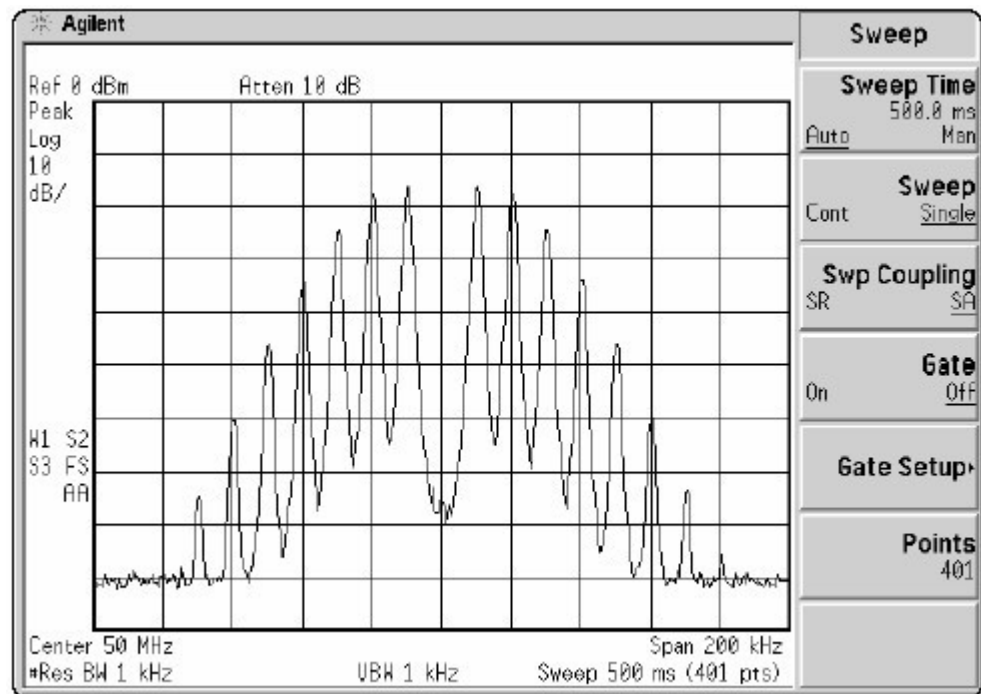




Questo è lo  
spettro di un  
segnale FM a  
50 MHz.

La  $f_m$  è 10kHz,  
di conseguenza  
 $\Delta f_p = 2,4 \times 10 \text{ kHz}$   
 $= 24 \text{ kHz}$



Siccome si può settare con precisione la frequenza modulata usando un analizzatore di spettro e siccome l'indice modulazione è anche conosciuto, la deviazione di frequenza così generata sarà ugualmente precisa.

## 2.4 Modulazione numerica

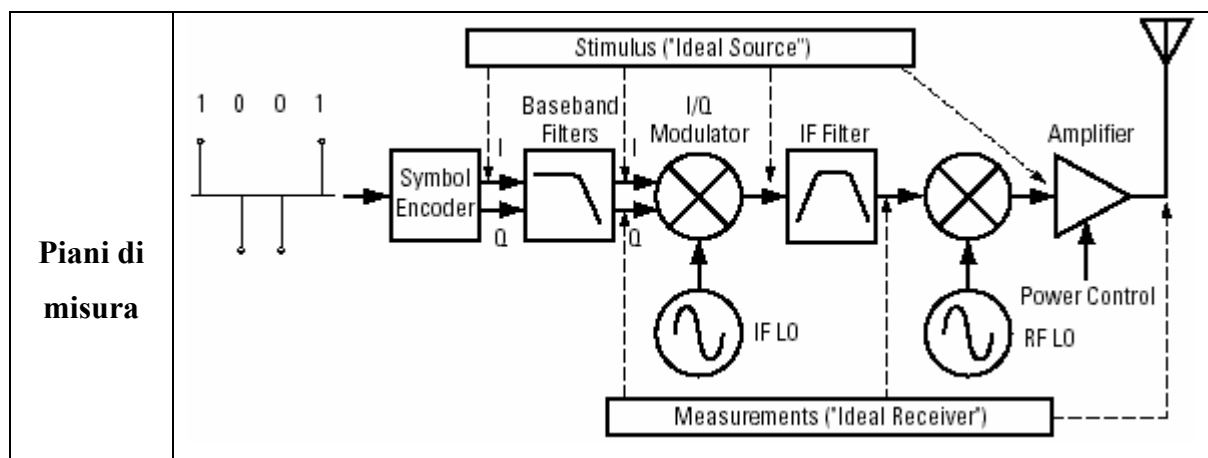
Si chiamano modulazioni numeriche quel tipo di modulazioni in cui il segnale modulante è di tipo numerico, vengono impiegate nella trasmissione dati fra modem, nei ponti radio, nei cellulari, nei collegamenti via satellite.



## 2.4.1 Misure sul trasmettitore nei sistemi di comunicazioni digitali

Vengono eseguiti molti test durante un progetto di un trasmettitore nei sistemi di comunicazioni digitali. Inizialmente i diversi componenti vengono testati individualmente. Durante il progetto di sviluppo le verifiche di test sono estremamente rigide per assicurarsi che il sistema sia robusto e che né soddisfi i requisiti.

In questo paragrafo esaminiamo le misurazioni eseguite nelle parti del trasmettitore evidenziate nella seguente figura.



## 2.4.2 Modelli di misurazione

Le misurazioni dei trasmettitori sono tipicamente fatte all'uscita dell'antenna, dove è emesso il segnale finale. In questo caso, lo strumento di misurazione è usato come un ricevitore ideale.



Può essere necessario anche esaminare il trasmettitore nei vari punti delle sezioni come nella figura precedente. In questo caso, un segnale può essere richiesto per emulare quelle sezioni che non sono ancora disponibili.

Gli strumenti per la misurazione si comportano per questo come una sostituzione ideale per le sezioni o circuiti mancanti. Un segnale portante non modulato è usato tradizionalmente come segnale di stimolo per qualche componente o per la misura di un sottosistema come risposta in frequenza, ritardo di gruppo o per la misurazione di distorsioni. Frequentemente sono usati segnali digitali i quali possono offrire risultati di misurazione più realistici.

Qualche volta blocchi individuali o componenti non possono essere isolati e la misurazione può essere fatta solamente nella parte finale del trasmettitore e si è quindi costretti di risolvere le cause dei problemi dalla misurazione all’uscita dell’antenna.

Lo strumento ideale di test non solo è capace di compiere le misurazioni ma ha anche la flessibilità di provvedere all’analisi dei sistemi danneggiati del segnale trasmesso.

In questo paragrafo ci concentriamo sulle misurazioni del trasmettitore e le tecniche sulla diagnostica a valle dell’antenna, anche se in pratica alcune di queste misurazioni possono essere fatte in altre locazioni nel trasmettitore. Per esempio, misurazioni di qualità di segnali possono essere compiute sul RF, IF o sezioni bandabase del trasmettitore.



### 2.4.3 Domini di misure

Il segnale trasmesso può essere visto in domini differenti. Il dominio del tempo, della frequenza e modulazione offrono informazioni sui diversi parametri del segnale. Lo strumento test ideale può eseguire misure in tutti e tre i domini.

Due tipi di strumenti di test per i trasmettitori vengono discussi: l'Analizzatore di Spettro (SA - Spectrum Analyzer) e l'Analizzatore di Segnali Vettoriali (VSA - Vector Signal Analyzer). Le loro capacità di misura in ogni dominio sono descritte nei paragrafi seguenti di questo capitolo..

#### **Dominio del Tempo**

Tradizionalmente, si guarda ad un segnale elettrico usando un oscilloscopio per vedere il segnale nel dominio del tempo. Comunque, gli oscilloscopi in generale non hanno un limite per i segnali d'ingresso ed hanno invece un limitato range dinamico. Gli analizzatori di segnali vettoriali convertono i segnali in bandabase e campionano le componenti I (Infase) e la componente Q (Quadratura) del segnale. Il segnale può essere quindi visualizzato nei vari sistemi di coordinate, come l'ampiezza in funzione del tempo, la fase in funzione del tempo, I e Q in funzione del tempo, e I/Q in coordinate polari. Gli analizzatori di spettro Swep-tuned possono visualizzare il segnale nel dominio del tempo come l'ampiezza (involuppo del segnale RF). Le loro capacità possono essere estese per misurare I e Q.

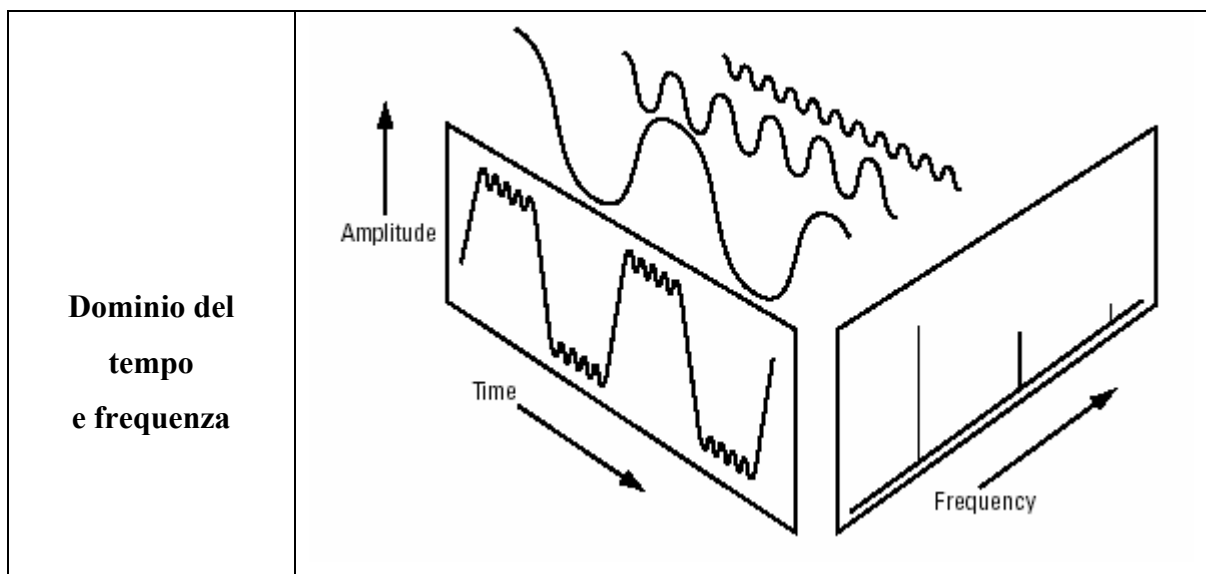
L'analisi nel dominio del tempo è particolarmente importante nella tecnologia TDMA.



## Dominio della Frequenza

Anche se il dominio del tempo offre delle informazioni sui segnali RF, esso non è completo.

Il segnale può essere analizzato ulteriormente guardando alle sue componenti spettrali.



