



UNIONE EUROPEA
Fondo Sociale Europeo



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI BARI
ALDO MORO

Dipartimento Interateneo di Fisica “M. Merlin”

Dottorato di ricerca XXXV ciclo

Titolo progetto di ricerca: Acquisizione ed elaborazione di dati sperimentali in missioni aerospaziali di lunga durata

Dottorando: Alessio Scagliola

Anno Accademico 2019/2020



UNIONE EUROPEA
Fondo Sociale Europeo



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI BARI
ALDO MORO

La missione Extreme Universe Space Observatory on a Super Pressure Balloon II (EUSO-SPB2) ha come obiettivo un volo di lunga durata, con pallone aerostatico ad alta pressione della NASA, di un apparato per la misura dei raggi cosmici. Il volo, approvato dalla NASA per un lancio nella primavera del 2022, è il secondo dopo quello del 2017 denominato EUSO-SPB 1 [1], messo a punto dalla collaborazione internazionale che dà vita a progetti più ampi: Joint Experiment Missions for Extreme Universe Space Observatory (JEM-EUSO) [2] e Probe Of Extreme Multi-Messenger Astrophysics (POEMMA) [3] che ha lo scopo di scoprire la natura e l'origine degli Ultra-High Energy Cosmic Rays (UHECR), particelle cosmiche con energia dell'ordine dei 10^{20} eV, attraverso l'utilizzo di due telescopi per la rivelazione della luce ultravioletta emessa dalla fluorescenza e dall'effetto Cherenkov causati dall'interazione delle particelle con gli atomi dell'atmosfera; la missione prevede la messa in orbita di due satelliti, che orbiteranno a una quota di 525 km, e che effettueranno la ricostruzione stereoscopica della traccia del raggio cosmico incidente [4].

EUSO-SPB2 trasporterà una versione ridotta dei due telescopi progettati per POEMMA, fino a un'altitudine di 33 km sul livello del mare grazie alla spinta di un Super Pressure Balloon (SPB), che dovrà garantire la stabilità della quota per un periodo massimo pari a 100 giorni [5]. Il lancio è previsto nella primavera del 2022 dalla base di Wanaka, in Nuova Zelanda, della NASA Columbia Space Balloon Facility (CSBF).

Il progetto dei due telescopi prevede un sistema ottico, di tipo Schmidt, che focalizza i fotoni su un piano focale che ospita i rivelatori e la relativa elettronica di acquisizione. I telescopi ospitano anche un Data Processor (DP) che ha il compito di interfacciarlo con il sistema generale di telemetria e controllo remoto della struttura che li ospita (la Gondola), nonché permettere di controllarlo, configurarlo, monitorarlo e gestire i rivelatori che lo compongono [6]. Le DP sono composte da una CPU identica e sono connesse a una rete di sensori: ognuno è equipaggiato, tra gli altri, con due ricevitori GPS che permettono di definire posizione e tempo degli eventi, una



UNIONE EUROPEA
Fondo Sociale Europeo



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI BARI
ALDO MORO

copertura motorizzata che evita l'esposizione dei sensori alla luce solare diretta durante il giorno, due sensori di luce (uno esterno, l'altro interno) e un sistema di illuminazione LED per verificare l'integrità di tutti i pixel.

La sezione di Bari dell'INFN si occuperà di sviluppare il software delle CPU di bordo che equipaggeranno i due telescopi, in continuità con quanto sviluppato per la missione SPB1 [7]. Le CPU si occuperanno di acquisire i dati dei sensori di luce e ambientali, i.e. temperatura, pressione, GPS differenziale, etc., e di agire come supervisori, controllori ed attuatori di tutte le attività dei telescopi. Data la limitata telemetria a disposizione, le CPU dovranno anche effettuare una prima analisi dei dati scientifici acquisiti effettuando un filtro ed assegnando le priorità di trasferimento.

Proposta di ricerca

Uno dei problemi che i voli su velivoli senza equipaggio pongono è quello legato al controllo in tempo reale di tutte le caratteristiche ambientali e di funzionamento del mezzo; il controllo è finalizzato al funzionamento ottimale durante la missione e fortemente dipendente dalla qualità della rete di sensori dislocata, dalla capacità di elaborazione dei dati in tempo reale e dalla modellizzazione su cui basare le previsioni.

