

HIPENSAT (High Performance Nano SATellite)

The objective of the project is to design, develop, implement, test, launch and validate a 12U nanosatellite with a hyperspectral and panchromatic imager capable of obtaining, thanks to the performance of the attitude control of the platform and the electro-optical characteristics of the payload, a ground resolution of less than 4 meters. The satellite that will be tested in flight is thought to be the first product of a constellation satellite configuration; thanks to the low construction and launch costs, it will be possible to obtain, through a constellation of satellites, an earth observation service with high performances in terms of ground resolution and revisit time of the observed areas. The system is a candidate to become a product for the international market by focusing on the low-cost performance advantages that can be offered to countries that are unable to launch their own observation satellites or to semi-professional clusters of users, such as schools and amateurs, in addition to the canonical providers of downstream services.

We want to highlight here that the proposed project is aimed at the construction and launch of a satellite, therefore far from those research projects that are often evanescent and of dubious measurability that aim to achieve intermediate development steps, and therefore not complete and difficult to verify in tangible way.

4.2 Sintesi della proposta

Le attività di osservazione della terra vengono tipicamente eseguite facendo volare su piattaforme satellitari di dimensioni medie e grandi payload radar o payload elettroottici (Imagers) che rilevano i segnali in bande spettrali diverse. I payload ottici si distinguono a seconda delle bande in Imagers di immagini pancromatiche (visibili all'occhio umano), multispettrali (quando le immagini sono relativi a bande spettrali non contigue) e iperspettrali (immagini relative ad una ampia gamma di bande spettrali contigue). Fino ad oggi i payload elettro-ottici sono volati a bordo di piattaforme di dimensioni medie e grandi perché le uniche in grado di garantire i necessari requisiti di controllo di assetto e in grado di alloggiare le grandi dimensioni richieste dalle ottiche necessarie ad assicurare risoluzioni a terra tali da consentire una vasta gamma di servizi downstream. L'evoluzione tecnologica dell'elettronica, in particolare l'aumento della risoluzione dei sensori di immagini e le sempre maggiori prestazioni dei sottosistemi di controllo di assetto assicurate dalle aumentate potenze di calcolo messe a disposizione dalle FPGA di ultima generazione e anche dalle innovative strategie di controllo basate sulla fusione di dati provenienti da sensori di natura diversa, consente oggi di ottenere prestazioni notevoli anche con piccole piattaforme satellitari. Infatti lo spazio disponibile a bordo può essere dedicato quasi interamente al payload (si parla di piattaforme "all payload") poiché la miniaturizzazione dell'elettronica consente di implementare con volumi, pesi e potenze ridotti tutti le necessarie funzioni di bordo nonché il data handling dei dati ottici; in aggiunta il contenimento dei costi delle piccole piattaforme rispetto alle piattaforme grandi consente di pensare a soluzioni di costellazione (inviando una pleora di piccoli satelliti anziché un unico satellite con payload grande) che sono in grado di produrre altri due grandi vantaggi; incremento dell'affidabilità garantita dalla ridondanza e incremento del revisit time (ovverossia del tempo intercorrente tra due successivi passaggi sul medesimo luogo oggetto dell'osservazione). La strategia della costellazione consente di ottenere altri due vantaggi, l'uno relativo alla risoluzione a terra e l'altro relativo al costo della componentistica utilizzabile; tanti satelliti a basso costo facilmente lanciabili consentono di operare a quote basse (300/400 Km, diminuendo così la vita operativa utile del singolo satellite) aumentando notevolmente la risoluzione a terra ottenibile a parità di ottica e consentono anche di utilizzare componentistica non full space, sia perché a quote più basse è minore l'impatto delle radiazioni sia perché si può accettare il rischio di un livello di affidabilità minore grazie alla ridondanza ed alla facilità di sostituzione.

Il progetto prevede la progettazione di una piccola piattaforma integrata per osservazione della terra, comprendente un carrier costituito da un satellite 12U tipo cubesat (2U x 2U x 3U, complessivamente 20 x 20 x 30 cm ed una massa di circa 15 kg) ed un payload ottico iperspettrale e pancromatico. La piattaforma sarà progettata, sviluppata, realizzata, testata, lanciata, messa in orbita ad una quota minore di 500 km e validata in orbita grazie anche ad una stazione di terra che riceverà ed analizzerà i dati raccolti per verificarne la corrispondenza con i requisiti funzionali, prestazionali ed operativi.

