

## Seminario

# Tecnologie e costellazioni satellitari emergenti

### *Hybrid Constellation on Small Satellites*

---

*Paolo Conforto (Thales Alenia Space – Italia)*

---

03 Dicembre 2021

*Sala Caccia Dominioni SMD - Via di Centocelle 301 Roma*

# Indice degli Argomenti

- Costellazioni Ibride
- Scenari di Riferimento per un esempio di Missione Ibrida
- Descrizione della Missione e del Sistema
- Tecnologie Chiave
- Conclusioni



# Costellazioni Ibride

- **Costellazione ibrida** si riferisce ad un gruppo di satellite in differenti configurazioni orbitali che operano di concerto per fornire un dato servizio
  
- Multi-costellazione con satelliti su orbite LEO, MEO, GEO e HEO
- Missioni dedicate a comunicazione (SATCOM), navigazione (SATNAV), osservazione della terra (SAT-EO)
  - Satelliti su orbite diverse migliorano le prestazioni del servizio
  - Esempio: SATCOM con GEO + LEO per copertura ad alte latitudini
- Costellazione multi-missione
  - Un tipo di missione permette di migliorare il servizio di un altro tipo di missione
  - Esempio: SATCOM a servizio di SAT-EO per ridurre tempi di latenza via Inter-Satellite Link (ISL)
- Satelliti multi-missione
  - Stesso satellite può supportare o essere riconfigurato per diversi tipi di missione
- Multi-costellazione e multi-missione con «fusione» dei dati e pianificazione/operazione integrata



# Scenari di Riferimento

- Scenari operativi di interesse militare richiedono la disponibilità di una varietà di informazioni ottenibili con strumenti di
  - Comunicazione
  - Monitoraggio e osservazione delle aree di intervento
  - Gestione dell'informazione di tipo multi-missione



# Possibili Caratteristiche degli Scenari

- Nel prossimo futuro gli scenari operativi
  - Includeranno una varietà di sensori, attuatori, sorgenti di informazione utilizzati per una molteplicità di applicazioni
    - Situational awareness
    - Supporto alla logistica
    - Controllo di confini
    - Assistenza al soldato e monitoraggio del suo stato di salute
    - ecc.
  - Richiederanno il monitoraggio delle aree di intervento collezionando immagini da satellite, con basse latenze
  - Richiederanno il rilevamento di potenziali soggetti ostili attraverso la localizzazione e classificazione di sorgenti elettromagnetiche a terra