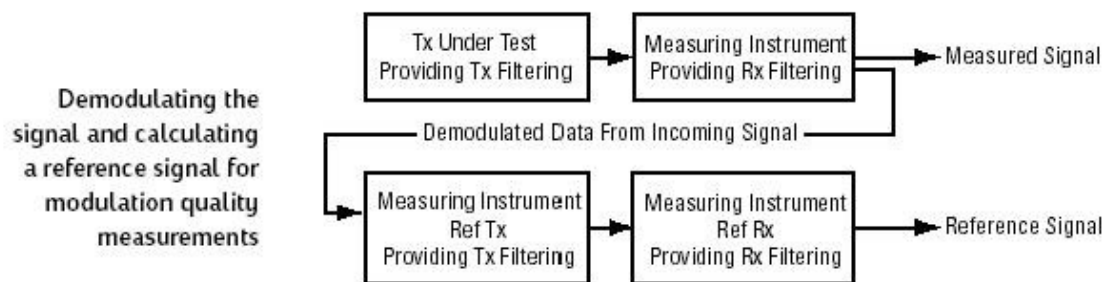
Entrambi gli analizzatori di spettro e quello vettoriale possono effettuare misurazioni nel dominio della frequenza. La differenza principale tra loro è che gli analizzatori di spettro tradizionali sono ricevitori swept-tuned, mentre gli analizzatori vettoriali catturano dati di tempo e compiono la FFT per ottenere lo spettro in frequenza, ed inoltre misurano sia il modulo e la fase del segnale.

Misurazioni nel dominio della frequenza sono particolarmente importanti per assicurare che il segnale soddisfi l'occupazione spettrale, canali adiacenti, e requisiti d'interferenza spurie del sistema.



## Dominio della Modulazione

Se il segnale RF è demodulato, la qualità del segnale bandabase può essere analizzato comparandolo ad un riferimento ideale. Questo riferimento è solitamente derivato matematicamente dallo strumento, purché i dati della sequenza originale possono essere recuperati. La demodulazione viene effettuata applicando il filtraggio prima di recuperare i segnali in bandabase I e Q e campionando questi segnali al symbol rate per recuperare i simboli attuali.



Gli analizzatori di segnali vettoriali possono demodulare il segnale ed effettuare misurazioni di modulazione di qualità. Un analizzatore di spettro swept-tuned con un hardware e un software aggiuntivo può anche demodulare ed analizzare con qualità una modulazione.

Le varie configurazioni del display e capacità possono essere usate per vedere il segnale caratteristico bandabase e la qualità della modulazione:

- I/Q polari (vettoriali) e il diagramma della costellazione.



- Tavola sommaria con metrica di qualità di I/Q, come l’errore del modulo del vettore (EVM Error Vector Magnitude), errore del modulo, errore della fase, errore della frequenza.
- Modulo del vettore errore in funzione del tempo e il vettore errore in funzione della frequenza (error vector spectrum).
- Errore del modulo e errore della fase in funzione del tempo e della frequenza.
- Eye e diagramma di Trellis
- Symbol table.
- Equalizzazione, che permette la risposta in frequenza e le misurazioni del ritardo di gruppo.
- Analisi nel dominio dei codici

Alcune di queste configurazioni del display sono descritte brevemente in questo capitolo.

#### **2.4.4 Misurazioni in banda**

Le misurazioni richieste per i test dei trasmettitori nelle comunicazioni digitali possono essere classificate come misurazioni in banda o fuori banda nonostante la tecnologia usata e lo standard seguito.

Misurazioni in banda sono misure eseguite all’interno della banda di frequenze allocate per il sistema; per esempio, 890 MHz a 960 MHz per il GSM.



Le misurazioni in banda possono essere ulteriormente divise in misurazioni nel canale e fuori dal canale.

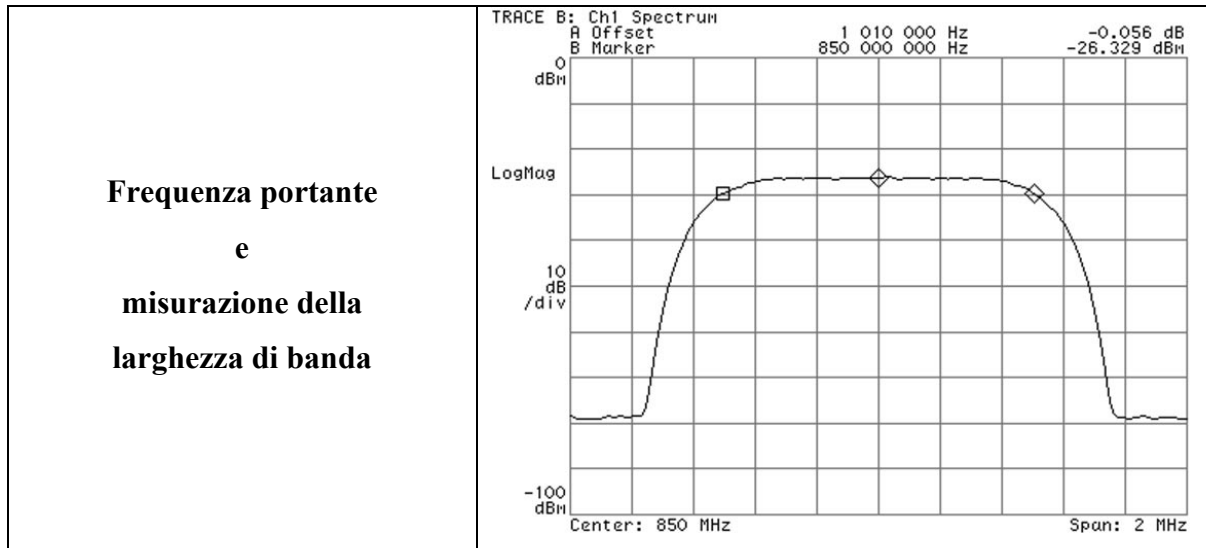
### **Misurazioni nel canale**

La definizione di canale nei sistemi di comunicazioni digitali dipende dalla specifica tecnologia usata. Separatamente dal moltiplicare in frequenza e spazio, la tecnologia di comunicazione digitale per cellulari usa la moltiplicazione dei codici. Nella tecnologia TDMA (Time Division Multiple Access), un canale è definito da una specifica frequenza e da un numero di timeslot in un frame che si ripete, mentre nella tecnologia CDMA (Code Division Multiple Access) un canale è definito da una specifica frequenza e codice.

I termini *nel canale* e *fuori dal canale* si riferiscono solamente nella specifica banda di frequenze d’interesse (frequency channel), e non allo specifico timeslot o canale di codici interno alla banda.

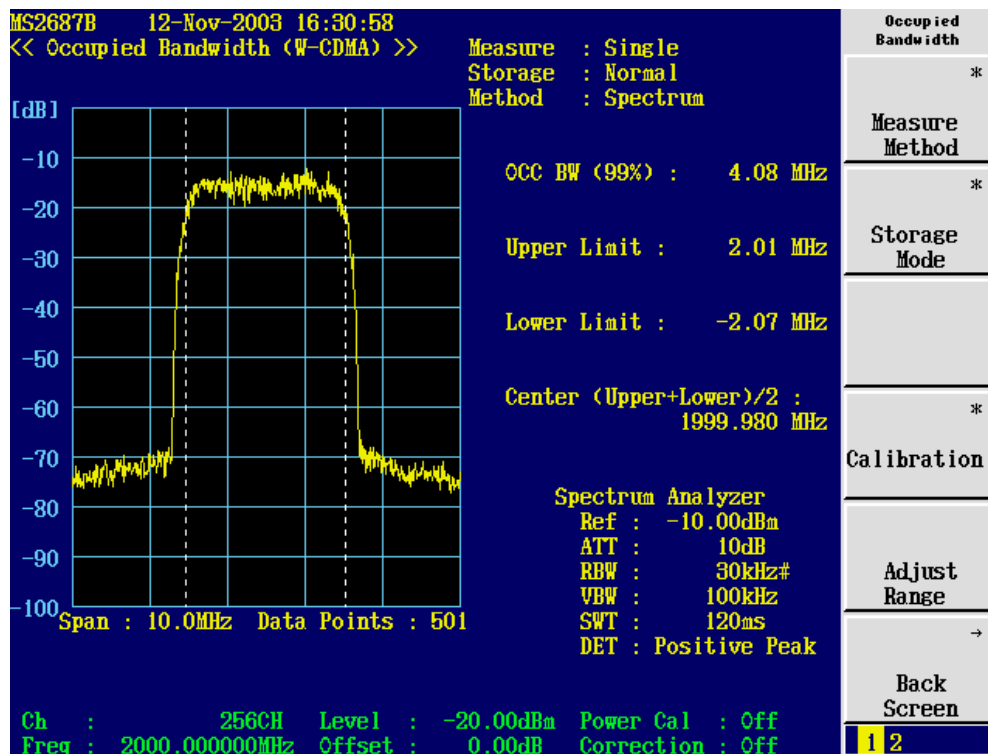
### **Larghezza di banda del canale**

Quando si esegue un test su di un trasmettitore, di solito è buona idea guardare prima lo spettro del segnale trasmesso. La forma dello spettro può rilevare notevoli errori. Per un trasmettitore con un filtro a coseno rialzato, la larghezza di banda a 3dB del canale da un approssimazione del symbol rate. Per esempio, per un symbol rate di 1 Msymbols/s , la larghezza di banda misurata a 3dB è di 1,010 MHz. Si veda la figura seguente.



Questa misurazione può essere usata per determinare grossi errori in symbol rate.

Si veda ora la larghezza di banda di un segnale W-CDMA a 3,84 Mchips/s su di un analizzatore di spettro Anritsu MS2687B.





## **Frequenza portante**

Errori in frequenza possono dare luogo ad interferenze nei canali adiacenti. Possono anche causare problemi nel processo di recupero della portante del ricevitore, e quindi di conseguenza bisogna assicurarsi che il trasmettitore operi sulla frequenza corretta. La frequenza portante dovrebbe essere localizzata nel centro dello spettro per la maggior parte delle modulazioni. Essa può essere approssimato calcolando il centro della larghezza di banda a 3dB o al 99% della potenza nella banda occupata. Per esempio, nelle figure precedenti la frequenza portante misurata è rispettivamente di 850 MHz e di 2 GHz.

Altri metodi comuni per determinare la frequenza portante sono:

- Misura della portante non modulata con un *frequency counter*.
- Calcolo del centro della misura della larghezza di banda occupata.
- Uso della metrica dell’errore di frequenza determinato nella tavola riassuntiva quando si compiono misure di qualità di modulazione.

