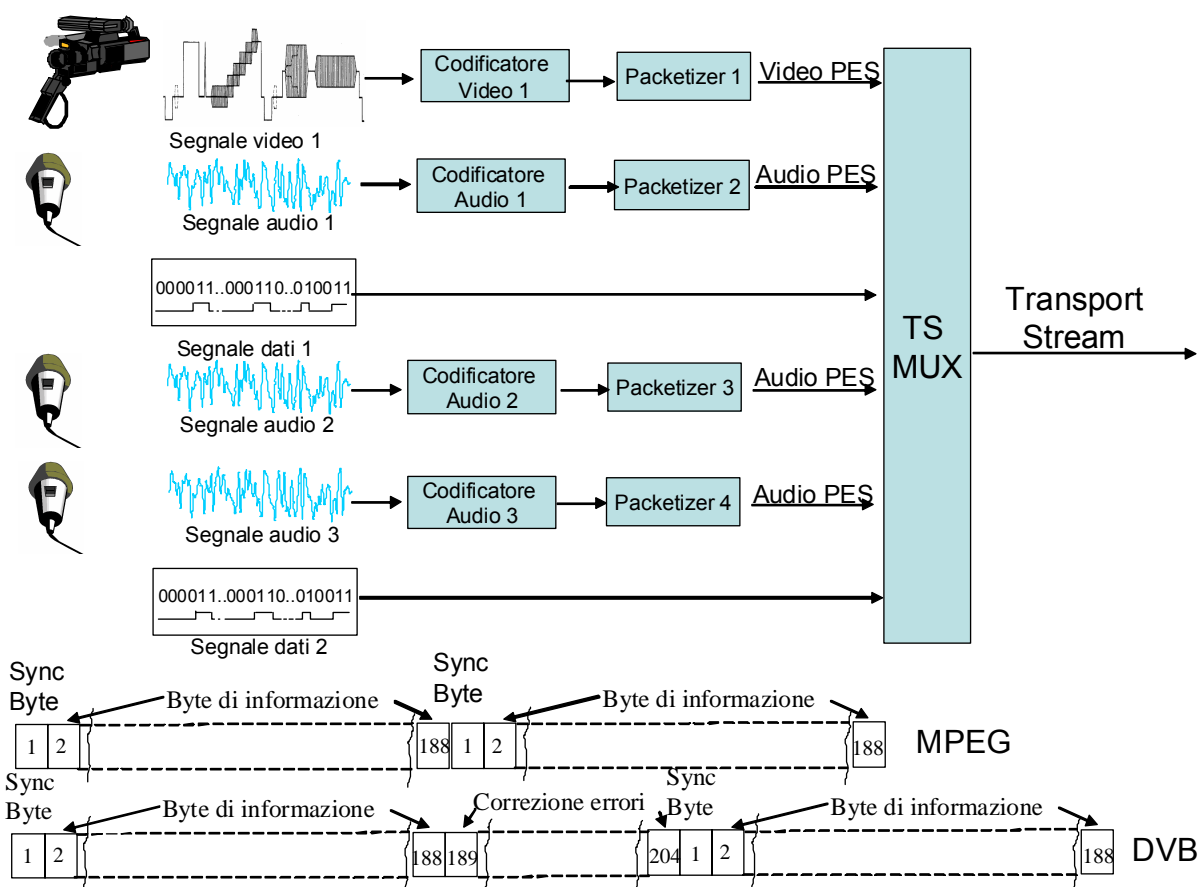


Figura 27

In Europa è stato fatto un grande lavoro di normalizzazione relativamente alla trasmissione dei segnali televisivi digitali, dove DVB (Digital Video Broadcasting), completando il lavoro di MPEG soprattutto sugli

aspetti trasmissivi, ha emesso specifiche per i sistemi per la diffusione di questi segnali via satellite (DVB-S), via cavo (DVB-C), via etere (DVB-T). Tali specifiche sono state recepite dall'ETSI (European Telecommunications Standards Institute) che ne ha ufficializzato la validità normativa in Europa.