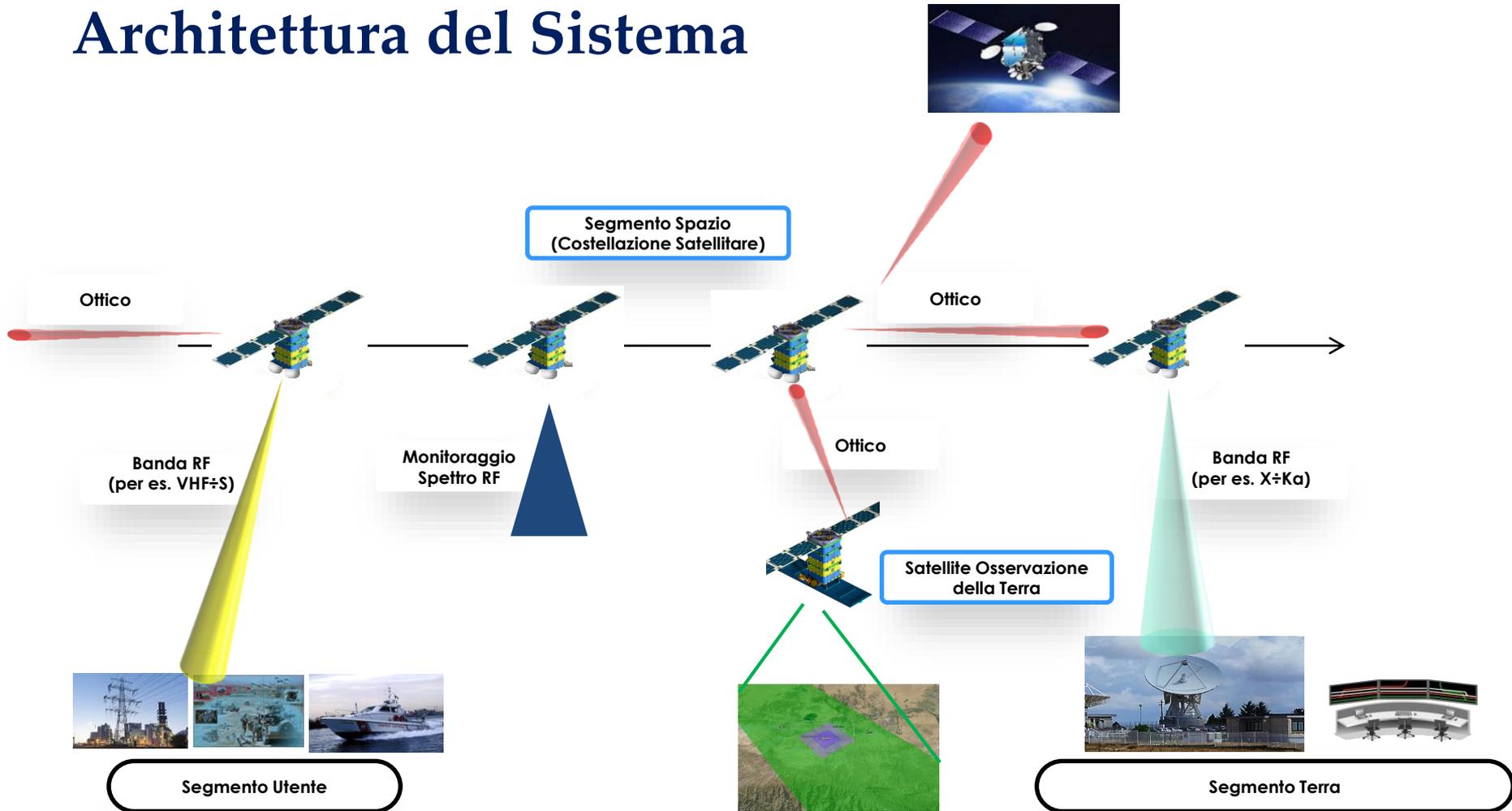
# Capacità Necessarie

- 
- Gli scenari richiedono la disponibilità di capacità e infrastrutture di diversa tipologia ad integrazione dei sistemi esistenti
    - Comunicazione satellitare
      - Per scambio dati a bassa velocità (per es. del tipo M2M), a copertura globale, per terminali di piccole dimensioni e con prestazioni a RF della classe dei terminali personali sotto il completo controllo nazionale
    - Osservazione della terra
      - Per mezzo di satelliti EO di futura generazione con sistemi di data relay via ISL che permettano di aumentare i tempi di contatto con terra e quindi di ridurre i tempi sia per tasking del satellite che per trasmissione dell'immagine
    - Capacità satellitari di tipo ELINT
      - Per localizzazione e classificazione di sorgenti elettromagnetiche a terra
  - Lo scenario è intrinsecamente multi-missione e dinamico nel tempo
    - Soluzione basata su segmenti spaziali dedicati ad un'unica missione per l'intera vita operativa del satellite porterebbe ad un uso poco efficiente delle risorse satellitari

# Missione Ibrida su Piccoli Satelliti

- Sistema ibrido, multi-missione basato su una costellazione di piccoli satelliti di comunicazione in orbita bassa (LEO) che supportino
  - Missione di comunicazione verso sensori/attuatori
  - Missione di comunicazione data relay con inter-satellite link (ISL) ottico da/verso sistemi satellitari di osservazione della terra
  - Missione di monitoraggio di sorgenti elettromagnetiche e interferenti (ELINT)
  
- Soluzione tecnologica basata su satelliti di piccole dimensioni
  - Massa al lancio dell'ordine dei 150/200 kg
  - Carico utile riconfigurabile e multi-missione
  - Processamento di bordo

