

Caratteristiche, Limiti e Soluzioni Migliorative della Strumentazione di Misura

Leopoldo Angrisani

Dipartimento di Informatica e Sistemistica
Università di Napoli Federico II

Introduzione

✧ Le prestazioni e la conformità alla normativa vigente di ciascun componente di un sistema radiomobile di telecomunicazione, per ogni stadio del suo ciclo di vita, sono, generalmente, espresse tramite:

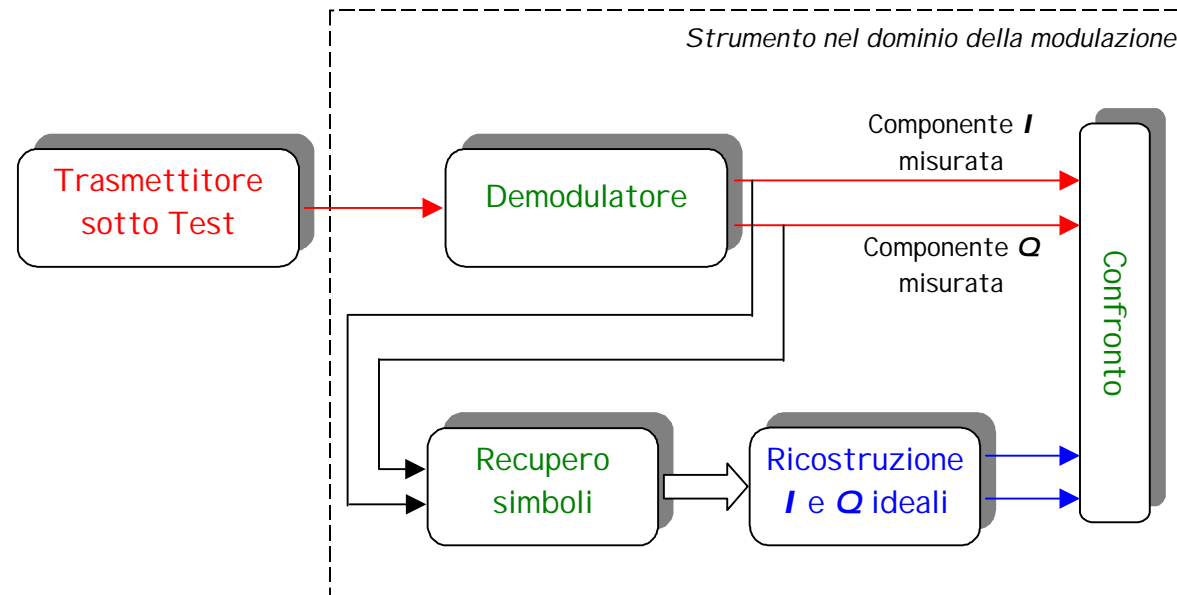
- ☯ parametri sintetici;
- ☯ confronto con maschere opportunamente prediposte;

✧ la cui valutazione e/o esecuzione richiede strumenti di misura che operano sul segnale trasmesso in uno dei seguenti domini:

- ☯ dominio del **tempo**;
- ☯ dominio della **frequenza**;
- ☯ dominio della **modulazione**.

Strumenti nel Dominio della Modulazione

✧ Effettuano un confronto tra le componenti in banda base misurate e quelle ideali.



✧ Il confronto si particolarizza in

☯ differenza e/o,

☯ correlazione

tra le traiettorie nel tempo.

Classificazione delle Misurazioni

Misurazioni in banda

Nel canale

 *obiettivo*: verificare le prestazioni del trasmettitore in relazione al canale che sta impegnando.

Fuori canale

 *obiettivo*: verificare l'entità dell'interferenza prodotta sui canali adiacenti.

Misurazione fuori banda

 *obiettivo*: evidenziare le non linearità del trasmettitore.

Strumentazione di Misura Attualmente Disponibile in Commercio

✧ Sistemi di Acquisizione Dati

- ☯ Devono essere caratterizzati da:
 - ⊗ estesa banda passante (fino a 5 GHz);
 - ⊗ elevata frequenza di campionamento in tempo reale (fino a 20 GS/s);
 - ⊗ grande profondità di memoria;
 - ⊗ *measurement personality* per ciascun sistema radiomobile su cui occorre specializzarsi.
- ☯ Operano essenzialmente nel dominio del tempo.

