

EUROSATELLITE



# CONOSCIAMO IL DIGITALE

- *Misure a RadioFrequenza*
- *Effetti della propagazione*
- *Impedenza - Adattamento*
- *Reti SFN ed ECHI*
- *Parametri e valori limite consigliati*

Caro installatore,

questo lavoro non intende spiegare il funzionamento della Televisione Digitale Terrestre (DTT), lavoro già egregiamente svolto in altri ambienti, ma bensì fornire delle **informazioni pratiche e reali sulla Trasmissione, Propagazione e Ricezione dei segnali Televisivi Digitali.**

Soprattutto come migliorare la ricezione in località e situazioni difficili, specialmente nel caso di reti SFN complesse o in presenza di fonti di disturbi radioelettrici urbani.

Vi ricordiamo ancora che nel 99% dei casi la ricezione si migliora lavorando sull'antenna, non esistono, purtroppo per ora, ricevitori magici.

Ci scusiamo anticipatamente per eventuali imprecisioni che vi preghiamo di segnalarcì e vi auguriamo un buon lavoro nel vostro non sempre facile settore e ricordatevi che c'è sempre lavoro per Professionisti seri, capaci e ben attrezzati.

*Alcune precisazioni:*

Dato che ogni fabbricante di strumenti chiama in modo diverso i due BER, abbiamo pensato di utilizzare gli acronimi usati dagli inglesi che sono stati i primi a fare una rete DVB-T in Europa già nel 1998.

- bBER = “b” sta per “before” (prima), cioè misurato prima del correttore Viterbi e chiamato anche CBER o preBER.
- aBER = “a” sta per “after” (dopo), cioè misurato dopo il correttore Viterbi e chiamato anche VBER o postBER.

## - SOMMARIO -



UN PASSO AVANTI NELLA TELEVISIONE DIGITALE

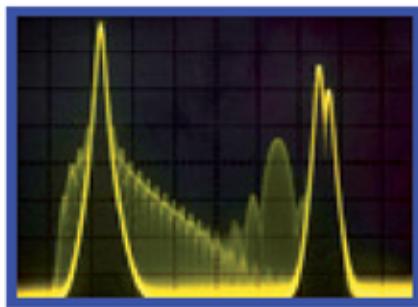
Rai Way

EUROSATELLITE

4	<i>Spettro a Radiofrequenza.</i>	38	<i>Contromisure per gli Echi.</i>
6	<i>Channel Power.</i>	40	<i>Somma dei Segnali in Area.</i>
8	<i>Misura del Livello RF.</i>	42	<i>Esempio Penice to Eremo.</i>
10	<i>Modulazione DVB-T.</i>	44	<i>Parametri e Valori Limite.</i>
12	<i>Indici di buon funzionamento.</i>	46	<i>Limite Inferiore per Buona Ricezione - QEF.</i>
14	<i>Soglia di Aggancio.</i>	48	<i>Livelli Minimi e Soglie.</i>
16	<i>PRE e POST Viterbi - Margine di Rumore.</i>	50	<i>Campi EM e Livello RX.</i>
18	<i>Effetti di Propagazione.</i>	52	<i>Correlazione tra MER e BER.</i>
20	<i>Esempi: misura di Riflessioni (echi).</i>	54	<i>Qualità Radioelettrica.</i>
22	<i>Eliminare le Riflessioni.</i>	56	<i>Procedimento Standard ITU.</i>
24	<i>Tabella distanza Antenne.</i>	58	<i>Case Study - Microinterruzioni.</i>
26	<i>Riflessioni dal Basso.</i>	60	<i>MER versus CARRIER.</i>
28	<i>Il Rapporto Avanti Indietro.</i>	62	<i>Effetto della "Stratificazione".</i>
30	<i>Impedenza - Adattamento.</i>	64	<i>Scariche Impulsive.</i>
32	<i>SFN (Single Frequency Network).</i>	66	<i>Misurare i Disturbi Impulsivi.</i>
34	<i>ECHI ed Intervallo di Guardia.</i>	68	<i>Spettro dei Disturbi Impulsivi.</i>
36	<i>Misurare il Ritardo (echi).</i>	70	<i>Disadattamento e Distribuzione.</i>

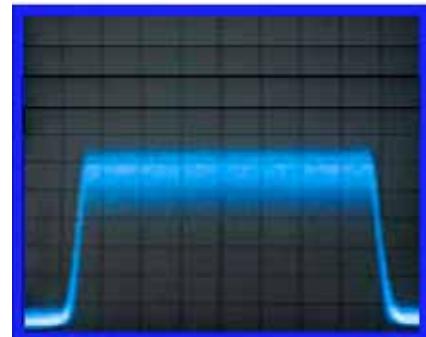
MISURE A RADIOFREQUENZA

# SPETTRO A RADIOFREQUENZA



Analogico, 1 programma  
per ogni canale

Vedo video audio e colore



Digitale, molti programmi  
Per ogni canale

Non vedo i singoli contributi

La differenza tra i due segnali è evidente, nel senso che il segnale digitale è composto da migliaia di portanti, tanto da dare l'impressione di uno spettro continuo.

Ognuna di queste portanti è modulata in ampiezza e fase singolarmente ed indipendentemente dalle altre, e porta con se una parte del contenuto totale di informazione: Il decoder dell'utente, poi, dovrà interpretare e ricomporre tutte le informazione, traducendole in segnali video ed anche scegliendo il programma desiderato dall'utente.

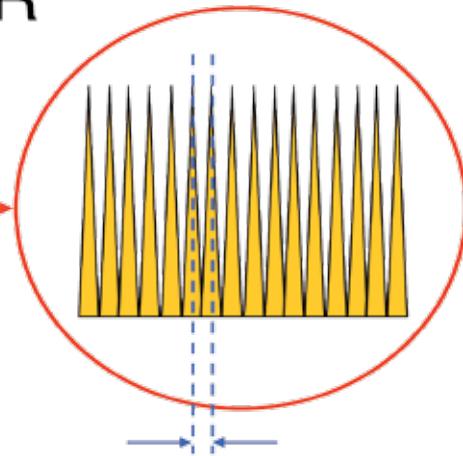
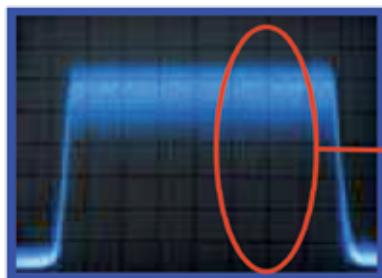
La differenza principale che interessa un tecnico installatore sta nella misura del campo ricevuto; è bene esaminare la differenza tra il caso analogico ed il digitale per capire come stanno le cose:

**ANALOGICO** - Si misura la **tensione** della sola portante video e la si esprime in una qualche unità di misura. La più conveniente, ed adoperata da quasi tutti, è il dB $\mu$ V – ricordiamo: 60 dB $\mu$ V corrispondono al famoso 1 milliVolt, numero magico che esprime il livello ideale per fare funzionare un TV analogico.

**DIGITALE** - Si misura la **potenza** di tutto il canale, facendo la somma della potenza di ognuna delle portanti (potenza, non tensione). L'unità di misura dovrebbe essere, logicamente, il millivatt, o meglio il dBm (0 dBm = 1 milliWatt), ma si preferisce utilizzare ancora il dB $\mu$ V per comodità, dove: **0 dB $\mu$ V = 1 microvolt**.

MISURE A RADIOFREQUENZA

# CHANNEL POWER



Segnale digitale: migliaia di portanti - N°6817!

Danno l'impressione di uno spettro continuo

Il livello non può che essere la somma di tutte

Delta  $f$  = spaziatura tra le portanti pari a circa 1 kHz, per la precisione 1116Hz

Questo è quello che si vede espandendo lo spettro delle singole portanti.

Naturalmente questa visualizzazione è possibile solo con alcuni analizzatori di spettro, data la risoluzione di banda richiesta.

La funzione che ci permette di conoscere la somma delle potenze delle varie portanti si chiama **“Average Channel Power”** (potenza media del canale).

Mentre negli analizzatori professionali si possono scegliere varie modalità per la misura, negli analizzatori portatili essa è fissa e sempre attiva per la misura della potenza media a radiofrequenza.

Perché questo strano modo di misurare la potenza come somma?

Perché ogni piccola portante porta un pezzo dell'intero multiplex, e la bontà del segnale dipende da tutto l'insieme.

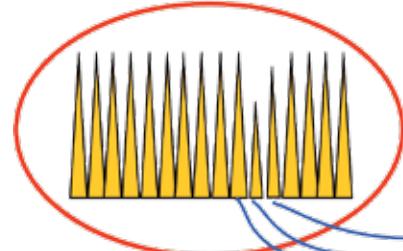
E' possibile, e lo vedremo più avanti, anche perdere una parte delle portanti, o averne alcune a livello molto basso, ma è la potenza dell'insieme che conta.

Diversi misuratori in commercio effettuano questa misura in vari modi, effettuando l'operazione di media mediante la suddivisione dello spettro in varie parti e poi facendo la somma delle potenze parziali.

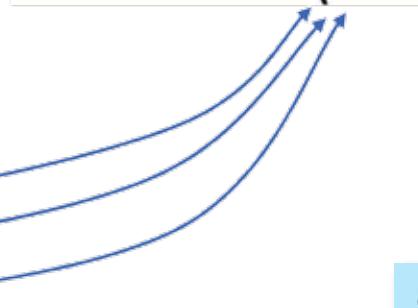
Comunque il risultato è la potenza media, detta **RMS** (valore quadratico medio).

MISURE A RADIOFREQUENZA

# MISURA DEL LIVELLO RF

**Le unità:** $\text{dBm} = 1 \text{ milliWatt} = 273 \text{ millivolt su } 75 \text{ Ohm.}$  $\text{dB}\mu\text{V} = \text{dBm} + 108.7 \text{ per sistemi a } 75 \text{ Ohm}$ **Livello in DVB-T:**

- E' come alimentare una stufa con diverse linee elettriche
- Ogni linea fornisce più o meno energia
- Il calore totale è la somma di tutti i contributi, chi più chi meno



La potenza del segnale digitale è misurata sempre in **dB $\mu$ V**, ma ha un significato diverso dal caso analogico, cioè:

**ANALOGICO:** Si tratta proprio della tensione vera e propria misurata all'ingresso del misuratore di campo, ma **solamente della portante video** ed è assodato che occorra un certo valore (circa 1 millivolt, pari a **60 dB $\mu$ V**) per avere un'immagine di qualità.

**DIGITALE:** Si tratta di una misura ricavata dalla potenza media, correlata alla larghezza di banda del filtro di misura dello strumento, non potendo ovviamente misurare tutte le 8000 portanti del segnale. Il risultato è comunque espresso in **dB $\mu$ V**, unità familiare e ben conosciuta.

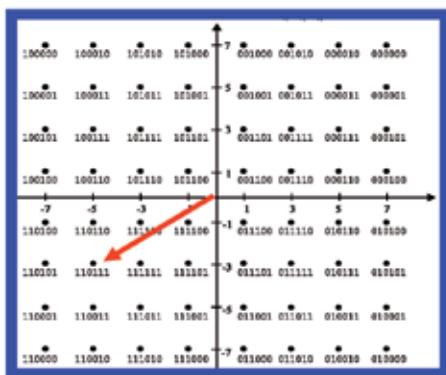
### IMPORTANTE:

In effetti, la potenza del campo ricevuto è poco importante in DVB-T, deve soltanto superare un livello minimo richiesto che si aggira sui **40 dB $\mu$ V**, dopo di che non ha nessuna influenza sulla qualità, anzi, occorre evitare i livelli troppo alti che potrebbero degradare e saturare i set-top-box e le caratteristiche del segnale ricevuto.

Con i numeri fissi indicati nel riquadro della figura, si può passare molto velocemente dai **dBm** ai **dB $\mu$ V** e viceversa: **basta aggiungere, o togliere il numero fisso 108.7**, valido per **75 Ohm**; in caso di sistemi a **50 Ohm**, il numero è **107**. Comunque in tutti gli strumenti si può selezionare l'unità di misura preferita: **dBm** oppure **dB $\mu$ V**.

MISURE A RADIOFREQUENZA

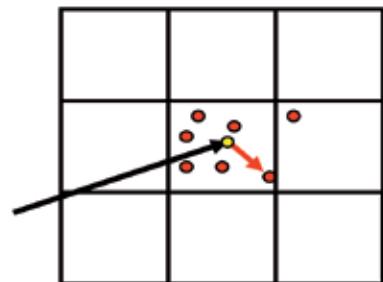
# MODULAZIONE DVBT



La portante è modulata:

**Aampiezza** – lunghezza vettore  
**Fase** – angolo del vettore

Finche il decoder riconosce che il vettore cade dentro il proprio quadratino, non c'e errore e la ricezione è perfetta



Ogni portante è modulata indipendentemente dalle altre

Ognuna porta un pezzo dell'informazione totale

La modulazione è sia di fase che di ampiezza - “64QAM”

La modulazione è dello stesso tipo per ogni portante ma trasporta spezzoni diversi dell'informazione binaria e quindi le ampiezze e le fasi delle varie portanti sono diverse tra loro e questo da luogo alla rappresentazione confusa dello spettro che sembra avere una barba come il rumore.

In effetti gli è molto simile, in quanto l'informazione è casuale e casualmente variabile, tanto che gli inglesi hanno coniato la dizione **“noise like signal”**, segnali simili a rumore, che rende l'idea della completa irriconoscibilità del segnale dentro allo spettro.

Il rumore captato dall'antenna, o le interferenze, fanno oscillare casualmente il vettore della portante all'interno del quadratino di appartenenza; se il rumore aumenta di ampiezza, possono farlo sbalzare fuori ed allora ci sarà un errore e l'immagine video diventerà irriconoscibile **di colpo, senza alcun preavviso**.

