

Proposta di Progetto di Ricerca

Sede dell'attività: DEI sede di Cesena

Proponente: Prof. Ing. Andrea Giorgetti

Sistemi di Monitoraggio di Strutture Basati su Reti di Sensori Radio e Algoritmi di Classificazione di Anomalie

L'attività di ricerca proposta è incentrata sullo sviluppo di una rete di sensori wireless orientata al monitoraggio di strutture civili con enfasi sulle tecniche di codifica di sorgente specifiche per questa applicazione.

Lo scenario di riferimento considerato prevede la simulazione e lo sviluppo di tecniche innovative per la compressione di sorgente dove la sorgente è costituita dall'uscita dell'algoritmo di analisi modale della struttura. Parte dello studio verterà anche a capire quali task della lunga catena di processamento potranno essere fatti in locale e quanti potranno operare in remoto, tenendo conto dei vincoli di banda e di complessità degli algoritmi.

Il monitoraggio di strutture sta evolvendo verso l'uso di sistemi distribuiti e pervasivi che necessitano di reti di comunicazione multimodale con segmenti radio in grado di raggiungere un numero molto elevato di strutture con sistemi a basso costo. Si pensi ad esempio alle reti quali ZigBee, LoRa e nel prossimo futuro NB-IoT. Purtroppo, in questo scenario molto promettente manca ancora una completa integrazione delle tecnologie di comunicazione con le tecniche di processamento dei dati. Non è noto come gli errori nella comunicazione e la codifica di sorgente impattano sull'analisi dello stato di salute della struttura. Il monitoraggio real-time di strutture comporta poi un ulteriore vincolo sulla banda necessaria alla comunicazione. Per questi motivi, nel progettare la rete e gli algoritmi di compressione dell'informazione è necessario non solo conoscere le caratteristiche della sorgente (che in alcuni casi può essere rappresentata dall'output di un algoritmo di analisi modale) ma anche il tipo di algoritmo usato per rilevare le anomalie. Questo progetto di ricerca ambisce a capire quale sia il migliore combinazione tra codifica di sorgente, la rete e l'algoritmo di rilevamento delle anomalie.

Alcune pubblicazioni del proponente relative all'oggetto della ricerca

- A. Elzanaty, A. Giorgetti, and M. Chiani, "Limits on sparse data acquisition: RIC analysis of finite gaussian matrices," *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. 65, no. 3, pp. 1578–1588, Mar. 2019.
- E. Favarelli, E. Testi, and A. Giorgetti, "One class classifier neural network for anomaly detection in low dimensional feature spaces," in *Proc. Int. Conf. on Signal Processing and Comm. Systems (ICSPCS)*, Gold Coast, Australia, Dec. 2019, pp. 1–7.
- E. Favarelli, E. Testi, L. Pucci, M. Chiani, and A. Giorgetti, "Anomaly detection using WiFi signals of opportunity," in *Proc. Int. Conf. on Signal Processing and Comm. Systems (ICSPCS)*, Gold Coast, Australia, Dec. 2019, pp. 1–7.
- E. Testi, E. Favarelli, L. Pucci, and A. Giorgetti, "Machine learning for wireless network topology inference," in *Proc. Int. Conf. on Signal Processing and Comm. Systems (ICSPCS)*, Gold Coast, Australia, Dec. 2019, pp. 1–7.
- E. Testi, E. Favarelli, and A. Giorgetti, "Machine learning for user traffic classification in wireless systems," in *Proc. European Signal Processing Conference (EUSIPCO)*, Rome, Italy, Sep. 2018, pp. 2040–2044.
- D. Pianini, A. Elzanaty, A. Giorgetti, and M. Chiani, "Emerging distributed programming paradigm for cyber-physical systems over LoRaWANs," in *Proc. IEEE Global Commun. Conf. (GLOBECOM)*, Abu Dhabi, United Arab Emirates, Dec. 2018, pp. 1–6.

Piano di Attività

Obiettivo del piano di formazione

Obiettivo generale del piano è formare un ricercatore con approfondite conoscenze del settore dell'ingegneria delle telecomunicazioni relative alle reti radio di sensori in ottica IoT con particolare enfasi alle tecniche di trasmissione e successiva elaborazione dati per la detection di anomalie. Tale obiettivo sarà perseguito mediante studio individuale, indirizzato dal gruppo di ricerca del proponente, e partecipazione a corsi e seminari, tenuti sia in ambito nazionale che internazionale. Buona parte dell'attività consisterà nello sviluppo di tecniche di codifica di sorgente per dati provenienti da analisi modale di strutture e il loro impatto sugli algoritmi di rilevazione di anomalie.

Le competenze acquisite permetteranno una facile collocazione nel settore della ricerca avanzata e industriale in ambito ICT, data l'importanza e l'attualità della tematica. Oltre alle strutture pubbliche di ricerca, la professionalità sviluppata dal percorso formativo proposto è di sicuro interesse anche delle strutture di ricerca private, visto il crescente sviluppo economico delle applicazioni dell'ingegneria dell'informazione relative al monitoraggio di processi industriali.

Attività previste nel periodo di formazione

- Fase 1. Rassegna critica della letteratura sulle tecniche di trasmissione e i protocolli per reti di sensori con particolare enfasi alle reti IoT e sulle tecniche di analisi modale di strutture con particolare enfasi a ponti.
- Fase 2. Implementazione di algoritmi di compressione noti in letteratura per la codifica di dati provenienti dall'analisi modale con possibilità di sfruttare tecniche di tipo compressed sensing. Valutazione dell'impatto della codifica sulle prestazioni di algoritmi per la detection di anomalie (reti neurali, ecc.).
- Fase 3. Sviluppo di nuove tecniche di codifica di sorgente per il monitoraggio strutturale e loro impatto in termini di rate-distortion function e energy-distortion function.
- Fase 4. Implementazione degli algoritmi di codifica e decodifica sviluppati in C++ e loro validazione.