Strumentazione di Misura Attualmente Disponibile in Commercio

✦ Analizzatori di Spettro

☯ Devono essere caratterizzati da:

⊗ ampia regolazione della *resolution bandwidth* (1Hz-5MHz);

⊗ modalità *zero-span*;

⊗ *RMS detector*;

⊗ modalità *time-gated*;

⊗ *measurement personality* per ciascun sistema radiomobile su cui occorre specializzarsi.

☯ Operano essenzialmente nel dominio della frequenza.

☯ Possono essere utilizzati come *down-converter*.

Strumentazione di Misura Attualmente Disponibile in Commercio

✧ Wattmetri a Radiofrequenza

- ☯ Eseguono solo misurazioni di potenza media e di picco.
- ☯ Devono essere dotati di banda (in frequenza) di analisi regolabile, in relazione ai differenti sistemi radiomobili.
- ☯ Operano nel dominio del tempo.

Strumentazione di Misura Attualmente Disponibile in Commercio

✦ Analizzatori Vettoriali

- ☯ Di recente introduzione.
- ☯ Applicano algoritmi di elaborazione numerica ai campioni del segnale in analisi, preliminarmente convertito a frequenza intermedia.
- ☯ Operano nel dominio del **tempo**, della **frequenza** e della **modulazione**.
- ☯ Coprono in maniera quasi esaustiva tutte le misurazioni necessarie nelle fasi di produzione, manutenzione e diagnostica.

Limiti della Strumentazione senza Analisi Vettoriale

- ✦ Essere spesso vincolata ad un particolare tipo di modulazione e/o tecnologia.
- ✦ Data una modulazione e/o tecnologia, misurare, talvolta, un numero limitato di grandezze.



- ☯ Numero di strumenti e/o *measurement personalities* crescente in relazione al grado di esaustività del processo di qualificazione.
- ☯ Difficoltà nell'eseguire misurazioni in presenza di tipologie di modulazione non-standard.

Limiti della Strumentazione con Analisi Vettoriale

✧ Applicare algoritmi di elaborazione numerica caratterizzati da approcci **mono-dimensionali**, dominio del tempo o basati su FFT in relazione alla specifica applicazione.



🌀 Sono necessari differenti algoritmi per misurazioni differenti, con conseguente allungamento del tempo di misura.

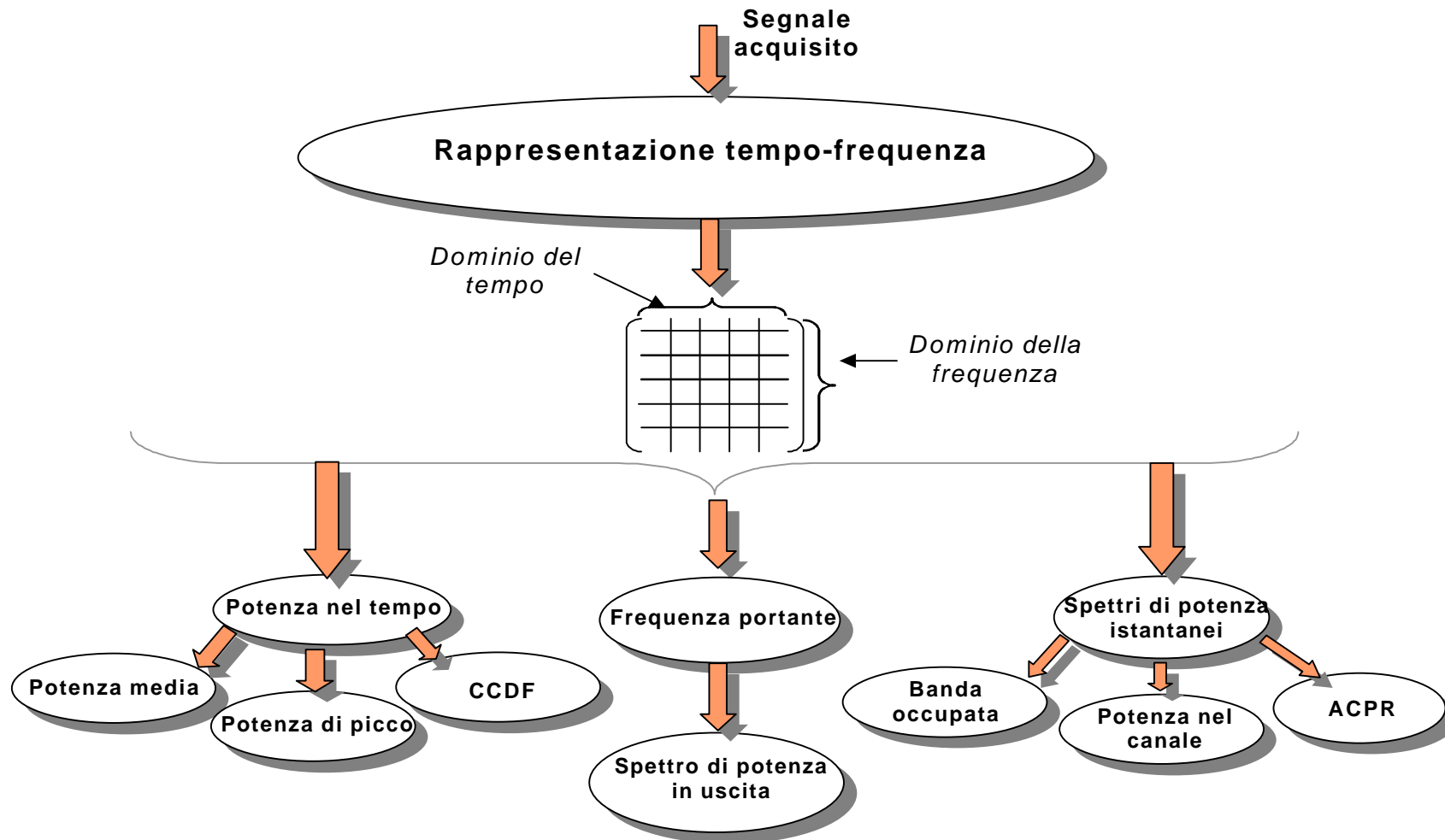
✧ **Costi elevati**; investimenti significativi.

