



Consiglio Nazionale delle Ricerche  
Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni

# Riconfigurazione smart della distribuzione di potenza di bordo

Luca Agnello, Massimo Cossentino, Giada De Simone, Luca Sabatucci

***Rapporto Tecnico N.:***  
**RT-ICAR-PA-16-07**

novembre 2016



Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni (ICAR)  
– Sede di Cosenza, Via P. Bucci 41C, 87036 Rende, Italy, URL: [www.icar.cnr.it](http://www.icar.cnr.it)  
– Sede di Napoli, Via P. Castellino 111, 80131 Napoli, URL: [www.na.icar.cnr.it](http://www.na.icar.cnr.it)  
– Sede di Palermo, Via Ugo La Malfa 153, 90146 Palermo, URL: [www.pa.icar.cnr.it](http://www.pa.icar.cnr.it)



Consiglio Nazionale delle Ricerche  
Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni

# Riconfigurazione smart della distribuzione di potenza di bordo

Luca Agnello<sup>1</sup>, Massimo Cossentino<sup>1</sup>, Giada De Simone<sup>1</sup>, Luca Sabatucci<sup>1</sup>

**Rapporto Tecnico N.:**  
**RT-ICAR-PA-16-07**

**Data:**  
novembre 2016

---

<sup>1</sup> Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni, ICAR-CNR, Sede di Palermo, Via Ugo La Malfa 153, 90146 Palermo.

*I rapporti tecnici dell'ICAR-CNR sono pubblicati dall'Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Tali rapporti, approntati sotto l'esclusiva responsabilità scientifica degli autori, descrivono attività di ricerca del personale e dei collaboratori dell'ICAR, in alcuni casi in un formato preliminare prima della pubblicazione definitiva in altra sede.*

# **Riconfigurazione smart della distribuzione di potenza di bordo**

*Luca Agnello, Massimo Cossentino, Giada De Simone, Luca Sabatucci*

*{nome.cognome}@icar.cnr.it*

La riconfigurazione di una rete elettrica in un sistema di alimentazione navale è un'operazione critica richiesta sia per ripristinare l'energia a un carico che l'ha persa, sia per venire incontro a requisiti specifici richiesti dalla navigazione: è possibile, infatti, cambiare la topologia della rete per isolare un guasto, trasferire energia a carichi vitali in situazioni critiche, oppure ottimizzare i sistemi elettrici ed elettronici ai fini di migliorare l'efficienza energetica [13].

Allo stato attuale è possibile implementare svariate metodologie di riconfigurazione software. A titolo di esempio una selezione di contributi può essere trovata nei riferimenti [1-14]. I sistemi software sono in grado di gestire in maniera intelligente e ottimale l'hardware elettrico/elettronico di bordo, permettendo una sofisticata percezione real-time ed una pronta gestione di guasti, emergenze, picchi energetici, etc.

Metodi diversi sono applicabili in funzione dell'architettura hardware elettrica sottostante (es. radiale, anello, doppio anello etc.), e il tipo di alimentazione (es. AC, DC, AC+DC, etc.).

Tra le metodologie che meglio gestiscono la riconfigurazione in real-time vi sono quelle basate su sistemi multi-agente, o multi-agent systems (MAS), poiché ciascun agente può essere modellato come una entità software che controlla un singolo componente elettrico e comunica con gli altri agenti.

La caratteristica principale degli agenti è la proattività, che permette al singolo individuo di attivarsi autonomamente per perseguire il suo obiettivo fronteggiando un guasto improvviso, o situazioni imprevedibili. In questo modo si distribuiscono i carichi di lavoro e le responsabilità decisionali almeno per i livelli inferiori di astrazione. Infatti, particolari architetture gerarchiche permettono ad agenti di alto livello di controllare le operazioni coordinando gli agenti di basso livello, rispondendo a run-time a improvvise situazioni critiche.

Si presentano di seguito alcuni scenari, tratti dalla letteratura, in cui i sistemi multi-agente sono stati applicati con successo nella riconfigurazione smart della distribuzione di potenza di bordo in caso di guasto.