L'ambiente estremo, in cui si svolge un volo di pallone stratosferico di lunga durata, offre la possibilità di sperimentare tutte le fasi necessarie alla realizzazione di un'infrastruttura di modellizzazione, raccolta, elaborazione dei dati e il relativo controllo automatico delle operazioni svolte a bordo, basato sull'analisi dei dati suddetti.

Una rete di sensori indipendenti, basato su un paradigma di "internet of things", con una capacità a bordo di intelligenza artificiale, offre la migliore flessibilità per superare i tipici problemi legati al funzionamento di missioni a controllo remoto, i.e. evitare "single point failure", e individuare in tempo reale le situazioni critiche.



UNIONE EUROPEA
Fondo Sociale Europeo



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI BARI
ALDO MORO

Il progetto si svilupperà attraverso una prima fase del lavoro prevede la raccolta dei requisiti e vincoli (requirements and constraint) del progetto. Questa fase comprenderà anche l'analisi dei dati del volo precedente SPB1, che serviranno come riferimento reale, essendo molto simili le condizioni dei due voli.

A questa fase seguirà quella di analisi del problema e progettazione dell'architettura dei sensori per soddisfare al meglio i requisiti e i vincoli individuati nella fase precedente.

Una volta individuata l'architettura hardware, si passerà al progetto della infrastruttura di acquisizione dei dati. Questa sfrutterà al meglio le tecnologie di programmazione orientate agli oggetti, sviluppate su CPU o microcontrollori a basso consumo con linguaggi di programmazione compilati, questi ultimi necessari per raggiungere velocità di elaborazione elevate con un consumo di energia relativamente limitato.

Infine, seguirà la fase di caratterizzazione, test e qualifica dell'apparato, prima di integrarlo con il sistema di volo della CSBF della NASA, previsto per ottobre 2021.

Il lancio di SPB2 è previsto nella primavera del 2022 e i dati saranno disponibili in tempo reale.

Le conoscenze e le competenze acquisite durante il percorso di dottorato avranno naturale impiego nel mondo dei SAPR (Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto). All'interno del percorso precedentemente descritto, fra secondo e terzo anno, si innesterà la collaborazione con i due partner industriali, il "Distretto Tecnologico e Aerospaziale" (DTA) di Brindisi e la sede di Coventry (UK) di "Enginsoft". Le due aziende (più precisamente si fa riferimento alla sede di Mesagne della Enginsoft), già partner all'interno del progetto RPASinAir, volto allo sviluppo di tecnologie SAPR e del loro inserimento nello spazio aereo non segregato per il monitoraggio e il controllo del territorio, metteranno a disposizione la loro esperienza nel settore per fornire il supporto necessario per l'adattamento delle soluzioni sviluppate nell'ambito di EUSO SPB2 all'ambito dei SAPR.



UNIONE EUROPEA
Fondo Sociale Europeo



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI BARI
ALDO MORO

Bibliografia

- [1] V. Scotti, G. Osteria for the JEM-EUSO Collaboration, "The EUSO-SPB mission" *Proceedings of The European Physical Society Conference on High Energy Physics*, PoS (EPS-HEP2017) 024.
- [2] M. Bertaina et al. for the JEM-EUSO Collaboration, "Search for Ultra High Energy Cosmic Rays from Space - The JEM-EUSO Program" *Proceedings of the 36th ICRC*, PoS (ICRC2019) 192.
- [3] J.H. Adams et al., "White paper on EUSO-SPB2" *arXiv:1703.04513v1* (2017).
- [4] A. V. Olinto et al., "POEMMA design" *arXiv:1907.06217v1* (2019).
- [5] L. Wiencke et al. for the JEM-EUSO Collaboration, "The Extreme Universe Space Observatory on a Super-Pressure Balloon II Mission" *Proceedings of the 36th ICRC*, PoS (ICRC2019) 466.
- [6] G. Osteria et al. for the JEM-EUSO Collaboration, "The Data Processor of the EUSO-SPB2 Telescopes" *Proceedings of the 36th ICRC*, PoS (ICRC2019) 420.
- [7] C. Fornaro, FS. Cafagna, G. Osteria, V. Scotti, F. Perfetto, L. Conti, "The onboard software of the EUSO-SPB pathfinder experiment", *Soft: Pract Exper*, 2019: 49: 524-539.
<https://doi.org/10.1002/spe.2655>