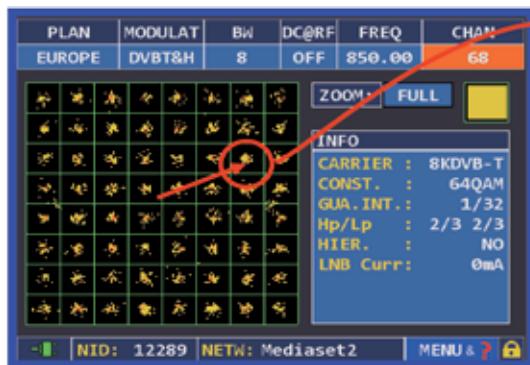
**Invece in un segnale analogico il rumore, o le interferenze, hanno un'azione progressiva, immediatamente visibile sul segnale.**

Nel caso del segnale digitale, osservando solo lo spettro e la potenza ricevuta non si capisce quando le varie portanti sono ricevute correttamente, perché non sappiamo quanto è il rumore, o il disturbo, e come esso influisce sulla demodulazione.

Vedremo più avanti come comportarci durante la messa a punto di centralini o l'orientamento di antenne per la ricerca del miglior segnale e come misurarlo.

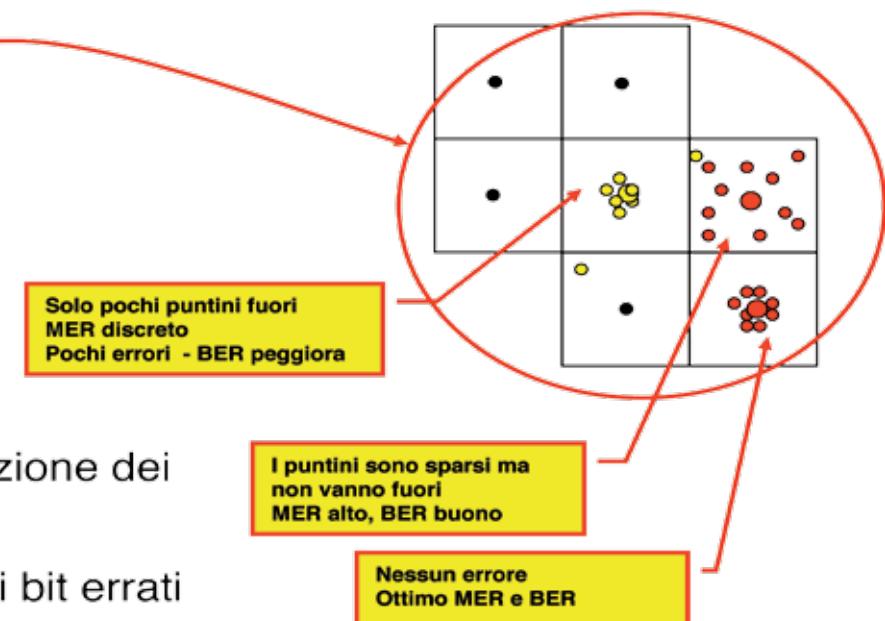
MISURE A RADIOFREQUENZA

# INDICI DI BUON FUNZIONAMENTO



**MER** indice della cattiva posizione dei vettori

**BER** mi dice la percentuale di bit errati



Sappiamo che i segnali sono “inquinati” dal rumore o dalle interferenze.

Questi “ospiti indesiderati” sono sempre presenti, si sommano casualmente, di volta in volta sui vettori delle nostre portanti e ne alterano la posizione, rendendo difficile il riconoscimento dei gruppi di bit da parte del decoder.

Dato che non si può prevedere l’ampiezza dei disturbi, che cambia continuamente, ci possiamo aspettare, ed in effetti avviene proprio così, di commettere continuamente errori nel riconoscimento dei bits.

Per contrastare questo comportamento è stato introdotto il **FEC** (Forward Error Correction), meccanismo che al prezzo di una riduzione della capacità di trasmissione, permette la correzione degli errori - naturalmente ci sono limiti alla capacità di correzione.

La misura è effettuata contando gli errori: diversi strumenti registrano in un contatore fino a 999 errori ed è per questo che la misura richiede un certo tempo.

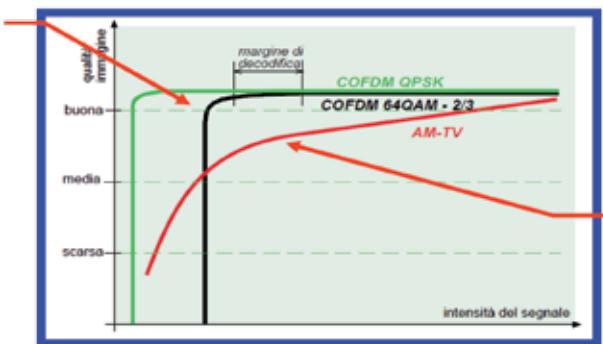
### IMPORTANTE:

**Ricordiamo che anche in presenza di errori il segnale viene decodificato correttamente, mantenendo la qualità massima, quindi si rende necessario un metodo per stabilire il livello di qualità dell’impianto di ricezione, oppure, che è lo stesso, quanto si può peggiorare la ricezione senza influenzare la bontà dell’informazione ricevuta (conceitto di margine di rumore).**

## MISURE A RADIOFREQUENZA

# SOGLIA DI AGGANCIO

**Digitale**  
Rumore, o disturbi,  
Fino alla soglia, tutto bene  
POI CROLLO!!



**Analogico**  
Più rumore, o disturbi,  
meno qualità  
SI VEDE SEMPRE  
PEGGIO MA SI VEDE

- In DVB-T sono implementati potenti correttori degli errori (**FEC**)
- Anche ci sono disturbi, sino ad un certo punto, vengono corretti
- Per sapere quanto margine ho ancora prima del crollo ho il:
- **MER** (modulation error ratio)

Il segnale **DVB-T** si comporta in questo particolare modo, che è contemporaneamente vantaggioso e svantaggioso:

#### Vantaggi:

1. Evidenti, la qualità è sempre al massimo livello, anche in presenza di disturbi.
2. Il livello del segnale non è più critico, non ci si deve preoccupare sempre e continuamente di renderlo massimo, la qualità è sempre al massimo livello, indipendentemente dalla potenza del segnale.
3. La potenza minima richiesta è molto più bassa del livello necessario per l'analogico.

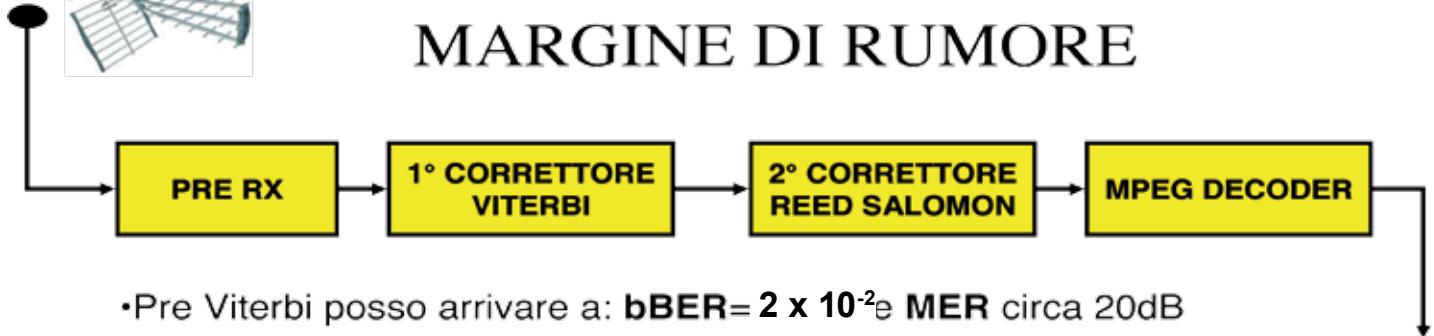
#### Svantaggi:

1. Nel caso analogico, se non si poteva fare altro, si poteva realizzare un impianto ricevente al limite, avvisando il cliente che doveva accontentarsi di una scarsa qualità.
2. In **DVB-T** non si può fare: si rischia che in caso di aumento dei disturbi, il decoder resti completamente sganciato (fenomeno di soglia).
3. Gli arresti di qualche secondo e gli "squadrettamenti" sono molto più disturbanti di un calo momentaneo della qualità dell'analogico che invece riprende subito.



MISURE A RADIOFREQUENZA

## PRE E POST VITERBI MARGINE DI RUMORE



- Pre Viterbi posso arrivare a: **bBER =  $2 \times 10^{-2}$**  e **MER** circa 20dB
- 
- Devo stare sopra questi valori limite – **Margine di rumore!**
- Viterbi Riduce gli errori giù fino a  **$2 \times 10^{-4}$  (post Viterbi aBER)**
- Reed Salomon corregge ciò che resta al valore di **BER  $1 \times 10^{-11}$**
- Questo è **QEF** (quasi error free) – un evento di errore in un ora

Qui si vede, a grandi linee, la struttura di un ricevitore **DVB-T**, dove la correzione degli errori è fatta in due stadi, così come nei ricevitori TVSAT.

Il circuito di Reed Salomon è comune a tutti i tipi di trasmissione digitale, cioè satellite e cavo mentre il circuito di Viterbi, che “sgrossa” la maggior parte degli errori, è adattato al sistema, sia esso satellitare o DVB-T.

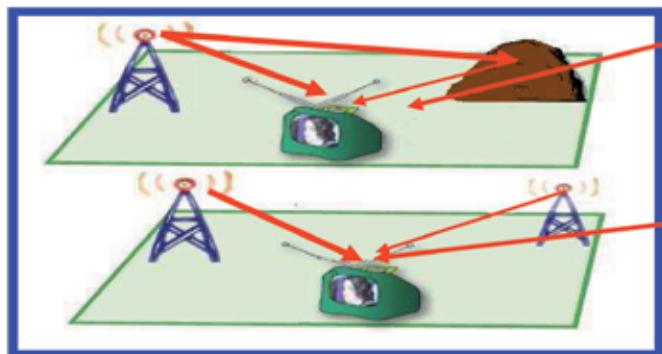
Ciò che succede è che il numero degli errori è molto variabile all’ingresso del decoder, mentre dopo Viterbi è molto più basso e più costante.

Nella figura si vedono i limiti di errore tollerati dal sistema ma, lo abbiamo già detto, occorre stare molto sopra e se vogliamo un funzionamento accettabile dobbiamo lasciarci un certo margine (il solito margine di rumore).

### IMPORTANTE:

**La vera novità nel lavoro di installazione e messa a punto di un impianto di antenna per segnali digitali (diversamente dal caso analogico), sta proprio nel concetto di marginedi rumore, da rispettare per tutti i sistemi digitali, compresa la distribuzione in cavo e satellite.** Dato che i valori minimi dei vari parametri a analizzare differiscono tra i vari sistemi (SAT, terrestre e cavo), alcuni strumenti forniscono in automatico la qualità del segnale e semplificano molto il lavoro

# EFFETTI DI PROPAGAZIONE



Il segnale riflesso ritarda in quanto fa più strada

RITARDATO MA SINCRONO

Se i due trasmettitori sono “sincroni”, per il televisore è

COME AVERE UNA RIFLESSIONE

IN ANALOGICO LA RIFLESSIONE PROVOCA LA DOPPIA IMMAGINE

IL DVB-T NON SOFFRE ASSOLUTAMENTE LE RIFLESSIONI DEL SEGNALE

UN DEGRADO ESISTE, MA NON INFLUENZA L'IMMAGINE

Quando si dice che il sistema DVB-T è immune alle riflessioni, si dice una mezza verità.

Il segnale riflesso agisce esattamente come un disturbo che abbassa il MER ed alza il BER, cioè provoca errori sul segnale decodificato, ma sappiamo che il sistema è in grado di difendersi perfettamente, sempre nel caso in cui disponiamo di un adeguato margine di rumore.

A questo punto si introduce un nuovo argomento ed una nuova fonte di disturbo, ma sorge subito una difficoltà operativa:

**In ANALOGICO**, si può distinguere subito, dall'osservazione dell'immagine, quale è il tipo di disturbo ci si trova di fronte. E' evidente che la doppia immagine nasce solo dalla riflessione, mentre il rumore provoca l'effetto neve, la compressione schiaccia i sincronismi ecc.

**In DIGITALE**, l'effetto sul MER e sul BER è simile a quello provocato da altri disturbi e cioè consiste in un abbassamento del MER ed un peggioramento del BER.

Vedremo in seguito un metodo quasi infallibile per scovare se siamo in presenza di riflessioni per sapere come agire.

Naturalmente è molto importante scoprire le varie cause di disturbo perché le azioni per eliminarlo sono diverse in funzione del tipo di disturbo cui ci troviamo di fronte.

## EFFETTI DI PROPAGAZIONE

## ESEMPI: MISURA DI RIFLESSIONI (ECHI)



Differenza livello segnali TX [dB]	Ondulazione		
	Massimi [dB]	Minimi [dB]	Totale, picco-picco [dB]
0	+6	- ∞	∞
1	+5.5	-19.3	24.8
3	+4.6	-10.7	15.3
10	+2.4	-3.3	5.7
20	+0.8	-0.9	1.7

La distanza in MHZ tra due minimi del campo ed il ritardo in microsecondi  
**Sono una l'inverso dell'altra: Rit = 1/ (intervallo di frequenza)**  
 Nello spettro si vedono solo ritardi brevi da ostacoli vicini

Partiamo da una premessa: i segnali elettromagnetici (luce ed onde radio, ma anche raggi X) propagandosi viaggiano alla velocità della luce che vale:

- **300 metri al microsecondo.**
- **3,3 microsecondi per percorrere un chilometro.**
- **224 microsecondi per percorrere 67 chilometri.**

**Tutto naturalmente deriva dalla velocità della luce di 300.000 chilometri al secondo.**

Gli ostacoli che fungono da specchi rimandano all'antenna ricevente un segnale che è uguale al segnale desiderato ma è ritardato ed attenuato. Con il segnale analogico, disponendo di uno schermo largo circa 50 cm, lo spostamento è: **tanti  $\mu$ s quanti sono i cm di spostamento.** Sapendo questo, a volte si può ricavare la distanza del punto di riflessione.

Nel sistema **DVB-T** non vediamo la doppia immagine, ma abbiamo a disposizione la visualizzazione dello spettro che ci fa vedere dei buchi, oppure lo spettro non ha più la parte superiore rettilinea.