Il TS ottenuto come nell'esempio sopra riportato viene fatto passare in un sistema che disperde l'energia in modo da ottenere uno spettro il più possibile piatto.

Inoltre sono stati aggiunti ai pacchetti TS ulteriori 16 Byte (portando il valore totale a 204 Byte), di ridondanza che permettono, entro certi limiti, la correzione di errori di trasmissione. Mediante questa codifica (RS, Reed Solomon) è possibile correggere fino ad un massimo di 8 Byte sbagliati su 204 Byte ricevuti. Altri sistemi per "irrobustire" il canale trasmissivo sono diversi fra satellite, cavo e propagazione terrestre.

Per ognuno di questi mezzi trasmissivi per tanto esiste una specifica normativa di riferimento che definisce ulteriormente la struttura del transport stream, la codifica di canale e la modulazione.

Quella riguardante il sistema satellitare è la EN 300-421, quella riguardante i sistemi cavo è la EN 300-429, quella riguardante i sistemi a propagazione terrestre è la EN 300-744.

DVB ha inoltre completato la definizione delle varie informazioni correlate ai servizi che si possono inserire nel sistema televisivo digitale definendo molte possibilità correlate all'EPG (Electronic Program Guide), all'SI (Service Informations) e ai servizi interattivi (secondo lo standard DVB-MHP).

I sistemi televisivi digitali DVB-S, DVB-C e DVB-T differiscono sostanzialmente per il sistema di trasmissione e ricezione dei segnali, non per la metodologia con la quale viene fatta la digitalizzazione, la codifica e la decodifica dei segnali televisivi.

2 Il sistemi televisivi

2.1 Gli spettri del segnale televisivo

Particolare importanza per la comprensione delle problematiche relative all'installazione di sistemi riceventi i segnali televisivi e la possibilità di correggere eventuale malfunzionamenti, richiede la comprensione di come il segnale televisivo è costruito e come viene portato fino al ricevitore del cliente finale. Una delle informazioni fondamentali per questa comprensione, è la conoscenza delle caratteristiche dello spettro del segnale, sia in banda base che a radiofrequenza. Lo spettro di un segnale è la rappresentazione grafica di come cambia il livello del segnale in funzione della frequenza.

2.1.1 TV analogica terrestre

Per trasportare attraverso l'etere i vari segnali che compongono un programma televisivo si utilizza a radiofrequenza una modulazione di ampiezza per le informazioni relative al segnale di luminanza video, una modulazione di frequenza per le informazioni relative all'audio, mentre l'informazione del colore viene inserita (in Italia) secondo quanto previsto dal sistema PAL. Nella seguente figura è riportato in modo schematico lo spettro a radiofrequenza di un segnale con le varie componenti: video, colore, audio. La normale modulazione AM prevedrebbe due bande laterali simmetriche. Nelle trasmissioni televisive in effetti si utilizza uno spettro a banda laterale parzialmente soppressa (AM-VSB), infatti è previsto che venga occupata una banda inferiore alla frequenza della portante video di 750 KHz, mentre la banda superiore è completa.

