

Sviluppo di un tool di analisi basato su una tecnica reflectometrica per la rilevazione di anomalie su strutture guidanti (Linee di trasmissione)

G. Minotti

Abstract

La tecnica Time Domain Reflectometry, è una tecnica che consente di individuare con precisione anomalie e disadattamenti di impedenza presenti su una struttura guidante (linee di trasmissione e guide d'onda). Tale tecnica consiste nell'inviare brevi impulsi sulla struttura guidante e di analizzare le caratteristiche delle onde riflesse (sulla porta di ingresso) al fine di individuare le caratteristiche e/o eventuali anomalie (e.i. impedenza caratteristica struttura, numero interconnessioni e posizione, perdite nel rivestimento, aperture o cortocircuiti, difetti nei raccordi). Tale tecnica è di facile implementazione in quanto necessita di un generatore di impulsi e di un oscilloscopio con una banda passante intorno ai 50MHz, inoltre può essere utilizzata anche per applicazioni di monitoraggio di inquinanti nei liquidi o del terreno o per verificare la tenuta di condotte sotterranee. In letteratura esistono numerosi esempi applicativi e modelli analitici o semi analitici in grado di gestire particolari tipologie di problemi. Tuttavia oltre al limitato sottoinsieme di problemi che tali modelli sono in grado di gestire questi necessitano di un operatore esperto in grado di interpretare correttamente le forme d'onda generate sulla struttura guidante al fine di individuarne caratteristiche e anomalie.

Il progetto in esame consiste nel realizzare un tool di analisi automatica per l'individuazione delle caratteristiche e delle anomalie di strutture guidanti, in particolare la metodologia proposta consiste nell'utilizzare un simulatore circuitale in grado di simulare differenti tipologie di strutture guidanti, successivamente le caratteristiche della struttura guidante sono ricavate mediante una metodologia inversa, utilizzando un opportuno ottimizzatore abbinato ad simulatore circuitale, al fine di ricavare le caratteristiche della struttura guidante partendo dalla conoscenza delle onde riflesse. In particolare il tool dovrà essere in grado di individuare:

- 1) Corto circuiti ed eventuali aperti presenti sulla linea, indicandone anche la posizione.
- 2) Disadattamenti dovuti ad azioni meccaniche cavi piegati o deformati, giunti a gomito.
- 3) Eventuali disadattamenti di impedenza.
- 4) Interconnessioni tra differenti spezzoni di linea indicandone posizione lunghezza e impedenza caratteristica.

References Bibliography: Evolutionary Optimization [1]-[52].

- [1] P. Rocca, M. Benedetti, M. Donelli, D. Franceschini, and A. Massa, "Evolutionary optimization as applied to inverse problems," *Inverse Problems - 25 th Year Special Issue of Inverse Problems, Invited Topical Review*, vol. 25, pp. 1-41, Dec. 2009.
- [2] P. Rocca, G. Oliveri, and A. Massa, "Differential Evolution as applied to electromagnetics," *IEEE Antennas Propag. Mag.*, vol. 53, no. 1, pp. 38-49, Feb. 2011.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] P. Rocca, L. Manica, and A. Massa, "An improved excitation matching method based on an ant colony optimization for suboptimal-free clustering in sum-difference compromise synthesis," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 57, no. 8, pp. 2297-2306, Aug. 2009.
- [7] P. Rocca, L. Manica, and A. Massa, "Ant colony based hybrid approach for optimal compromise sum-difference patterns synthesis," *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 52, no. 1, pp. 128-132, Jan. 2010.
- [8] P. Rocca, L. Manica, and A. Massa, "Hybrid approach for sub-arrayed monopulse antenna synthesis," *Electronics Letters*, vol. 44, no. 2, pp. 75-76, Jan. 2008.
- [9] P. Rocca, L. Manica, F. Stringari, and A. Massa, "Ant colony optimization for tree-searching based synthesis of monopulse array antenna," *Electronics Letters*, vol. 44, no. 13, pp. 783-785, Jun. 19, 2008.
- [10] F. Viani, M. Salucci, F. Robol, and A. Massa, "Multiband fractal Zigbee/WLAN antenna for ubiquitous wireless environments," *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, vol. 26, no. 11-12, pp. 1554-1562. 2012.
- [11] F. Viani, M. Salucci, F. Robol, G. Oliveri, and A. Massa, "Design of a UHF RFID/GPS fractal antenna for logistics management," *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, vol. 26, pp. 480-492, 2012.
- [12] L. Lizzi, R. Azaro, G. Oliveri, and A. Massa, "Multiband fractal antenna for wireless communication systems for emergency management," *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, vol. 26, no. 1, pp. 1-11, 2012.
- [13] R. Azaro, E. Zeni, P. Rocca, and A. Massa, "Innovative design of a planar fractal-shaped GPS/GSM/Wi-Fi antenna," *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 50, no. 3, pp. 825-829, Mar. 2008.
- [14] R. Azaro, F. Viani, L. Lizzi, E. Zeni, and A. Massa, "A monopolar quad-band antenna based on a Hilbert self-affine pre-fractal geometry," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 8, pp. 177-180, 2009.
- [15] R. Azaro, L. Debiasi, E. Zeni, M. Benedetti, P. Rocca, and A. Massa, "A hybrid prefractal three-band antenna for multi-standard mobile wireless applications," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 8, pp. 905-908, 2009.
- [16] L. Lizzi and A. Massa, "Dual-band printed fractal monopole antenna for LTE applications," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 10, pp. 760-763, 2011.