Ciò si spiega pensando che i segnali si sfasano durante il cammino ed il ritardo varia con la frequenza, provocando in alcune zone dello spettro dei rinforzi, ed in altre degli abbassamenti di segnale.

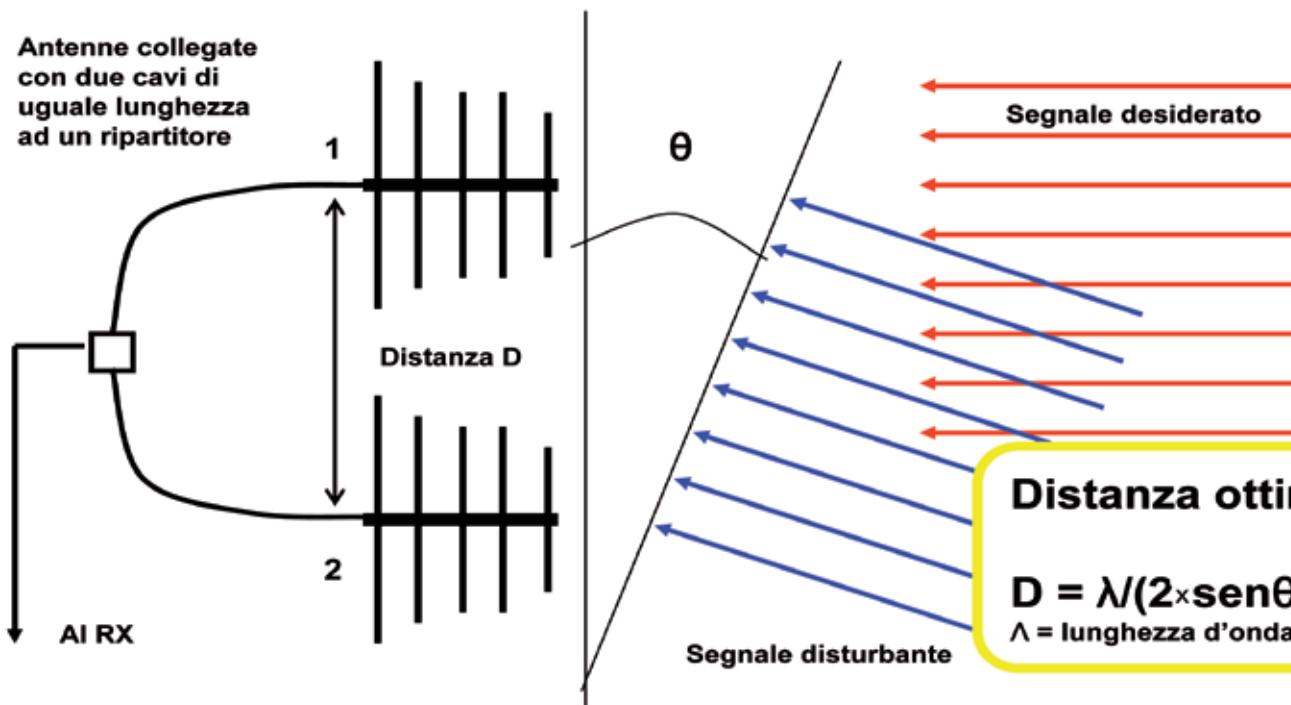
Con segnali uguali tra loro, lo spettro va a zero nei buchi ed a +6 dB nei picchi.

Vedremo in seguito che gli strumenti mettono a disposizione sistemi facili e precisi per ricavare l'ampiezza e la distanza delle riflessioni (ECHO).

## EFFETTI DI PROPAGAZIONE

## ELIMINARE LE RIFLESSIONI

Antenne collegate con due cavi di uguale lunghezza ad un ripartitore



Distanza ottimale:

$$D = \lambda / (2 \times \sin \theta)$$

$\lambda$  = lunghezza d'onda

Illustriamo un metodo laborioso ma molto efficace per ridurre le riflessioni che disturbano il segnale desiderato.

Premettiamo che con questo sistema, la cui riuscita dipende dalla bontà della realizzazione meccanica, si riesce a diminuire il livello del disturbo anche di **15 dB** ed in alcuni casi, con antenne professionali, anche di **20 dB**.

Essenziale che vi sia la presenza di una sola sorgente disturbante, proveniente da una direzione ben nota e che si sia sicuri che il segnale non vari molto di livello, vanificando il lavoro fatto.

Teniamo presente che i segnali disturbanti possono variare anche di 20 e più decibel, al variare delle condizioni atmosferiche, e tanto più quanto più provengono da lontano.

Il sistema funziona in quanto si fa compiere al segnale disturbante un percorso più lungo di esattamente mezza lunghezza d'onda, prima di giungere all'antenna 1, così da arrivare al ripartitore in controfase. Il segnale desiderato, invece, arriva sempre in fase, percorrendo lo stesso percorso per giungere alle antenne, quindi al ripartitore.

**Risultato raggiungibile più 3dB per il segnale desiderato – attenuazione 15 dB del disturbo.**

In analogico è difficile eliminare completamente una riflessione, mentre in **DVB-T** è più facile guadagnare il margine necessario per raggiungere una buona stabilità.

## EFFETTI DI PROPAGAZIONE

## TABELLA DISTANZA ANTENNE

ANGOLI GRADI	FREQUENZE IN MHz					
	200	500	600	700	800	1000
3	14,33	5,73	4,78	4,09	3,58	2,87
6	7,18	2,87	2,39	2,05	1,79	1,44
9	4,79	1,92	1,60	1,37	1,20	0,96
12	3,61	1,44	1,20	1,03	0,90	0,72
15	2,90	1,16	0,97	0,83	0,72	0,58
18	2,43	0,97	0,81	0,69	0,61	0,49
21	2,09	0,84	0,70	0,60	0,52	0,42
24	1,84	0,74	0,61	0,53	0,46	0,37
27	1,65	0,66	0,55	0,47	0,41	0,33
30	1,50	0,60	0,50	0,43	0,38	0,30
33	1,38	0,55	0,46	0,39	0,34	0,28
36	1,28	0,51	0,43	0,36	0,32	0,26
39	1,19	0,48	0,40	0,34	0,30	0,24
42	1,12	0,45	0,37	0,32	0,28	0,22
45	1,06	0,42	0,35	0,30	0,27	0,21
48	1,01	0,40	0,34	0,29	0,25	0,20
51	0,97	0,39	0,32	0,28	0,24	0,19
54	0,93	0,37	0,31	0,26	0,23	0,19
57	0,89	0,36	0,30	0,26	0,22	0,18
60	0,87	0,35	0,29	0,25	0,22	0,17
63	0,84	0,34	0,28	0,24	0,21	0,17
66	0,82	0,33	0,27	0,23	0,21	0,16
69	0,80	0,32	0,27	0,23	0,20	0,16
72	0,79	0,32	0,26	0,23	0,20	0,16
75	0,78	0,31	0,26	0,22	0,19	0,16
78	0,77	0,31	0,26	0,22	0,19	0,15
81	0,76	0,30	0,25	0,22	0,19	0,15
84	0,75	0,30	0,25	0,22	0,19	0,15
87	0,75	0,30	0,25	0,21	0,19	0,15
90	0,75	0,30	0,25	0,21	0,19	0,15

Le distanze espresse in metri

I valori sono critici, usare la tabella per una prima approssimazione, poi mettere a punto sperimentalmente

Regolare la distanza fino alla massima piattezza dello spettro

La tabella è utile, anche se non copre tutte le frequenze e le angolazioni.

I valori sono calcolati esattamente, ma si deve procedere ad una messa a punto sperimentale, dato che non si conosce quasi mai esattamente la direzione di provenienza di un segnale.

Soprattutto serve per vedere se un sistema è fisicamente realizzabile, date le distanze molto grandi per alcuni casi.

Se le distanze sono troppo piccole tanto che le antenne si toccano, basta raddoppiare le distanze fino ad ottenere una distanza accettabile.

Il sistema funziona molto bene, specialmente nel caso di riflessione dal basso, con le antenne fissate sul palo, una sotto l'altra.

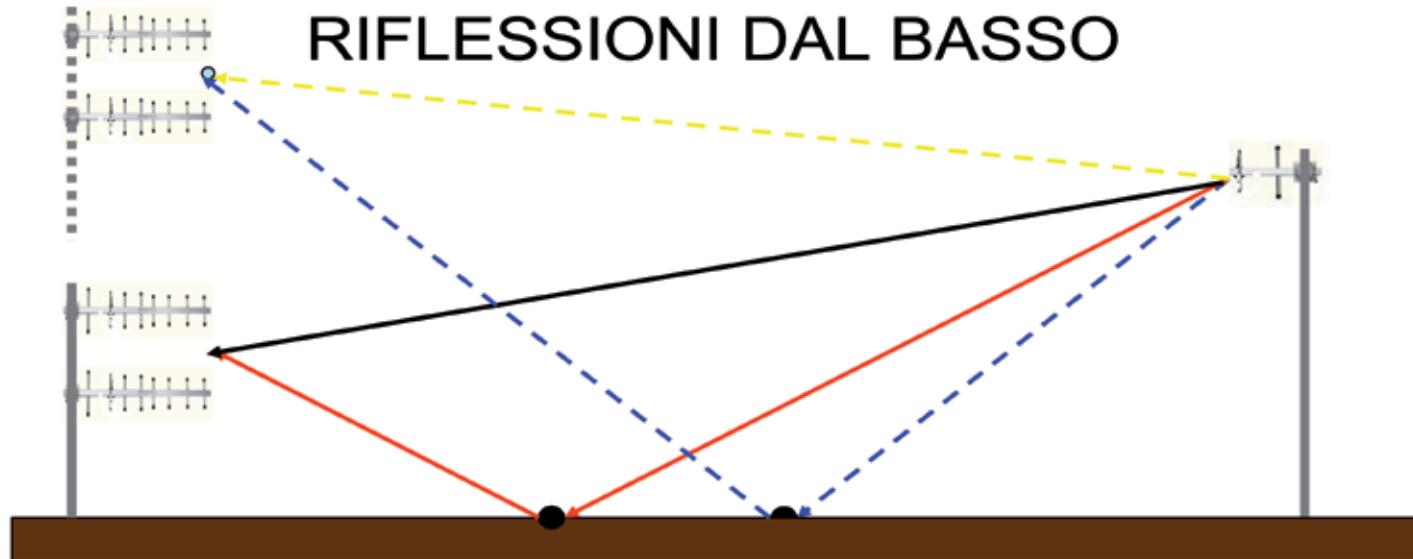
Questo caso si presenta sui laghi, oppure nel caso di percorsi sul mare, ma occorre tener presente che in questo caso gli angoli sono piccoli.

Una buona prova è quella di variare l'altezza dell'antenna ricevente: se così facendo lo spettro presenta buchi che variano con l'altezza, allora siamo certamente in presenza di una riflessione dal basso.

Se la profondità dei buchi è molto alta, o lo spettro si presenta addirittura mancante di una parte, allora occorre stare attenti, specialmente se la riflessione ha luogo sull'acqua, data la variabilità intrinseca della situazione.

## EFFETTI DI PROPAGAZIONE

# RIFLESSIONI DAL BASSO



**Nel punto di riflessione gli angoli di arrivo e partenza sono uguali  
Se vario la quota dell'antenna , cambia il punto di riflessione!**

Un'altra situazione dove l'antenna dimostra di essere il **principale elemento** per migliorare la ricezione è quella della “riflessione dal basso”. Il sistema che illustriamo può servire moltissimo nei paesi che stanno in riva ad un lago, dove la riflessione è forte e gli angoli piuttosto grandi, date le brevi distanze dai trasmettitori. In caso di trasmettitori molto distanti, invece, gli angoli sono piccoli e costringono a distanze elevate tra le antenne. Con antenne professionali, si riesce a far funzionare stabilmente sistemi con distanze dell'ordine di 30 o 40 metri (su torre a traliccio).

Come esempio, un trasmettitore alto 1000 metri alla distanza di 10 km, è visto sotto un angolo di circa 5 gradi, il che impone distanze di circa 3 metri.

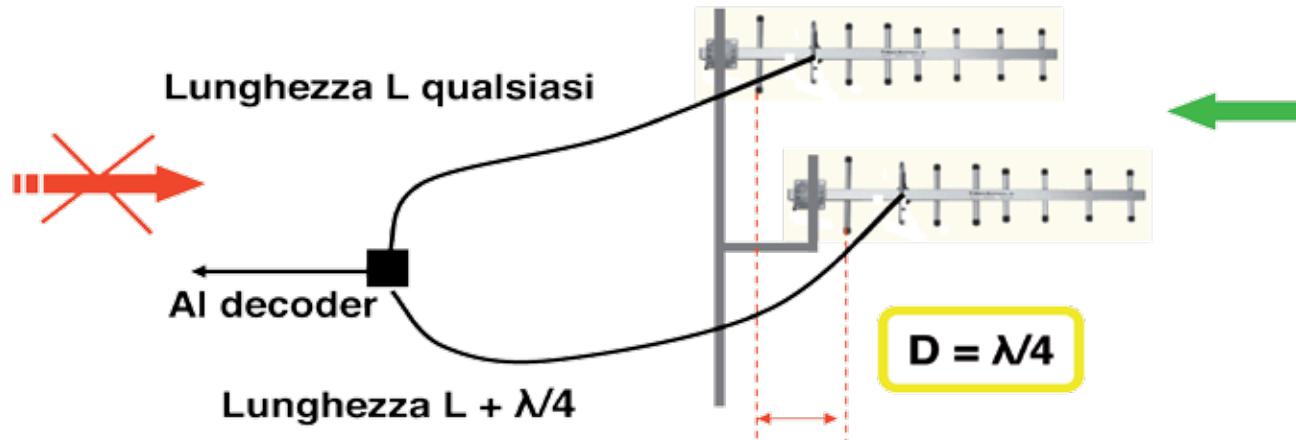
Per accorgersi se si è in presenza di un caso di riflessione dal basso, occorre misurare il campo mentre si varia **lentamente** l'altezza dell'antenna e se si notano variazioni di alcuni dB, si è sicuramente in presenza di riflessioni (si veda la slide “Misura di riflessioni”).