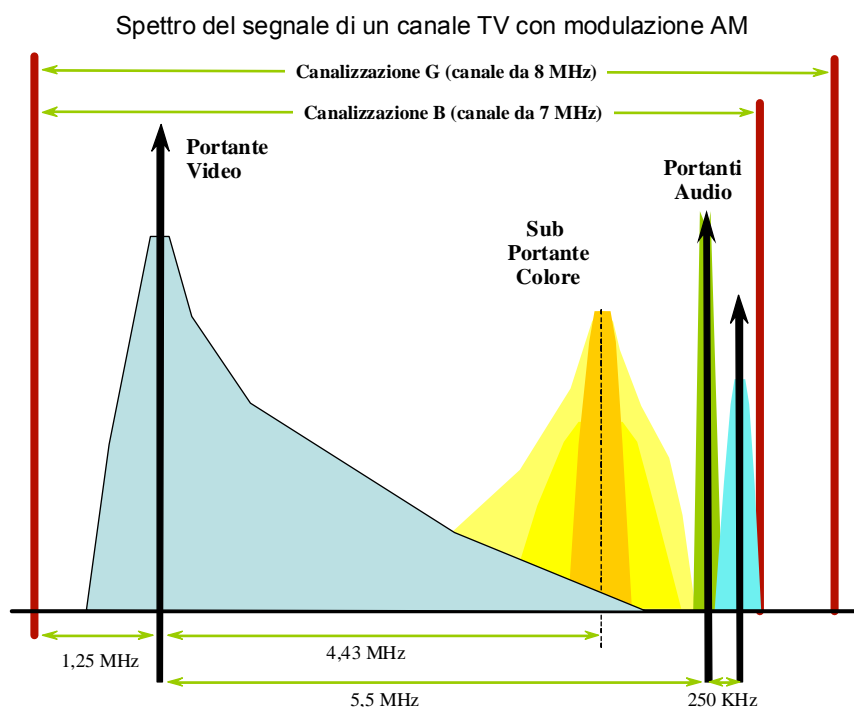


Figura 28

Lo spettro a radio frequenza riservato alle trasmissioni via etere di segnali televisivi, è standard (Standard B-G), prevede la possibilità di trasmettere in Italia in 5 bande di frequenze riportate nella seguente tabella:

| banda | Frequenza minima (MHz) | Frequenza massima (MHz) | Banda canale TV (MHz) |
|-------|------------------------|-------------------------|-----------------------|
| I | 52,5 | 68 | 7 |
| II | 81 | 88 | 7 |
| III | 174 | 230 | 7 |
| IV | 470 | 606 | 8 |
| V | 606 | 862 | 8 |

Tabella 16

La canalizzazione nella banda I e III, prevede degli intervalli fra le portanti video di canali adiacenti comprese fra 7 e 8,5 MHz, la banda II esiste in pochi paesi, in Italia è presente soprattutto per motivi storici, infatti il primo trasmettitore installato in Italia, prima della definizione degli standard, utilizzava appunto tale banda, che copre in parte la banda normalmente prevista per i sistemi di radiodiffusione FM (da 87 MHz a 108 MHz). Le canalizzazioni nelle bande IV e V prevedono intervalli di frequenza fra le portanti video di canali adiacenti di 8 MHz.

2.1.2 TV analogica satellitare

Date le notevoli distanze in gioco fra terra e satellite, poiché le posizioni geo-stazionarie sono possibili solo sull'equatore, è stato necessario utilizzare sistemi di modulazione più "robusti", che garantiscano una buona ricezione anche in queste condizioni con sistemi riceventi non eccessivamente costosi. In questo caso per il trasporto dei segnali analogici viene utilizzata la modulazione di frequenza che è più robusta circa i disturbi

ed il rumore elettrico rispetto alla modulazione AM, per contro richiede una banda più ampia per portare la stessa informazione.

Le bande utilizzate per le trasmissioni televisive destinate direttamente alla clientela finale sono riportate nella seguente tabella:

| Banda KU | |
|---|---------------------------|
| Acronimo, nome, note | Limiti di frequenza (GHz) |
| FSS – Fixed Satellite Service - impieghi di telecomunicazioni | 10,7 ÷ 11,7 |
| DBS - Direct Broadcasting Service - diffusione di servizi direttamente alla clientela | 11,7 ÷ 12,5 |
| SMS - Satellite Multi Service – impieghi specializzati | 12,5 ÷ 12,75 |

Tabella 17

I principali consorzi che gestiscono i satelliti di interesse europeo sono Eutelsat e Astra.

Un fenomeno fisico importante alle frequenze utilizzate per la ricezione da satellite, è l'influenza che esercita la pioggia sulla attenuazione della connessione fra satellite e antenna ricevente. Infatti la pioggia aumenta in modo significativo l'attenuazione del collegamento, in modo proporzionale alla intensità del fenomeno atmosferico e alla lunghezza del percorso interessato a questo fenomeno. Inoltre bisogna prestare attenzione ad altri fenomeni fisici quali la neve ed il ghiaccio che, se presenti cambiano la forma fisica della parabola, diminuendone il guadagno.