# Architettura del Sistema



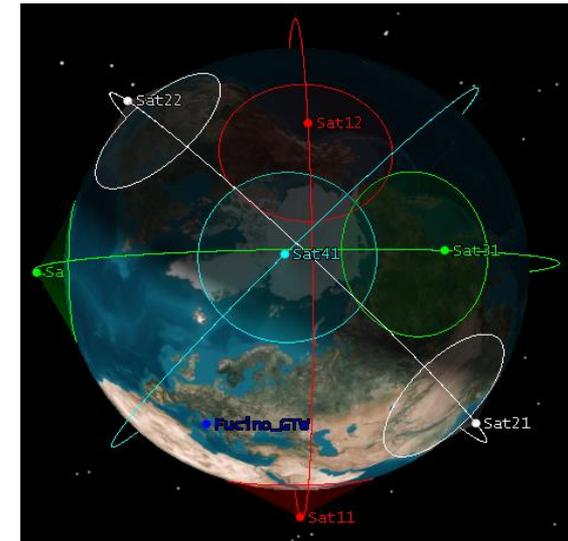
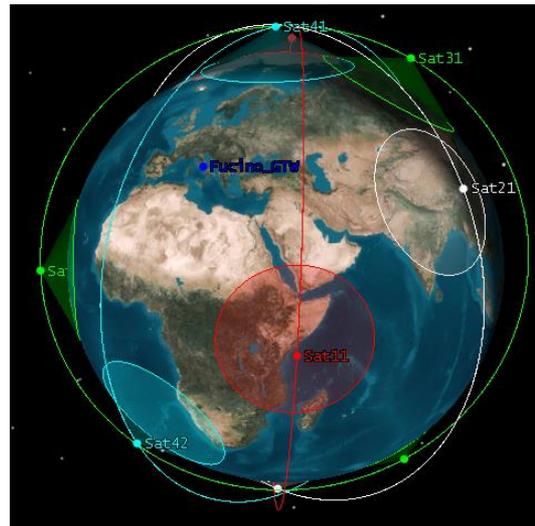
# Perché Ibrida?

- La costellazione collabora con altri sistemi/costellazioni per fornire un servizio
  - Data relay via ISL verso satelliti EO per fornire un servizio di EO a più bassa latenza
  - Data relay via ISL verso GEO per fornire servizio di comunicazione da/verso sensori/attuatori a più bassa latenza (rispetto al caso store&dump)
  - Monitoraggio di interferenti/sorgenti EM complementando capacità fornite da satelliti GEO con capacità da satelliti LEO
  
- La costellazione è multi-missione e fornisce capacità di comunicazione e di ELINT
  - Comunicazione «store&dump» e/o «real time» a seconda di
    - Area di servizio e dello stato di dispiegamento della costellazione
    - Estensione del segmento di terra e distribuzione geografica delle gateway
    - Disponibilità ISL

# Esempio di Costellazione LEO

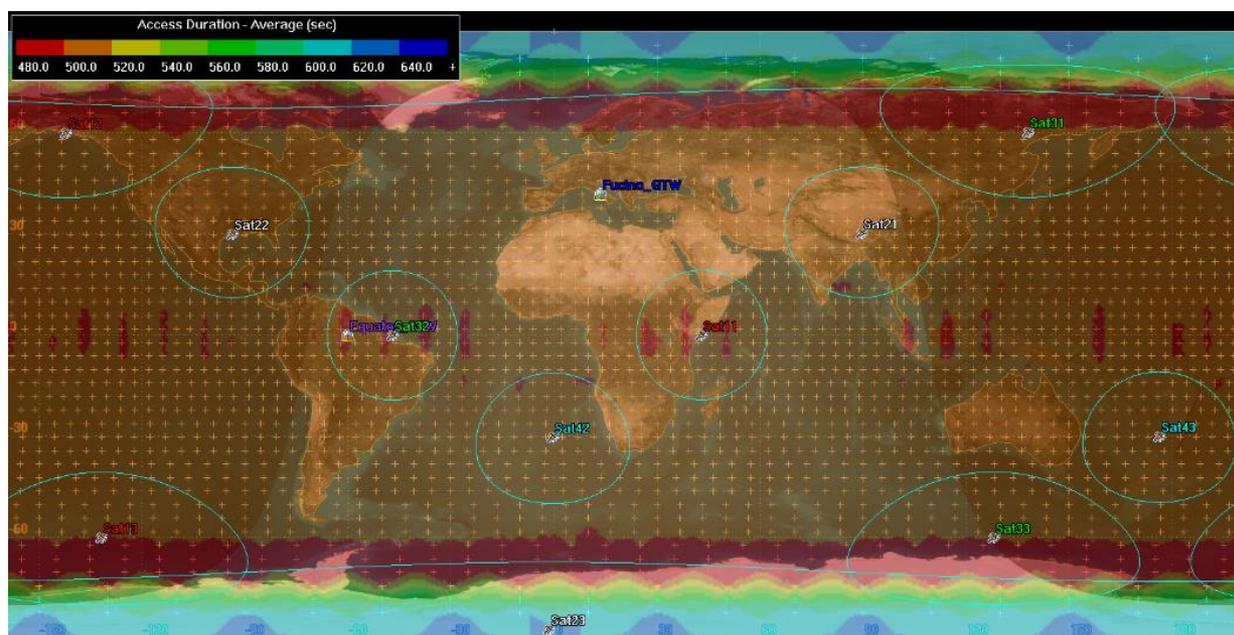
- Esempio di costellazione per servizi “store&dump”
- Dispiegamento incrementale
  - Aumentando il numero di satelliti migliorano le prestazioni di continuità del servizio