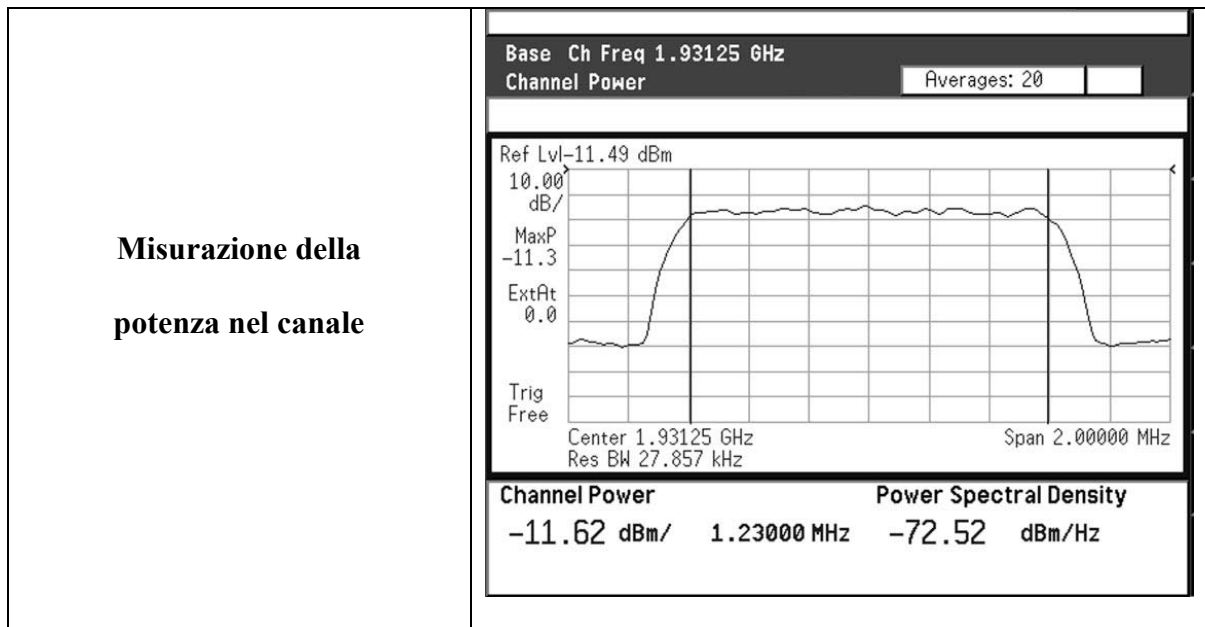
## **Potenza nel canale**

La potenza nel canale è la potenza media nella larghezza di banda del segnale d’interesse.

La potenza è il parametro fondamentale di ogni sistema di comunicazione. Ad esempio, in un sistema wireless lo scopo è quello di mantenere sufficientemente un collegamento con la minima potenza. Questo dà due benefici: interferenza complessiva di sistema è tenuta ad un minimo e, nel caso di stazioni mobili, la durata della batteria è massimizzata. La



potenza emessa, perciò, è controllata all'interno di stretti limiti. Se un trasmettitore produce troppa poca potenza, la performance del collegamento è compromessa; se ne produce molta, l'interferenza con altri trasmettitori può essere troppa elevata ed in aggiunta le batterie durerebbero troppo brevemente.



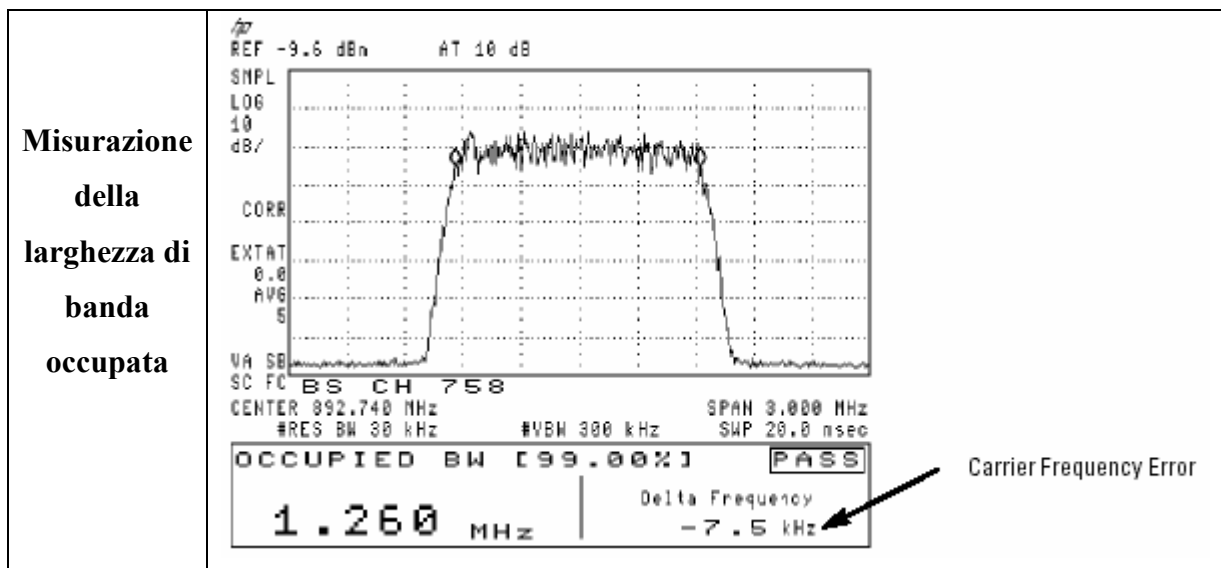
Nel caso del sistema CDMA, dove l'interferenza totale è un fattore limitativo per la capacità del sistema, il controllo della potenza di ciascuna stazione mobile è essenziale per realizzare la massima capacità.

Perciò, il controllo accurato della potenza emessa è critico nel definire la capacità di un sistema, copertura, e qualità del segnale.



## Larghezza di banda occupata

La larghezza di banda occupata è strettamente correlata alla potenza del canale ed è indicato in percentuale (circa 99%) della potenza totale del segnale modulato. Per esempio, nella figura successiva, la larghezza di banda che include il 99% della potenza è 1,260 MHz. Ogni distorsione (armonica o intermodulazione) produce potenza al di fuori della larghezza di banda specifica.



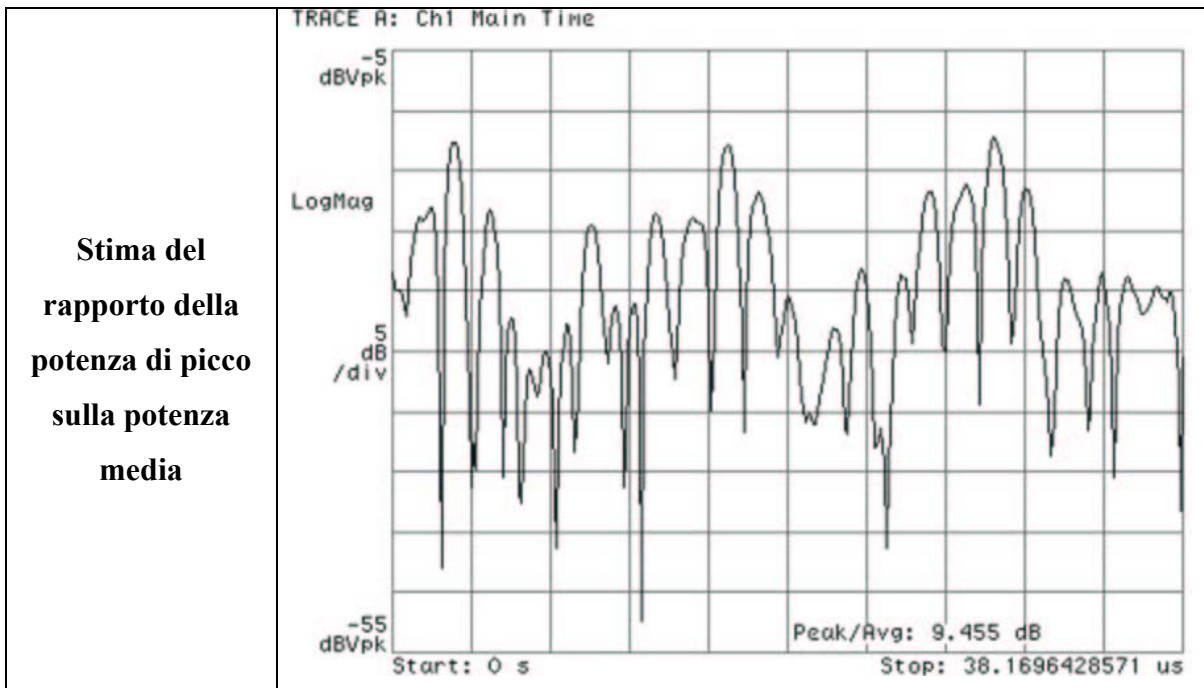
## Rapporto potenza di picco su potenza media e curve CCDF

Il rapporto potenza di picco su potenza media e la CCDF sono misurazioni statistiche sulla forma d'onda nel dominio del tempo.



Il rapporto potenza di picco su potenza media è il rapporto della potenza dell'involuppo di picco sulla potenza dell'involuppo medio di un segnale durante un determinato periodo di tempo.

Alcuni strumenti possono offrire una stima del rapporto potenza picco su potenza media; ovvero, la potenza di picco è dato non come un picco assoluto ma piuttosto come il livello di potenza associato con una certa probabilità. Per esempio, nella figura seguente, la misurazione mostra che la potenza è al di sotto di un livello di circa 9,455 dB rispetto alla media del 99,99% del tempo, ovvero c'è una probabilità del 0,01% che la potenza del segnale è al di sopra di un livello di circa 9,455 dB sopra la media.





La stima della potenza del segnale può essere completamente caratterizzato compiendo numerose di queste misurazioni e mostrando i risultati in un grafico conosciuto come la *Funzione Distribuzione Cumulative Complementare* (CCDF Complementary Cumulative Distribution Function). La curva CCDF mostra la probabilità che la potenza sia eguale o sopra un certo rapporto di potenza di picco su potenza media, per differenti probabilità e rapporti (picco-media).

Maggiore è il rapporto picco-media e minore è la probabilità di arrivarci.

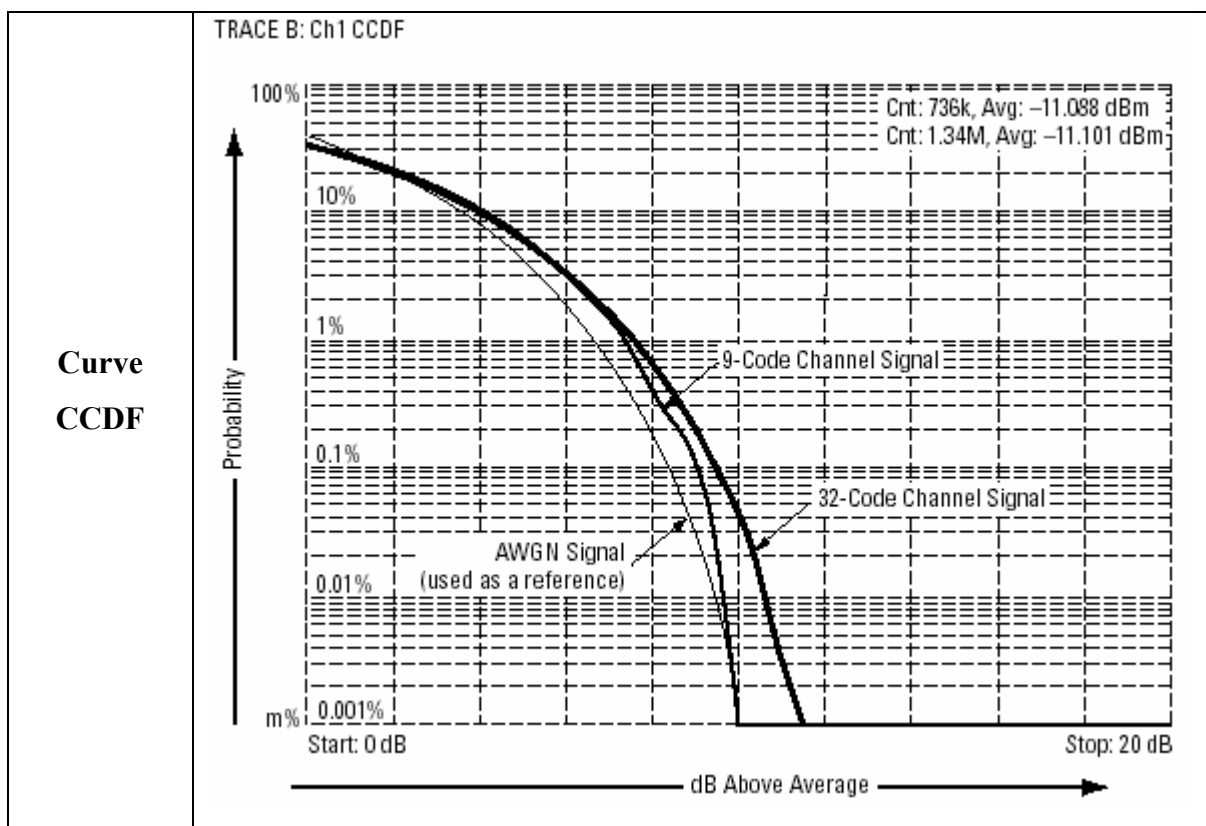
Segnali con differenti stime di picco possono causare diversi livelli di distorsione nei vari stadi del trasmettitore. Per esaminare la stima del segnale e nelle diverse sezioni le misurazioni della CCDF possono essere compiute nei diversi punti del trasmettitore. Queste misure possono anche essere compiute all’uscita del trasmettitore per confrontare poi la stima a una curva aspettata.