Le attività di sviluppo innovative sono relative a entrambi gli elementi principali della piattaforma:

il satellite, in cui l'area di maggiore innovazione sarà quella al controllo di assetto ed al contenimento di massa, volume e potenza per mettere tali risorse critiche a disposizione del payload (HIPENSAT sarà un satellite quasi interamente occupato dal payload). In ootemperanza ai requisiti ESA per la riduzione dei Debris Spaziali HIPENSAT sarà dotato di un propulsore elettrico che consentirà di effettuare manovre di end of life per il rientro controllato in atmosfera.

il payload elettroottico, che sarà particolarmente innovativo sia dal punto di vista elettronico, utilizzando 4 sensori su un unico piano focale, che dal punto di vista delle prestazioni a parità di piattaforma, consentendo di ottenere una risoluzione a terra inferiore ai 3 metri per il canale pancromatico e di 4 metri per l'iperspettrale. Il payload inoltre restituirà immagini pancromatiche ed immagini iperspettrali nelle bande Visibili e VNIR (450-960nm).

Gli aspetti di maggiore innovazione tecnologica rispetto alle piattaforme in sviluppo in questo momento sul mercato globale delle piccole piattaforme per osservazione sono pertanto 3:

- 1. Elettronica di satellite e di payload Data Handling con SWAP (Size, Weight and Power) molto ridotti; ciò grazie all'utilizzo di architetture proprietarie ed uso di FPGA di nuova generazione. In particolare per l'elettronica si è pensato di rinunciare alle classiche architetture che prevedono l'utilizzo di unità separate con funzionalità a volte ridondate (OBDH, GNCS, AOCS, TT&C, ...) perché troppo onerose in termini di ingombro e peso in favore di un'architettura modulare, integrata e distribuita che preveda l'utilizzo di moduli compatti ad elevata integrazione da posizionare all'interno del satellite in maniera tale da massimizzare il volume a disposizione del payload e a cui assegnare anche una funzione strutturale, cioè i moduli elettronici diventano parte integrante della struttura del satellite. Infine in virtù dei ridotti consumi che si prevede di raggiungere come target di progetto del satellite, sarà valutata anche la possibilità di evitare di utilizzare pannelli solari dispiegabili ed impiegare pannelli solari fissi montati sulle superfici del satellite. Questo, oltre ad evidenti vantaggi in termini di minore complessità, offre un grande beneficio per il controllo di assetto che subirà minori perturbazioni rispetto alla soluzione a pannelli dispiegabili.*
- 2. GNC/AOCS avanzato per strategie ed algoritmi innovativi e per l'utilizzo di uno star tracker innovativo (già sviluppato da TSD in partnership con un'azienda italiana) che consentono di ottenere la determinazione di assetto molto accurata per piattaforme di questa massa e dimensione*
- 3. On board processing molto avanzato per ottenere superisoluzione, compressione e preprocessing a bordo dei dati iperspettrali e pancromatici*

Il risultato fuori tutto ottenibile grazie alle 3 aree di innovazione tecnologico è un satellite che a parità di piattaforma (massa e volume) è in grado di fornire dati molto migliori in termini di qualità, risoluzione e quantità di dati.

Nella figura 1 è riportato il render di HIPENSAT da cui si evidenzia come si tratti di una piattaforma "all payload, in cui quasi tutto il volume è occupato dal payload.