Il segnale video formato dai segnali di luminanza e cromaticità secondo le regole previste dal sistema televisivo (PAL per i segnali destinati all'Italia), vengono sommati ad un segnale con forma d'onda triangolare a 25 Hz, agganciato in frequenza alla frequenza di quadro del segnale televisivo ed ai segnali audio. Questo segnale a 25 Hz serve a disperdere l'energia del segnale dopo la modulazione di frequenza, che viceversa sarebbe molto concentrata nella parte centrale dello spettro, corrispondente alle basse frequenze del segnale video, dove è concentrata la maggior parte del contenuto energetico del segnale video stesso.

I segnali audio possono essere anche molti, non solo analogici ma anche digitali.

Modulano ciascuno una portante posta nello spettro normalmente fra i 6,5 e i 9 MHz.

Il segnale così ottenuto modula in frequenza la portante a radiofrequenza del canale satellitare. L'occupazione di banda del canale satellitare non è uguale per tutti, alcuni valori tipici sono 26 MHz , 27 MHz, 33 MHz, 36 MHz.

I ricevitori convertono i segnali ricevuti da satellite utilizzando generalmente due oscillatori locali, uno posto a 9.750 MHz per la ricezione della parte bassa dello spettro satellitare l'altro posto a 10.600 MHz per la conversione della parte alta dello spettro. La frequenza di ingresso ai ricevitori satellitari è compresa fra 950 MHz e 2150 MHz. Si ricava quindi che con l'oscillatore a frequenza inferiore si è in grado di ricevere i segnali compresi fra 10.700 MHz e 11.900 MHz, con l'oscillatore a frequenza più alta i segnali compresi fra 11.550 MHz e 12.750 MHz. Per aumentare la capacità di trasmissione dei satelliti, i segnali vengono trasmessi su polarizzazione verticale ed orizzontale con una certa sovrapposizione degli spettri, confidando nella capacità dei sistemi riceventi di separare in modo sufficiente i segnali provenienti da polarizzazioni diverse.

Con il passare del tempo, anche grazie alla diffusione dei decoder digitali satellitari, molti broadcaster hanno lasciato la trasmissione in forma analogica per passare alla forma digitale.

Nella seguente figura sono riportati gli spettri del segnale video composito, dei segnali audio, che entrano con il segnale a 25 Hz con forma d'onda triangolare nel modulatore FM, ed un esempio dello spettro del canale satellitare analogico.

