

STIMA CONSISTENTE DELLA DIREZIONE D'ARRIVO DI FRONTI D'ONDA A LARGA BANDA MEDIANTE SPACE-TIME MUSIC

Elio D. Di Claudio

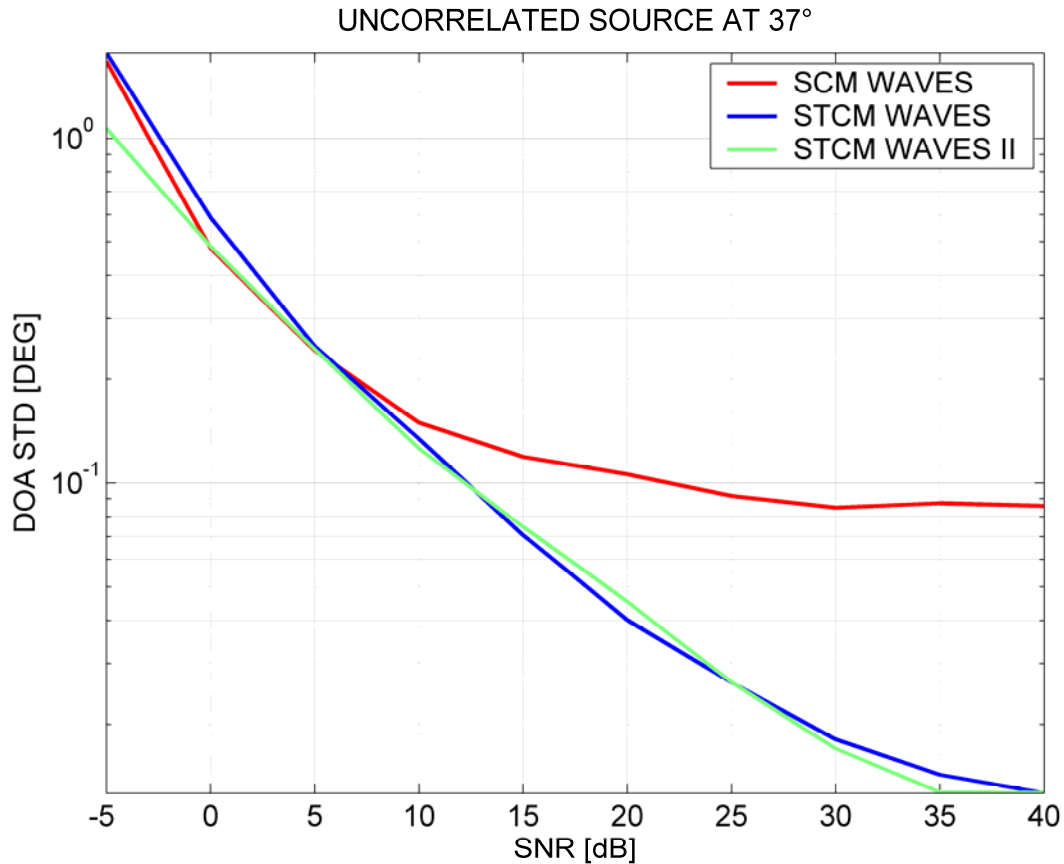
Dipartimento DIET
Università di Roma "La Sapienza"
Via Eudossiana, 18, I-00184 Roma
Email: dic@infocom.uniroma1.it

Il problema di stimare la direzione d'arrivo di sorgenti di campo multiple incidenti su array di sensori è classico nel radar, nel sonar, nell'acustica e nell'imaging. I metodi a banda stretta (MUSIC, ML, Weighted Subspace Fitting) sono ben noti e si basano sul *rango finito* del modello di segnale, pari al numero dei segnali indipendenti irradiati dalle sorgenti. Questi metodi di analisi sono basati su approcci geometrici e risultano anche computazionalmente e talvolta statisticamente efficienti. L'estensione a larga banda non è scevra da problemi, poiché i segnali sono *convoluti* in tempo per la risposta dei sensori dell'array. Le tecniche a ritardo nel tempo o basate sui soli segnali (ICA) falliscono nel caso di sensori eterogenei e rumore spazialmente non uniforme poiché non sono in grado di adattarsi alla risposta dell'array variabile in frequenza.