In questo caso può accadere che il posizionamento dell'antenna nel punto di massimo non basti a risolvere il problema, dato che le condizioni di riflessione variano al variare delle condizioni climatiche. Non è tanto la variazione di ampiezza del segnale riflesso che crea problemi, quanto la variazione del punto e della fase della riflessione, che ci possono portare da un punto di massimo ad un punto di minimo.

**Un trucco molto efficace consiste nello schermare l'antenna dal raggio riflesso, posizionandola molto in basso, usando il tetto degli edifici per schermarsi dal segnale riflesso.**

## EFFETTI DI PROPAGAZIONE

# IL RAPPORTO AVANTI INDIETRO



Dal davanti i segnali sono in fase e l'anticipo è compensato dal cavo  
Dal retro l'antenna bassa è in ritardo  $\lambda/4$  ed il cavo ritarda ancora  $\lambda/4$  ed i segnali giungono in controfase annullandosi

Il rapporto fronte retro è la differenza, espressa in dB, tra la risposta dell'antenna ai segnali provenienti dalle due direzioni appena dette.

Nel caso di reti SFN, in pianura dove non esistono ostacoli naturali che impediscono la propagazione di trasmettitori molto distanti e potenti, vi sono aree di servizio di non trascurabile estensione che ricevono un eco dal retro dell'antenna, o quasi.

Il sistema proposto è molto utile e pratico, viste le ridotte distanze tra le antenne.

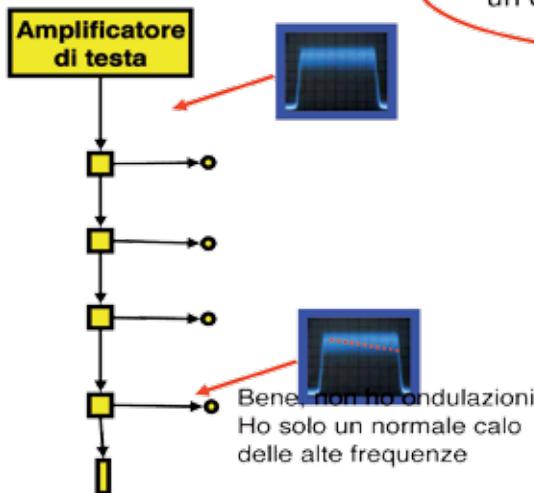
Consideriamo che può essere conveniente montare due antenne piccole, anziché cercare sul mercato una costosa e voluminosa antenna dal rapporto fronte retro molto elevato, cosa molto difficile da ottenersi e vanificato quasi sempre quando si è costretti a far attraversare l'antenna dal palo di sostegno, che, essendo metallico, in molti casi distorce il diagramma.

Unica accortezza: **la distanza tra le antenne deve essere esattamente un quarto della lunghezza d'onda, mentre la maggiore lunghezza del cavo più lungo va calcolata come segue:**

**Maggiore lunghezza cavo = lunghezza del quarto d'onda moltiplicato fattore di velocità del cavo.**

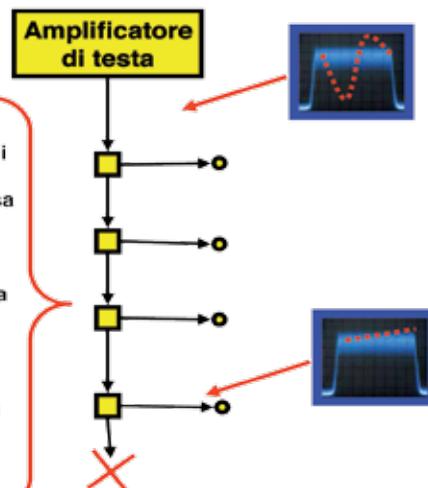
Questo fattore è fornito da tutti i fabbricanti: per l'isolante compatto (polietilene) vale **0,66**, mentre per i cavi espansi si aggira attorno allo **0,87**.

# IMPEDENZA - ADATTAMENTO



In DVBT si vedono bene gli effetti di un disadattamento di impedenza

1. Manca la resistenza di chiusura
  2. Nasce un'onda riflessa che torna in alto
  3. Questa si comporta come una riflessione captata da un'antenna
  4. Il risultato:
- VISTOSE ONDULAZIONI  
RISULTATI IMPREVEDIBILI  
ENORMI DIFFERENZE DI LIVELLO



Le riflessioni causate da un disadattamento sono uguali a quelle causate da un ostacolo riflettente.

La differenza è che i cavi si possono adattare, realizzando un impianto a norma, mentre su quello che proviene dall'antenna... a volte non si può fare nulla.

L'onda di ritorno si somma o si sottrae con l'onda diretta a seconda delle posizioni dove le due onde si trovano in fase oppure in controfase.

Ci sono due modi per esprimere il disadattamento:

**1. RL - Return Loss** - perdita di ritorno:

esprime in dB quanto è attenuata l'onda riflessa rispetto a quella di andata ed è tanto più alto quanto migliore è l'adattamento.

**Si dovrebbe stare sopra ai 10÷12 dB.**

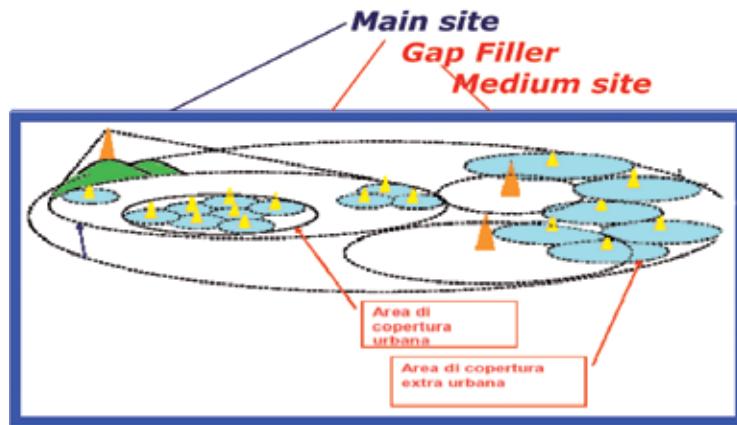
**2. VSWR o ROS – Voltage Standing Wave Ratio** - Rapporto di Onda Stazionaria:

esprime sotto forma di numero puro il rapporto tra le tensioni massima e minima lungo il cavo. **Si dovrebbe stare sotto al valore 1.4÷1.2.**

Il modo migliore per misurare il ROS consiste nell'uso di un riflettometro; ma si può osservare se la rete di distribuzione altera la piattezza dello spettro, alterando la forma di quello ricevuto dall'antenna.

Molto utile è il generatore di rumore che fa vedere tutta la banda in una sola schermata.

# SFN (Single Frequency Network)



Un segnale riflesso è ritardato ma assolutamente sincrono

Il sistema DVB-T resiste a riflessioni ritardate fino a 224 µSecondi

Si può fare una rete di trasmettitori sincroni tutti sulla stessa frequenza

Dato che il sistema è immune alle riflessioni, si può mettere in esercizio una rete di Trasmettitori completamente sincroni.

### **Trasmettere lo stesso bit allo stesso tempo ed alla stessa frequenza.**

Realizzare questo obiettivo è di per sé molto complicato ed oneroso; occorrono reti di distribuzione del segnale digitale completamente sincrone, bisogna rinunciare a molti collegamenti a rimbalzo tra ripetitori, occorre infine garantire un preciso riferimento di frequenza in tutti i siti.

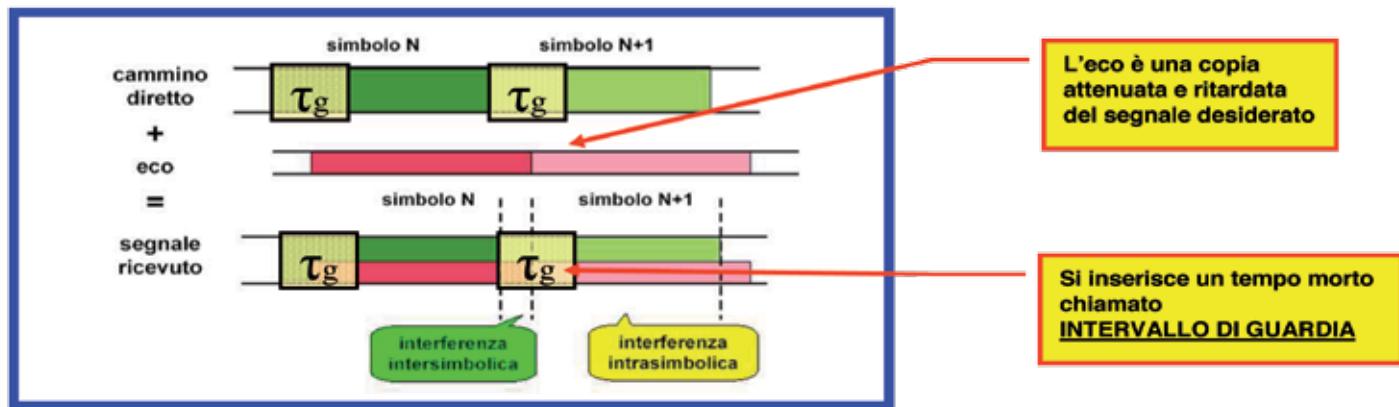
Basti dire, per esempio, che la precisione richiesta è dell'ordine di 1 Hz per le frequenze e dell'ordine delle decine di nanosecondi per le temporizzazioni.

I punti seguenti chiariscono i termini del discorso:

1. Un segnale riflesso, anche se lontano, è sempre tollerabile: basta che se ne stia almeno 25 decibel sotto il livello del segnale desiderato, e non ridurrà più di tanto il nostro margine (in fondo è come un qualunque rumore).
2. Se invece il ritardo è inferiore ad un certo limite, che dipende dai parametri della trasmissione, possiamo anche tollerare che il segnale riflesso sia dello stesso livello di quello che vogliamo ricevere.
3. Sarà bene, comunque, tenerlo circa 10dB più basso, per essere al sicuro dalle variazioni e dai peggioramenti casuali.

SFN (single frequency network)

# ECHI ED INTERVALLO DI GUARDIA



- Il decoder semplicemente butta via l'informazione nell'intervallo di guardia
- Se le riflessioni cadono nell'intervallo di guardia, non generano errori
- Appena cadono fuori dell'intervallo di guardia, il decoder le vede come interferenze e... son dolori

Il funzionamento si basa sul fatto di poter cancellare la parte dell'informazione corrotta dalla riflessione che arriva in ritardo.

Come se, dovendo parlare in presenza di eco, si potesse eliminare la parte iniziale delle sillabe pronunciate, in quanto l'eco, se non ha un enorme ritardo, rovina solo la parte iniziale della sillaba successiva a quella appena pronunciata. Naturalmente occorre tutto un sistema di sincronizzazione per poter indovinare dove effettuare il troncamento.

Per funzionare, la rete cosiddetta **SFN Single Frequency Network**, tradotto Rete a Singola Frequenza ha bisogno di trasmettitori dalla potenza calibrata e non troppo alta, per non arrivare troppo lontano, dove si troverebbero ad avere un ritardo, rispetto ai trasmettitori locali, al di fuori del massimo consentito.

Il ritardo massimo si chiama **IG, Intervallo di Guardia, Guard Interval** all'inglese e vale 224 microsecondi per la modalità SFN italiana in banda IV.

Spesso i trasmettitori hanno ritardi intenzionali, inseriti per aggiustare i tempi di arrivo dei segnali in area ma non sempre si riescono a soddisfare tutte le esigenze in un territorio così accidentato quale quello Italiano.

In questi casi, occorre che l'antennista sappia ricercare e misurare i vari segnali in arrivo sulla sua antenna e che la orienti sapientemente al fine di eliminare i segnali troppo ritardati.

SFN (single frequency network)

## MISURARE IL RITARDO



- Misura del tempo di ritardo tra riflessioni
- Ogni segnale ricevuto è una barra verticale
- In orizzontale si legge il ritardo in  $\mu\text{s}$  o la distanza in km

**Qui c'è il "PRE ECO"**  
**Una riflessione debole che arriva prima.**  
**A volte mette in crisi certi decoder**

Esempio di buona ricezione in SFN  
Ci sono due echi, ma sono dentro il tempo di guardia



Esempio di cattiva ricezione in SFN  
Ci sono due echi fuori tempo di guardia

Praticamente ogni strumento possiede la modalità SFN e tutti hanno una visualizzazione del tipo di quella mostrata in figura, dove i vari segnali in arrivo (ricordiamo che sono tutti indistinguibili essendo della stessa frequenza) sono riportati sotto forma di righe, o barre verticali.

Cosa si legge nella schermata degli ECHI SFN:

1. L'asse orizzontale permette di leggere i ritardi tra i vari segnali. In genere lo strumento prende il miglior segnale e lo pone in corrispondenza dello zero e sotto ogni Barra Verticale si legge il ritardo di quel segnale.
2. Il livello di ogni singolo segnale, con le indicazioni in dB riportate sull'asse verticale, in genere a sinistra.
3. La differenza tra i livelli, che è la misura più importante, si legge per differenza tra i livelli delle singole barre.
4. In genere c'è una coppia di righe, o una zona ombreggiata per rappresentare l'intervallo di guardia, così da vedere a colpo d'occhio se si sta ricevendo qualche segnale troppo forte fuori intervallo di guardia.

Si deve ottimizzare l'orientamento dell'antenna ricevente, cercando il punto in cui si riesce a rendere un segnale più forte degli altri, specialmente di quelli che cadono fuori dall'intervallo di guardia.

Giova ricordare che è meglio ridurre gli ECHI, specialmente quelli fuori IG piuttosto che limitarsi a cercare solo la massima potenza del segnale ricevuto.