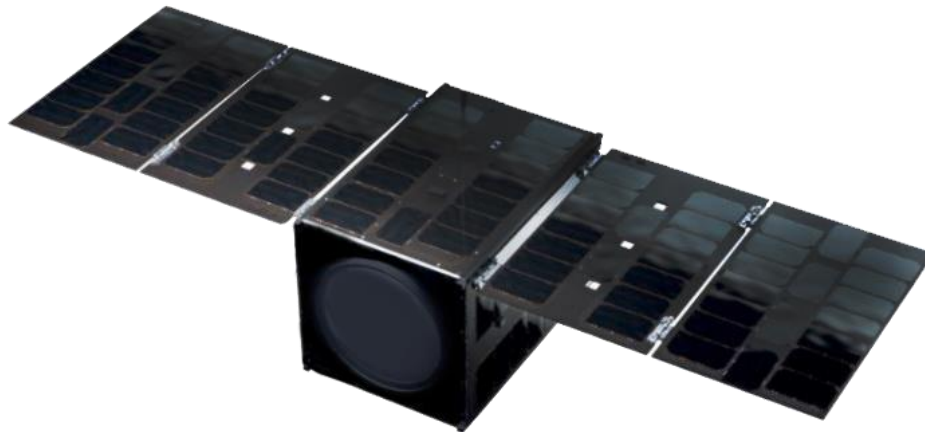


Fig 1: HIPENSAT

La piattaforma è costituita da un cubesat di dimensioni 20 x 20 x 30 cm di altezza con pannelli solari dispiegabili con meccanismo a molla. Il peso complessivo è di 15-20 kg. L'elettronica sarà praticamente distribuita negli spazi interstiziali non occupati dall'ottica del payload. **Per consentire di ridurre al minimo il volume e la potenza destinata all'elettronica questa sarà integrata, per svolgere le funzioni sia di piattaforma che di payload, e sarà distribuita per consentirne l'alloggiamento nei volumi disponibili.**

E' solo grazie a questa scelta architettonica, resa possibile dal fatto che TSD è in grado di progettare oltre all'avionica anche l'elettronica di Data handling del payload, che HIPENSAT avrà prestazioni migliori delle piattaforme state of art attualmente esistenti. HIPENSAT infatti non sarà una piattaforma che integra solo prodotti COTS ma è una piattaforma proprietaria ottimizzata per la funzione di osservazione della terra.

Payload Elettro-ottico

Come già ampiamente descritto nelle altre sezioni della proposta, HIPENSAT è un nanosatellite concepito per massimizzare le prestazioni del Payload ed è quindi il Payload a presentare una notevole e peculiare complessità, rispetto alla piattaforma, come è possibile vedere dallo schema a blocchi di seguito riportato, e sono quindi i sottosistemi del Payload a dover disporre della maggior parte del volume e della massa allocata dal satellite.

Nello schema sono visibili i diversi sottosistemi del Payload e le interconnessioni con l'avionica della piattaforma (Command & Data Handling ed Electrical Power System).

