OKAPI ORBITS

Making NewSpace Safer

Space Traffic Management

Uno spazio sostenibile per tutti:

come affrontiamo il problema degli space debris?

- Space debris
  - Cosa sono e come si formano
  - Quanti space debris ci sono in orbita?
  - Spazio sostenibile
- Collisioni in orbita
  - SST
  - Orbit determination e orbit propagation
  - Conjunction analysis
- Soluzioni

Space debris

Cosa sono e come si formano

Con space debris si intende tutto ciò che orbita intorno alla Terra, creato dall' uomo e che non ha più alcuna utilità.

Space debris

Cosa sono e come si formano

Come si generano?

- Satelliti inattivi e upper stages in orbita
- Frammenti derivanti da esplosioni in orbita
- Frammenti derivanti da collisioni
- Frammenti derivanti da ASAT
- NaK Droplets, rivestimenti, scaglie di vernici, polveri, MLI…
- Decadimento del satellite

Chinese ASAT
3439 new objects

Cosmos-Iridium
3294 new objects

Russian ASAT
1509 new objects

* ESA - ESA's Space Environment Report 2022,

Space debris

Quanti space debris ci sono in orbita?

- Numero di satelliti in orbita dal 1957: ~ 16k
- Numero di satelliti ancora in orbita: ~ 10590
- Numero di satelliti ancora operativi: ~ 8600
- Numero di detriti:
  - > 10 cm: ~ 36k
  - 1 cm – 10 cm: ~ 1M
  - 1 cm – 1 mm: ~130 M

ESA - Space debris by the numbers

Space debris

Collisioni in orbita

- La maggior parte degli space debris si trova in orbita **LEO** (Low Earth Orbits).

  Le collisioni tra due oggetti in LEO possono raggiungere velocità relative di 14 km/s.

  Queste **collisioni** possono rendere un satellite attivo totalmente inutilizzabile generando altri detriti

  - 10 cm: **collisione catastrofica**
  - 5 - 1 cm: **collisione letale**
  - < 1cm: **danneggiamento** delle superfici del satellite.

- **Sindrome di Kessler**

  Più detriti -> Più collisioni -> Più detriti

*ESA - ESA's Space Environment Report 2022,

Space debris

Contesto: NewSpace

- Satelliti sempre piú piccoli, meno costosi e piú facili da produrre.
- Da 500 lanci di satelliti negli anni 2010, a quasi 2 mila satelliti all'anno nei primi anni 2020. Le previsioni di mercato prevedono il lancio di 17.000 satelliti nei prossimi 10 anni
- Nuovi player nel settore spaziale:
  - NewSpace: aziende private che lavorano indipendentemente dai governi
  - Costellazioni di satelliti (Starlink, OneWeb)

Space sustainability

Cosa si intende con spazio sostenibile

La maggior parte dei detriti è in orbita LEO, e con l'aumento dei satelliti in orbita e costellazioni, come Starlink e Oneweb, le orbite diventeranno sempre più **"affollate"**.

Questo fenomeno porterá ad un **incremento nel numero di conjunctions notificate** e collision avoidance maneuvers da effettuare (~ 2000 conjunctions warnings al giorno nel 2023, 9M conjunctions warnings nel 2018)

Questo renderà lo spazio meno sostenibile e solo chi potrà effettuare un grande numero di collision avoidance maneuver potrà permettersi di essere in orbita.

Space debris

Come li affrontiamo?

Con **Space Situational Awareness** (SSA) si intende un approccio che mira a conoscere i principali rischi spaziali. La SSA comprende:

- Space Weather
- NEO
- SST

Space Surveillance and Tracking:

- rilevamento, previsione e catalogazione di oggetti in orbita intorno alla Terra
- dati e informazioni sugli oggetti in orbita.
- rischio di collisioni in orbita, re-entry e caratterizzazione di frammentazioni in orbita.

STEP 1

Surveillance e Tracking

- **Surveillance,** scansione di ampie aree del cielo seguendo determinate strategie per identificare nuovi oggetti da catalogare.
- **Tracking**, seguire un oggetto già rilevato per migliorare la precisione della sua orbita.

