

# RadioSense: *Wireless Big Data for Collaborative Robotics in Smart Factory*

**Stefano Savazzi<sup>1</sup>, Vittorio Rampa<sup>1</sup>, Federico Vicentini<sup>2</sup>, Monica Nicoli<sup>3</sup>**  
CNR, IEIIT institute<sup>1</sup>, CNR, STIIMA institute<sup>2</sup>, Politecnico di Milano, DIG<sup>3</sup>  
stefano.savazzi@ieiit.cnr.it, vittorio.rampa@ieiit.cnr.it,  
federico.vicentini@stiima.cnr.it, monica.nicoli@polimi.it

## Abstract

Il contributo proposto intende presentare le attività in corso del progetto RadioSense. Il progetto ha l'obiettivo di sviluppare un sistema di visione computerizzato per la percezione avanzata di uno spazio di lavoro che prevede la collaborazione continua uomo-macchina. Il sistema si basa sull'elaborazione di segnali radio emessi da dispositivi eterogenei (IoT 4G/5G+, WiFi) attraverso algoritmi di intelligenza artificiale (IA), in particolare di machine e federated learning (ML e FL). Il progetto è co-finanziato nell'ambito del Bando Europeo H2020 Call 2017 – CHIST-ERA III “European coordinated research on long-term ICT and ICT-based scientific challenges” nel settore “Big data and process modelling for smart industry (BDSI)”.

## 1 Introduzione

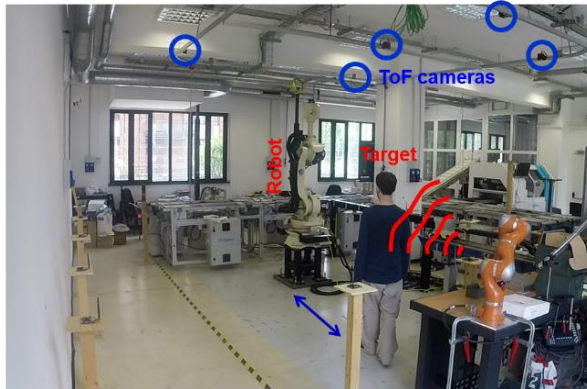
Il progetto RadioSense si propone di sviluppare un sistema di visione computerizzata per il rilevamento e la percezione avanzata dello spazio di lavoro. Il sistema permette l'elaborazione di dati/segnali multidimensionali e non strutturati (“Big Data”) ottenuti da un dispiegamento massivo di dispositivi wireless distribuiti. L'elaborazione è basata su algoritmi di machine e collaborative/federated learning. Il sistema di visione proposto si basa sul principio del radar applicato a sorgenti radio progettate per la radio-comunicazione e riutilizzate allo scopo di rilevare le caratteristiche dell'ambiente di lavoro. La presenza di una persona/operatore in movimento all'interno dell'area di copertura di una rete wireless (sorgente di un campo elettromagnetico - EM) determina un cambiamento della condizione di propagazione, con conseguente alterazione dell'intensità dei segnali radio scambiati dai terminali della rete. Queste alterazioni sono, per esempio, causate da fenomeni quali diffrazione, riflessione o diffrazione e quindi funzione delle caratteristiche elettromagnetiche del corpo rapportate alla frequenza di emissione, all'antenna, all'ambiente e alla sua posizione nello spazio. L'analisi congiunta dei segnali radio, eventualmente eterogenei, tramite algoritmi di tipo machine learning (federated learning) consente l'identificazione del movimento in tempo reale, per esempio la localizzazione e l'inseguimento del moto e infine il riconoscimento di mutate condizioni ambientali. Il sistema è progettato per integrare le reti NGI (Next Generation Internet) quali IoT (Internet of

Things), high-speed Wi-Fi e 5G, sfruttandone le principali funzionalità avanzate (MIMO, beam-forming, beam-steering e beam-tracking).

Con riferimento ai sistemi manifatturieri avanzati, basati sulla collaborazione diretta uomo-robot (cobots), il progetto RadioSense affronta il problema del monitoraggio degli operatori umani e dell'interazione “device free” degli stessi con i robot, offrendo uno strumento flessibile per il controllo e la riconfigurazione dinamica dell'impianto industriale. In particolare, si vuole esplorare una famiglia di tecnologie di rilevamento radio passive o “Radio Vision” che permettono di tracciare, riconoscere e analizzare le interazioni uomo-robot, senza richiedere ai lavoratori di indossare dispositivi e senza la necessità di utilizzare telecamere (intrusive per motivi di privacy e inadatte in caso di fumo o vapori). La tecnologia proposta sfrutta la raccolta e l'elaborazione in tempo reale di segnali radio eterogenei (ad esempio, quelli rilevati nelle connessioni IoT, 4G/5G+ e Wi-Fi), in particolare informazioni sulla potenza ricevuta (Received Signal Strength – RSS) e più in generale sullo stato del canale (Channel State Information - CSI) nei collegamenti fra diverse antenne. Le perturbazioni del canale radio causate dal movimento degli oggetti nell'ambiente possono essere elaborate attraverso tecniche di Bayesiane per estrapolare un'immagine 2D/3D dell'ambiente, consentendo di tracciare il movimento di robot/operatori all'interno dello spazio. Combinando una moltitudine di segnali radio provenienti da dispositivi wireless, che trasmettono a diverse frequenze e bande, è possibile infine applicare tecniche di machine learning cooperativo (federated learning) per l'analisi Big Data. Pertanto il progetto RadioSense si propone di convertire i nodi radio delle reti NGI presenti negli ambienti in sensori virtuali distribuiti per il rilevamento e il monitoraggio di aree condivise tra operatori e robot.