Oltre a causare livelli più alti di distorsione, l’elevato rapporto di picco su media può causare il danneggiamento in qualche componente. Le misurazioni della CCDF nei diversi punti del trasmettitore possono aiutare a prevenire questo danneggiamento.

Il rapporto di potenza di picco su potenza media e la misurazione statistica della CCDF sono particolarmente importanti nei sistemi di modulazione digitale dato che le statistiche possono variare. Per esempio, nel sistema CDMA, le stime del segnale variano in funzione a quanti canali di codici sono presenti allo stesso tempo.



Nella figura seguente si mostrano le curve CCDF per segnali con differenti configurazioni di canali di codici. Maggiore sono i canali di codici trasmessi, maggiore è la probabilità di raggiungere un determinato rapporto di picco sulla media.

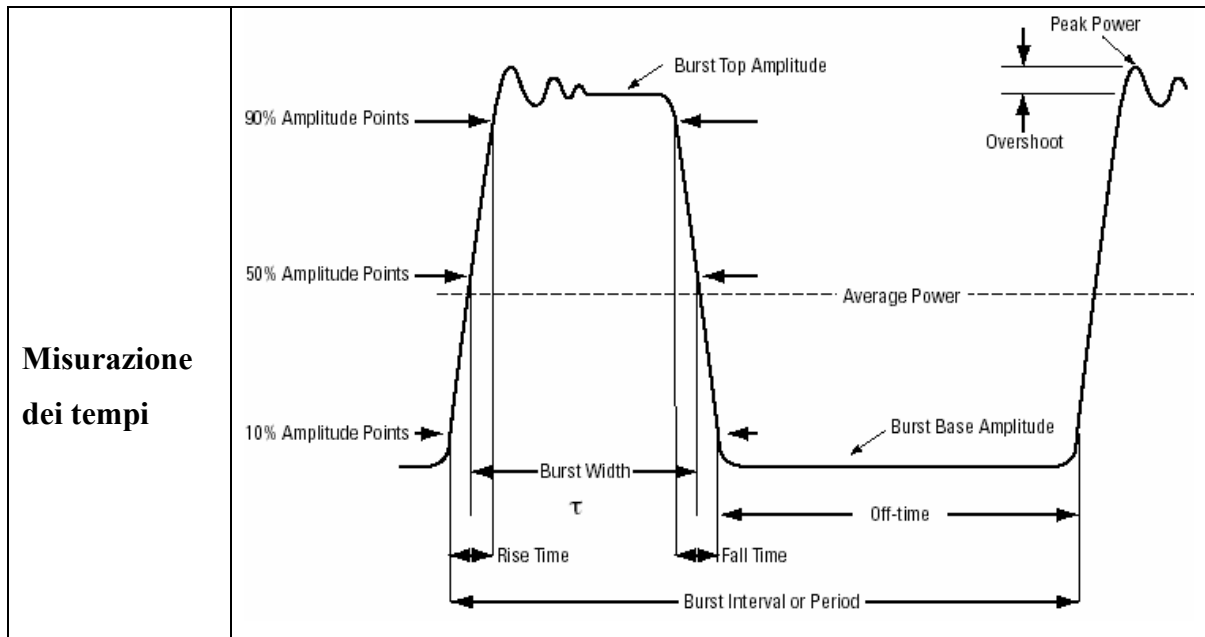


Nei sistemi che usano schemi di modulazione con ampiezza costante, come il GSM, il rapporto picco su media del segnale è rilevante se i componenti (ad esempio, l'amplificatore di potenza) devono portare più di una portante. C'è una chiara tendenza verso l'utilizzo di amplificatori di potenza multiportante nei progetti della stazione base per i sistemi di comunicazioni digitale.



## Misurazioni dei tempi

Le misurazioni dei tempi sono comuni sui sistemi TDMA, dove il segnale è impulsivo. Le misurazioni stimano l'involuppo della portante nel dominio del tempo. Le misurazioni includono la larghezza dell'impulso, tempo di salita, tempo di discesa, potenza di picco e il duty cycle.



Le misurazioni dei tempi sono principalmente importanti per assicurare la minima interferenza con i canali adiacenti o con i timeslots.

## Misurazioni sulla qualità della modulazione

Ci sono diversi modi per misurare la qualità di un segnale modulato digitalmente. Come si è già visto, di solito si confronta il segnale trasmesso con un segnale di riferimento ideale



generato matematicamente. La definizione della misura dipende principalmente dallo schema di modulazione e dallo standard che segue. Per esempio, il NADC (Nord American Digital Cellular system) ed il PDC (Pacific Digital Cellular system), usano il Modulo del Vettore Errore EVM (Error Vector Magnitude), mentre il GSM usa l’errore di fase e di frequenza. Il CDMA usa il  $\rho$  (rho) e la potenza nel dominio dei codici.

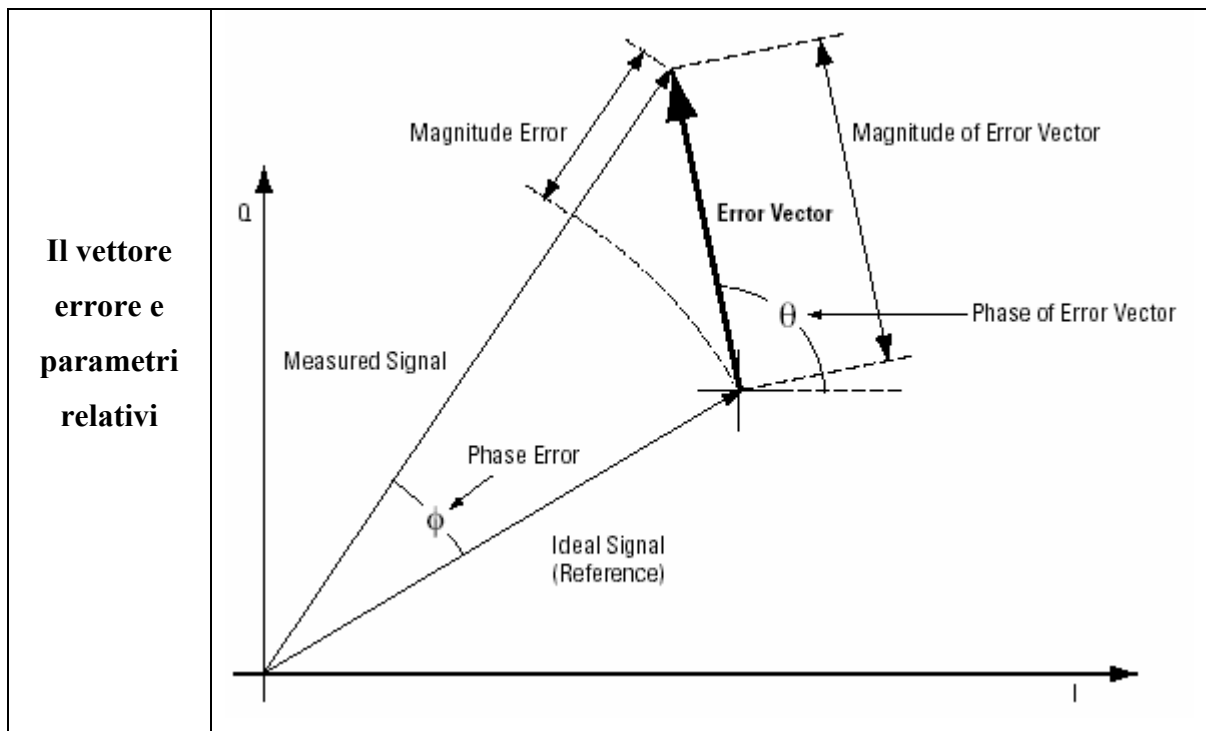
Queste ed altre misure sulla qualità della modulazione sono descritte nei paragrafi seguenti:

### **Modulo del Vettore Errore (EVM)**

Il modulo del vettore errore è largamente usato come qualità metrica della modulazione nei sistemi di comunicazione digitali. Quando si stanno compiendo misure EVM, l’analizzatore campiona l’uscita del trasmettitore per catturare l’attuale traiettoria del segnale. Il segnale è di solito demodulato e viene derivato matematicamente un segnale di riferimento. Il *vettore errore* è il vettore differenza, in un determinato istante di tempo, tra il segnale di riferimento ideale ed il segnale misurato. Il vettore errore è una quantità complessa che contiene una componente modulo e una componente fase.