SFN (single frequency network)

# CONTROMISURE PER GLI ECHI



DVB-T (8 MHz)			
Modes	8K	2K	Max. Distance btw. SFN-TX
Symbol time	896 µsec	224 µsec	
		7 µsec	~ 2 km
		14 µsec	~ 4 km
Guard Interval Time	1/32	28 µsec	~ 9 km
	1/16	56 µsec	~ 17 km
	1/8	112 µsec	~ 34 km
	1/4	224 µsec	~ 67 km

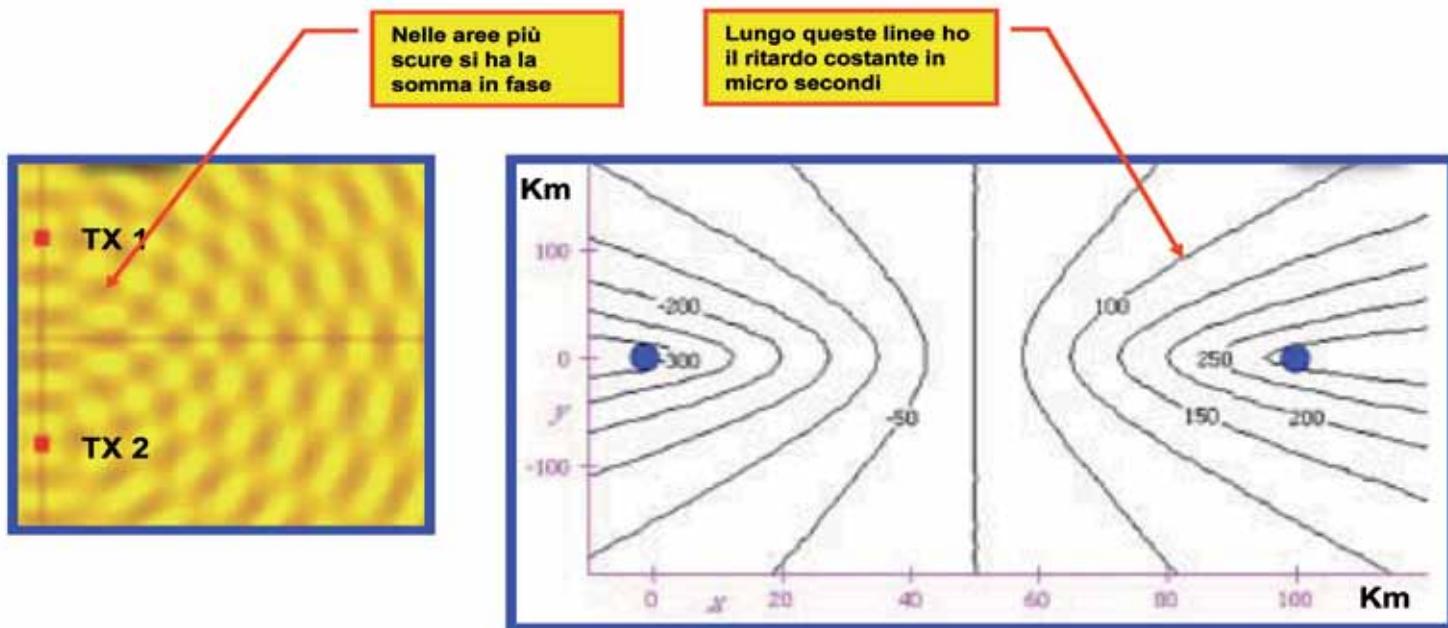
- I segnali viaggiano alla velocità della luce
- Fanno 300000 km al secondo, fa 300 metri in un microsecondo
- Grosso modo 3,3 microsecondi al kilometro
- Cartina alla mano, si sa subito se riceviamo un TX fuori o dentro l'intervallo
- Per pianificare la rete si fa proprio così, con l'ausilio di computer molto potenti

Ecco un certo numero di regole per gestire al meglio la ricezione SFN:

1. E' inevitabile che in un territorio vasto ci siano alcune zone d'ombra; diciamo che, a differenza dell'analogico, in DVB-T si tratta principalmente di un problema di coesistenza di segnali SFN.
2. Anche quando i tempi di arrivo dei segnali sono contenuti all'interno dell'intervallo di guardia è pericoloso fare funzionare impianti con segnali SFN dello stesso livello. **Per avere un adeguato margine di MER e BER è bene che gli echi siano almeno 10 dB sotto.**
3. Può esistere, in linea teorica, una situazione in cui due segnali arrivano all'antenna a pari livello e con lo stesso ritardo, con la conseguenza che non riceviamo **nessuna immagine e quel poco che si riceviamo è estremamente instabile.**
4. Utilizzare antenne direttive ed osservare bene la schermata degli ECHI SFN, per rendersi conto della posizione migliore dell'antenna (per esempio cercare di schermarsi dalla direzione di provenienza degli ECHI indesiderati).
5. Fare molta attenzione a miscelare contributi da più antenne: **inevitabilmente un'antenna puntata in una direzione capterà segnali anche dalle altre direzioni, provocando poi, dopo il miscelatore, le riflessioni che si volevano eliminare.**
6. I contributi al di fuori dell'intervallo di guardia sono da considerare come interferenti e **si devono attenuare di almeno 25 dB.**

SFN (single frequency network)

# SOMMA DEI SEGNALI IN AREA



La figura mostra un esempio di rete SFN su un territorio perfettamente piano e privo di ostacoli naturali nel quale vi siano due siti trasmittenti SFN.

Esplorando il territorio, si troveranno posizioni in cui i segnali si sommano, ed altre si sottraggono, sempre per il motivo delle variazioni della fase a seconda della distanza tra i trasmettitori.

In zone dove i campi ricevuti dai due siti sono uguali, o molto simili, le variazioni sono molto forti e si trovano punti in cui il segnale va a zero e punti in cui sale di 6 dB a distanza di circa mezza lunghezza d'onda, dato che ogni mezza lunghezza d'onda si ha un rovesciamento della fase:

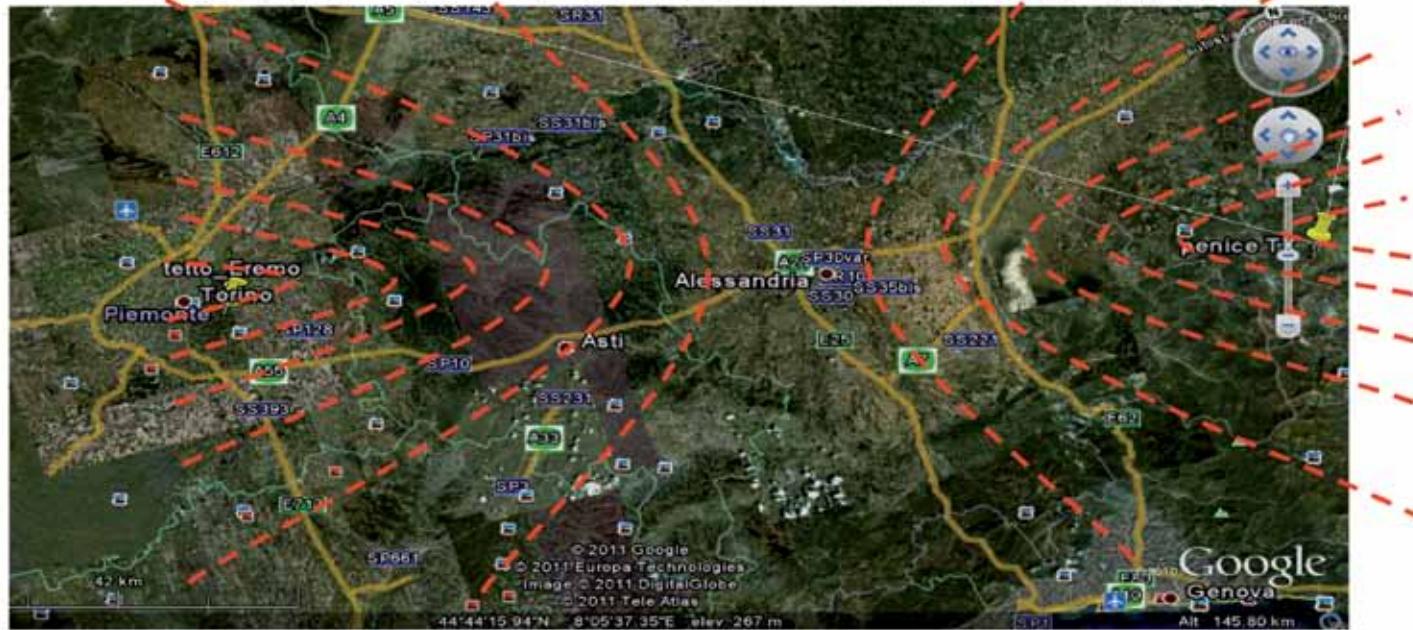
$$\text{Lunghezza d'onda } \lambda = 300/\text{frequenza in MHz.}$$

Man mano che ci si allontana da un sito, i suoi segnali diventano sempre più deboli rispetto a quelli dell'altro, rendendo le variazioni meno forti e con uno spettro più piatto, dato che gli sfasamenti dipendono molto dalla frequenza. Il funzionamento SFN si ha fino a che i ritardi si mantengono dentro l'intervallo di guardia. Nel diagramma a fianco è riprodotto un territorio di circa 100 km con riportate le curve lungo le quali il ritardo è costante: tale ritardo è indicato accanto alla rispettiva curva.

Bisogna fare in modo che, dove il ritardo eccede l'intervallo di guardia IG, si riceva da un solo trasmettitore, usando antenne con buon rapporto avanti indietro oppure, come già visto, schermandosi dalla sorgente interferente.

SFN (single frequency network)

# ESEMPIO PENICE - TO EREMO



Lungo le linee si riceve dai due siti e si misura lo stesso ritardo  
----50 microsecondi ogni linea----

A titolo di esempio si è sovrapposta la rete di curve a livello costante ad una cartina fisica della pianura padana, in cui sta funzionando una rete SFN, progettata e realizzata da RAI WAY, che impiega alcuni siti trasmittenti di elevata potenza ed è di notevole estensione.

Si nota che la distanza tra i siti di Penice ed Eremo è tale che i ritardi superano l'intervallo di guardia.

Ad est del Monte Penice esiste il sito di M. Venda, e questo a sua volta è in SFN con siti del Friuli e dell'Emilia Romagna.

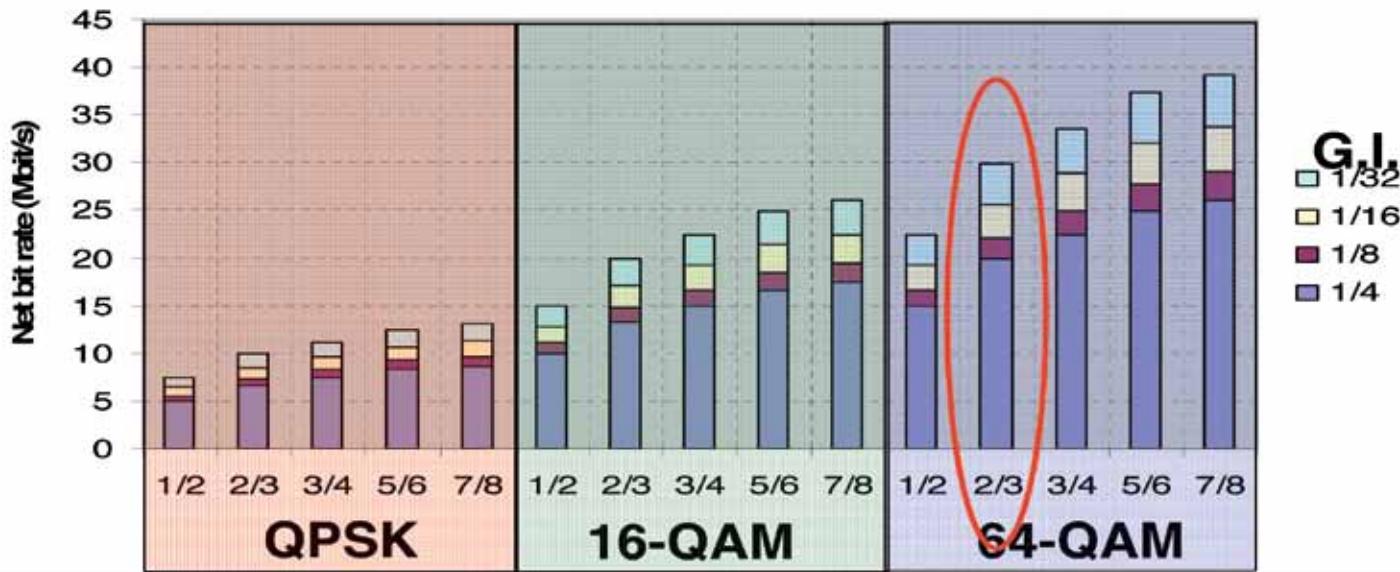
In casi come questi è molto difficile far rientrare i ritardi entro l'intervallo di guardia inserendo ritardi artificiali presso i vari siti, perché ciò che si guadagna in una direzione, lo si perde nell'altra.

Vengono però in aiuto gli ostacoli naturali, che impediscono la propagazione oltre una certa distanza (vedi le colline ad est di Torino) e l'attenta progettazione dei diagrammi di antenna e la calibrazione delle potenze in trasmissione.

### **Di fondamentale importanza è la direttività delle antenne riceventi.**

Gli organismi internazionali di pianificazione, che dettano le norme cui tutti i gestori si dovrebbero attenere, hanno stabilito, per una generica antenna, un'attenuazione di **10 dB** per i segnali provenienti da un'angolazione superiore a **25 gradi** e di circa **15 dB** per polarizzazione incrociata.

# PARAMETRI E VALORI LIMITE



In evidenza la modalità maggiormente utilizzata in Italia

La figura rende evidente la capacità di trasporto del sistema di trasmissione **DVB-T** con i vari schemi di modulazione.

Si va da una capacità di circa 7 Mbit/secondo ad una capacità di circa 35 Mbit/secondo, che significa poter trasmettere da uno a quattro o 5 programmi, eventualmente in alta definizione.