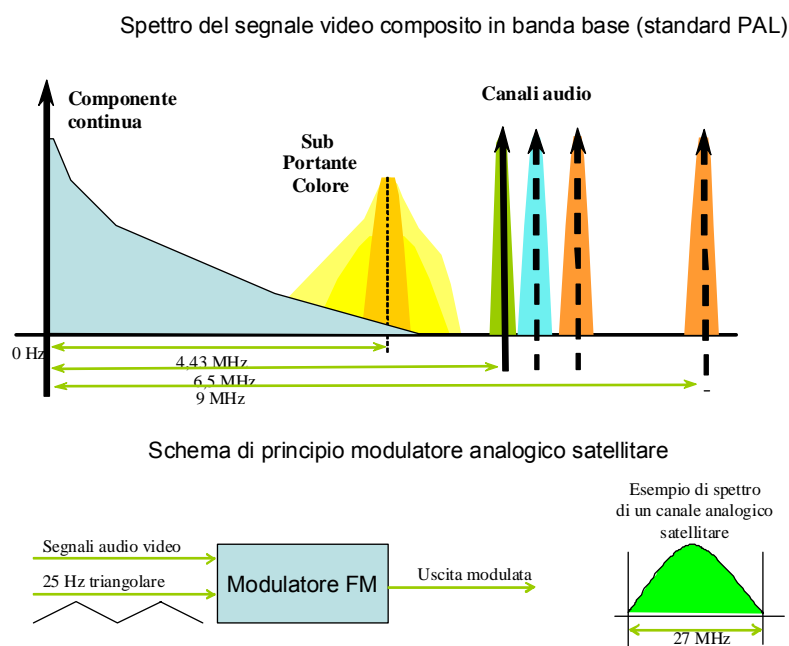


Figura 29

2.1.3 TV digitale satellitare (QPSK)

Gli sviluppi delle tecnologie digitali hanno “invaso” la nostra vita in modo massiccio negli ultimi decenni. Non poteva rimanere esente da questa “contaminazione” probabilmente il più diffuso dei mezzi di fruizione delle informazioni e del divertimento: il sistema televisivo. La prima applicazione di massa in questo campo è stata la TV digitale satellitare.

Valgono anche in questo caso le stesse informazioni generali relative alle trasmissioni da satellite precedentemente riportate per la trasmissione analogica riguardo alle bande assegnate, ai fenomeni fisici quali la pioggia, il ghiaccio, ecc.

Valgono altresì le informazioni relative alle bande dei ricevitori, alla sovrapposizione degli spettri, trasmessi su polarizzazioni diverse, ecc.

La modulazione scelta per le trasmissioni digitali da satellite è la QPSK (Quaternary Phase Shift Keying). Questa modulazione bene si adatta al pilotaggio degli amplificatori di potenza satellitari, che vengono fatti lavorare vicino al punto di saturazione.

La trasmissione da satellite è soggetta ad essere affetta da rumori che colpiscono un certo numero di simboli consecutivi trasmessi. Per aumentare le possibilità di non subire conseguenze da questo tipo di errori, il sistema trasmissivo non invia le informazioni nello stesso ordine con il quale escono da TS MUX, ma li sparpaglia nel tempo con una legge conosciuta, in modo che il ricevitore possa ripristinare la situazione originale

Per diminuire ulteriormente la probabilità che un errore passi i sistemi di correzione e decodifica, vengono aggiunti mediante una codifica convoluzionale FEC (Forward Error Corrections) un certo numero di bit di ridondanza in rapporto ai bit di informazione trasmessi.

Ad esempio con il FEC = $\frac{1}{2}$ viene aggiunto un bit di ridondanza ogni bit di informazione trasmesso, con il FEC $\frac{2}{3}$, viene inserito un bit di ridondanza ogni 2 bit trasmessi, e così via.

Nella seguente tabella vengono riportati i valori di banda utile in funzione del FEC utilizzati con un symbol rate di 27,5 MSymb/s. Con questo tipo di modulazione ad ogni simbolo sono associate le informazioni di due

bit. Il valore E_b/N_0 indica in dB il rapporto fra l'energia associata a ciascun bit ricevuto e la densità spettrale del rumore all'ingresso del ricevitore per ottenere dopo il sistema correttore di errore RS la situazione QEF.

| FEC | Symbol Rate | Banda su 204 Byte | Banda su 188 Byte | E_b/N_0 |
|-----|--------------|-------------------|-------------------|-----------|
| 1/2 | 27.5 MSymb/s | 27.500 Kbit/s | 25.343 Kbit/s | 4,5 |
| 2/3 | 27.5 MSymb/s | 36.666 Kbit/s | 33.790 Kbit/s | 5,0 |
| 3/4 | 27.5 MSymb/s | 41.250 Kbit/s | 38.014 Kbit/s | 5,5 |
| 5/6 | 27.5 MSymb/s | 45.833 Kbit/s | 42.238 Kbit/s | 6,0 |
| 7/8 | 27.5 MSymb/s | 48.125 Kbit/s | 44.350 Kbit/s | 6,4 |

Tabella 18

Un esempio dello spettro di un segnale modulato QPSK è riportato nella seguente figura