- [17] L. Lizzi and G. Oliveri, "Hybrid design of a fractal-shaped GSM/UMTS antenna," *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, vol. 24, no. 5/6, pp. 707-719, Mar. 2010.
- [18] R. Azaro, E. Zeni, P. Rocca, and A. Massa, "Synthesis of a Galileo and Wi-Max three-band fractal-eroded patch antenna," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 6, pp. 510-514, 2007.
- [19] F. Viani, "Dual-band sierpinski pre-fractal antenna for 2.4GHz-WLAN and 800MHz-LTE wireless devices," *Progress In Electromagnetics Research C*, vol. 35, pp. 63-71, 2013.
- [20] E. Zeni, R. Azaro, P. Rocca, and A. Massa, "Quad-band patch antenna for Galileo and Wi-Max services," *Electronics Letters*, vol. 43, no. 18, pp. 960-962, Aug. 2007.
- [21] L. Lizzi, F. Viani, E. Zeni, and A. Massa, "A DVBH/GSM/UMTS planar antenna for multimode wireless devices," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 8, pp. 616-619, 2009.
- [22] L. Lizzi, F. Viani, R. Azaro, and A. Massa, "A PSO-driven spline-based shaping approach for ultra-wideband (UWB) antenna synthesis," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 56, no. 8, pp. 2613-2621, Aug. 2008.
- [23] L. Lizzi, R. Azaro, G. Oliveri, and A. Massa, "Printed UWB antenna operating over multiple mobile wireless standards," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 10, pp. 1429-1432, 2011.
- [24] L. Lizzi, F. Viani, R. Azaro, and A. Massa, "Design of a miniaturized planar antenna for FCC-UWB communication systems," *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 50, no. 7, pp. 1975-1978, Jul. 2008.
- [25] F. Viani, L. Lizzi, R. Azaro, and A. Massa, "A miniaturized UWB antenna for wireless dongle devices," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 7, pp. 714-717, 2008.
- [26] F. Viani, L. Lizzi, R. Azaro, and A. Massa, "Spline-shaped ultra-wideband antenna operating in the ECC released frequency spectrum," *Electronics Letters*, vol. 44, no. 1, pp. 7-8, Jan. 2008.
- [27] L. Lizzi, F. Viani, R. Azaro, and A. Massa, "Optimization of a spline-shaped UWB antenna by PSO," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 6, pp. 182-185, 2007.
- [28] L. Lizzi, G. Oliveri, and A. Massa, "A time-domain approach to the synthesis of UWB antenna systems," *Progress in Electromagnetic Research*, vol. 122, pp. 557-575, 2012.
- [29] L. Lizzi, G. Oliveri, and A. Massa, "Planar monopole UWB antenna with UNII1/UNII2 WLAN-band notched characteristics," *Progress in Electromagnetic Research B*, vol. 25, pp. 277-292, 2010.
- [30] L. Lizzi, F. Viani, and A. Massa, "Dual-band spline-shaped PCB antenna for Wi-Fi applications," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 8, pp. 616-619, 2009.
- [31] L. Poli, P. Rocca, G. Oliveri, and A. Massa, "Adaptive nulling in time-modulated linear arrays with minimum power losses," *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, vol. 5, no. 2, pp. 157-166, 2011.
- [32] P. Rocca, L. Poli, G. Oliveri, and A. Massa, "Adaptive nulling in time-varying scenarios through time-modulated linear arrays," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 11, pp. 101-104, 2012.
- [33] M. Benedetti, G. Oliveri, P. Rocca, and A. Massa, "A fully-adaptive smart antenna prototype: ideal model and experimental validation in complex interference scenarios," *Progress in Electromagnetic Research, PIER 96*, pp. 173-191, 2009.
- [34] M. Benedetti, R. Azaro, and A. Massa, "Memory enhanced PSO-based optimization approach for smart antennas control in complex interference scenarios," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 56, no. 7, pp. 1939-1947, Jul. 2008.
- [35] M. Benedetti, R. Azaro, and A. Massa, "Experimental validation of a fully-adaptive smart antenna prototype," *Electronics Letters*, vol. 44, no. 11, pp. 661-662, May 2008.