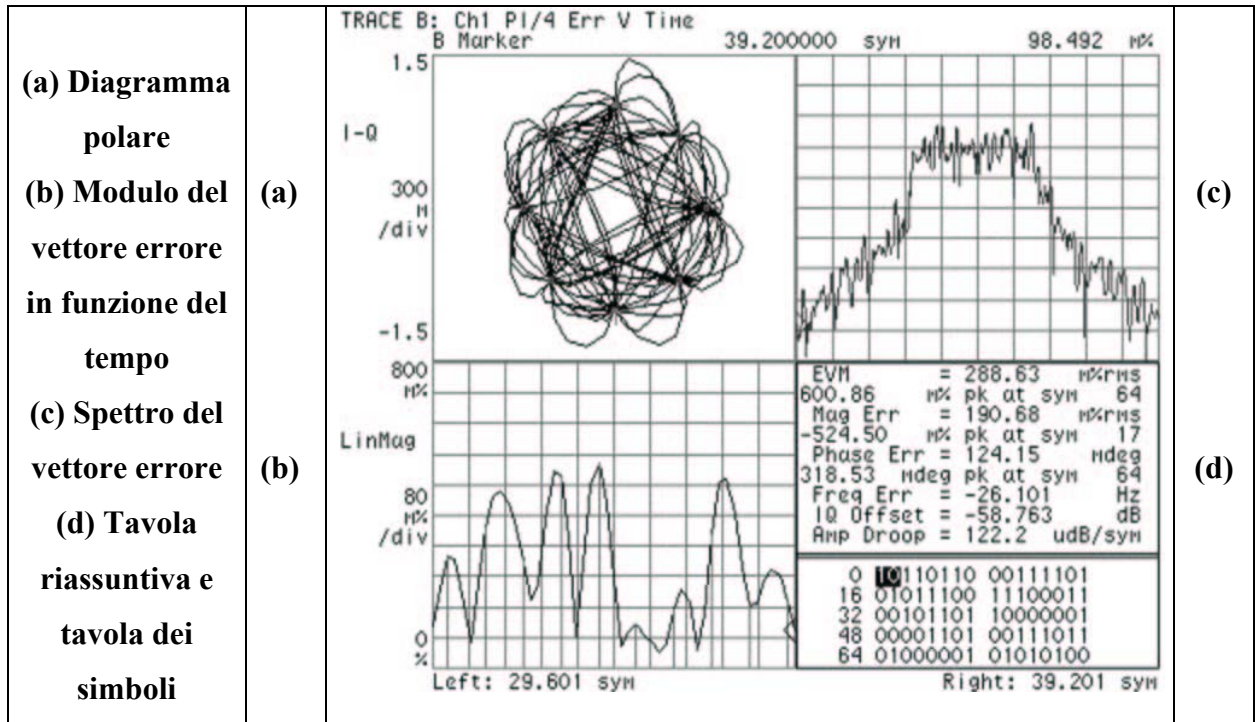
E’ importante non confondere il modulo del vettore errore con l’errore del modulo, o la fase del vettore errore con l’errore della fase.

Una descrizione grafica di questa differenza può essere vista nella successiva figura.



Il modulo del vettore errore è la radice quadratica media (rms) del valore del vettore errore all'istante di tempo della transizione del simbolo. Per convenzione, EVM è di solito normalizzato o all'ampiezza del simbolo estremo o alla radice della potenza media del simbolo.

Separatamente dal diagramma polare e dalla costellazione, altre importanti visualizzazioni associate con EVM che sono *l'ampiezza del vettore errore in funzione del tempo, lo spettro del vettore errore, la fase del vettore errore in funzione del tempo, e l'ampiezza dell'errore in funzione del tempo*. La figura successiva mostra alcune di queste visualizzazioni.

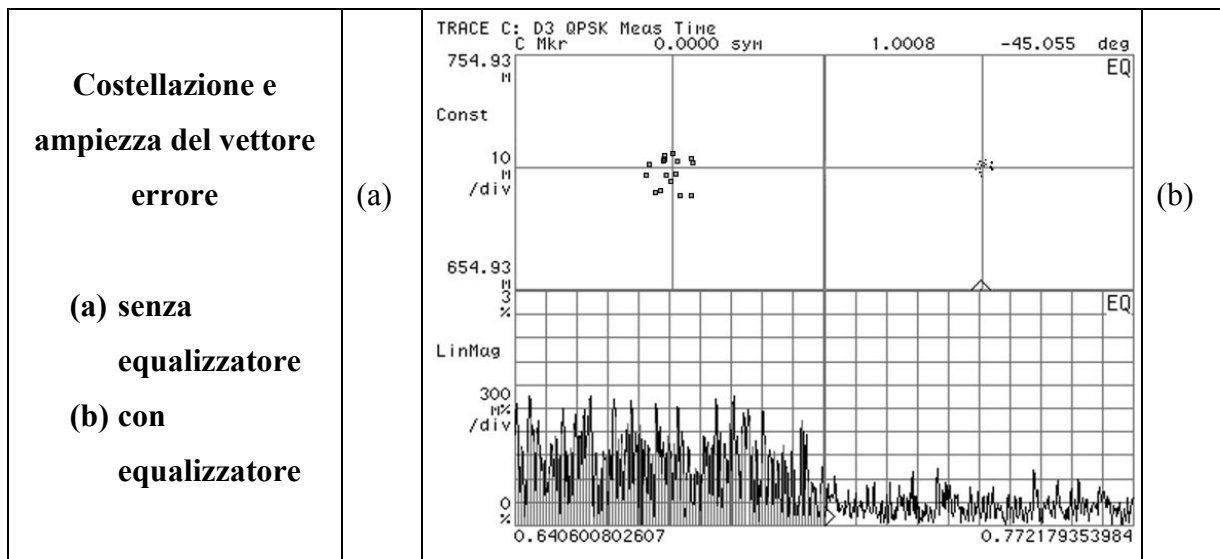


L'EVM e le visualizzazioni relative sono sensibili ad ogni difetto del segnale che si manifesta sull'ampiezza e traiettoria di fase per un ogni tipo di modulazione digitale. Un elevato vettore errore può essere causato da problemi in bandabase, nella sezione IF o RF del trasmettitore. Per esempio, la costellazione I/Q può essere usata facilmente per identificare gli errori di squilibrio di guadagno. Piccoli errori di symbol rate possono essere facilmente identificati guardando sul display l'ampiezza del vettore errore in funzione del tempo. Lo spettro del vettore errore può aiutare a localizzare le spurie nel canale.

Il valore della EVM come un indicatore della qualità di modulazione può essere migliorato facendo uso di *equalizzatore* nello strumento di misura. L'equalizzatore è comunemente usato nei ricevitori digitali. Anche se la sua funzione primaria è ridurre gli effetti del



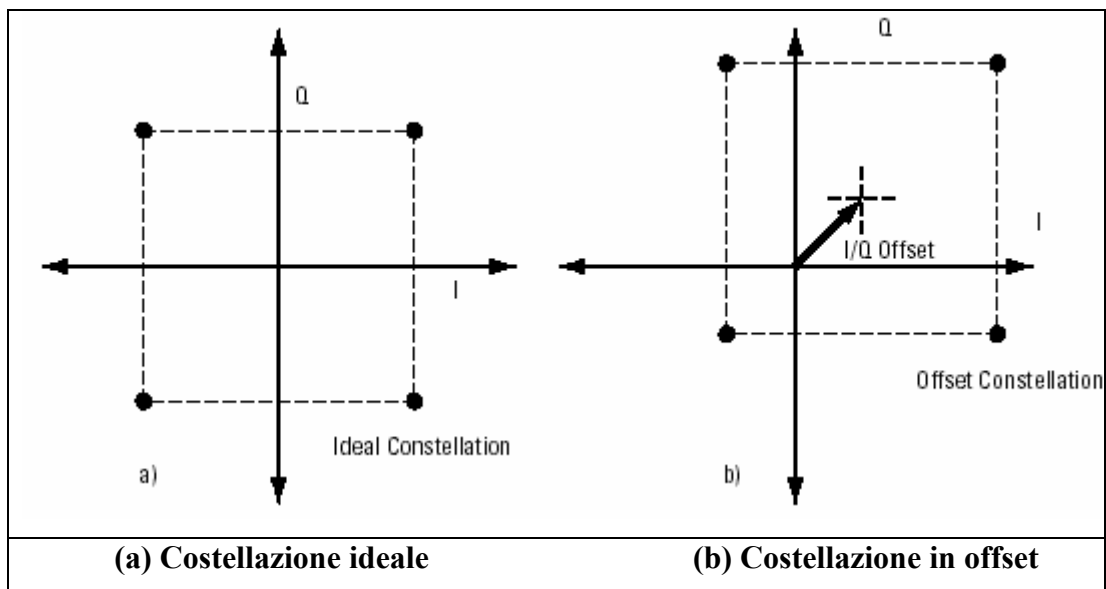
multipath, esso compensa anche le imperfezioni del segnale generato nel trasmettitore e ricevitore. Per questa ragione, è utile avere un equalizzatore nella strumento di misura. Uno strumento con un equalizzatore emulerà meglio un ricevitore; ovvero, le imperfezioni che l’equalizzatore del ricevitore rimuove, sono anche rimosse dallo strumento di misura. Perciò, le imperfezioni che hanno piccoli effetti sul sistema hanno anche minimo impatto sulla EVM misurata. La figura successiva mostra l’ampiezza del vettore errore in funzione del tempo con e senza equalizzatore.



Con l’equalizzatore la costellazione si vede molto meglio e l’ampiezza del vettore errore è più bassa. Il segnale non è cambiato, solo la tecnica di misurazione.

### I/Q Offset

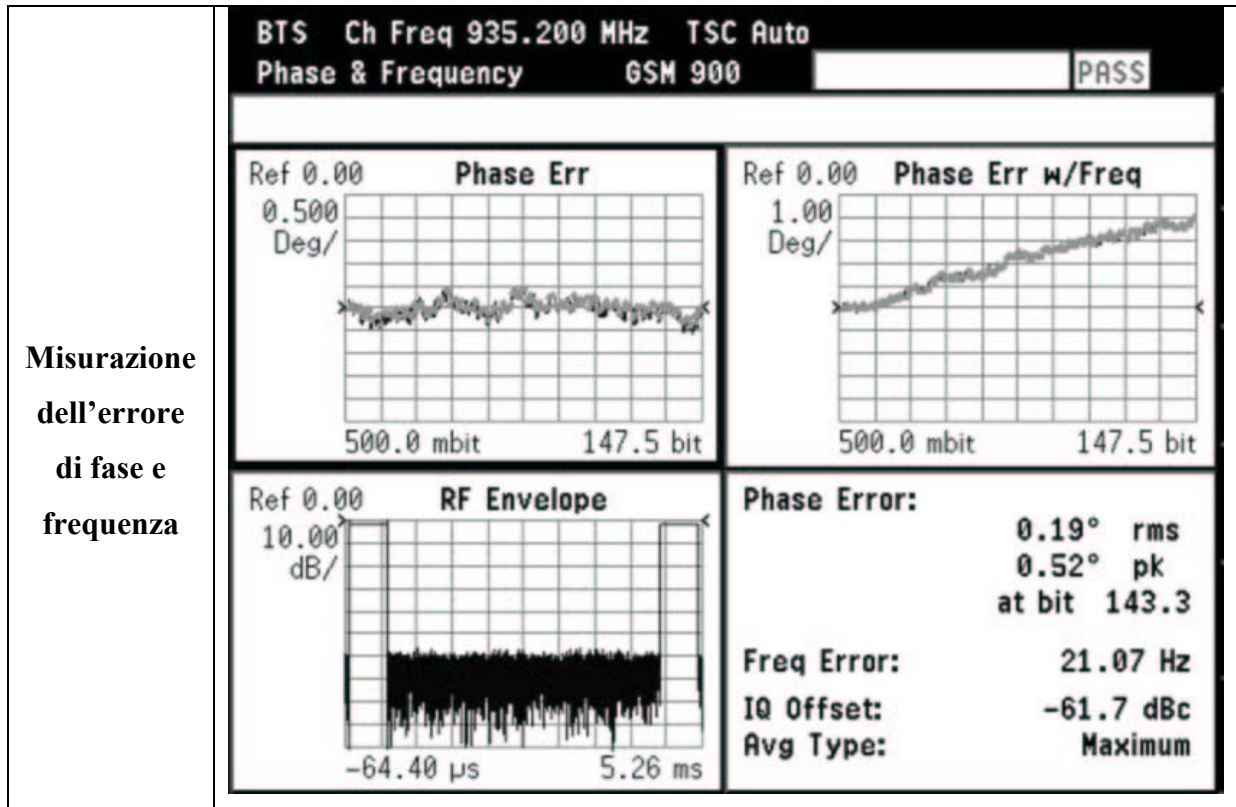
L’offset della componente continua DC dei segnali I o Q causa una traslazione dell’origine degli assi I/Q come mostrato in figura.