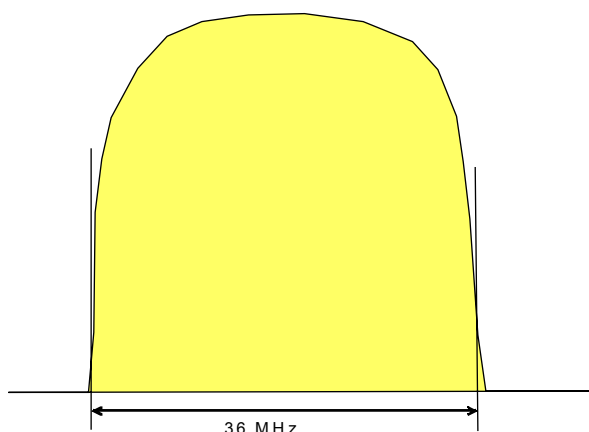


Figura 30

La figura è ricavata da misure su un segnale satellitare di Eutelsat.

2.1.4 Segnali digitali via cavo con modulazione QAM

In Italia la diffusione dei sistemi televisivi via cavo ha avuto uno sviluppo limitato. Il maggior progetto su questa tecnologia venne messo in campo da Telecom Italia con il progetto SOCRATE. Ha avuto ed ha una concreta diffusione in aree limitate del territorio italiano con una sola vera eccezione a Siena. Una certa importanza comunque, oltre che a Siena la riveste in quanto sono stati installati un certo numero di sistemi per impianti di edificio che ricevono i segnali digitali da satellite e li trasmodulano nella centralina di edificio da QPSK a QAM. Il vantaggio di usare questa tecnica è che i segnali QAM (ad unica portante) trasportano una quantità di informazione uguale a quella che è possibile trasmettere da satellite ma utilizzando (per un transponder satellitare convertito in QAM) solo 8 MHz di banda. È possibile quindi in questo modo inserire questi segnali fra i segnali analogici a propagazione terrestre, nelle canalizzazioni libere. È altrettanto possibile inserire questi segnali nella banda compresa fra 230 MHz e 470 MHz, che non è utilizzata per la trasmissione di segnali TV nell'etere, per cui normalmente non è utilizzata negli edifici. La modulazione normalmente utilizzata è la 64 QAM, ma in alcuni casi, quando la banda da trasmettere è maggiore si usa anche la 128 QAM e la 256 QAM. La modulazione QAM è meno robusta della modulazione QPSK

soprattutto rispetto al rumore elettrico, infatti è necessario un rapporto segnale/rumore migliore di circa 25 dB per il caso 64 QAM (la guida CEI 100-7 richiede 31 dB). Normalmente questo però non è un grosso problema in quanto il segnale viene distribuito all'interno di impianti di limitate dimensioni, con un numero relativamente limitato di sorgenti disturbanti. Lo spettro di un segnale QAM ha le caratteristiche riportate nella seguente figura.

Contrariamente agli altri ricevitori per TV digitale i ricevitori QAM hanno sempre un equalizzatore di ampiezza e fase per il recupero delle distorsioni di canale.

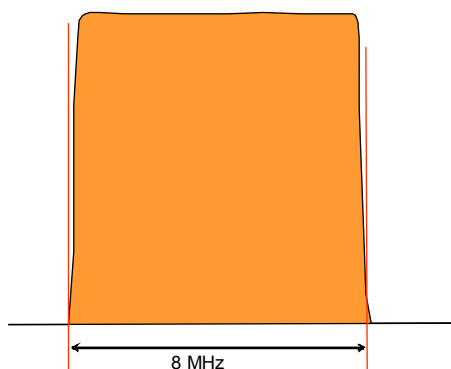


Figura 31

2.1.5 Alcune indicazioni sulle interpretazioni del diagramma di costellazione nei sistemi digitali DVB-S e DVB-C

Nei sistemi non multi-portante, quali quelli DVB-S e DVB-C, le informazioni leggibili sui diagrammi di costellazione dei sistemi di misura forniscono un certo numero di informazioni interessanti per comprendere il tipo di disturbante che è eventualmente presente sul sistema ricevente. Viene presa ad esempio la modulazione 16 QAM. Le stesse considerazioni sono valide sia per la modulazione QPSK che per la modulazione 64 QAM, 256 QAM.