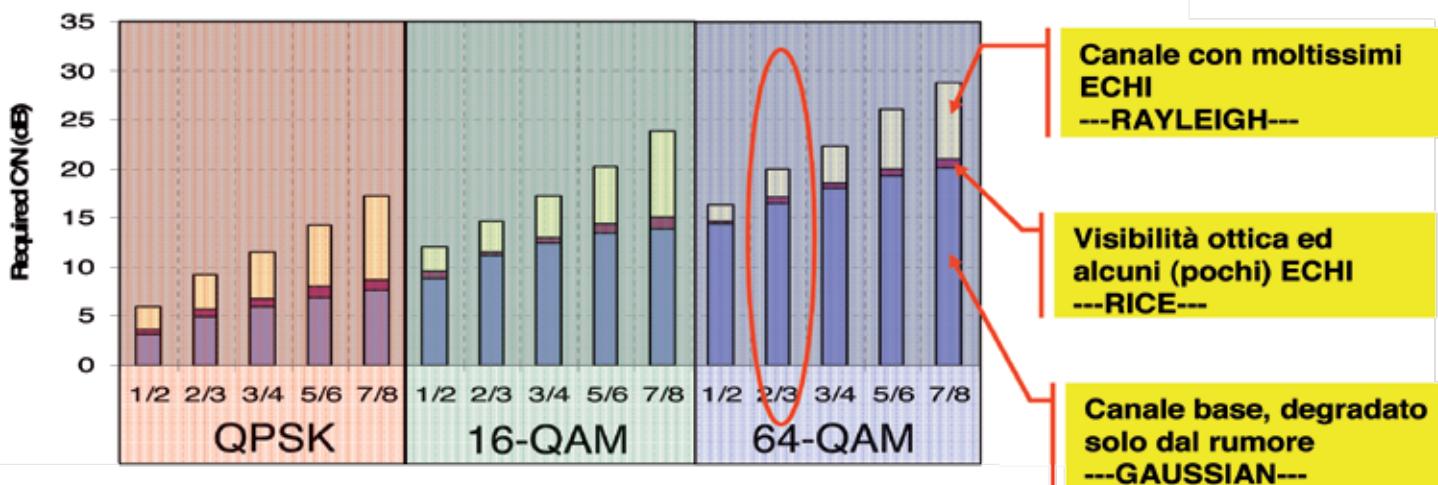
**Quanto si ottiene in capacità di trasmissione, lo si paga in termini di robustezza del segnale.**

Se poi si vuole fare una rete SFN, bisogna dedicare parte della capacità all'intervallo di guardia, come si vede dalla lunghezza degli istogrammi.

Il sistema scelto è quello evidenziato, che unisce una buona capacità di correzione dagli errori, data dal FEC piuttosto alto, ed una buona capacità; questo lo si è ottenuto utilizzando la modulazione **64 QAM**, che abbisogna di un adeguato margine di MER e BER, come vedremo.

Parametri e valori limite

# LIMITE INFERIORE PER BUONA RICEZIONE – QEF - (Quasi Error Free)



In evidenza la modalità maggiormente utilizzata in Italia

Per avere una discreta stabilità di ricezione, occorre operare almeno in condizione di:

**QEF – Quasi Error Free; Ricezione “quasi” esente da errore.**

Non ci si lasci trarre in inganno dalla parola “quasi”; il significato è preciso e significa che non si tollera più di un errore ogni ora nel flusso digitale demodulato.

Questo si traduce in un massimo numero di errori tollerati all’ingresso di antenna, che può arrivare fino a  $1 \times 10^{-2}$ , cioè un bit errato su 100 trasmessi.

In condizioni ottimali di ricezione normalmente l’unica fonte di degradazione è il rumore termico, per intenderci quello che provocava l’effetto neve in analogico.

Nel caso della ricezione da satellite questo è l’unico disturbo che troviamo, non essendoci ostacoli lungo la tratta che provochino riflessioni, e nemmeno interferenze, a parte pochissimi casi.

Anche per il **DVB-T** il nemico principale in ricezione è il rumore termico, la figura ci fa vedere, tramite l’altezza delle barre, quale è il **C/N** - rapporto segnale rumore necessario per una ricezione al limite della soglia di aggancio, cioè senza alcun margine di rumore, ma in condizioni **QEF**.

Lo fa vedere per tre tipi di condizioni di ricezione (Rayleigh - Rice - Gaussian), distinti con i nomi di tre scienziati che studiarono la statistica utilizzata per trovare questi valori.

Dato che non si può prevedere esattamente il campo elettromagnetico disponibile presso le case di ciascun utente, sono state fatte delle previsioni di campo, seguendo particolari norme internazionali, calcolandolo effettivamente su una griglia di 200 X 200 metri.

Parametri e valori limite

## LIVELLI MINIMI E SOGLIE



I campi non sono verificati in tutti i punti dell'area servita.

Si inseriscono correzioni statistiche contro le variazioni del segnale nello spazio

Si aggiunge una correzione statistica per le variazioni del segnale nel tempo

Tali previsioni sono poi verificate, all'atto dell'attivazione dei singoli impianti trasmettitori, facendo misure punto per punto (anche qui seguendo appropriate normative).

Dato il particolare comportamento del **DVB-T**, che comporta delle interruzioni di servizio invece che degli scadimenti di qualità, si aumenta il campo di un certo ammontare, per garantire la copertura statistica di tutti gli utenti.

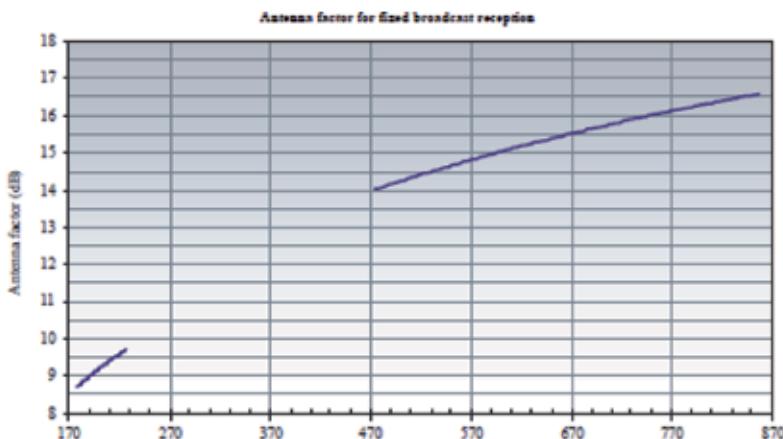
Analogo incremento è apportato per cautelarsi contro le variazioni di campo dei segnali interferenti, molto pericolosi in quanto sicuramente fuori intervallo di guardia ed anche forti, a seconda di condizioni aleatorie di propagazione.

**Per questo motivo occorre garantire un certo margine, al minimo di 5÷10 dB, in più rispetto ai valori minimi dei vari parametri misurabili in ricezione.**

Da prove fatte in laboratorio con molti decoder commerciali si è trovato che quasi tutti iniziano a decodificare QEF a circa **29 dB $\mu$ V!** Che è un valore bassissimo, ma a questo occorre aggiungere le correzioni; come spiegato in seguito, vedremo che si arriva a circa **39 dB $\mu$ V come minimo assoluto, ma è meglio mantenersi sui 49 dB $\mu$ V.**

Parametri e valori limite

# CAMPI EM E LIVELLO RX



**Fattore di antenna calcolato per  
un'antenna con guadagno di 10 dB**

**Esempio a 500 MHz:**

**Antenna: guadagno 10 dB  
Livello misurato: 41 dB $\mu$ V**

- 1. Leggo il fatt. ant 14,5 dB**
- 2. Aggiungo il livello 41,0**
- 3. Totale 56,5 dB $\mu$ Vm**

Il campo elettromagnetico si misura in **dB $\mu$ V/m**.

Abbiamo detto che la potenza ricevuta si misura in **dB $\mu$ V**.

**Entrambe sono unità di misura che rendono molto facili i vari calcoli quando dobbiamo trovare i vari livelli in una catena di distribuzione: basta sommare o sottrarre guadagni o, rispettivamente, attenuazioni incontrate dal segnale lungo il suo percorso.**

In realtà basta una tabella con i valori minimi richiesti dai vari sistemi, poi aggiungendo le attenuazioni dei cavi e togliendo i valori delle amplificazioni, espressi in dB, si trovano i valori del segnale di ingresso, espressi sempre in **dB $\mu$ V**.

**Il fattore di antenna è utile in quanto i valori di pianificazione sono dati in termini di campo elettromagnetico, cioè in dB $\mu$ V/m.**

Ecco che l'antennista installatore, conoscendo il guadagno dell'antenna o utilizzando il grafico della figura, è in grado di prevedere con sufficiente approssimazione la potenza di segnale disponibile all'ingresso del decoder, o strumento di misura che dir si voglia.

In sintesi: la cifra in **dB $\mu$ V/m** indica “quanto campo piove sui tetti”, mentre il fattore di antenna ci dice quanta “pioggia elettromagnetica” riusciamo a catturare con quell'antenna.

**NOTA:** per antenne il cui guadagno è maggiore di 10 dB, sottrarre al valore letto nel grafico la differenza di guadagno.

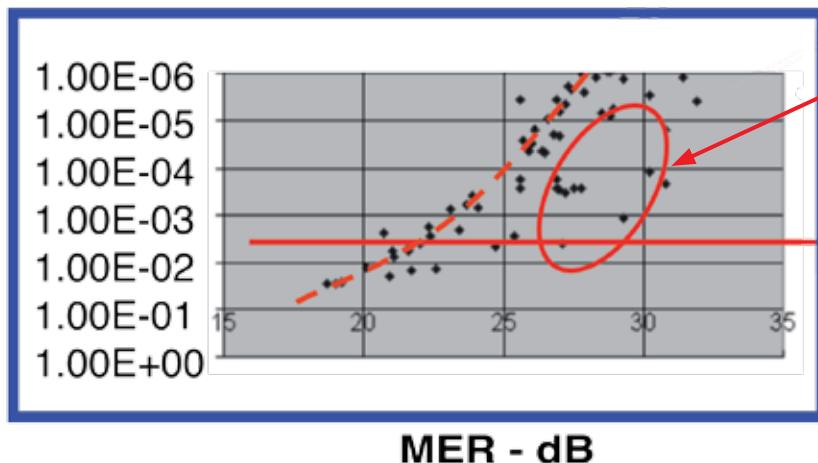
Es: F = 470 MHz; G antenna = 13,50 dB; F antenna letto 14 dB

devo sottrarre:  $(13,50 - 10) = 3,5$ , allora F antenna = 10,5 dB,

viceversa, se l'antenna guadagna meno di 10 dB, devo aggiungere la differenza.

Parametri e valori limite

# CORRELAZIONE TRA MER E BER

**b**  
**B**  
**E**  
**R**

Questi punti di misura mostrano chiaramente che in molti casi succede di avere MER buono e BER peggiore della norma

Risultati di una campagna di misure effettuate dopo l'attivazione di una rete SFN sperimentale nel 1999

Anche se il MER è un buon indice di qualità, ci sono importanti eccezioni. Proprio questi sono i casi che complicano il lavoro, creando confusione per la perdita di coerenza tra i dati, i quali sembrano non più confrontabili. Iniziamo col dire che, in presenza di solo rumore termico, il MER ed il C/N praticamente coincidono perfettamente.

Il BER prima di Viterbi (**bBER**) è un indice che può servire per determinare la qualità complessiva di un segnale, ma a volte succede che al miglior MER non corrisponda il minore BER, o che questo non cali anche se il MER ha valori anche molto alti. Questo è un comportamento normale, e lo si è accennato anche prima. Nel grafico è evidente il comportamento di non coerenza tra i due parametri, che è evidentissimo nel caso di disturbi impulsivi o di echi in anticipo.

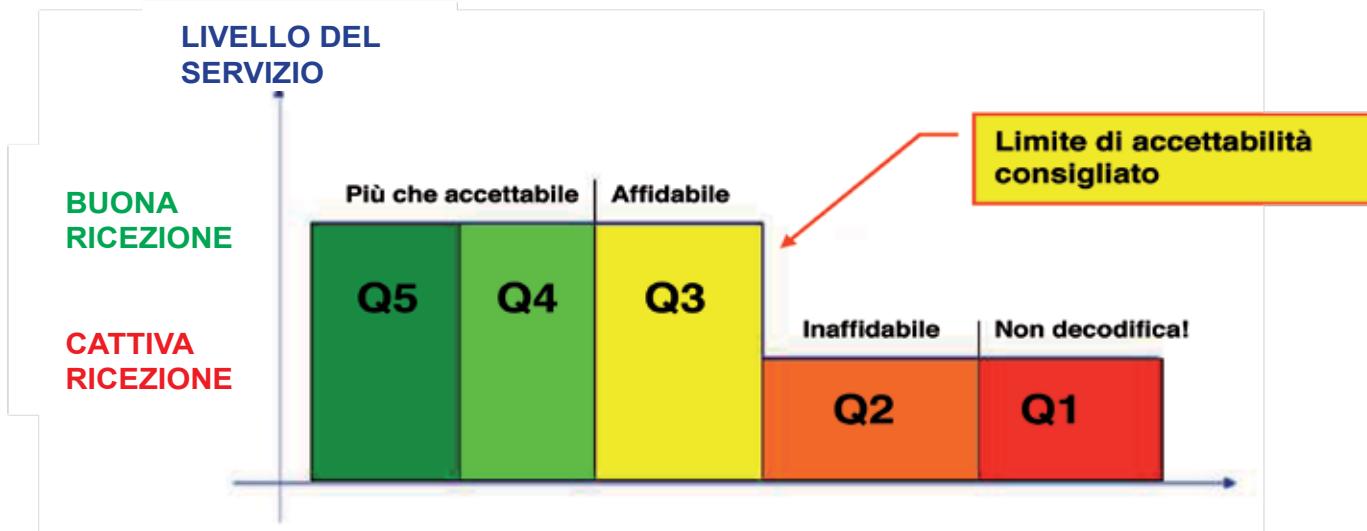
**Bisogna sempre effettuare entrambe le misure e ricordare che la qualità è essenzialmente legata al BER. Si può effettuare qualunque regolazione dell'impianto, dall'orientamento dell'antenna a qualunque altra regolazione, tenendo sotto controllo il MER e BER, curandosi assai meno della potenza ricevuta. Utilizzare il MER come indice per controllare la bontà di amplificatori e soprattutto convertitori, basandosi sul peggioramento introdotto tra ingresso ed uscita dei vari elementi dell'impianto.**

NB:

Dato che ogni fabbricante di strumenti chiama in modo diverso i due BER, abbiamo pensato di utilizzare gli acronimi usati dagli inglesi che sono stati i primi a fare una rete DVB-T in Europa già nel 1998.