✧ **Precisioni non spinte**, data l'eshaustività dell'insieme di misurazioni consentite.

Ulteriori Limiti della Strumentazione per i Sistemi di Terza Generazione





- ✧ La strumentazione idonea per i sistemi 2G risulta **inadeguata** per quelli 3G per l'intrinseca complessità della tecnologia CDMA.
- ✧ La natura *noise-like* dei segnali 3G crea problemi di **ripetibilità** delle misurazioni (significativa variabilità del risultato di misura).
- ✧ Non sono presenti sul mercato efficaci soluzioni per la **misura di interferenza** a banda stretta nei sistemi a spettri diffuso, quali quelli 3G.

Soluzione Migliorativa: Uso di Rappresentazioni Tempo-Frequenza

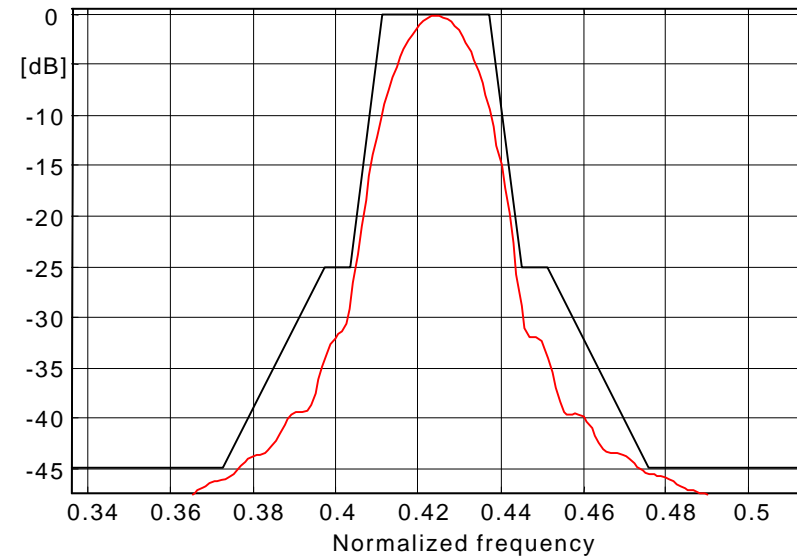
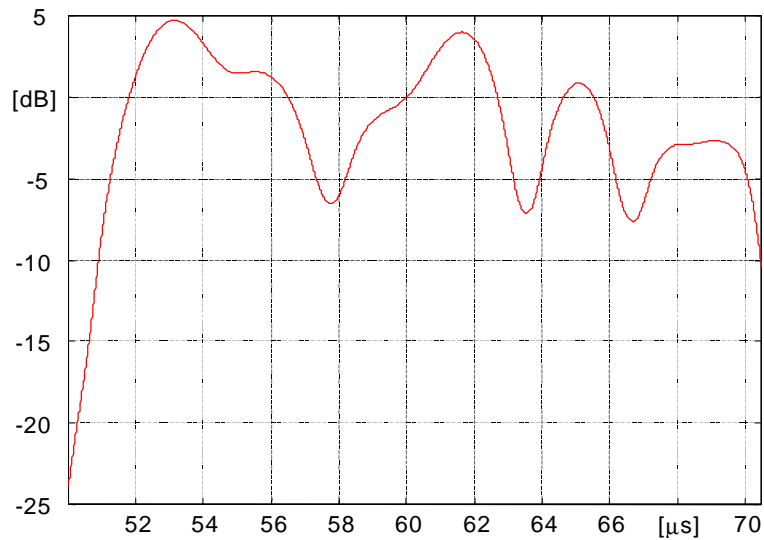
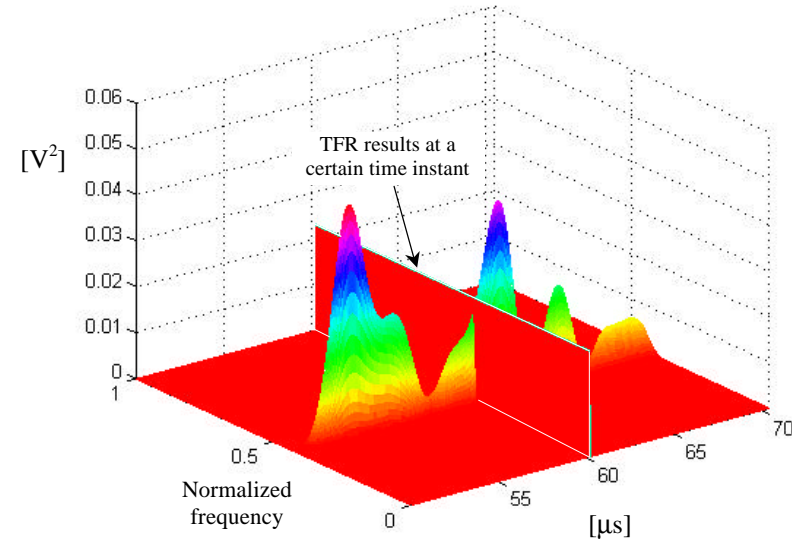
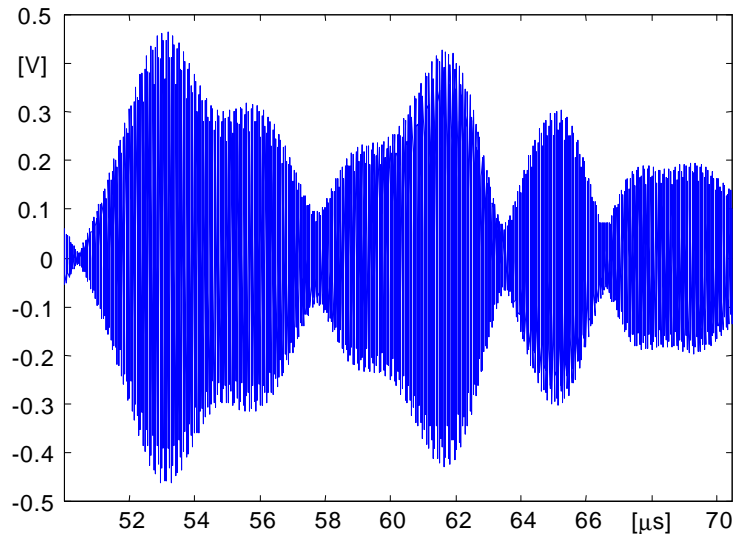


Soluzione Migliorativa: Uso di Rappresentazioni Tempo-Frequenza

Vantaggi

-  Approccio unificato alle misurazioni.
-  Esecuzione contemporanea ed automatica di gran parte delle misurazioni richieste nelle varie fasi del ciclo di vita di un sistema radiomobile, con conseguente riduzione di tempi e costi.
-  Semplificazione di alcune complesse procedure di misura, attualmente consigliate.
-  Migliore capacità diagnostica grazie ad un'analisi accurata, non attualmente disponibile, del contenuto tempo-frequenza del segnale trasmesso.

