

Studio, Modellazione Numerica e Validazione Sperimentale di Tecniche di Diagnostica Elettromagnetica per il Rilevamento di Patologie nei Tessuti Addominali

F. Apolloni

Abstract

La diagnostica elettromagnetica a microonde rappresenta una tecnologia di elevato interesse per lo screening di determinate patologie (ad esempio tumorali) in ambito biomedicale. Infatti, le onde utilizzate da tali sistemi non sono ionizzanti, e pertanto possono essere impiegate ripetutamente con minori rischi rispetto ad esami basati su onde ad alta frequenza (ad esempio raggi X).

In questo ambito, è stato recentemente notato che determinate patologie tumorali presentano "firme spettrali" anomale rispetto ai tessuti sani se analizzate a determinate frequenze. Queste analisi hanno portato a determinare in via preliminare che tali patologie possano essere efficacemente modellate a livello elettromagnetico come se esse fossero composte da "metamateriali", cioè materiali con valori permittività e permeabilità negativa (non presenti in natura solitamente). Tali risultati preliminari hanno pertanto mostrato la possibilità di individuare tecniche ad-hoc sia per modellare che per individuare la presenza e la posizione di patologie tumorali, che richiedono però studi aggiuntivi al fine di fornire ulteriori conferme numeriche e sperimentali.

Obiettivo dell'attività è perciò quello di effettuare uno studio, modellazione numerica ed analisi del comportamento di modelli elettromagnetici che comprendono metamateriali in grado di modellare efficacemente patologie tumorali presenti nell'addome. L'attività si occuperà perciò di effettuare in una prima fase il modeling elettromagnetico di strutture comprendenti metamateriali. Tali modelli saranno in seguito analizzati per verificarne le firme spettrali e per valutare possibili metodologie efficaci adatte all'inversione dei dati di campo scatterato per finalità di imaging in ambito biomedicale. In seguito, l'accuratezza di tali modelli e dei relativi metodi di inversione sarà valutata a livello sperimentale mediante confronti con misure effettuate con dispositivi prototipali per il rilevamento di patologie tumorali all'addome.

Lo scopo sarà quello di permettere una diagnosi preventiva e quindi localizzazione di patologie tumorali anche di piccole dimensioni aumentando l'affidabilità dei sistemi di screening elettromagnetico grazie ad un'accurata modellistica elettromagnetica dell'intero sistema.

Reference Bibliography: Inverse Scattering [1]-[7], [12]-[23]; Metamaterials [8]-[11].

- [1] 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.
- [2] 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.

- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] E. Martini, G. M. Sardi, P. Rocca, G. Oliveri, A. Massa, and S. Maci, "Optimization of metamaterial WAIM for planar arrays," *IEEE International Symposium on Antennas Propag. (APS/URSI 2013)*, Orlando, Florida, USA, Jul. 7-12, 2013 (accepted).
- [9] G. Oliveri, P. Rocca, M. Salucci, E. T. Bekele, D. H. Werner, and A. Massa, "Design and synthesis of innovative metamaterial-enhanced arrays," *IEEE International Symposium on Antennas Propag. (APS/URSI 2013)*, Orlando, Florida, USA, Jul. 7-12, 2013 (accepted).
- [10] I. Martinez, A. H. Panaretos, D. H. Werner, G. Oliveri, and A. Massa, "Ultra-thin reconfigurable electromagnetic metasurface absorbers," *EuCAP 2013*, Gothenburg, Sweden, April 8-12, 2012.
- [11] G. Oliveri, "Improving the reliability of frequency domain simulators in the presence of homogeneous metamaterials - A preliminary numerical assessment," *Progress In Electromagnetics Research*, vol. 122, pp. 497-518, 2012.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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.

- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 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

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