Naturalmente vengono date delle indicazioni che sono fortemente indicative del disturbante che di volta in volta si desidera analizzare. Il punto di colore verde indica la posizione del simbolo nella posizione ideale, senza errori e disturbi. I simboli in rosso indicano la posizione dei simboli sulla costellazione quando, in funzione dei vari tipi di disturbanti vengono ricevuti.

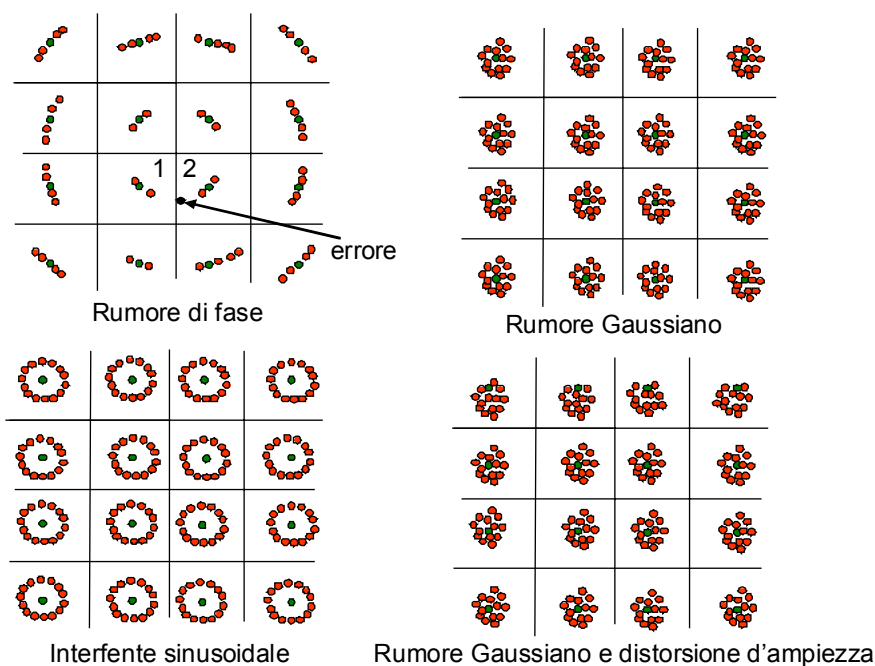


Figura 32

Nella figura in alto a sinistra è mostrato l'effetto che causa sulla costellazione il rumore di fase. Tale disturbo tende a fare disporre i simboli ricevuti su un arco che ha il centro nel centro della costellazione. Più è forte il rumore di fase, più è ampio l'arco sul quale si dispongono i simboli ricevuti. Quando un simbolo del quadrante 1 a causa di rumore di fase entra nel quadrante 2, come nel caso del simbolo indicato in nero nel disegno in alto a sinistra, si ha una decodifica sbagliata del simbolo causa quindi un errore di ricezione.

Nella figura in alto a destra è rappresentata la distribuzione dei simboli in caso di presenza di rumore Gaussiano. Più è basso il rapporto segnale /rumore, più è ampia la “nuvola” nella quale si disperdono i simboli ricevuti.

Nella figura in basso a sinistra è mostrato l'effetto di un disturbo sinusoidale. In questo caso i simboli tendono a disporsi in cerchi concentrici rispetto al punto ideale. Più sono ampi i cerchi più è alto l'interferenza sinusoidale.

In basso a destra è mostrato l'effetto di una distorsione di ampiezza che fa sì che il sistema ricevente abbia una saturazione nei simboli della parte alta della costellazione. Infatti i simboli in alto sono quasi tutti posti sotto il punto verde, mentre negli altri casi il punto verde è centrato rispetto agli altri simboli ricevuti. In questo caso è presente anche rumore Gaussiano. Naturalmente nella figura si è cercato di mostrare in modo sparato gli effetti dei vari interferenti, in pratica questi sono normalmente presenti tutti insieme, per cui è meno semplice valutare le varie cause di interferenza, comunque l'esperienza aiuta a capire e a catalogare nei vari casi pratici quali sono le cause che compongono gli interferenti davanti ai quali ci si trova.