L'offset di I/Q da luogo ad una feedthrough della portante. Alcuni strumenti compensano questo errore prima di visualizzare la costellazione.o diagramma polare.

### Errore di fase e frequenza

Per una modulazione ad ampiezza costante, come GMSK usato nei sistemi GSM, l'errore di fase e frequenza sono misure rappresentative della qualità del segnale e migliori rispetto all'EVM. Come per l'EVM, l'analizzatore campiona l'uscita del trasmettitore per catturare poi la traiettoria di fase. L'errore di fase è determinato comparando il segnale ottenuto con il segnale di riferimento. Il gradiente del segnale errore di fase è l'errore di frequenza. La piccola variazione di questo segnale è definito come errore di fase ed è espresso in termini di rms e picco. Si veda la figura seguente.



Errori di fase significativi possono indicare problemi nella sezione bandabase del trasmettitore. L'uscita dell'amplificatore nel trasmettitore può creare anche distorsione che causa inaccettabilmente elevati errori di fase per segnali multiportanti.

L'errore di frequenza è la differenza tra la frequenza della portante specificata e la frequenza della portante attuale. Un errore di frequenza costante indica semplicemente che è stata usata una frequenza portante lievemente sbagliata. Un errore di frequenza non costante possono indicare, ad esempio, instabilità in un breve tempo nell'oscillatore locale (LO), filtraggi impropri, conversioni AM-PM nell'amplificatore, o indice di modulazione



sbagliata se il trasmettitore è implementato come un modulatore di frequenza analogica.

### **Risposta in frequenza e ritardo di gruppo**

Come abbiamo già notato, l'equalizzatore compensa per certe imperfezioni del segnale nel trasmettitore, nel percorso della trasmissione, o nel ricevitore. L'equalizzatore rimuove solamente le distorsioni lineari. Le distorsioni lineari accadono quando il segnale passa attraverso uno o più dispositivi lineari aventi funzioni di trasferimento con ampiezza non costante, e/o le variazioni del ritardo di gruppo nella larghezza di banda del segnale. Ci possono essere molte fonti di distorsioni lineari in un sistema: filtri passabanda nel IF, cavi terminali inadatti, filtri passabanda inadatti, non compensazione del  $\text{sen}(x)/x$ , antenna disadattata, segnali combinati ed effetti del multipath. Tutte le cause di distorsioni lineari possono essere combinate e rappresentate da una singola funzione di trasferimento  $H(f)$ .

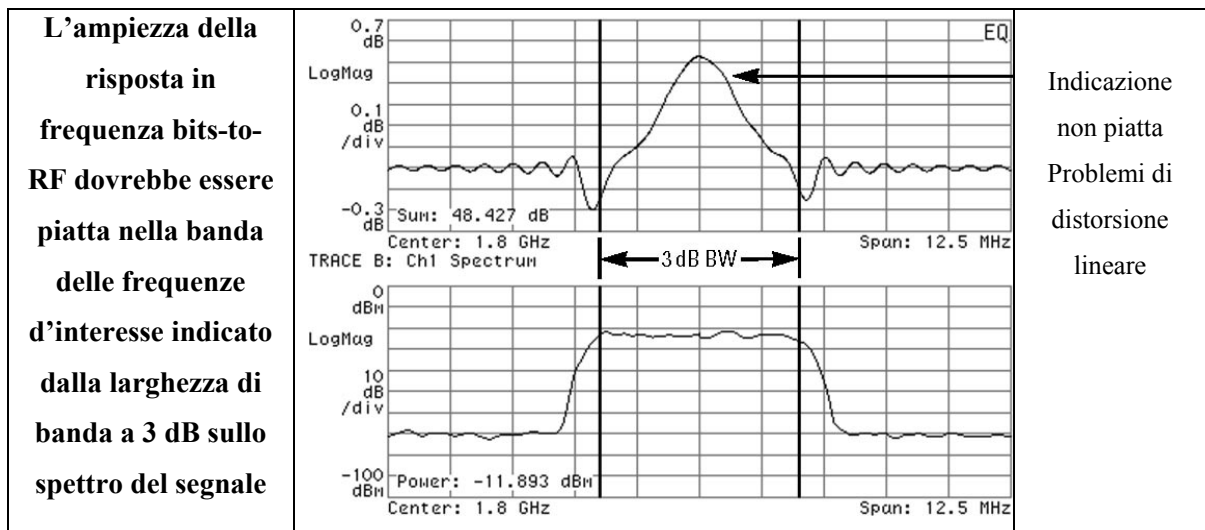
Quando si applica l'equalizzatore, la misura dello strumento compensa l'effetto della distorsione lineare, dove il filtro equalizzatore assume la funzione di trasferimento uguale a  $1/H(f)$ .

Una volta applicata la funzione inversa di trasferimento, la quale rappresenta l'insieme degli elementi di distorsione lineare dei dispositivi sotto test, essa può essere misurata e visualizzata. Se è misurata direttamente all'uscita del trasmettitore, la funzione inversa di trasferimento è fondamentalmente la risposta in frequenza bits-to-RF del trasmettitore, ovvero la risposta in frequenza dalla bandabase in radio frequenza, usando dei bits come segnale d'ingresso, (o le variazioni dalla risposta in frequenza ideale causata dalle



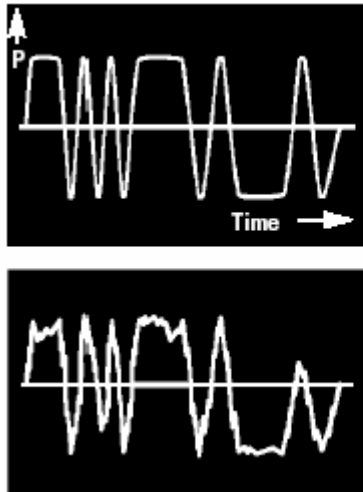
distorsioni non lineare). L'attuale risposta in frequenza può essere visualizzata e misurata come ampiezza, fase, e ritardo di gruppo.

Idealmente, l'ampiezza della risposta in frequenza dovrebbe essere piatta attraverso la banda d'interesse, e la fase dovrebbe essere lineare nella stessa banda. Il ritardo di gruppo è una misura più utile della distorsione di fase. Esso è definito come la derivata della risposta di fase in funzione della frequenza ( $d\phi/d\omega$ ) ovvero, la pendenza della risposta di fase. Se il trasmettitore non presenta distorsione, la sua risposta di fase è lineare e il ritardo di gruppo è costante. Quindi, variazioni del ritardo di gruppo costante indica distorsione.



## Rho

Il sistema CDMA usa  $\rho$  (rho) come una delle metriche per la qualità della modulazione. Rho è misurato su un singolo canale di codice. Esso è il rapporto della potenza correlata alla potenza totale trasmessa.



$$\rho = \frac{\text{Power that correlates with ideal}}{\text{Total Power}}$$
$$= \frac{\text{Signal Power}}{\text{Signal Power} + \text{Error Power}}$$

La potenza correlata è calcolata rimuovendo frequenza, fase e tempo di offset, ed effettuando una correlazione tra il segnale correttamente misurato e il riferimento ideale. Se una delle energie trasmesse non è correlata, questo eccesso di potenza appare come rumore aggiunto che può interferire con altri utenti sul sistema.

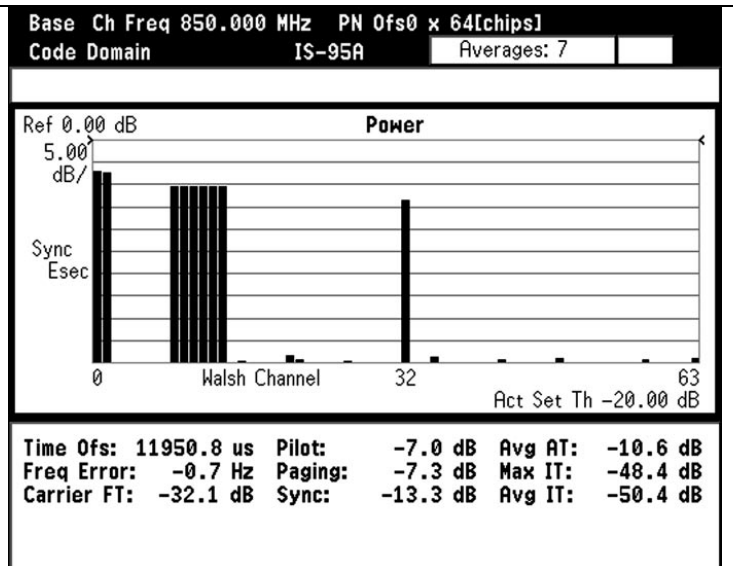
La misura del rho indica il livello complessivo di performance della modulazione di un trasmettitore CDMA quando si trasmette un singolo canale.

### Potenza nel dominio dei codici

Nel sistema CDMA, un segnale con canali multipli di codici può essere analizzato nel dominio dei codici. Per analizzare la forma d'onda composta, ogni canale è decodificato usando un algoritmo di correlazione dei codici. Questo algoritmo determina la correlazione dei coefficienti per ogni codice. Una volta che i canali sono decodificati, la potenza in ogni canale di codici è determinato.