Un tipico problema che può essere affrontato con un approccio come quelli discussi è quello riportato in [14]. Il sistema è stato implementato sia in software che su un testbed hardware fatto ad-hoc usando microcontrollori, rispondendo in tempo reale alle esigenze della riconfigurazione.

Il prototipo hardware è un sistema con architettura zonale (3 zone), con generatori AC, convertitori AC-DC, e sistema di distribuzione DC, come mostrato in Figura 1.

I carichi sono suddivisi in 3 tipologie: vitali, semi-vitali, e non vitali. In questo modo gli agenti sanno a chi dare priorità di riconfigurazione.

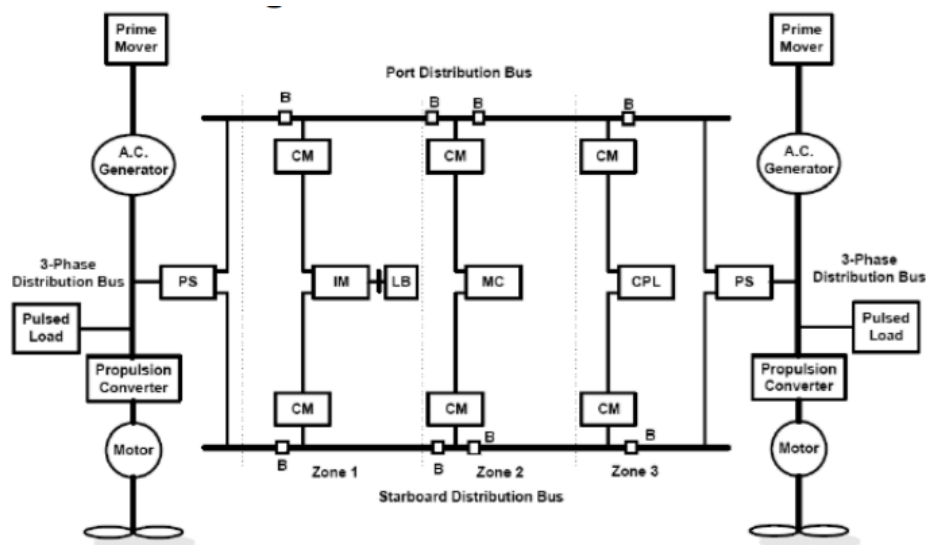


Figura 1: Il sistema elettrico della nave [14].

Con riferimento allo schema di Figura 1, un esempio di scenario di guasto affrontabile è quello riportato in Figura 2 dove si verifica un guasto tra il Breaker #1 e Breaker #2.

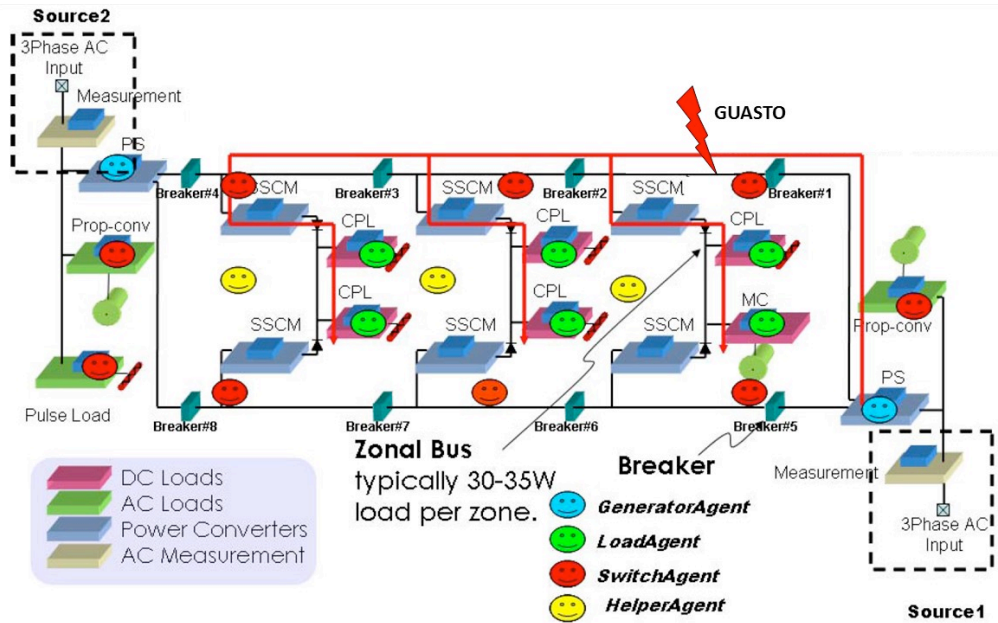


Figura 2: Guasto tra Breaker #1 e Breaker #2 [14].

