

# Imaging A Microonde Basato Sul Bayesian Compressive Sampling

G. Pasquini

## Abstract

Le tecniche del "Compressive Sampling" (CS), recentemente sviluppate nell'ambito dell'elaborazione digitale dei segnali, si occupano di permettere la ricostruzione affidabile di segnali (ad esempio, immagini) ad alta risoluzione con un numero di misure del fenomeno di interesse molto inferiore rispetto ai requisiti dati dal teorema del campionamento di Nyquist. Tali tecniche combinano due idee fondamentali: (a) la disponibilità di una rappresentazione "compatta" (compressive) del fenomeno di interesse e (b) un campionamento incoerente (ad esempio pseudorandom) del segnale al fine di estrarre la massima quantità di informazioni utilizzando un numero minimo di misure. Le tecniche di CS sono già state applicate con successo a numerosi problemi pratici in ambito radar, compressione delle immagini e della voce, e compressione video.

Obiettivo del progetto è estendere l'utilizzo di tali tecniche ai problemi di imaging a microonde. In particolare, l'attività si occuperà di valutare un codice per l'inversione a microonde basata sul Bayesian Compressive Sampling per la ricostruzione di oggetti dielettrici di dimensioni molto contenute, ed il confronto con tecniche allo stato dell'arte in termini di prestazioni, affidabilità e onere computazionale.

**Reference Bibliography:** Compressive Sensing [8]-[15]; Compressive Sensing and Inverse Scattering [1]-[7]; Inverse Scattering [16]-[27].

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.

- [7] L. Poli, G. Oliveri, F. Viani, and A. Massa, "MT-BCS-based microwave imaging approach through minimum-norm current expansion," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, in press. doi:10.1109/TAP.2013.2265254
- [8] G. Oliveri and A. Massa, "Bayesian compressive sampling for pattern synthesis with maximally sparse non-uniform linear arrays," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 59, no. 2, pp. 467-481, Feb. 2011.
- [9] G. Oliveri, M. Carlin, and A. Massa, "Complex-weight sparse linear array synthesis by Bayesian Compressive Sampling," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 60, no. 5, pp. 2309-2326, May 2012.
- [10] G. Oliveri, P. Rocca, and A. Massa, "Reliable Diagnosis of Large Linear Arrays - A Bayesian Compressive Sensing Approach," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 60, no. 10, pp. 4627-4636, Oct. 2012.
- [11] F. Viani, G. Oliveri, and A. Massa, "Compressive sensing pattern matching techniques for synthesizing planar sparse arrays" *IEEE Trans. Antennas Propag.*, in press. doi:10.1109/TAP.2013.2267195
- [12] G. Oliveri, E. T. Bekele, F. Robol, and A. Massa, "Sparsening conformal arrays through a versatile BCS-based method," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, in press, 2013.
- [13] M. Carlin, P. Rocca, G. Oliveri, F. Viani, and A. Massa, "Directions-of-Arrival Estimation through Bayesian Compressive Sensing strategies," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, in press.
- [14] M. Carlin, P. Rocca, "A Bayesian compressive sensing strategy for direction-of-arrival estimation," 6th European Conference on Antennas Propag. (EuCAP 2012), Prague, Czech Republic, pp. 1508-1509, 26-30 Mar. 2012.
- [15] M. Carlin, P. Rocca, G. Oliveri, and A. Massa, "Bayesian compressive sensing as applied to directions-of-arrival estimation in planar arrays," *Journal of Electrical and Computer Engineering*, Special Issue on "Advances in Radar Technologies," in press.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 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.

- [24] 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.
- [25] 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.
- [26] 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.
- [27] 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.

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