**Misurazione della potenza  
nel dominio dei codici**

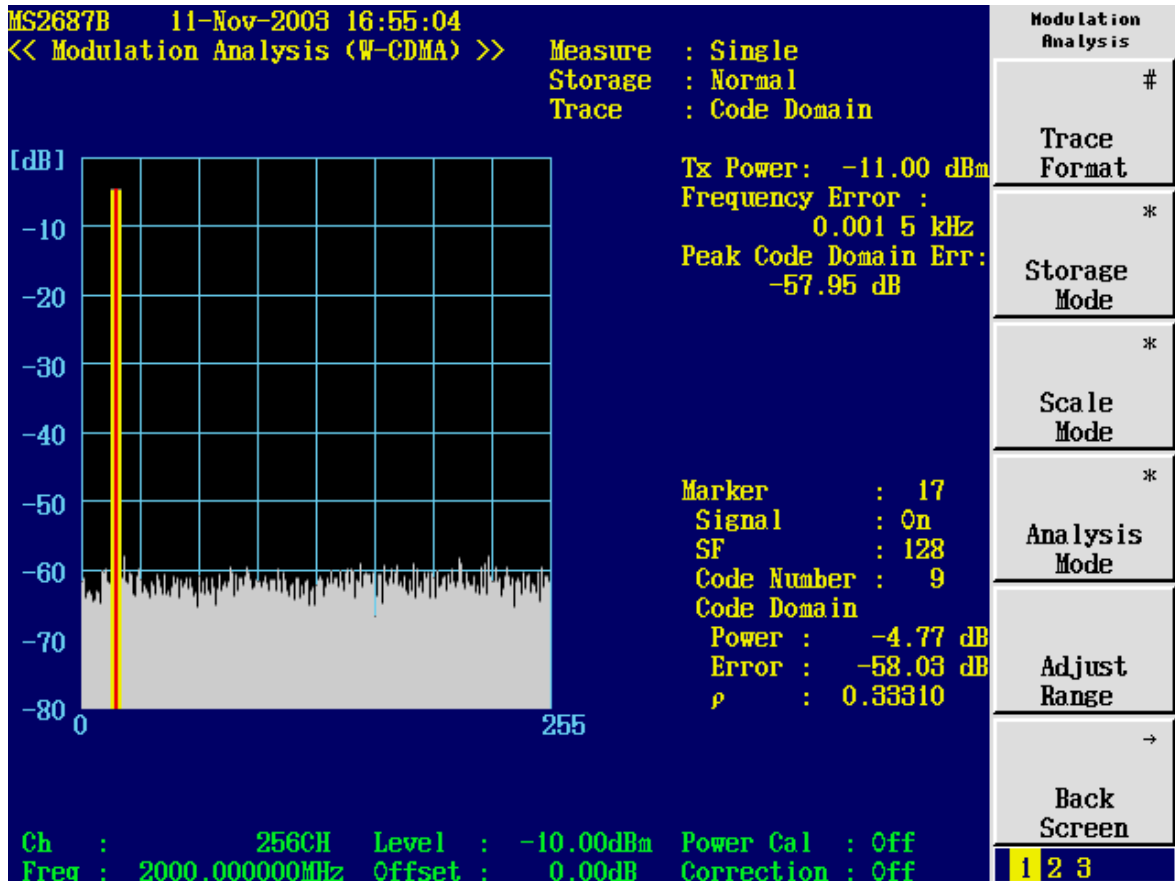


La misurazione della potenza nel dominio dei codici, come mostrato in figura, è essenziale per verificare se la stazione base stia trasmettendo potenza corretta in ognuno dei canali.

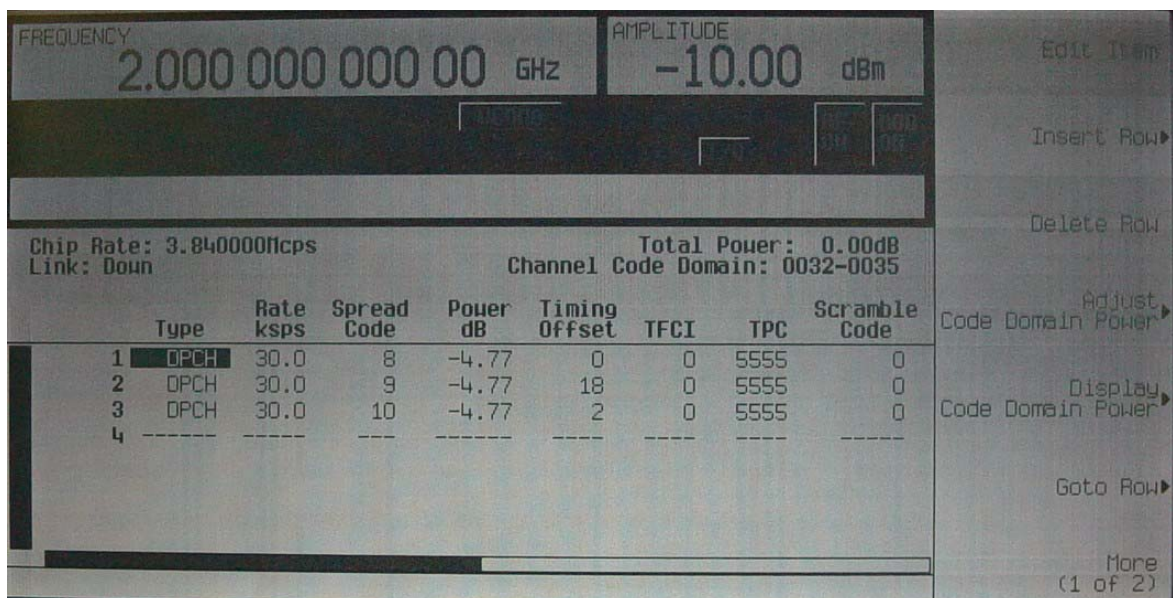
La misurazione è anche importante per guardare i livelli di potenza dei canali inattivi, nei quali possono indicare problemi specifici nel trasmettitore. Per esempio, un aumento non desiderato di spurie nel canale del livello di rumore.

La compressione può provocare un mixing di canali di codici attivi per poi produrre energia in particolari canali inattivi.

La figura successiva mostra la misurazione della potenza nel dominio dei codici per un segnale W-CDMA a 3,84 Mchips/s in Down-Link con 3 canali DPCCH da un analizzatore di spettro Anritsu MS2687B.

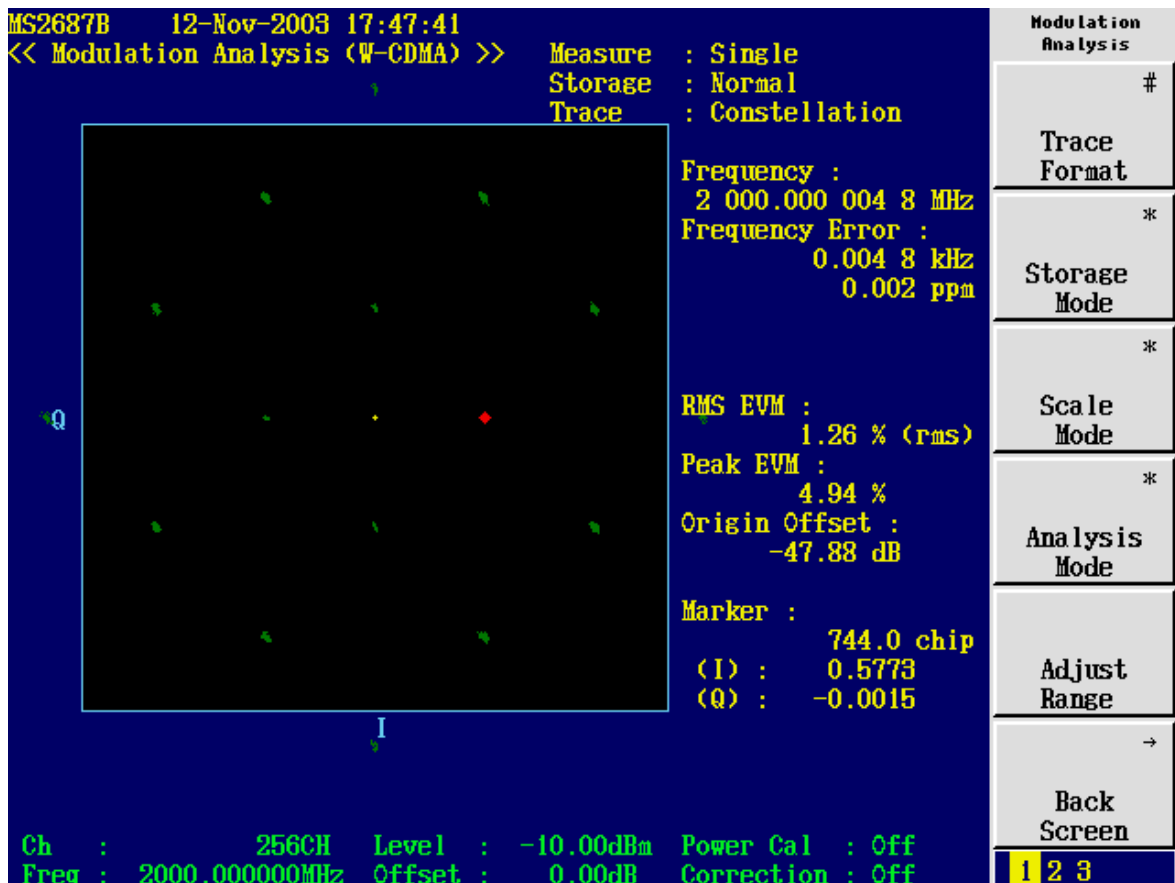


La figura successiva mostra il segnale generato W-CDMA dal generatore Agilent E4432B





La figura seguente mostra la costellazione del segnale W-CDMA a 3,84 Mchips/s in Down-Link con 3 canali DPCH da un analizzatore di spettro Anritsu MS2687B.



## 2.4.5 Misurazioni fuori dal canale

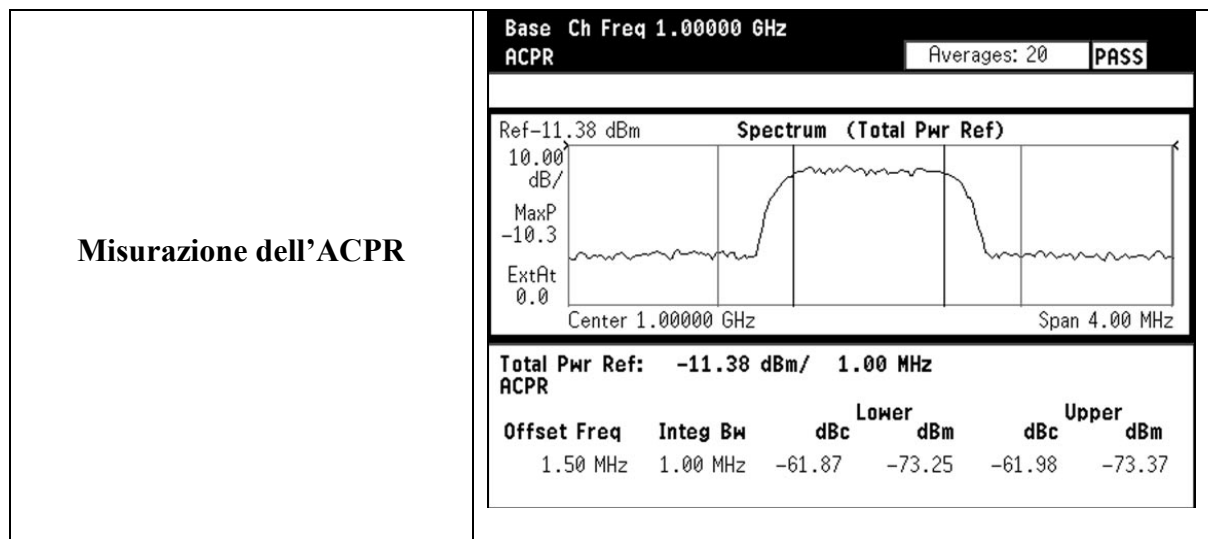
Le misurazioni in banda fuori del canale sono quelle che misurano distorsione ed interferenza all'interno della banda, ma fuori dal canale che si trasmette.



## Rapporto di potenza nel canale adiacente (ACPR)

Qualunque tecnologia usata o standard seguito, le misurazioni ACPR (Adjacent Channel Power Ratio) sono richieste per assicurare che il trasmettitore non effettui interferenza con canali adiacenti ed alterni.

Il rapporto di potenza nel canale adiacente (ACPR) è di solito definito come il rapporto tra la potenza media del canale adiacente e la potenza media nel canale trasmesso. Per esempio, nella figura seguente, l'ACPR attraverso una larghezza di banda di 1 MHz è di -61,87 dB per il canale adiacente inferiore e -61,98 dB per il canale adiacente superiore. L'ACPR è spesso misurato a multipli della spaziatura tra i canali (frequency spacing).



