

## Proposta di Progetto di Ricerca

**Sede dell'attività:** viale Risorgimento 2, Bologna

**Proponente:** Prof. Ing. Enrico Paolini

### **Sistema di Internet-of-Things Satellitare Basato su Satelliti LEO**

Il progetto ha come obiettivo lo svolgimento di attività di ricerca sui sistemi di Internet-of-Things (IoT) satellitari con satelliti di tipo LEO. In tali sistemi, un numero potenzialmente molto grande di sensori trasmette pacchetti di dati ad un satellite LEO, durante il tempo di contatto radio. Il satellite, di tipo rigenerativo, memorizza i pacchetti ricevuti e scarica tali informazioni mediante un feeder link verso un gateway a terra. Il collegamento tra nodo IoT e satellite è bidirezionale: questo consente al satellite, ad esempio, di avvisare i nodi IoT dell'inizio della finestra di contatto radio.

Una prima fase del progetto consisterà nella definizione dei requisiti di sistema per il link wireless tra nodo IoT e il satellite LEO. A tale scopo, sarà necessario identificare un set di servizi potenzialmente attivabili sul sistema IoT satellitare (considerando ambiti quali ad esempio quello marittimo, dell'agricoltura, del trasporto, del metering, del monitoraggio di beni e infrastrutture, del monitoraggio ambientale) e diversificando i requisiti per i principali servizi identificati, includendo la lunghezza dei pacchetti, l'autonomia richiesta e dimensioni dei nodi IoT, la frequenza di generazione dei dati.

Successivamente, verrà progettato il link wireless in modo tale da soddisfare i requisiti identificati. Tale progetto dovrà includere sia il livello fisico del sistema di comunicazione che il livello MAC, cioè il protocollo di accesso multiplo. Per quanto riguarda il livello fisico, verrà sviluppata una tecnica di trasmissione (che includa la codifica dell'informazione, la modulazione e la sincronizzazione) adatta al sistema IoT che si intende realizzare. Essa potrà costituire, ove possibile, un adattamento al contesto satellitare di tecniche di trasmissione dell'informazione digitale utilizzate nei sistemi IoT terrestri. Per quanto riguarda il livello MAC, sarà necessario specificare un protocollo di accesso multiplo per il sistema IoT satellitare. Il protocollo deve essere a bassa complessità lato trasmissione, data la capacità computazionale limitata dei nodi IoT, deve risultare affidabile anche in presenza di collisioni tra pacchetti trasmessi da nodi diversi e deve tenere conto della finestra temporale limitata per le trasmissioni.

#### *Alcune pubblicazioni del proponente relative all'oggetto della ricerca*

- C. Stefanovic, E. Paolini, G. Liva, "Asymptotic Performance of Coded Slotted ALOHA with Multi Packet Reception," IEEE Communications Letters, vol. 22, no. 1, pp. 105-108, Jan. 2018.
- M. Baldi, M. Bertinelli, F. Chiaraluce, P. Closas, P. Dhakal, R. Garello, N. Maturo, M. Navarro, J. M. Palomo, E. Paolini, S. Pfletschinger, P. F. Silva, L. Simone, J. Vilà-Valls, "State-of-the-Art Space Mission Telecommand Receivers," IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, vol. 32, no. 6, pp. 4-15, June 2017.
- E. Paolini, G. Liva, M. Chiani, "Coded Slotted ALOHA: A Graph-Based Method for Uncoordinated Multiple Access," IEEE Transactions on Information Theory, vol. 61, no. 12, pp. 6815-6832, Dec. 2015.
- T. De Cola, E. Paolini, G. Liva, G.P. Calzolari, "Reliability Options for Data Communications in the Future Deep-Space Missions," Proceedings of the IEEE, Special Issue on Aerospace Communications and Networking in the Next Two Decades, vol. 99, no. 11, pp. 2056-2074, Nov. 2011.
- G.P. Calzolari, M. Chiani, F. Chiaraluce, R. Garello, E. Paolini, "Channel Coding for Future Space Missions: New Requirements and Trends," Proceedings of the IEEE, Special Issue on Technical Advances in Deep Space Communications and Tracking, vol. 95, no. 11, pp. 2157-2170, Nov. 2007.

## Piano di Attività

### *Obiettivo del piano di formazione*

Obiettivo generale del piano è formare un ricercatore con approfondite conoscenze del settore delle comunicazioni IoT satellitari, con particolare enfasi sulle tecniche di trasmissione e sui protocolli di accesso multiplo. Tale obiettivo sarà perseguito mediante studio individuale, riunioni tecniche con il gruppo di ricerca del proponente e partecipazione a corsi, seminari e tutorial tenuti sia in ambito nazionale che internazionale.

Si prevede che le competenze acquisite consentiranno una facile collocazione nel settore della ricerca avanzata e industriale in ambito Aerospace, 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, vista la crescente pervasività delle applicazioni di Internet-of-Things.

### *Attività previste nel periodo di formazione*

- Fase 1. Rassegna critica della letteratura sulle tecniche di trasmissione e i protocolli di accesso multiplo per reti IoT satellitari.
- Fase 2. Analisi dei requisiti di sistema per un collegamento IoT satellitare.
- Fase 3. Sviluppo di nuove tecniche di trasmissione a livello fisico per reti IoT satellitari.
- Fase 4. Sviluppo di un protocollo di accesso multiplo non coordinato per reti IoT satellitari.

Bologna, 06 Novembre 2021  
Prof. Ing. Enrico Paolini