## 2 Scenari applicativi e Industria 4.0

Tra gli scenari applicativi di maggior interesse, si evidenziano i sistemi di controllo per la prevenzione della collisione uomo-robot (cobots) all'interno dello spazio di lavoro condiviso (si veda la Figura 1), il riconoscimento attivo del contesto e delle attività dell'operatore, nonché il monitoraggio accurato dello stato di salute dell'operatore (pre-fall/post-fall detection).



HR collaborative space: monitored area

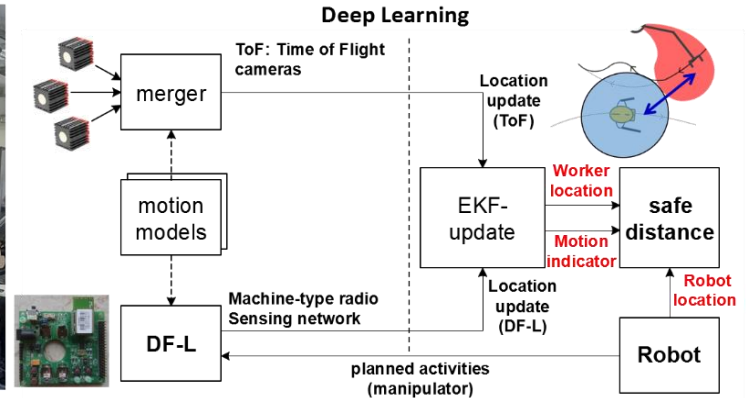


Figura 1: Spazio di lavoro collaborativo (uomo-robot) con disposizione dei sensori IoT (figura a sinistra) e architettura software del sistema di visione (figura a destra)

### 3 Obiettivi tecnici e scientifici

RadioSense intende sfruttare tecnologie radio di nuova generazione (5G+) che operano nella banda sub-THz (100-150 GHz) e sistemi MIMO dotati di antenne multiple avanzate con capacità di beam-steering elettronico. In sintesi, RadioSense affronterà tre problemi principali:

1. il progetto di un **sistema di localizzazione passiva** (senza tag, o dispositivi indossabili) in grado di tracciare la posizione di uno o più operatori presenti nello spazio di lavoro;
2. la definizione di un **interfaccia HMI (human-machine interface)** per l'attuazione intelligente e il controllo di macchine mediante l'uso intuitivo di interfacce gestuali;
3. la verifica di un **sistema di sicurezza (safety)** che permette il monitoraggio predittivo delle attività dell'operatore e il rilevamento di anomale interazioni tra uomo e robot nello spazio di lavoro.

Una piattaforma distribuita (edge-cloud) permetterà l'integrazione (modulare e scalabile) delle tre funzionalità proposte sopra e l'utilizzo di strumenti di analisi, manipolazione e fusione dei dati provenienti da sensori eterogenei (sensori virtuali radio e sensori tradizionali). Infine, per supportare l'addestramento dei sistemi di intelligenza artificiale (IA) sviluppati si vuole valutare un modello elettromagnetico/statistico che permetta di simulare, o generare in modo sintetico, l'andamento del campo elettromagnetico (cioè degli indicatori di RSS o CSI) al variare delle configurazioni/caratteristiche cinematiche dei cobots presenti sul campo. Saranno infine valutati modelli generativi non supervisionati (generative models, adversarial networks).

### Riferimenti bibliografici

- [ISO2016] ISO/TS 15066:2016: Robots and robotic devices – Collaborative robots. Geneva, Switzerland: Int. Organiz. for Standardization.
- [SAVAZZI et. al 2016.] S. Savazzi, S. Sigg, M. Nicoli, et al., Device-Free Radio Vision for assisted living: Leveraging wireless channel quality information for human sensing, IEEE Signal Processing Magazine, vol. 33, no. 2, Mar. 2016.
- [WU et. al. 2017] D. Wu, D. Zhang, C. Xu, H. Wang and X. Li, "Device-Free WiFi Human Sensing: From Pattern-Based to Model-Based Approaches," IEEE Communications Magazine, vol. 55, no. 10, pp. 91-97, Oct. 2017.
- [SAVAZZI et. al. 2016] S. Savazzi, V. Rampa, F. Vicentini, M. Giussani, "Device-free human sensing and localization in collaborative human-robot workspaces: a case study," IEEE Sensors Journal, vol. 16, no. 5, pp. 1253-1264, March, 2016.
- [DAQING et al. 2017] Daqing Zhang, Hao Wang, Dan Wu, Toward Centimeter-Scale Human Activity Sensing with Wi-Fi Signals, IEEE Computer, pp. 48-57, 2017.
- [KIANOUSH 2018] S. Kianoush, M. Raja, S. Savazzi and S. Sigg, "A Cloud-IoT Platform for Passive Radio Sensing: Challenges and Application Case Studies," IEEE Internet of Things Journal, vol. 5, no. 5, pp. 3624-3636, Oct. 2018.
- [KIANOUSH 2018] S. Kianoush, S. Savazzi and M. Nicoli, "Device-free Crowd Sensing in Dense WiFi MIMO Networks: Channel Features and Machine Learning Tools," 2018 15th Workshop on Positioning, Navigation and Communications (WPNC), Bremen, 2018, pp. 1-6.