- [36] R. Azaro, L. Ioriatti, M. Martinelli, M. Benedetti, and A. Massa, "An experimental realization of a fully-adaptive smart antenna," *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 50, no. 6, pp. 1715-1716, Jun. 2008.
- [37] M. Donelli, R. Azaro, L. Fimognari, and A. Massa, "A planar electronically reconfigurable Wi-Fi band antenna based on a parasitic microstrip structure," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 6, pp. 623-626, 2007.
- [38] M. Benedetti, R. Azaro, D. Franceschini, and A. Massa, "PSO-based real-time control of planar uniform circular arrays," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 5, pp. 545-548, 2006.
- [39] E. T. Bekele, L. Poli, M. D'Urso, P. Rocca, and A. Massa, "Pulse-shaping strategy for time modulated arrays - Analysis and design," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, in press.
- [40] P. Rocca, L. Poli, G. Oliveri, and A. Massa, "A multi-stage approach for the synthesis of sub-arrayed time modulated linear arrays," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 59, no. 9, pp. 3246-3254, Sep. 2011.
- [41] L. Poli, P. Rocca, G. Oliveri, and A. Massa, "Harmonic beamforming in time-modulated linear arrays," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 59, no. 7, pp. 2538-2545, Jul. 2011.
- [42] L. Poli, P. Rocca, L. Manica, and A. Massa, "Handling sideband radiations in time-modulated arrays through particle swarm optimization," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 58, no. 4, pp. 1408-1411, Apr. 2010.
- [43] P. Rocca, L. Poli, G. Oliveri, and A. Massa, "Adaptive nulling in time-varying scenarios through time-modulated linear arrays," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 11, pp. 101-104, 2012.
- [44] P. Rocca, L. Poli, and A. Massa, "Instantaneous directivity optimization in time-modulated array receivers," *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, vol. 6, no. 14, pp. 1590-1597, Nov. 2012.
- [45] P. Rocca, L. Poli, L. Manica, and A. Massa, "Synthesis of monopulse time-modulated planar arrays with controlled sideband radiation," *IET Radar, Sonar & Navigation*, vol. 6, no. 6, pp. 432-442, 2012.
- [46] L. Poli, P. Rocca, and A. Massa, "Sideband radiation reduction exploiting pattern multiplication in directive time-modulated linear arrays," *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, vol. 6, no. 2, pp. 214-222, 2012.
- [47] L. Poli, P. Rocca, G. Oliveri, and A. Massa, "Adaptive nulling in time-modulated linear arrays with minimum power losses," *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, vol. 5, no. 2, pp. 157-166, 2011.
- [48] L. Poli, P. Rocca, L. Manica, and A. Massa, "Time modulated planar arrays - Analysis and optimization of the sideband radiations," *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, vol. 4, no. 9, pp. 1165-1171, 2010.
- [49] L. Poli, P. Rocca, L. Manica, and A. Massa, "Pattern synthesis in time-modulated linear arrays through pulse shifting," *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, vol. 4, no. 9, pp. 1157-1164, 2010.
- [50] P. Rocca, L. Poli, G. Oliveri, and A. Massa, "Synthesis of time-modulated planar arrays with controlled harmonic radiations," *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, vol. 24, no. 5/6, pp. 827-838, 2010.
- [51] L. Manica, P. Rocca, L. Poli, and A. Massa, "Almost time-independent performance in time-modulated linear arrays," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 8, pp. 843-846, 2009.
- [52] P. Rocca, L. Manica, L. Poli, and A. Massa, "Synthesis of compromise sum-difference arrays through time-modulation," *IET Radar, Sonar & Navigation*, vol. 3, no. 6, pp. 630-637, 2009.

*This report is submitted in partial fulfillment of the degree of the course "PSRTF".
Supervisors: Prof. A. Massa, Dr. R. Azaro, Dr. M. Donelli.*