Osservazione dei detriti tracciabili (>10 cm) tramite vari tipi di sensori, come radar, telescopi e laser.

STEP 2

Orbit determination

Una volta osservato un oggetto si procede con l' **orbit determination.**

- Oggetto osservato per la prima volta: initial orbit determination
- Oggetto osservato in precedenza: nuova orbit determination per rendere le informazioni più accurate

- Cataloguing:
  - Catalogue build up: una volta identificati nuovi oggetti essi vengono inseriti nel catalogo.
  - Catalogue maintenance: aggiornare con informazioni accurate e recenti gli oggetti che vengono osservati.

STEP 3

Orbit propagation

Una volta che l'orbita dell'oggetto è conosciuta, viene **propagata** nel tempo.

Propagare un' orbita consiste nel prevedere le caratteristiche orbitali di un satellite in una data futura, date le caratteristiche orbitali attuali.

Per eseguire una propagazione accurata:

- Perturbazioni
- Eventuali manovre

STEP 4

Conjunction analysis

Conjunction analysis: Gli oggetti nel catalogo vengono propagati e si cercano possibili conjunctions tramite un catalogue – satellite screening, applicando vari filtri.

Covarianza: descrive l'incertezza nella posizione e velocitá dell'oggetto. Maggiore l'incertezza, maggiore la covarianza.

*image from TU Braunschweig, Institute of Space System

STEP 4

Conjunction analysis

1. Le **covarianze** dei due oggetti possono essere sommate creando un'unica covarianza. (Uncorrelated, Gaussiane)

Σ_{Obj1}

+

Σ_{Obj2}

=

Σ_C

2. **HBR**: La forma dell'oggetto viene approssimata ad una sfera. Le due sfere vengono sommate.

+

=

*image from TU Braunschweig, Institute of Space System

STEP 4

Conjunction analysis

3. Il moto può essere approssimato ad un moto **lineare** al TCA. 3D -> **2D**

Una volta trovata una possibile conjunction tra due oggetti, in questo caso active satellite vs space debris, si procede al calcolo della **PoC** (probabiliá di collisione), **miss distance** ed altri parametri.

STEP 4

Conjunction analysis

Una volta identificata una conjunction si valuta la **criticitá**

- Valore della miss distance (default < 1 km)
- Valore della probabilità di collisione (default 1e-4)
- In base alle soglie definite dal cliente
- Altri parametri

STEP 5

Collision avoidance maneuver

Quando una conjunction è critica si calcola una **Collision avoidance maneuver**:

- mission objectives e mission constraints.
- long and short-term strategy.
- verificare che la nuova manovra non provochi altre collisioni.

La reale sfida però non è capire come e quando manovrare, ma **se manovrare.**
In quanto ogni manovra consumerà ΔV che ridurrà la vita del satellite.

image from TU Braunschweig, Institute of Space System

Space debris

Possibili soluzioni

- **Decadimento naturale** dovuto alla drag e altre perturbazioni
- Space debris mitigation guidelines
  - Evitare collisioni in orbita
  - LEO and GEO successful disposal
    - Per la prima volta un satellite (GEO) è stato multato per non aver raggiunto una orbita graveyard
  - Nessun rilascio intenzionale di detriti spaziali
- Active debris removal

Space debris

Possibili soluzioni: Satellite Design and Mission Operation

- Avere un sistema di propulsione a bordo
- Essere rilevabili dai sensori (e.g., retro reflector)
- Condividere dati dell'orbita ed eventuali manovre con altri satellite operators.
- Eseguire de-orbiting and passivation strategies
- Utilizzare orbite con poca densitá di detriti
- Protezione delle superfici sensibili del satellite

OKAPI ORBITS

- Start-up tedesca
- 40 dipendenti
- SSA services
  - Servizi di conjunction analysis
  - STM platform
  - Vari progetti ESA
- Tirocinio e tesi (www.okapiorbits.com)

OKAPI ORBITS

Thank you for your attention.

www.okapiorbits.com

Munich Re Ventures

HERIUS CAPITAL

APEX VENTURES

DOLBY FAMILY VENTURES

esa business incubation centre Hessen & Baden Württemberg