Non appena si verifica il guasto, gli agenti responsabili della gestione degli switch comunicano tra loro al fine di localizzarlo. Sulla base di queste informazioni, essi decidono di aprire alcuni interruttori per isolare il problema.

A questo punto sarà necessario definire una strategia di risoluzione del guasto e di ripristino del sistema di alimentazione anche mediante l'interazione con gli utenti gestori del sistema stesso. Per brevità si omette questa parte che, comunque, risulta di particolare interesse per gli studi futuri in quanto non ancora del tutto risolta in letteratura.

### Prospettive di ricerca futura

Oggigiorno la problematica dell'efficienza e della protezione delle navi moderne da guasti, black-out o situazioni critiche, può essere affrontata proficuamente mediante l'uso di tecnologie "smart" che permettono una gestione intelligente di hardware navale sofisticato e complesso. Esse permettono sia di fornire un supporto al monitoraggio di molteplici sistemi distribuiti e ridondanti, nonché di reagire velocemente a situazioni critiche ed imprevedibili.

Il know-how dell'ICAR-CNR sui sistemi multi-agente si basa su oltre 15 anni di ricerca nel settore e applicazione a diversi contesti. Nel prossimo futuro ci si

propone di applicare queste competenze allo definizione di nuove tecniche per la riconfigurazione smart della distribuzione di potenza di bordo.

Si ritiene che il problema infatti ben si addica all'impiego di alcune metodologie specifiche: *(i)* sistemi di reasoning goal-oriented che permettano ad ogni singolo agente di operare in autonomia anche in condizioni di interruzione delle reti di comunicazione assicurando un livello minimo di performance [15][16], *(ii)* utilizzo di architetture gerarchiche (oloniche) per la gestione di grandi quantità di device organizzati su layer di astrazione diversi [17], *(iii)* infine, si ritiene indispensabile perseguire l'obiettivo della smartness anche mediante l'implementazione di tecniche di self-adaptation dei sistemi che permettano l'esplorazione di soluzioni nuove non necessariamente definite a design time ma identificate al momento del guasto mediante l'esplorazione di uno spazio delle soluzioni con tecniche intelligenti e auto-configuranti [18][19].

Nell'ambito di questo piano di ricerca, si configura la possibilità di svolgere attività coordinate con operatori del settore. Tali attività potranno quindi affrontare un preciso contesto applicativo che possa offrire uno scenario di test reale.