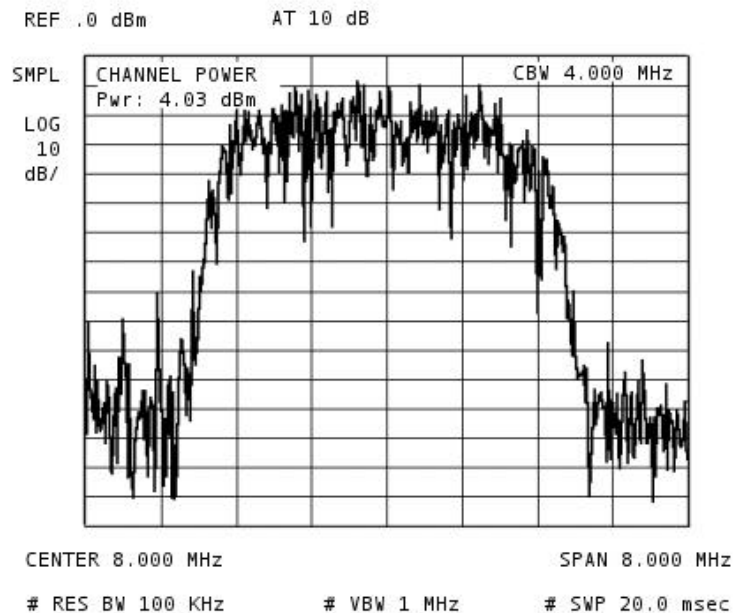
Esempio di Applicazione



Soluzione Migliorativa: Accurata Stima dello Spettro di Potenza

✧ Metodi utilizzati

- 🌀 *WOSA* (Weighted Overlapped Segment Averaging).
- 🌀 Stimatore *Multitaper*.



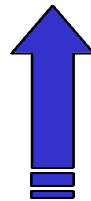
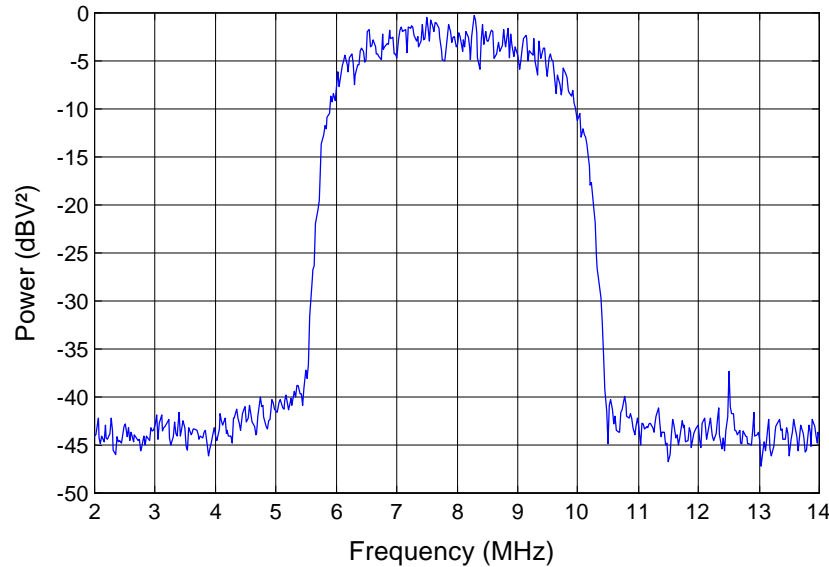
Tipica visualizzazione fornita da un Analizzatore di Spettro impiegato per misurazioni di potenza nel canale su segnali a spettro diffuso.