Parametro Costellazione	Valore
Numero di satellite	12
Numero di Piani Orbitali	4
Numero di Satelliti per Piano	3 (uniformemente distribuiti su un'orbita circolare di 360°)
Inclinazione dell'Orbita	87 gradi
Eccentricità	0
Altitudine	800 Km
Campo di vista del Satellite	Angolo del cono del campo di vista di 122 gradi Angolo del semi-cono di 61° corrisponde ad un angolo di elevazione a terra di 10 gradi



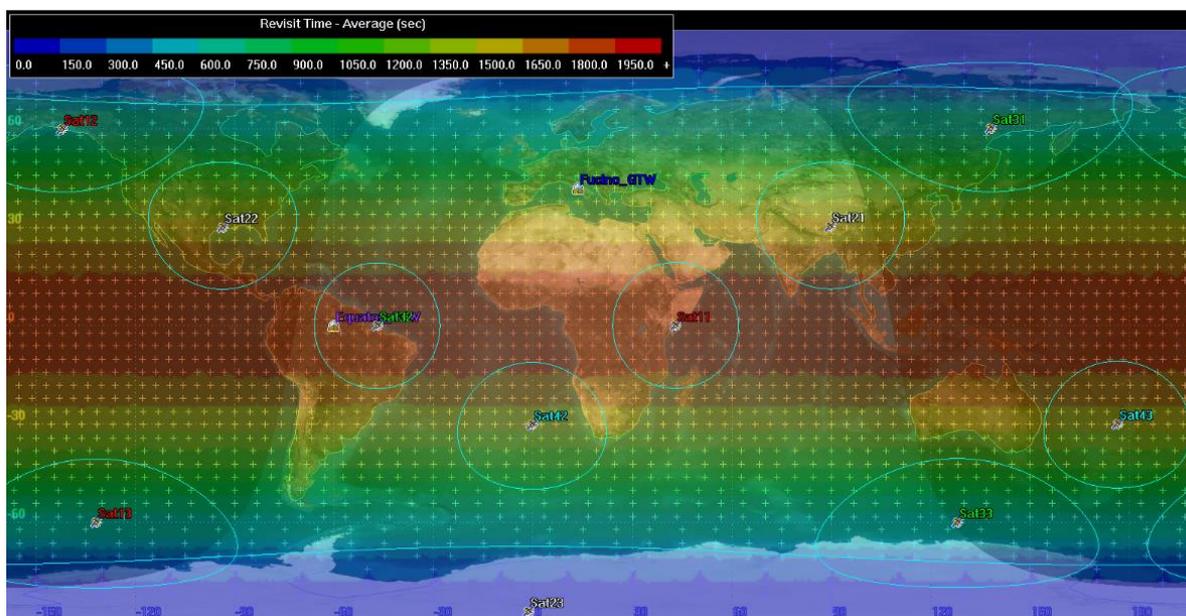
# Tempi di Visibilità per Terminali a Terra

- Tempi di visibilità medi tra un generico terminale e un satellite della costellazione
- Periodo di osservazione di una settimana
- Visibilità media nella regione  $[60^{\circ}\text{S} \div 60^{\circ}\text{N}]$  è di circa 500 secondi
- Costellazione da ottimizzare sulla base delle aree di servizio di interesse



