

## **Il progetto AREUS – Robotica Industriale eco-efficiente e sostenibile**

Angelo Oreste Andrisano<sup>1</sup>, Giovanni Berselli<sup>2</sup>, Michele Gadaleta<sup>1</sup>, Marcello Pellicciari<sup>1</sup>, Margherita Peruzzini<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Department of Engineering “Enzo Ferrari”, University of Modena and Reggio Emilia, Italy*

*E-mail: angelooreste.andrisano@unimore.it, michele.gadaleta@unimore.it, marcello.pellicciari@unimore.it margherita.peruzzini@unimore.it,*

<sup>2</sup>*Department of Mechanics, Energetics, Management and Transportation, University of Genova, Genova, Italy*

*E-mail: giovanni.berselli@unige.it*

**Keywords:** *Energy-Efficient Industrial Robotics, Integrated Simulation, Sustainable Manufacturing Engineering Methods, DC-Smartgrid, LCA*

### **SOMMARIO ESTESO / EXTENDED ABSTRACT**

L'impiego esteso di robot industriali nei processi di manifattura permette di ottenere la superiore qualità e produttività richiesta dai mercati; i paradigmi dell'Industria 4.0 prevedono inoltre un notevole ulteriore incremento del numero di robot, che purtroppo rischia di compromettere la sostenibilità delle fabbriche del futuro in termini sia finanziari che ambientali. Infatti, i sistemi di produzione mecatronici e robotizzati sono intrinsecamente energivori e impattano pesantemente sulla potenza installata ed i consumi energetici aziendali. Allo stato dell'arte si è lavorato soprattutto per migliorare l'efficienza dei singoli robot, ma è mancato un reale approccio di sistema, necessario per ottimizzare il consumo energetico totale di celle ed impianti robotizzati. Recentemente, sono stati introdotti sul mercato tool di simulazione proprietari capaci di predire il consumo energetico dei singoli robot [1] ma non dell'applicazione (i.e.: robot, utensili, macchinari, etc.), e pertanto risultano solo parzialmente utili per dimensionare empiricamente la cabina elettrica.

Il progetto europeo FP7 AREUS – Automation and Robotics for European Sustainable manufacturing [2], coordinato da UNIMORE, ha come obiettivo la riduzione dei consumi energetici e del LifeCycle Cost (LCC) di impianti robotizzati mediante quattro innovazioni modulari e scalabili. Una nuova architettura industriale di smartgrid a corrente continua (DC) permette la rigenerazione ed il recupero energetico tra diversi robot e macchinari, mentre un set di tool di simulazione e controllo basati sul concetto di Energy Signature [3] abilitano l'ottimizzazione dei consumi energetici dell'intero impianto mantenendo la stessa produttività e qualità di lavorazione, sfruttando il coordinamento ed il recupero di energia.

Infine, un innovativo approccio al LifeCycle Assesment (LCA) ha permesso di sviluppare tools specifici per impianti robotizzati, ideali per calcolare con superiore precisione l'impatto ambientale e finanziario di ogni soluzione di produzione robotizzata.

In questa presentazione, si mostreranno i principali avanzamenti, rispetto allo stato dell'arte, introdotti dal progetto AREUS e, in particolare, i risultati di ricerca e sviluppo ottenuti nei seguenti WorkPackages (WP), correlati alle suddette innovazioni e schematizzati in Fig. 1

- **WP 1:** Nuove architetture hardware (e.g. [4]) per la riduzione del consumo energetico, basate su un innovativo sistema di distribuzione dell'energia elettrica con migliori possibilità di distribuire, recuperare ed immagazzinare energia a livello di fabbrica;
- **WP2:** Un innovativo ambiente integrato di simulazione e design (e.g. [5,6]), specificamente concepito per il progetto e la programmazione eco-efficiente di grandi impianti robotizzati;
- **WP3:** Nuovi metodi di ottimizzazione, interamente connessi ai *tools* di simulazione di cui al punto 2), specificamente concepiti per la determinazione di *scheduling* dell'operazioni esplicitamente mirati alla riduzione dei consumi energetici (sia in termini globali che in termini di potenze massime assorbite istaneamente [7,8]);
- **WP4:** Nuovi metodi di LCA concepiti per predire/ottimizzare sia l'impatto economico che ambientale della fabbrica automatizzata [9].

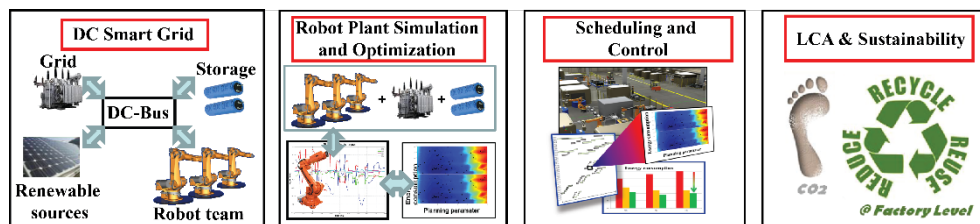


Figura 1. Le principali innovazioni del progetto AREUS.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] <https://www.realistic-robot-simulation.org/>
- [2] M. Pellicciari, et al., 2015, "AREUS - Innovative hardware and software for sustainable industrial robotics", IEEE CASE, Int. Conf. on Automation Science and Engineering, pp. 1325–1332.
- [3] M. Pellicciari, G. Berselli, F. Leali, A. Vergnano, 2013, "A method for reducing the energy consumption of pick-and-place industrial robots" Mechatronics, 23 (3), 326-334.
- [4] D. Meike, A. Senfelds, and L. Ribickis, 2013, "Power converter for dc bus sharing to increase the energy efficiency in drive systems. Industrial Electronics Society, IEEE IECON 2013 - 39th Annual Conference, 7199–7204.
- [5] D. Meike, M Pellicciari, G Berselli, 2014, "Energy efficient use of multirobot production lines in the automotive industry: Detailed system modeling and optimization", IEEE Transactions on Automation Science and Engineering 11 (3), 798-809.
- [6] M. Gadaleta, G. Berselli, M. Pellicciari, 2017, "Energy-optimal layout design of robotic work cells: Potential assessment on an industrial case study", Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 47, 102-111.
- [7] O. Wigstrom, B. Lennartson, A. Vergnano, and C. Breitholtz. High level scheduling of energy optimal trajectories. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 10(1):57–64, 2013.
- [8] B. Lennartson, et al., 2010, "Sequence planning for integrated product, process and automation design. Automation Science and Engineering, IEEE Transactions on, 7(4):791–802.
- [9] N. Bey, Hauschild M.Z., McAloone T.C., 2013, "Drivers and barriers for implementation of environmental strategies in manufacturing companies. CIRP Ann - Manuf. Technol., 62(1):43–46.