- bBER = “b” sta per “before” (prima), cioè misurato prima del correttore Viterbi e chiamato anche CBER o preBER.
- aBER = “a” sta per “after” (dopo), cioè misurato dopo il correttore Viterbi e chiamato anche VBER o postBER.

# QUALITA' RADIOELETTRICA



In DVB-T bisogna distinguere tra qualità radioelettrica e qualità video

I parametri principali : **bBER** e **Potenza del canale**

Il grafico fa vedere ancora una volta il comportamento a soglia del sistema DVB-T e pone le basi per un sistema di misura della qualità di un segnale o, se vogliamo, di un impianto ricevente completo.

Lo scopo è quello di poter effettuare una misura che dica con certezza quanto siamo lontani dal punto di transizione, che segna il confine di passaggio dalla ricezione instabile ed insoddisfacente ad una situazione sempre migliore, fino ad arrivare all'ottimale.

Ovviamente, in questo passaggio, tutti i parametri di ricezione assumeranno valori sempre migliori.

Dopo aver fatto determinate misure potremo collocare il nostro risultato in una zona del grafico, e si potrà quindi dare un livello alla qualità del servizio reso all'utente.

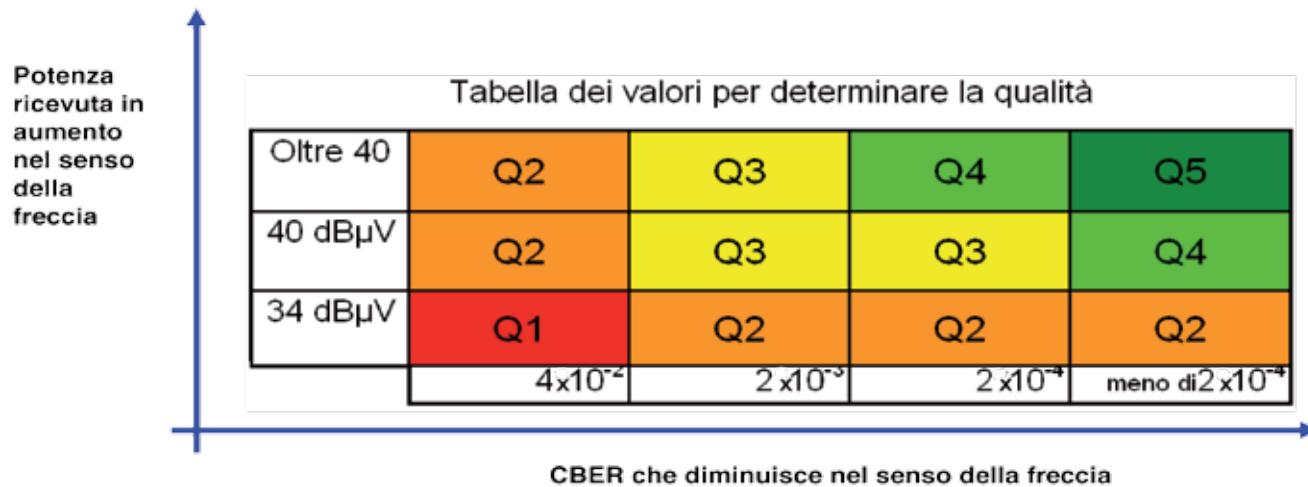
**Non confondere mai i cinque livelli di qualità con quelli dell'analogico** dove si dava un numero da 1 a 5 che indicava proprio "come si vedeva l'immagine": partendo da inaccettabile, grado 1, per arrivare all'immagine perfetta, corrispondente al grado 5.

Nel **DVB-T** si dà un numero che indica la qualità, il quale non è collegato in alcun modo alla qualità dell'immagine video, che resta sempre uguale da quando il decoder inizia ad agganciare regolarmente senza interruzioni.

**Piuttosto la qualità è legata alla stabilità nel tempo:** i disturbi, il rumore, gli ECHI e quant'altro sono molto variabili nel tempo, quindi dobbiamo cautelarci con parametri misurati migliori del minimo consentito.

Qualità radioelettrica

# PROCEDIMENTO STANDARD ITU



CBER, o bBER Before Viterbi, è il parametro più importante

L'after Viterbi Ber (aBER) deve essere migliore di  $2 \times 10^{-4}$ , limite minimo per l'aggancio dei decoder

Diversi strumenti forniscono automaticamente un indice di qualità e facilitano il lavoro

## LEGENDA

bBER = before Viterbi (misurato prima del correttore di errori Viterbi) chiamato anche C BER

aBER = after Viterbi (misurato dopo il correttore di errori Viterbi) chiamato anche V BER

La tabella proposta è calcolata per sistemi con FEC pari a 2/3, ma in pratica si può ritenere valida in tutti i casi.

I parametri utilizzati per la valutazione sono il bBER e la Potenza del canale ricevuto, la pratica ha confermato la validità di questo sistema di misura.

Un'analoga tabella viene usata in sede di pianificazione per stabilire la qualità già in fase di progetto utilizzando il campo in **dB $\mu$ V/m**.

**Naturalmente i valori indicati si possono utilizzare con approssimazione; non ha molta importanza il livello assoluto di qualità, l'importante è disporre di un margine adeguato.**

Una parte degli strumenti disponibili in commercio hanno incorporato un software che calcola la qualità, e la esprimono molto semplicemente con tre livelli: **Pass, Marginal, Fail**.

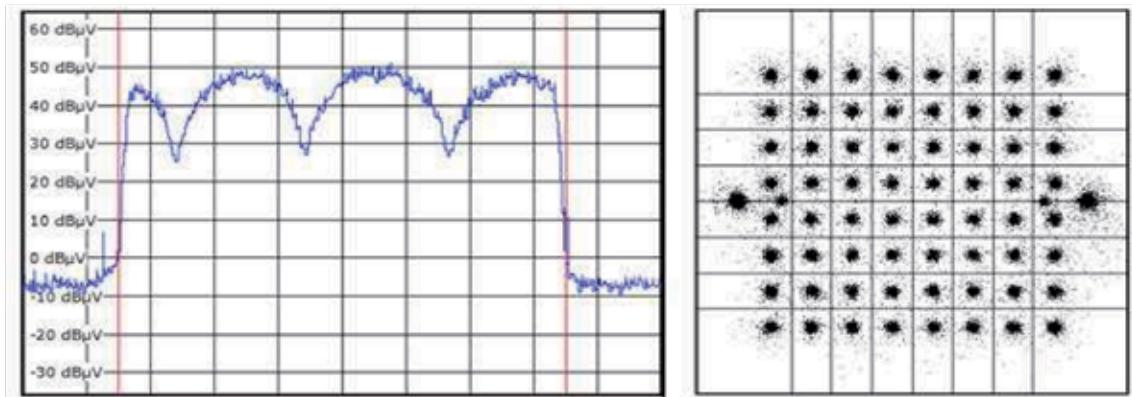
Questo è tutto quello che serve per una veloce valutazione delle condizioni di ricezione: in pratica è stato omesso l'ultimo gradino della scala, ma ciò non ha praticamente nessuna importanza. Va da sé che, in casi particolarmente difficili, o di segnali al limite della decodificabilità, stabilire la qualità diventa molto difficile.

Nei casi limite non ha molto senso misurare la qualità, si deve cercare solo la migliore situazione possibile, e questo lo si può fare solamente misurando i vari parametri e cercando di massimizzarli.

In questi casi ogni miglioramento è determinato dalla bontà dell'antenna e della sua posizione, come visto precedentemente.

**L'antenna è sempre il componente più importante di un impianto, come dall'esperienza dell'analogico.**

# CASE STUDY - MICROINTERRUZIONI



**Fig.1 vediamo lo spettro di un segnale di livello buono con a fianco l'immagine della costellazione che mostra una lieve degradazione**

Non sempre le micro interruzioni sono dovute ai disturbi industriali ma anche alla qualità del segnale ricevuto.

La qualità la valutiamo con il nostro misura campo che normalmente ci fornisce il Livello, **BER** e **MER**. Quando questi valori sono dentro i parametri prescritti possiamo ritenerci soddisfatti?

Il segnale digitale si differenzia dall'analogico soprattutto per il suo comportamento a soglia. Più siamo lontani da questo punto più il segnale è garantito, "c'è margine". Questo concetto deve essere considerato 24 ore/24 per 365 giorni all'anno.

Le brevi interruzioni provocano interruzioni nella fruizione del programma ricevuto causando un disagio che con l'analogico non era percepito.

L'1% di disservizio può essere tollerato ma se questo 1% si verifica sulla scena principale dello spettacolo trasmesso, per l'utente interessato si trasforma nel 100% del disservizio.

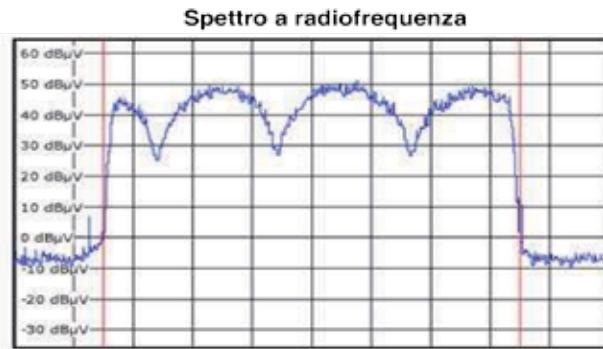
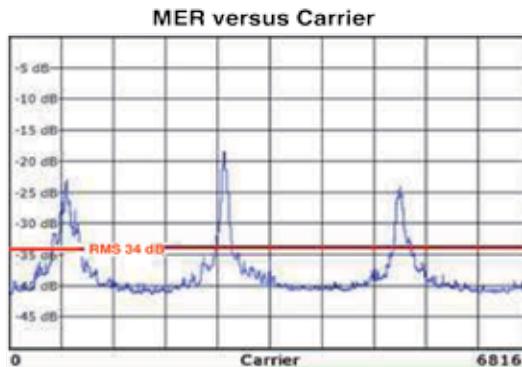
E' importante capire la stabilità del segnale e per questo ci è di aiuto la funzione analizzatore di spettro del nostro misura campo. Se il segnale ricevuto si avvicina alla forma teorica di un segnale DVB-T, squadrata e piatta, possiamo essere tranquilli, ma se riceviamo un segnale molto ondulato o scavato probabilmente siamo a rischio di micro interruzioni.

La potenza misurata è la media su 8 MHz di larghezza di banda (7 in vhf) e può variare in funzione della propagazione. Stesse considerazioni per **BER** e **MER**. Il primo valore è frutto di un calcolo statistico ed il secondo è il valore medio del **MER** di tutte le portanti.

Si nota immediatamente l'ondulazione che penalizza alcune delle portanti DVB-T come vedremo nella pagina successiva.

Case study - microinterruzioni

# MER VERSUS CARRIER



**La visione del MER calcolato per ognuna delle portanti rivela chiaramente la posizione in frequenza dei disturbi ed aiuta a trovarne la causa (es. interferenza da segnale analogico)  
Purtroppo è prerogativa solo di alcuni strumenti**

Si nota immediatamente l'ondulazione che penalizza alcune delle portanti DVB-T.

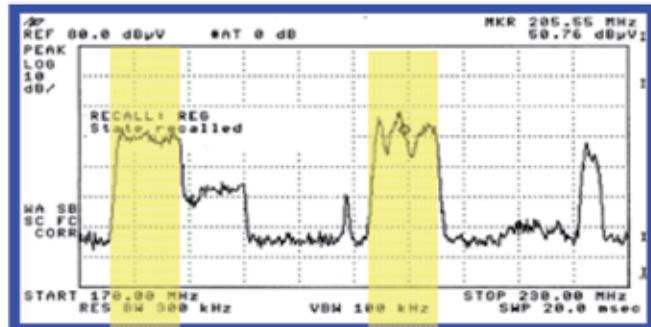
L'architettura del sistema tiene conto di questi effetti della propagazione e preventivamente distribuisce i dati fra le varie portanti in modo che un' attenuazione selettiva non sia distruttiva su una serie definita di dati ma il danno sia diffuso su tutta la trama in modo da limitarne gli effetti.

Il grafico mostrato è molto esplicito e si riferisce alla situazione descritta nella pagina precedente. In figura vediamo il **MER** riferito alle portanti e a destra vediamo lo spettro corrispondente ondulato e scavato, con gli abbassamenti di potenza in corrispondenza del picco di peggioramento del **MER**. Questa modalità di rappresentazione non è disponibile su tutti gli strumenti e quindi non è molto familiare.

Il grafico descrive il **MER** di ogni portante mentre la riga rossa descrive la media. È chiaro che un grande scostamento dalla media indica un possibile degrado del segnale, basta che la propagazione peggiori di poco ed il peso delle portanti corrotte si può far sentire sulla capacità del sistema di proteggere i dati.

Case study - microinterruzioni

# EFFETTO DELLA “STRATIFICAZIONE”



**Ancora una volta si nota l'importanza fondamentale del buon posizionamento dell'antenna.**

Fig. 3

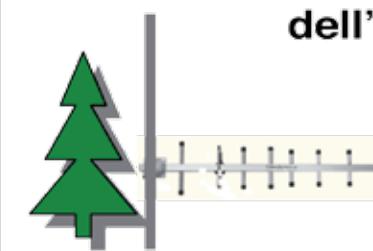
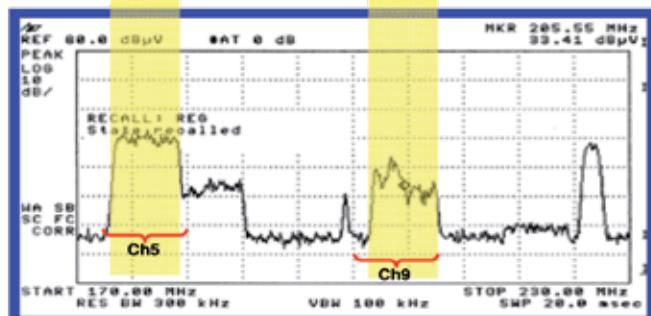


Fig. 4

In fig.3 e 4 vediamo l'effetto della stratificazione sul segnale.