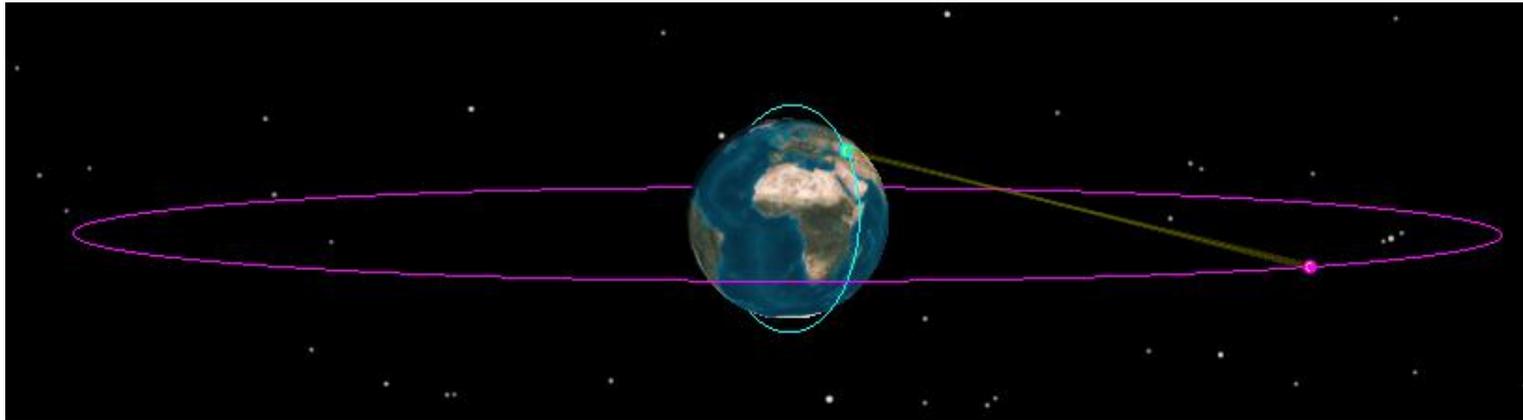
# Tempi di Rivisita per Terminali a Terra

- Tempi medi non-visibilità tra un generico terminale e un satellite della costellazione
- Sulla zona Europea i tempi di non visibilità sono inferiori a 900 sec



# Visibilità per ISL tra Satellite LEO e GEO

		Visibilità	Non-visibilità
Satellite LEO vs Stazione di Terra	Durata minima (sec)	135	5499
	Durata massima (sec)	645	40222
	Durata media (sec)	499	19678
Satellite LEO vs Satellite GEO	Durata minima (sec)	625	879
	Durata massima (sec)	13697	2396
	Durata media (sec)	5507	2079



# Tecnologie Chiave

## ■ Piattaforma

- Classe «piccola» con massa al lancio dell'ordine dei 150/200 kg
- Modularità della struttura
- Modulo di comunicazione integrato per comando&controllo e per comunicazioni con le stazioni di terra
- Basata su soluzione HR-R EVO

## ■ Carico Utile

- Processamento digitale di bordo che implementa simultaneamente le funzioni di comunicazione e di ELINT
- Processamento digitale di bordo riconfigurabile con approccio “software defined radio”
- Hardware di bordo riconfigurabile/riutilizzabile per le missioni di comunicazione e di ELINT

## ■ ISL Ottico

- Basato su soluzione ultra-leggera e compatta adatto ad essere imbarcato su piccoli satelliti

# Conclusioni

- La costellazione ibrida si basa sui concetti di multi-costellazione e multi-missione
- L'analisi di possibili scenari operativi di interesse militare ha mostrato la necessità di soluzioni sistemistiche multi-missione ed dinamicamente riconfigurabili nel tempo
- Missione ibrida basata su costellazioni di piccoli satelliti
  - Con capacità di comunicazione di tipo M2M, data relay e monitoraggio di sorgenti EM
  - Che interagisca con future costellazioni/satelliti per fornire servizi con migliori prestazioni
- Strategie di dispiegamento incrementale della costellazione con lancio di piccoli satelliti
  - Breve termine: copertura di aree di maggior interesse strategico
  - Medio termine: estensione della copertura con lanci successivi sulla base delle esigenze operative
  - Comunicazioni «store&dump» o «real time»
- Possibile applicazioni in ambito istituzionale e per monitoraggio di infrastrutture critiche di interesse nazionale