

# Imaging A Ultrasuoni Di Oggetti Tridimensionali Mediante Interleaved Arrays Basati Su Almost Difference Sets

Z. Menestrina

## Abstract

La realizzazione di sistemi per imaging a ultrasuoni ha diverse applicazioni per apparati biomedicali e sonar. Tali sistemi si basano sull'utilizzo di array di trasduttori a ultrasuoni (piezoelettrici) che effettuano una trasmissione e ricezione di impulsi acustici. In generale esistono differenti strategie per la progettazione dell'array a ultrasuoni:

(a) utilizzo di singolo array in trasmissione e ricezione: in tal caso l'array da progettare è uno, ma ogni elemento radiante deve essere predisposto per agire sia in trasmissione che in ricezione, con conseguenti costi e complessità realizzativa superiore; (b) utilizzo di due differenti array, uno in trasmissione ed uno in ricezione: in tal caso gli array sono separati (possono avere alcuni elementi in comune, che devono agire in trasmissione e in ricezione)

Al fine di progettare un sistema di questo tipo, occorre stabilire il numero e la posizione dei trasduttori (elementi radianti), tenendo presenti i vincoli esistenti in termini di complessità realizzativa (numero elementi che effettuano trasmissione e/o ricezione) e di risoluzione desiderata (contrasto, dimensione pixel). Una tecnica innovativa recentemente introdotta per la realizzazione di array di tipo (b) si basa sull'uso di sequenze binarie dette Almost Difference Sets, e permette di superare numerosi limiti di tecniche concorrenti, in particolare in termini di

- tempi di progettazione: il design può essere effettuato in tempi molto contenuti
- prestazioni: la risoluzione ed il contrasto ottenuto è estremamente elevato
- predicibilità risultati: esistono analisi teoriche che permettono di prevedere il comportamento di tali array a-priori

Uno studio preliminare già sviluppato ha permesso di dedurre interessanti prestazioni per gli ADS-based arrays. Attualmente, però, non è noto il loro comportamento (risoluzione, immagini ottenute) per imaging di oggetti tridimensionali di semplice forma. Obiettivo dell'attività sarà analizzare le prestazioni degli ADS-based interleaved arrays nell'imaging acustico di tali oggetti, e dedurre le caratteristiche più importanti.

**Reference Bibliography:** Inverse Scattering [16]-[34]; Analytic Sequences [1]-[15].

- [1] G. Oliveri, L. Manica, and A. Massa, "ADS-Based guidelines for thinned planar arrays," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 58, no. 6, pp. 1935-1948, Jun. 2010.
- [2] G. Oliveri and A. Massa, "ADS-based array design for 2D and 3D ultrasound imaging," *IEEE Trans. Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, vol. 57, no. 7, pp. 1568-1582, Jul. 2010.
- [3] G. Oliveri and A. Massa, "GA-Enhanced ADS-based approach for array thinning," *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, vol. 5, no. 3, pp. 305-315, 2011.

- [4] G. Oliveri, F. Caramanica, C. Fontanari, and A. Massa, "Rectangular thinned arrays based on McFarland difference sets," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 59, no. 5, pp. 1546-1552, May 2011.
- [5] G. Oliveri, F. Caramanica, and A. Massa, "Hybrid ADS-based techniques for radio astronomy array design," *IEEE Trans. Antennas Propag.* - Special Issue on "Antennas for Next Generation Radio Telescopes," vol. 59, no. 6, pp. 1817-1827, Jun. 2011.
- [6] M. Carlin, G. Oliveri, and A. Massa, "On the robustness to element failures of linear ADS-thinned arrays," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 59, no. 12, pp. 4849-4853, Dec. 2011.
- [7] P. Rocca, "Large array thinning by means of deterministic binary sequences," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 10, pp. 334-337, 2011.
- [8] P. Rocca, R. L. Haupt, and A. Massa, "Interference suppression in uniform linear array through a dynamic thinning strategy," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 59, no. 12, pp. 4525-4533, Dec. 2011.
- [9] G. Oliveri and A. Massa, "Fully-interleaved linear arrays with predictable sidelobes based on almost difference sets," *IET Radar, Sonar & Navigation*, vol. 4, no. 5, pp. 649-661, 2010.
- [10] G. Oliveri, P. Rocca, and A. Massa, "Interleaved linear arrays with difference sets," *Electronics Letters*, vol. 46, no. 5, pp. 323-324, Mar. 2010.
- [11] G. Oliveri, L. Manica, and A. Massa, "On the impact of mutual coupling effects on the PSL performances of ADS thinned arrays," *Progress in Electromagnetic Research, PIER B*, vol. 17, pp. 293-308, 2009.
- [12] G. Oliveri, M. Donelli, and A. Massa, "Linear array thinning exploiting almost difference sets," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 57, no. 12, pp. 3800-3812, Dec. 2009.
- [13] G. Oliveri, F. Caramanica, M. D. Migliore, and A. Massa, "Synthesis of non-uniform MIMO arrays through combinatorial sets," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 11, pp. 728-731, 2012.
- [14] G. Oliveri, L. Lizzi, F. Robol, and A. Massa, "Polarization-agile ADS-interleaved planar arrays," *PIER*, in press, 2013.
- [15] G. Oliveri, M. Donelli, and A. Massa, "Genetically-designed arbitrary length almost difference sets," *Electronics Letters*, vol. 5, no. 23, pp. 1182-1183, Nov. 2009.
- [16] L. Poli, G. Oliveri, and A. Massa, "Imaging sparse metallic cylinders through a Local Shape Function Bayesian Compressive Sensing approach," *Journal of Optical Society of America A*, vol. 30, no. 6, pp. 1261-1272, 2013.
- [17] F. Viani, L. Poli, G. Oliveri, F. Robol, and A. Massa, "Sparse scatterers imaging through approximated multitask compressive sensing strategies," *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 55, no. 7, pp. 1553-1558, Jul. 2013.
- [18] L. Poli, G. Oliveri, P. Rocca, and A. Massa, "Bayesian compressive sensing approaches for the reconstruction of two-dimensional sparse scatterers under TE illumination," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, vol. 51, no. 5, pp. 2920-2936, May. 2013.
- [19] L. Poli, G. Oliveri, and A. Massa, "Microwave imaging within the first-order Born approximation by means of the contrast-field Bayesian compressive sensing," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 60, no. 6, pp. 2865-2879, Jun. 2012.
- [20] G. Oliveri, P. Rocca, and A. Massa, "A bayesian compressive sampling-based inversion for imaging sparse scatterers," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, vol. 49, no. 10, pp. 3993-4006, Oct. 2011.
- [21] G. Oliveri, L. Poli, P. Rocca, and A. Massa, "Bayesian compressive optical imaging within the Rytov approximation," *Optics Letters*, vol. 37, no. 10, pp. 1760-1762, 2012.