## References

- [1] Padamati, Koteswar R., Noel N. Schulz, and Anurag K. Srivastava. Application of genetic algorithm for reconfiguration of shipboard power system. In Power Symposium, 2007. NAPS'07. 39th North American, pp. 159-163. IEEE, 2007.
- [2] Lisheng Ma, Jundong Zhang; Guang Ren . An improved selection strategy differential evolution algorithm for reconfiguration of shipboard power system. In proc. of the 5th International Conference on Information Science and Technology (ICIST). 24-26 April 2015.
- [3] Kent Davey; Raul Longoria; William Shutt; Johnson Carroll; Keerthi Nagaraj; Jerad Park; Tom Rosenwinkel; Wei Wu; Ari Arapostathis. Reconfiguration in Shipboard Power Systems. In proc. of the 2007 American Control Conference. 9-13 July 2007. Pages: 4750 - 4755
- [4] Reconfiguration optimization of DC zonal distribution network of shipboard power system. In Transportation Electrification Asia-Pacific (ITEC Asia-Pacific), 2016 IEEE Conference and Expo (pp. 444-448).
- [5] Pal, S., Bose, S., Das, S., Scoglio, C., Natarajan, B. and Schulz, N., Shipboard power system reconfiguration using reinforcement learning. In proc. of the North American Power Symposium (NAPS), August 2010 (pp. 1-7).
- [6] F. Shariatzadeh, N. Kumar, and A. Srivastava, Optimal Control Algorithms for Reconfiguration of Shipboard Microgrid Distribution System using Intelligent Techniques, IEEE Trans. on Ind. Applicat., pp. 1-1, Aug. 2016.
- [7] K. Huang, D. A. Cartes, and S. K. Srivastava, A Multiagent-Based Algorithm for Ring-Structured Shipboard Power System Reconfiguration, IEEE Trans. Syst., Man, Cybern. C, vol. 37, no. 5, pp. 1016-1021, Aug. 2007.
- [8] S. Bose, S. Pal, B. Natarajan, C. M. Scoglio, S. Das, and N. N. Schulz, Analysis of Optimal Reconfiguration of Shipboard Power Systems, IEEE Trans. Power Syst., vol. 27, no. 1, pp. 189-197, Jan. 2012.
- [9] James A. Momoh, Yan Xia, Keisha C. Alfred. Dynamic Reconfiguration for Shipboard Power System Using Multi-agent System. In proc. of the 2008 Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, 20-24 July 2008.
- [10] K. Butler-Purry, Sanjeev K. Srivastava. Expert System-Based Reconfiguration of Shipboard Power Distribution Systems, In proc. of the 2008 Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, 20-24 July 2008.
- [11] W. Xue and Y. Fu. A Two-Step Method for Reconfiguration of Shipboard Power System. In proc. of the 2011 Int. Conf. On Electric Ship Technologies Symposium (ESTS), 10-13 April 2011.
- [12] S. K. Srivastava and K. L. Butler-Purry. Probability-based predictive self-healing reconfiguration for shipboard power systems. IET Gener. Transm. Distrib., vol. 1, no. 3, pp. 405-9, 2007.
- [13] Z. Jin, G. Sulligoi, R. Cuzner, L. Meng, J. C. Vasquez, and J. M. Guerrero. Next-Generation Shipboard DC Power System: Introduction Smart Grid and dc Microgrid Technologies into Maritime Electrical Networks. IEEE Electrific. Mag., vol. 4, no. 2, pp. 45-57, May 2016.

- [14] Belkacemi, R., & Feliachi, A. Design and deployment of a Multi-Agent System on a Hardware Prototype. In proc. of the 2010 Power and Energy Society General Meeting. 25-29 July 2010.
- [15] Luca Sabatucci, Salvatore Lopes, Massimo Cossentino. A Goal-Oriented Approach for Self-Configuring Mashup of Cloud Applications. In proc. of 2016 IEEE International Conference on Cloud and Autonomic Computing (ICCAC), Augsburg, Germany, September 12-16, 2016.
- [16] Luca Sabatucci, Carmelo Lodato, Salvatore Lopes and Massimo Cossentino. Highly Customizable Service Composition and Orchestration. In Service Oriented and Cloud Computing, Pages 156-170. 4th European Conference, ESOC 2015, Taormina, Italy, September 15-17, 2015, Proceedings. Dustdar, Schahram, Leymann, Frank, Villari, Massimo (Eds.). ISBN 978-3-319-24072-5. Springer.
- [17] M. Cossentino, N. Gaud, V. Hilaire, S. Galland, A. Koukam. ASPECS: an Agent-oriented Software Process for Engineering Complex Systems. International Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (IJAAMAS). 20(2). 2010. pag. 260.
- [18] L. Sabatucci, C. Lodato, S. Lopes, and M. Cossentino (2013) Towards Self-Adaptation and Evolution in Proceedings of the Workshop AI Meets Business Processes 2013 co-located with the 13th Conference of the Italian Association for Artificial Intelligence (AI\*IA 2013), Turin, Italy, December 6, 2013. CEUR Workshop Proceedings, online at: <http://ceur-ws.org/Vol-1101/>. 2013.
- [19] Luca Sabatucci and Massimo Cossentino. From Means-End Analysis to Proactive Means-End Reasoning, in proc. of SEAMS 2015, 10th International Symposium on Software Engineering for Adaptive and Self-Managing Systems, May 18-19, 2015 Firenze, Best Paper Award.