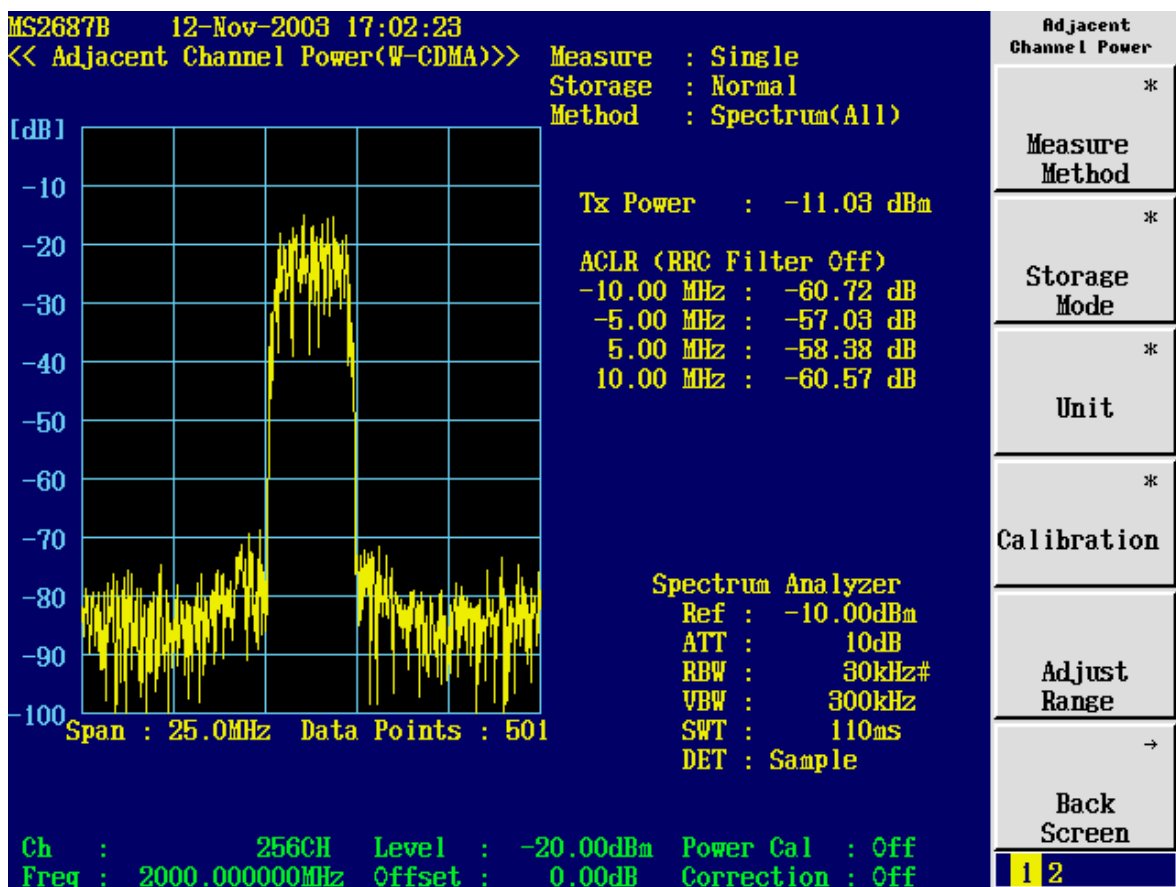
Quando si effettuano misurazioni, è importante portare in acconto le statistiche del segnale trasmesso. Le curve CCDF possono essere usate per questo scopo, come abbiamo già visto. Valori diversi di rapporto picco su media hanno un differente impatto sulle



componenti non lineari del trasmettitore, come l'amplificatore RF, e ancor meglio sull'ACPR. Elevato rapporto picco su media nel segnale trasmesso può causare maggiore interferenza nel canale adiacente.

Le misurazioni ACPR sullo stesso trasmettitore possono offrire risultati diversi che dipendono dalla stima del segnale trasmesso. Quando viene misurato, per esempio, ACPR nella stazione base CDMA, è importante considerare la configurazione usata del canale.

La figura seguente mostra l'ACPR di un segnale W-CDMA a 3,84 Mc/s misurato da un analizzatore di spettro Anritsu MS2687B





Standard diversi hanno differenti nomi e definizioni per la misura ACP. Per esempio, per il sistema TDMA come il GSM, ci sono due contributi principali per l’ACP: la transizione burst-one ed off, e la modulazione stessa. Lo standard GSM nomina la misurazione ACP Output RF Spectrum (ORFS), e specifica due misurazioni diverse: ORFS due modulation e ORFS due to switching.

Nel caso di NADC-TDMA, gli ACP dovuti ai transistori e alla modulazione stessa sono, per le stazioni mobili, misurati separatamente. Inoltre, una funzione peso, che corrisponde alla risposta del filtro del ricevitore in banda base, è utilizzata nella misurazione sia per le stazioni base sia per le stazioni mobili.

**Spectral splatter** è un termine spesso associato con l’ACP a causa dei transistori. Spectral splatter può essere causato da veloci *burst turn-on* e *turn-off*. Un elevato spectral splatter può occasionalmente essere causato da transistori di fase. Siccome i transistori sono eventi molto brevi, catturare il loro tempo può essere utile per localizzarli ed analizzarli. Lo spectral splatter può anche essere analizzato usando uno spettrogramma che visualizza lo spettro in funzione del tempo.

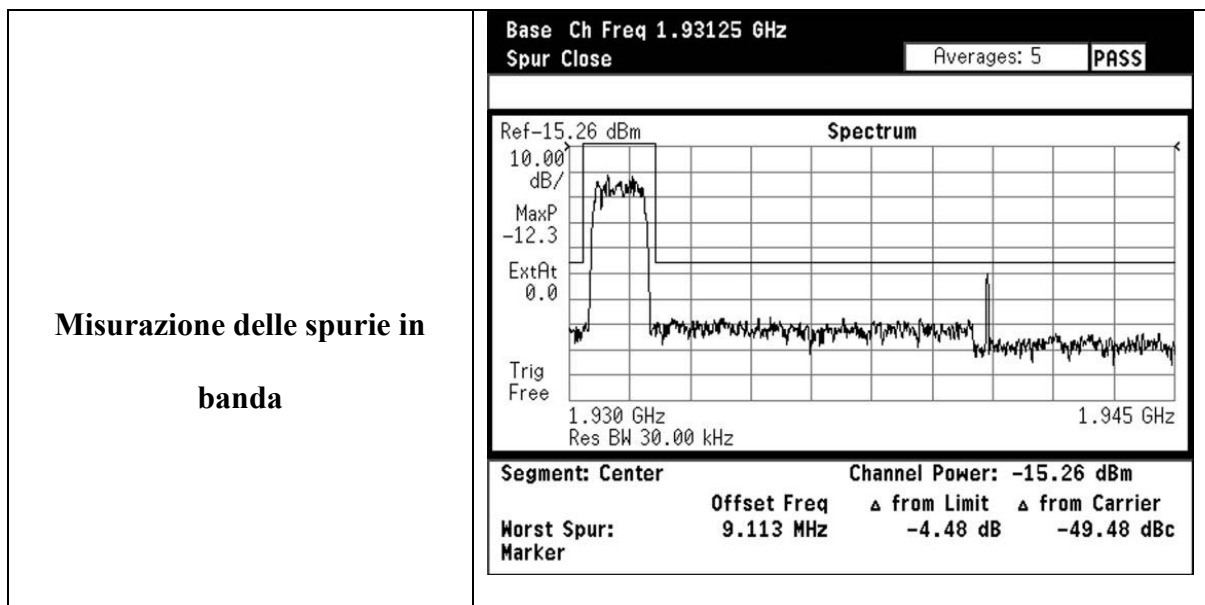
Per il cdmaOne (standard basato IS-95 del sistema CDMA), l’ACPR non è definito nello standard, ma è spesso usato in pratica per esaminare le emissioni di spurie specifiche in banda.



**Spectral regrowth** (ricrescita spettrale) è una misura di quanto la potenza nel canale adiacente cresce (quanto peggiore diventa) per uno specifico incremento di potenza nel canale trasmesso.

## Spurie

Segnali spuri possono essere causati da diverse combinazioni di segnali nel trasmettitore. L'emissione di spurie dal trasmettitore che cadono all'interno della banda del sistema dovrebbero essere sotto il livello specificato dallo standard per garantire la minima interferenza con altre frequenze del canale. Si veda la seguente figura.





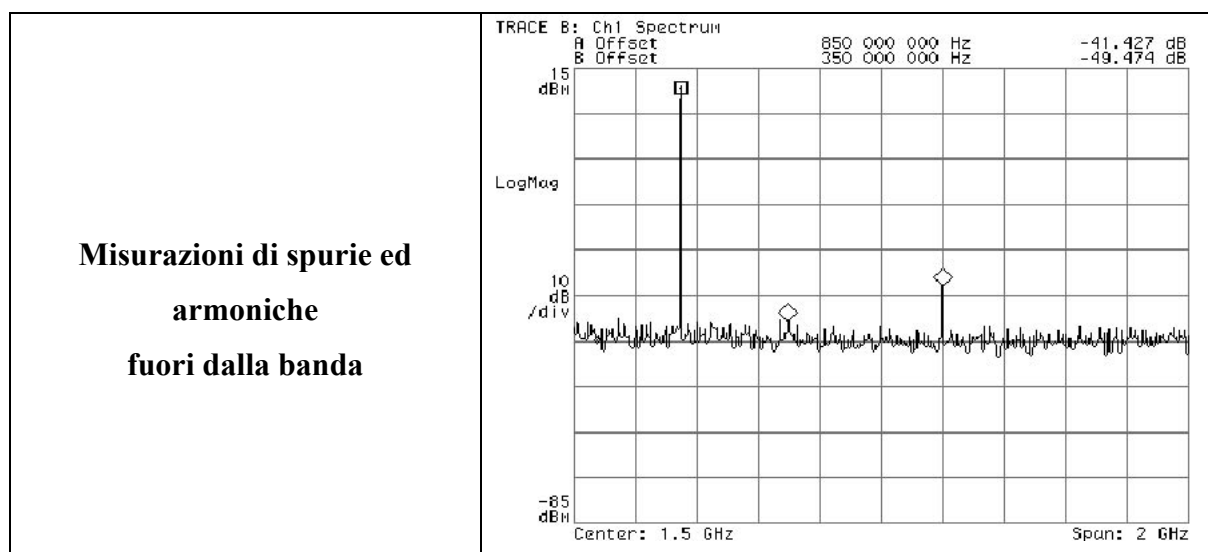
## 2.4.6 Misurazioni fuori banda

La misurazione fuori dalla banda sono quelle al di fuori della banda di frequenza del sistema.

### Spurie ed armoniche

Mentre le spurie sono causate da diverse combinazioni di segnali nel trasmettitore, le armoniche sono distorsioni prodotte da un comportamento non lineare. Esse sono multipli interi della frequenza portante del segnale trasmesso.

Le spurie e le armoniche fuori dalla banda sono misurate per assicurare la minima interferenza con altri sistemi di comunicazioni.





La figura seguente mostra la misurazione delle emissioni di spurie di un segnale W-CDMA a 3,84 Mchips/s misurato da un analizzatore di spettro Anritsu MS2687B