Soluzione Migliorativa: Accurata Stima dello Spettro di Potenza

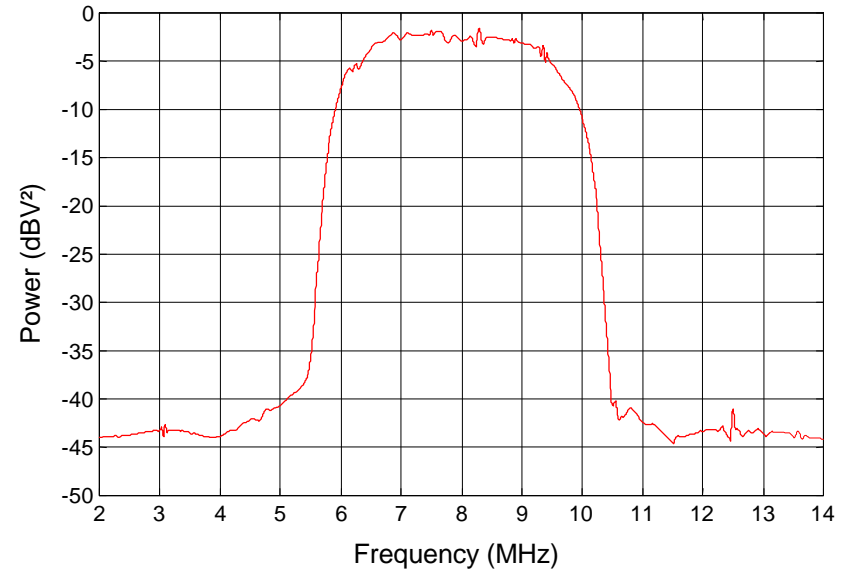
✧ Vantaggi

- 🌀 Notevole **miglioramento della ripetibilità** delle misurazioni.
- 🌀 Esecuzione **contemporanea ed automatica** di tutte le misurazioni di potenza che richiedono l'integrale dello spettro di potenza su determinati intervalli di frequenza.
- 🌀 **Precisione** confrontabile con quella garantita dai wattmetri di ultima generazione, per misurazioni di potenza media.

Esempio di Applicazione



Risultato ottenuto applicando
metodi *WOSA*.



Risultato ottenuto applicando
un approccio *Multitaper*.

Soluzione Migliorativa: Stima di Interferenza a Banda Stretta nei Sistemi a Spettro Diffuso

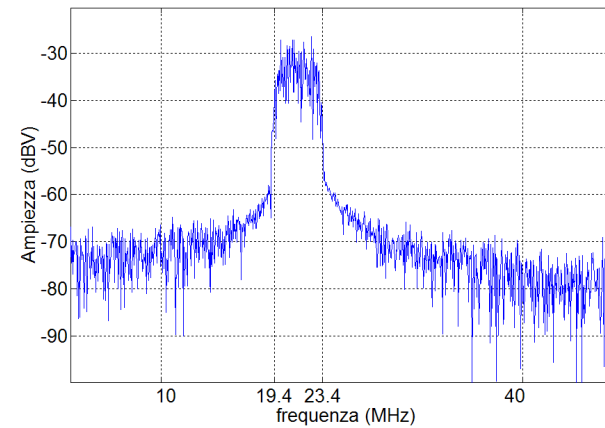
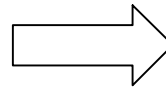
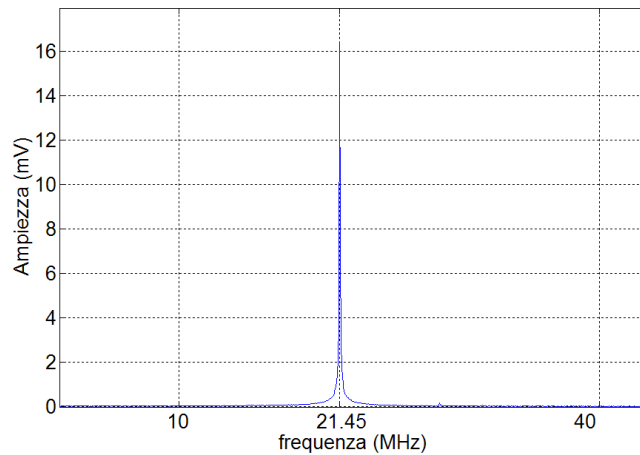
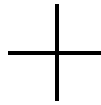
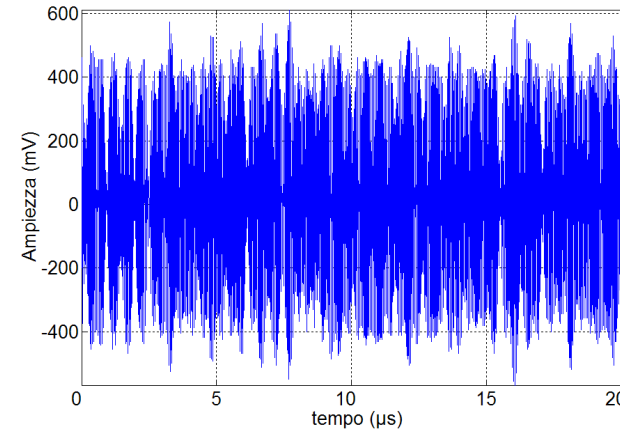
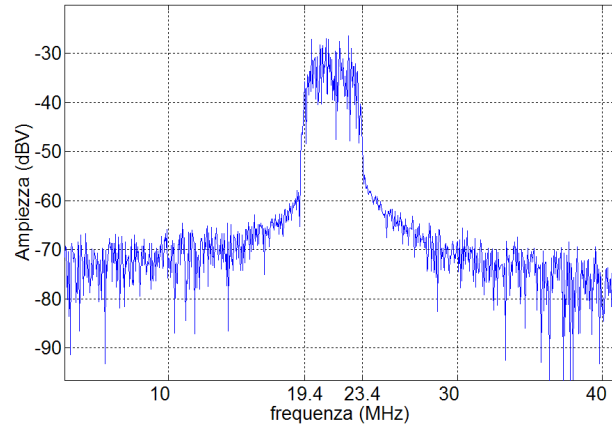
✧ Metodo utilizzato

