

On-Device Learning on Parallel Ultra-Low Power SoCs for Satellite Applications

Emerging applications in satellites require advanced capabilities in terms of on-board processing, inference, and even learning. Advanced capabilities such as automated satellite manouvering require adaptive capabilities, such as that to dynamically change the behavior of Artificial Intelligence neural network models. In this project, we aim at enabling advanced capabilities, such as On-Device Learning (ODL), in devices of this class. However, how to provide the data annotations and the conditions to detect domain shift and start retraining the model remain open questions.

This project aims at tackling the problem of making a satellite ODL system fully autonomous by analyzing several aspects: first, how to minimize the latency of the ODL update, while maintaining an accuracy comparable to an update performed on a cloud or server machine, also studying the problem of the optimal deployment on a real satellite-ready platform; second, to study how a set of multi-modal sensors can be used to automatically label data acquired in-field; third, how to define the data-and-model-driven conditions to optimally update the model, i.e., detect and counter the effects of domain shift by selectively fine-tuning the model on meaningful data. The candidate will analyze these aspects starting from depth estimation and object detection tasks on DNNs compatible with deployment on satellites, with the goal of extending existing deployment tools for state-of-the-art architectures, as the Parallel Ultra-Low Power (PULP) platform. The activity, which is in line with the objectives of the ChipsJU project ISOLDE, will consist of the following steps:

1. Development of depth estimation and object detection AI models adapted to ODL.
2. Development of a deployment flow attuned to ODL.
3. Evaluation on a real-world prototype (Carfield, Astral) of space-ready Parallel Ultra-Low Power SoC.

Apprendimento On-Device su SoC paralleli a ultra-bassa potenza per applicazioni satellitari

Le applicazioni emergenti nei satelliti richiedono capacità avanzate in termini di elaborazione a bordo, inferenza e persino apprendimento. Capacità avanzate, come la manovra automatizzata dei satelliti, richiedono funzionalità adattive, come quella di cambiare dinamicamente il comportamento dei modelli di reti neurali di intelligenza artificiale. In questo progetto, ci proponiamo di abilitare capacità avanzate, come l'On-Device Learning (ODL), in dispositivi di questa classe. Tuttavia, come fornire le annotazioni dei dati e le condizioni per rilevare lo spostamento del dominio e avviare il riaddestramento del modello rimangono questioni aperte.

Questo progetto mira ad affrontare il problema di rendere un sistema satellitare ODL completamente autonomo analizzando diversi aspetti: in primo luogo, come minimizzare la latenza dell'aggiornamento ODL, mantenendo al contempo una precisione comparabile a un aggiornamento eseguito su una macchina cloud o server, studiando anche il problema della distribuzione ottimale su una piattaforma reale pronta per il satellite; in secondo luogo, studiare come un set di sensori multimodali può essere utilizzato per etichettare automaticamente i dati acquisiti sul campo; in terzo luogo, come definire le condizioni guidate da dati e modelli per aggiornare in modo ottimale il modello, ovvero rilevare e contrastare gli effetti dello spostamento del dominio selezionando e ottimizzando il modello su dati significativi. Il candidato analizzerà questi aspetti partendo da attività di stima della profondità e rilevamento degli oggetti su DNN compatibili con la distribuzione su satelliti, con l'obiettivo di estendere gli strumenti di distribuzione esistenti per architetture all'avanguardia, come la piattaforma Parallel Ultra-Low Power (PULP). L'attività, che è in linea con gli obiettivi del progetto ChipsJU ISOLDE, consisterà nei seguenti passaggi:

1. Sviluppo di modelli AI per la stima della profondità e il rilevamento di oggetti adattati all'ODL.
2. Sviluppo di un flusso di distribuzione adatto all'ODL.
3. Valutazione su un prototipo reale (Carfield, Astral) di SoC paralleli a ultra-bassa potenza pronti per lo spazio.