Le tecniche basate sulla canalizzazione in frequenza via DFT o banco di filtri, come il WAVES, [1] sono le più adottate e generalmente efficienti, ma si dimostra facilmente che una sorgente sottoposta a mix convolutivo non può essere consistentemente stimata (cioè con errore di stima dei parametri angolari asintoticamente nullo per tempo d'acquisizione e/o rapporto segnale rumore, SNR, crescenti) per *qualsivoglia* numero di canali in frequenza (vedi figura), producendo un *plateaux* di varianza ad alto rapporto S/R per sorgenti non allineate in tempo perfettamente tra i sensori. Questo *plateaux* annulla il miglioramento dovuto alla fusione dell'informazione tra le varie bande. Paradossalmente, misure a banda stretta sullo stesso segnale ad alto SNR sono facilmente più accurate.

Il problema è stato affrontato con tecniche basate su speciali espansioni tempo-frequenza (2-D Hermite-Gauss e Laguerre-Gauss) che evitano alla radice questo fenomeno [2], [3], [4] e che sono in corso di perfezionamento.

Nell'ambito di queste ricerche, è emersa una struttura algebrica sfruttabile nell'ambito delle comuni rappresentazioni spazio-tempo (ST) della risposta dell'array, che sono alla base delle tecniche a canalizzazione. Poiché una sinusoidale ha una rappresentazione ST a rango unitario, la risposta dell'array è statisticamente decomposta in sinusoidi a frequenza diversa, identificate da un criterio affine al MUSIC (cancellazione della frequenza dal sottospazio di segnale della matrice di correlazione ST) [5]. Si identifica a ciascuna frequenza di interesse un sottospazio di segnale formato da combinazioni lineari delle risposte a banda stretta dell'array a ciascuno dei segnali, come nel MUSIC classico. Il modello risultante è a rango finito, accetta segnali coerenti, cancella le interferenze tra le frequenze e isola efficientemente le sorgenti che ancora creano il problema della consistenza (quelle formate da poche sinusoidi o ciclostazionarie). I sottospazi ST-MUSIC possono essere usati in qualunque algoritmo a canalizzazione in frequenza, come il classico e performante WAVES [1][5], fornendo misure di accuratezza crescente con il SNR, come atteso per stimatori consistenti, e praticamente aderenti ai confini teorici su una vasta gamma di SNR, risultato mai raggiunto in precedenza.



RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] E. D. DI CLAUDIO, R. PARISI, "WAVES: Weighted Average of signal Subspaces for robust wide-band direction finding", *IEEE Trans. on Signal Processing*, Piscataway, NJ, USA, Vol. 49, No. 10, pp. 2179-2191, October 2001.
- [2] E. D. DI CLAUDIO, G. JACOVITTI, A. LAURENTI, "Robust direction estimation of UWB sources in Laguerre-Gauss beamspace", *Proc. of the 2011 IEEE Int. Conf. on Acoustics and Signal Processing, ICASSP2011*, Praga, 23-27 May, 2011.
- [3] E. D. DI CLAUDIO, G. JACOVITTI, A. LAURENTI, "On the inter-conversion between Hermite and Laguerre local image expansions", *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 20, no. 12, pp. 3553-3565, Dec. 2011.
- [4] E. D. DI CLAUDIO, G. JACOVITTI, A. LAURENTI, "Ultra wide band ISAR imaging by Laguerre Gauss tomographic reconstruction". In: Claudia Notarnicola, Simonetta Paloscia, Nazzareno Pierdicca. *SAR Image Analysis, Modeling, and Techniques XII. Proceedings of SPIE, The International Society For Optical Engineering*, vol. 8536, p. 853605-1-853605-12, Edimburgh, UK, 23-26 Sept. 2012.
- [5] E. D. DI CLAUDIO, G. JACOVITTI, "Wideband source localization by Space-Time MUSIC subspace estimation," 8th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis (ISPA 2013), Trieste, 4-6 Sept. 2013.