

Implementazione di un sistema di ottimizzazione della gestione dell'accumulo di energia elettrica basato sulla 'Teoria dei Giochi'.

M. Baltieri

Abstract

Il mondo energetico attuale è in continua evoluzione e deve confrontarsi con strutture industriali e civili sempre più energivore, con una nuova sensibilità ambientale, con costi sempre maggiori di produzione dell'energia da fonti fossili e con nuove tecnologie di generazione distribuita dell'energia e provenienti da fonti rinnovabili.

La risposta a queste nuove sfide risulta essere l'applicazione delle nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) nel mondo della distribuzione, dell'accumulo e dell'utilizzo e gestione dell'energia. In dettaglio, le trasformazioni in atto considerano il passaggio da un approccio tradizionale di rete energetica in cui il flusso è unidirezionale e parte da grandi centrali di produzione verso gli utenti (approccio top-down) a quello di rete distribuita che considera un flusso bi-direzionale di energia ed informazione 'SMART Grid' che coinvolge sia i dispositivi di consumo e generazione connessi all'interno della rete sia gli utenti della rete stessa. A tale proposito, gli utilizzatori finali di energia, che nella rete tradizionale subiscono passivamente scelte e imposizioni possono diventare parte attiva della rete SMART e con il loro comportamento ne influenzano prestazioni ed efficienza.

Il progetto si propone l'obiettivo di implementare un sistema di gestione di accumulo e consumo dell'energia basato sulla cosiddetta 'Teoria dei Giochi'. In dettaglio, esso considera una Smart Grid in cui un'unica fonte di energia è condivisa da utenti che hanno la possibilità di: utilizzare l'energia proveniente dalla rete (a) per i loro consumi o (b) per caricare una batteria e (c) utilizzare l'energia della batteria per soddisfare le proprie necessità energetiche. Gli utenti interagiscono tra loro all'interno della rete in modo egoista alla ricerca del programma di utilizzo dell'energia che permetta loro di ottenere l'energia necessaria al minor costo.

Mediante l'utilizzo di un sistema di incentivi basato sul prezzo dell'energia ogni utente è spinto volontariamente a cooperare con gli altri utenti e seguendo le regole descritte nella Teoria dei Giochi si dimostra come la soluzione di un problema locale (scegliere il profilo di consumo/accumulo e gestione dell'energia dal minor costo per ciascun utente) risulta essere anche la soluzione ottima per il sistema nella sua globalità, cioè il costo totale dell'energia utilizzata dal sistema è minimo. Inoltre, il calcolo dell'equilibrio di Nash del sistema permette di individuare il numero di utenti per cui è vantaggioso utilizzare un sistema di stoccaggio dell'energia.

Competenze Acquisite al Termine del Progetto:

1. Nozioni base sulla SMART Grid Energetica;
2. Nozioni base sulla Teoria dei Giochi;
3. Programmazione avanzata in C++ - Utilizzo di Librerie non standard;
4. Ottimizzazione di funzioni convesse soggette a vincoli.

Reference Bibliography: Evolutionary Optimization [1]-[53].

- [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. Debiase, 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] F. Viani, L. Lizzi, M. Donelli, D. Pregnotato, G. Oliveri, and A. Massa, "Exploitation of smart antennas in wireless sensor networks," *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, vol. 24, no. 5/6, pp. 993-1003, 2010.
- [40] 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.
- [41] 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.
- [42] 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.
- [43] 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.
- [44] 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.
- [45] 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.
- [46] 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.
- [47] 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.
- [48] 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.
- [49] 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.
- [50] 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.
- [51] 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.
- [52] 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.

[53] 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 "TPCW".
Supervisors: Prof. Andrea Massa, Dr. Luca Manica, Dr. Federico Viani.*