- ☯ Trasformata *Wavelet Packet* con algoritmo di *Tresholding*

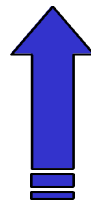
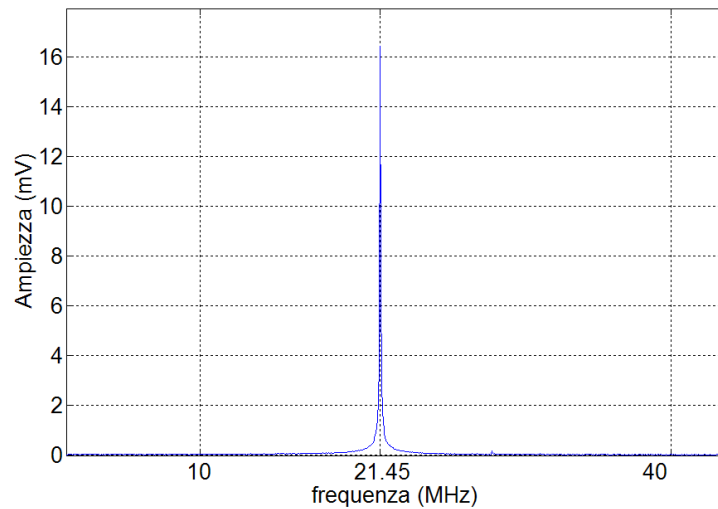
✧ Vantaggi

- ☯ **Indipendenza** dal sistema a spettro diffuso considerato.
- ☯ **Stima accurata** dell'ampiezza e del contenuto spettrale dell'interferenza anche in condizioni critiche:
 - ⊗ potenza dell'interferenza molto minore di quella del segnale a spettro diffuso;
 - ⊗ contenuto spettrale molto prossimo alla frequenza della portante.

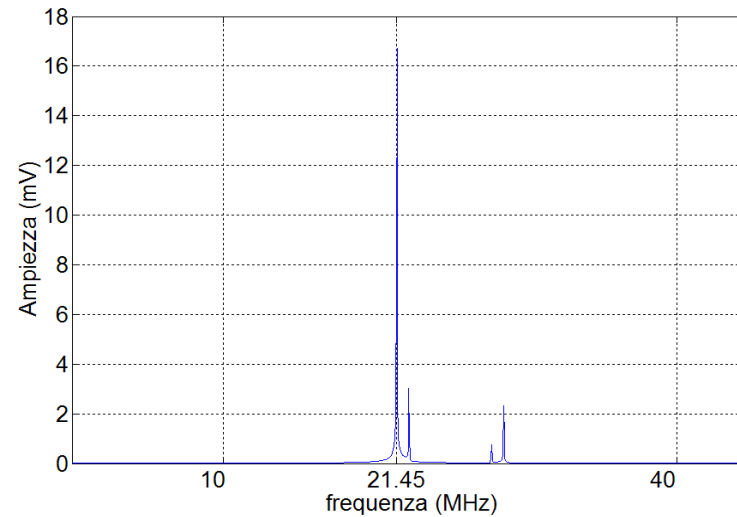
Esempio di Applicazione



Esempio di Applicazione



Spettro del tono sinusoidale
interferente **originario**.



Spettro del tono sinusoidale
ricostruito dal **metodo proposto**.