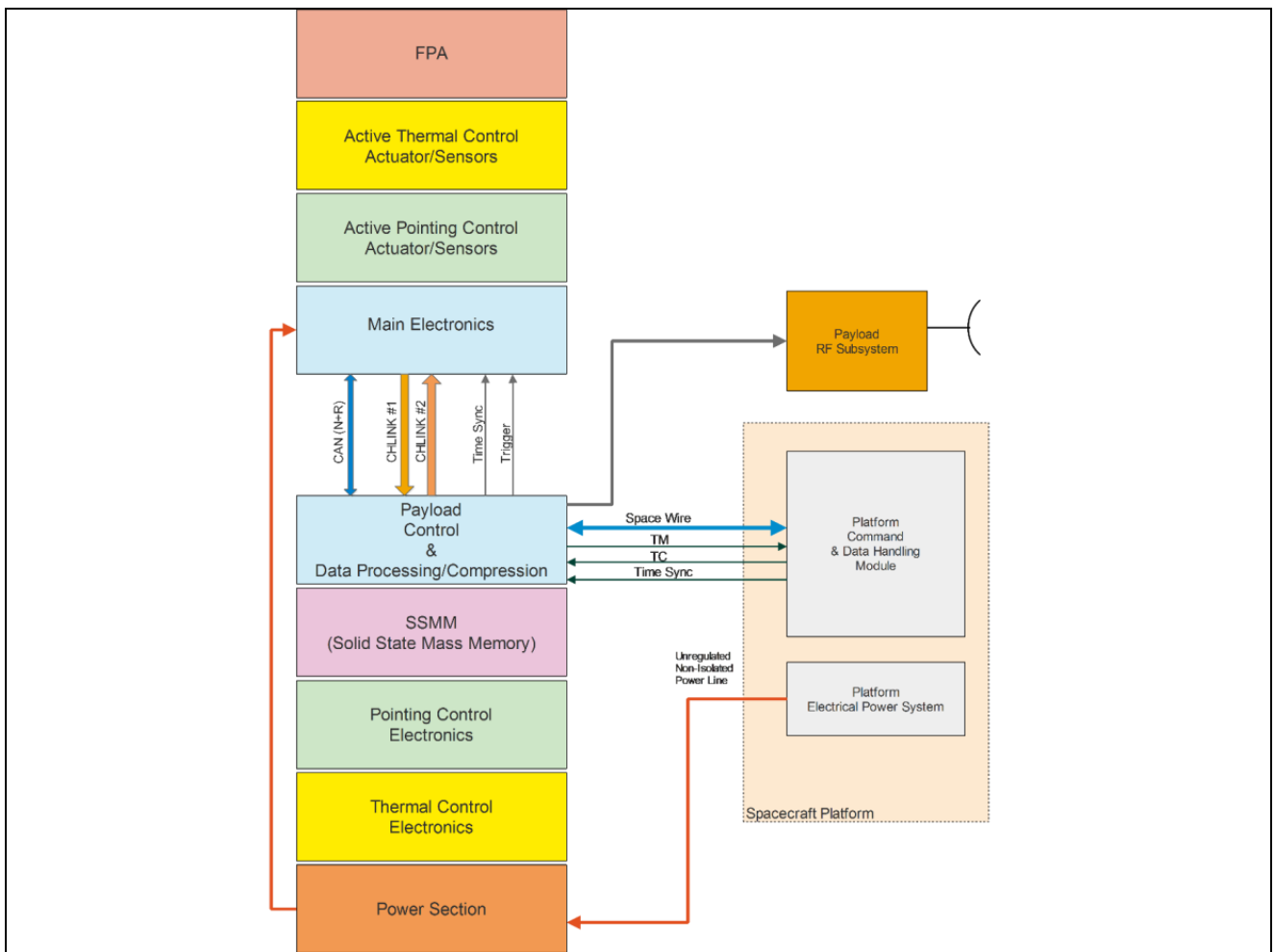


Fig 2: Schema a blocchi del payload

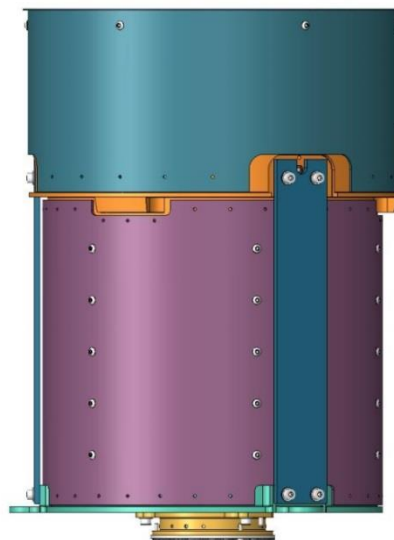


Figura 6: HIPENSAT Telescope

La tabella che segue riporta le specifiche preliminari di HIPENSAT ed in particolare quelle peculiari, relative alle sue capacità di osservazione della Terra.

	Panchromatic Channel	VNIR Hyperspectral Channel (450-960nm)
Risoluzione a terra	2÷3[m]	2.5÷5[m]

Bande	NA	150+
Swath width	~16.6 [Km]	~15.4 [Km]

Tabella 1: HIPENSAT Telescope main specifications

Hipensat sarà in grado di fornire immagini delle aree osservate di qualità elevata e decisamente superiore a quella offerta al momento da piattaforme satellitare della stessa classe e quindi con costi simili di produzione e messa in orbita.

Questo può essere ottenuto grazie ad una intensa e specifica attività di progettazione a livello sistema ed all'impiego delle più avanzate tecnologie per tutti i componenti e sottosistemi chiave adottati, quali in particolare il telescopio, i detector e più in generale il design tutto del Focal Plane Assembly, l'elettronica di acquisizione e processing dei dati di immagine, il sottosistema ADCS di determinazione e controllo di assetto ed il controllo termico sia a livello satellite che a livello FPA.