Variando l'altezza dell'antenna la ricezione del ch.9, in centro del grafico, il segnale cambia da 60 dB $\mu$ V in fig.3 a 47 dB $\mu$ V di fig.4. Stesso andamento per **BER** e **MER**.

Risulta chiaro che il segnale di fig.3 è molto meno a rischio di interruzioni rispetto a quello di fig.4.

Di andamento totalmente diverso è il segnale sul ch.5, il primo a sinistra, che mantiene inalterato sia il livello che la forma. Questo differente comportamento è dovuto alla diversa ubicazione degli impianti trasmittenti ed all'orografia del territorio.

In conclusione, oltre al livello e agli errori, è bene considerare anche la forma dello spettro del segnale ed evitare "buchi" troppo pronunciati.

La scelta dell'antenna ed il suo posizionamento sono di fondamentale importanza perché determinano la qualità di tutto l'impianto.

Case study - microinterruzioni

# SCARICHE IMPULSIVE

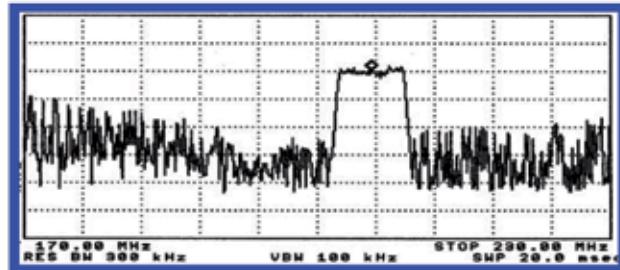


Fig 5

- Storica foto RAI che mostra l'effetto dei disturbi impulsivi sul segnale analogico (fasce di puntini bianchi)
- Lo spettro mostra un evidente sottofondo di rumore che, a questo livello non influenza minimamente la ricezione digitale
- Vedremo altri casi più critici

Il segnale di fig.5 rappresenta un DVB-T ch.9 che, nonostante un evidente sottofondo rumoroso dovuto a scariche, funziona perfettamente. All'utente fornisce un'ottima qualità. Le scariche sono generate da un sezionatore di media tensione della Rete elettrica stradale.

Se al posto del DVB-T ci fosse stato il classico segnale analogico la ricezione sarebbe stata sicuramente disturbata dalle scariche e si avrebbe l'effetto della prima immagine analogica riportata in alto cioè fasce di puntini bianchi.

Il disturbo dell'esempio di fig.5 diventa problematico se l'intensità del disturbo cresce e supera il margine di protezione tipico del DVB-T. In questo caso essendo il disturbo continuo nel tempo è abbastanza semplice porvi rimedio spostando l'antenna schermandosi dalla fonte del disturbo della Rete Elettrica.

Più difficile è trovare una soluzione quando i disturbi sono brevi e saltuari (impulsivi) con livello simile al segnale utile.

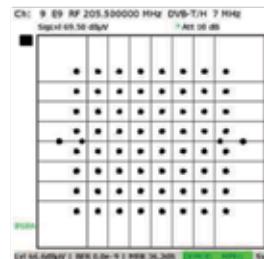
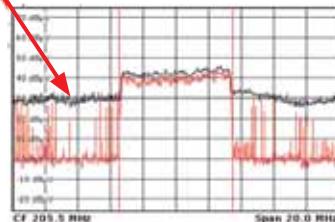
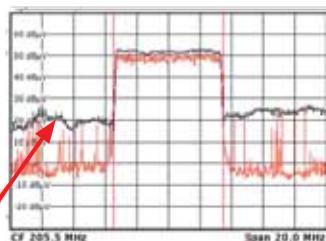
In analogico questo tipo di disturbi non provoca la perdita della continuità del programma ricevuto.

Al contrario in DVB-T si hanno degli effetti fastidiosi perché i disturbi brevi ma intensi bloccano la decodifica del segnale, l'immagine diventa tutta squadrettata o addirittura un quadro nero e interrompe la continuità della ricezione. Se poi il difetto è frequente la ricezione diventa problematica.

Case study - microinterruzioni

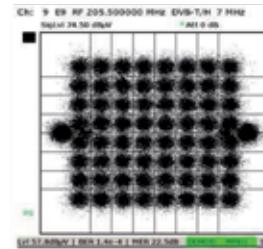
# MISURARE I DISTURBI IMPULSIVI

L'entità del disturbo si vede solo analizzando la traccia nera che tiene la memoria dei valori massimi (MAX HOLD)



Antenna molto  
direttiva

Fig 6a



Antenna poco  
direttiva

Fig 6b

Vediamo con un caso pratico come affrontare il problema. Negli esempi viene raffigurato lo spettro di un ch.9, interferito da disturbi impulsivi. In rosso sono rappresentati i valori istantanei (Live) ed i neri i valori di picco memorizzati in Max-Hold, nella figura a destra la costellazione relativa.

La differenza fra i due rilievi è dovuta alla diversa direttività delle antenne usate.

In Fig 6a l'antenna è molto direttiva, il rapporto fra il segnale e le scariche è buono, la costellazione è ottima.

In Fig 6b l'antenna è di media qualità (poco direttiva) e la differenza si nota subito;

la costellazione è pessima ed il margine di affidabilità è insufficiente. Il vero margine è rappresentato dallo spettro in Max-Hold, (grafico nero), mentre lo spettro istantaneo potrebbe essere ingannevole (grafico rosso).

Quest'esempio ci fa capire l'importanza della scelta dell'antenna, (più o meno direttiva possibilmente con pochi lobi secondari) il suo posizionamento e l'importanza di non limitarsi alla ricerca del livello ma verificare tutti i parametri che il nostro strumento mette a disposizione.

Fin qui abbiamo valutato i disturbi che si sommano al segnale utile in antenna, ma in molti casi l'interferenza viene veicolata al televisore da una pessima schermatura dell'impianto di distribuzione.

Alcuni strumenti permettono di visualizzare la traccia del massimo livello che si aggiorna in continuazione, permettendo analisi fini come questa appena descritta.

Case study - microinterruzioni

# SPETTRO DEI DISTURBI IMPULSIVI

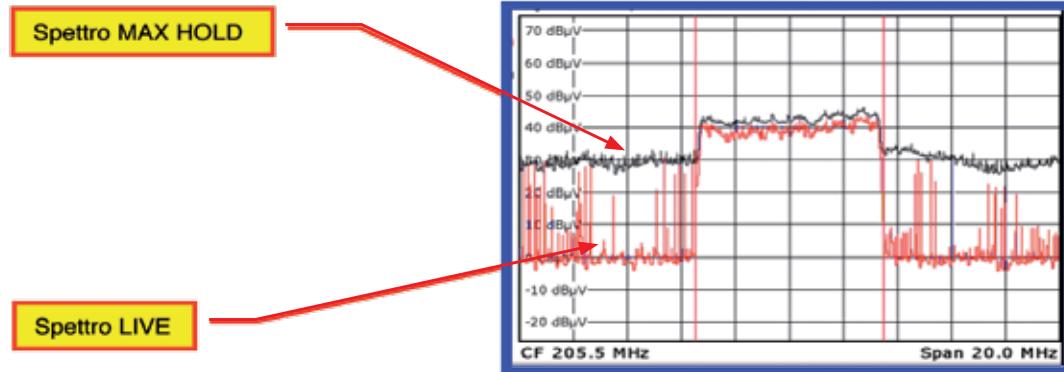


Fig 6b

- Gli impulsi (scariche) sono sporadici e non sempre visualizzati da strumenti e analizzatori sprovvisti della funzione “MAX HOLD” (memoria di picco).
- La funzione “MAX HOLD” cattura e memorizza i valori massimi raggiunti nel tempo e ci permette di visualizzare chiaramente il cumulo degli impulsi (scariche) ricevuti.

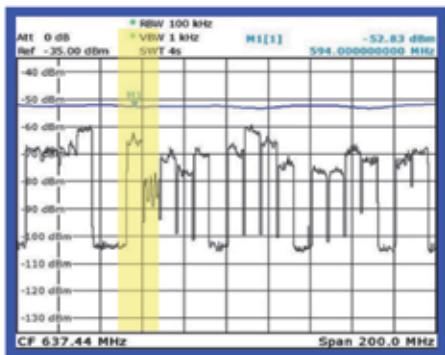
La direttiva 2004/108/CE prescrive che le apparecchiature elettriche ed elettroniche non generino perturbazioni elettromagnetiche, e quindi le scariche dell'esempio riportato non dovrebbero esistere. Di seguito la stessa normativa richiede che le apparecchiature elettriche ed elettroniche in genere presentino un livello d'immunità alle perturbazioni prevedibili nelle condizioni d'uso cui sono destinate. E' su questo punto che si vede la differenza fra un impianto nuovo fatto a regola d'arte ed un impianto datato.

Un vecchio partitore o amplificatore con i componenti "in aria" non schermati è un ottima antenna per i disturbi impulsivi. Su questo aspetto l'industria è stata molto attenta, oltre ad antenne più performanti, ci propone componenti più accurati nella costruzione, con contenitori metallici che proteggono l'elettronica contenuta dai disturbi. I cavi oltre che essere catalogati in funzione delle perdite, dichiarano il tipo e la qualità di schermatura (A A+ ecc.).

Rispetto al passato c'è stata una notevole evoluzione dei prodotti proposti, l'importante è essere consapevoli del rischio che si corre nel montare prodotti economici non rispettosi delle attuali prescrizioni. Riparare un impianto che soffre di queste patologie ha un costo enorme, in primo luogo perchè le scariche sono casuali e la loro individuazione ci fa perdere molto tempo e perchè sostituire i prodotti non conformi ha senz'altro un costo più elevato del risparmio fatto inizialmente montando prodotti economici o scadenti.

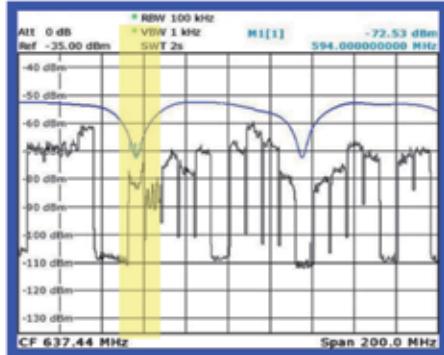
Case study - microinterruzioni

# DISADATTAMENTO E DISTRIBUZIONE



## Caso 1

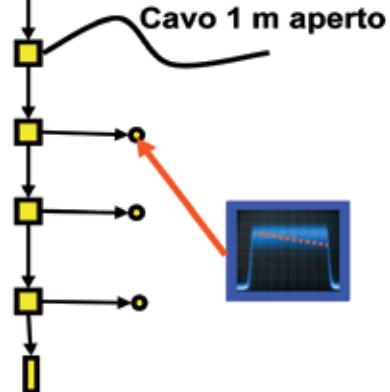
- Prima presa teminata
- Linea blu risposta in frequenza piatta



## Caso 2

- Prima presa cavetto 1 metro aperto
- Linea blu risposta in frequenza con buchi
- Il Ch 36, evidenziato, è calato di ben 15dB!

**Amplificatore  
di testa**



La figura illustra un caso reale di un impianto centralizzato avente la distribuzione con le prese in cascata, realizzata da personale non qualificato “FAI DA TE”.

Sono state confrontate le due situazioni seguenti:

1. Le prese sono correttamente terminate e la potenza dei vari canali è quella della linea nera, dove si è evidenziato il canale 36, ed è simile a quella riscontrata all’uscita delle antenne.
2. Alla prima presa è stato scollegato il decoder, e lasciato il cavo lungo circa un metro che lo collega alla presa aperto.

Si nota subito che si è provocata una alterazione molto forte della risposta in frequenza, che è stata misurata con l’aiuto di un generatore collegato al posto del centralino (può servire un generatore di rumore). L’alterazione consiste in una serie di buchi, spaziati tra loro di un certo intervallo di frequenza, che dipende dalla lunghezza del cavo.

L’alterazione è provocata dalla riflessione che nasce alla fine del cavo lasciato senza terminazione che va a combinarsi con il segnale proveniente dal centralino. Questa riflessione si combina con uno sfasamento che dipende dalla frequenza e dalle lunghezze dei cavi interessati e che differisce da presa a presa e anche a seconda del canale. Infatti si nota una perdita secca di 15 dB sul canale 36.

Si comprende immediatamente il rischio di questa situazione, che rende imprevedibile il risultato, vanificando il lavoro di ottimizzazione della parte di impianto a monte.

In impianti realizzati a norma questo difetto non appare, in quanto la corretta installazione e le caratteristiche radioelettriche delle prese e degli eventuali derivatori, garantiscono la necessaria separazione tra le prese e il conseguente annullamento delle onde riflesse.



### **RAIWAY S.p.A.**

Via Teulada, 66, 00195 Roma

• Tel. +39 800 111 555

• [raiway@rai.it](mailto:raiway@rai.it) • [www.raiway.it](http://www.raiway.it)

### **EUROSATELLITE S.r.l. Centro di Formazione professionale**

Via dei Montefeltro 1/H, 52037 Sansepolcro (Arezzo)

• Tel. +39 0575 740222 • Fax +39 0575 740223

• [info@eurosatellite.it](mailto:info@eurosatellite.it) • [www.eurosatellite.it](http://www.eurosatellite.it)

### **ROVER Laboratories S.p.A.**

Via Parini 2, 25019 Sirmione (BS)

• Tel. +39 030 9198 1 • Fax +39 030 990 6894

• [info@roverinstruments.com](mailto:info@roverinstruments.com) • [www.roverinstruments.com](http://www.roverinstruments.com)