- [22] L. Poli, G. Oliveri, F. Viani, and A. Massa, "MT-BCS-based microwave imaging approach through minimum-norm current expansion," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 61, no. 9, pp. 4722-4732, Sept. 2013
- [23] S. C. Hagness, E. C. Fear, and A. Massa, "Guest Editorial: Special Cluster on Microwave Medical Imaging", *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 11, pp. 1592-1597, 2012.
- [24] G. Oliveri, Y. Zhong, X. Chen, and A. Massa, "Multi-resolution subspace-based optimization method for inverse scattering," *Journal of Optical Society of America A*, vol. 28, no. 10, pp. 2057-2069, Oct. 2011.
- [25] A. Randazzo, G. Oliveri, A. Massa, and M. Pastorino, "Electromagnetic inversion with the multiscaling inexact-Newton method - Experimental validation," *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 53, no. 12, pp. 2834-2838, Dec. 2011.
- [26] G. Oliveri, L. Lizzi, M. Pastorino, and A. Massa, "A nested multi-scaling inexact-Newton iterative approach for microwave imaging," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 60, no. 2, pp. 971-983, Feb. 2012.
- [27] G. Oliveri, A. Randazzo, M. Pastorino, and A. Massa, "Electromagnetic imaging within the contrast-source formulation by means of the multiscaling inexact Newton method," *Journal of Optical Society of America A*, vol. 29, no. 6, pp. 945-958, 2012.
- [28] M. Benedetti, D. Lesselier, M. Lambert, and A. Massa, "Multiple shapes reconstruction by means of multi-region level sets," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, vol. 48, no. 5, pp. 2330-2342, May 2010.
- [29] M. Benedetti, D. Lesselier, M. Lambert, and A. Massa, "A multi-resolution technique based on shape optimization for the reconstruction of homogeneous dielectric objects," *Inverse Problems*, vol. 25, no. 1, pp. 1-26, Jan. 2009.
- [30] M. Donelli, D. Franceschini, P. Rocca, and A. Massa, "Three-dimensional microwave imaging problems solved through an efficient multi-scaling particle swarm optimization," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, vol. 47, no. 5, pp. 1467-1481, May 2009.
- [31] M. Benedetti, G. Franceschini, R. Azaro, and A. Massa, "A numerical assessment of the reconstruction effectiveness of the integrated GA-based multicrack strategy," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 6, pp. 271-274, 2007.
- [32] P. Rocca, M. Carlin, G. Oliveri, and A. Massa, "Interval analysis as applied to inverse scattering," *IEEE International Symposium on Antennas Propag. (APS/URSI 2013)*, Chicago, Illinois, USA, Jul. 8-14, 2012.
- [33] L. Manica, P. Rocca, M. Salucci, M. Carlin, and A. Massa, "Scattering data inversion through interval analysis under Rytov approximation," *7th European Conference on Antennas Propag. (EuCAP 2013)*, Gothenburg, Sweden, Apr. 8-12, 2013.
- [34] P. Rocca, M. Carlin, and A. Massa, "Imaging weak scatterers by means of an innovative inverse scattering technique based on the interval analysis," *6th European Conference on Antennas Propag. (EuCAP 2012)*, Prague, Czech Republic, Mar. 26-30, 2012.

*This report is submitted in partial fulfillment of the degree of the course "TDB".  
Supervisors: Prof. Andrea Massa, Dr. Giacomo Oliveri.*