

Már több mint 10
éve az űrparban



Új technológiák az űreszközök pozíció meghatározására és az űrforgalom nyomon követésére

=

**FÖLDMÉRŐK
VILÁGNAPJA**
2025. március 20.



Össztömege 13 500 tonna. Mi az?

A műholdak számának növekedése és az űr túlterheltsége

Ahogy a 20. század elején az járművek elterjedése szükségessé tette a forgalomirányítási rendszerek kifejlesztését, úgy a világűrben keringő műholdak számának növekedése is hasonló megoldásokat igényel az űrkörnyezetben.



2024-ben több műholdat indítottak, mint bármelyik azt megelőző évben, 2802 darabot. Jelenleg földkörüli pályán 13 660 műhold van. Eddig mindösszesen 20 650 műholdat állított pályára az emberiség*.

A műholdak számának növekedésével egyre kritikusabb, hogy ismerjük azok pontos pozíció adataikat.

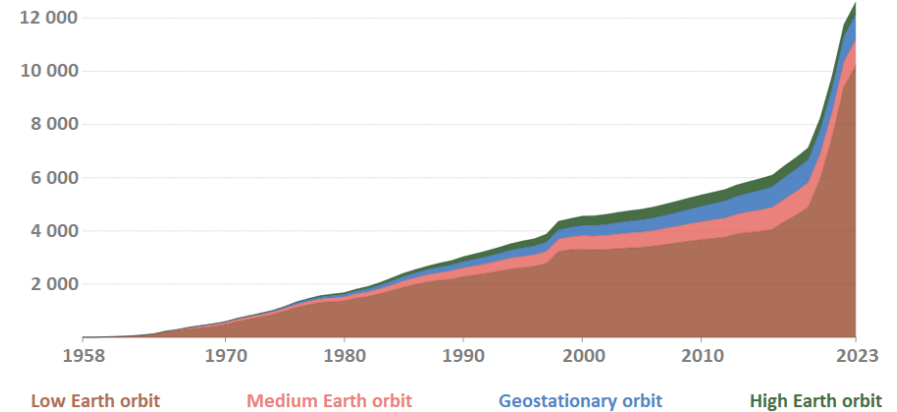
Az ütközési kockázat különösen a kisműholdak esetében nő. A korlátozott támogatás sebezhetővé teszi őket.

Az űrtörmelékek ütközése egyre több törmelékot hoz létre, és ez az öngerjesztő folyamat akár el is lehetetlenítheti a biztonságos űrtevékenységet (Kessler-hatás)



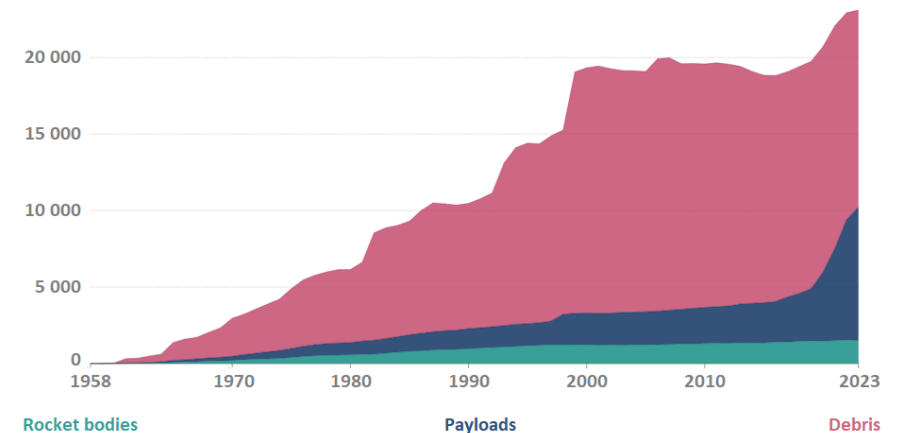
A LEO objektumok detektálásának főbb kihívásai

- **Kis méretű objektumok észlelése** – A néhány centiméteres vagy kisebb darabok nehezen detektálhatók, különösen a magasság adatok tudnak pontatlanok lenni
- **Gyors mozgás** – Az műholdak sebessége meghaladja a 27 000 km/h-t, (**7,8 km/s**) ami kihívást jelent a pontos adatok meghatározásához.
- **GNSS jelszórás** a Föld felszínére optimalizált, 500 km-el magasabban ez már nem jelent teljes lefedettséget
- **Pályamódosítások és manőverek** – A műholdak és egyes űrszemét-darabok pályája idővel változhat, ami nehezíti az előrejelzéseket.
- Nincs közös adatbázis, nincs egységes eljárás
- **Természetes hatások** – A felső légkör változásai (pl. napaktivitás miatt) befolyásolhatják az objektumok pályáját
- **Megfigyelési lefedettség** – A földi radarok és teleszkópok nem képesek folyamatosan nyomon követni az összes tárgyat.



Műholdak és rakéta darabok földkörüli pályák szerinti bontásban

(Data source: United States Space Force (2023))



Követett tárgyak LEO pályán típusonként
(Data source: United States Space Force (2023))

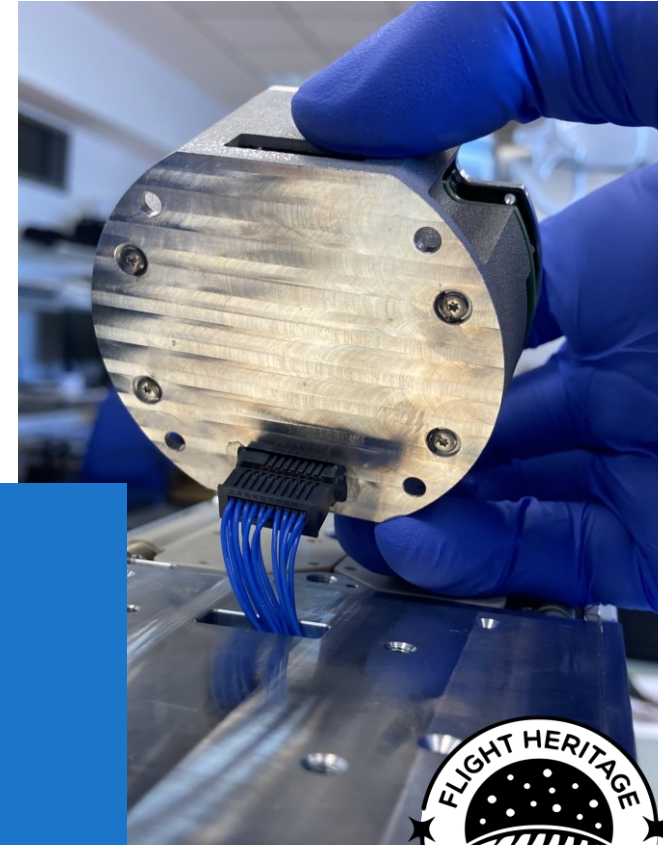


OWL nyomkövetési megoldás

Az **OWL** (Orbital Whereabout Locator) egy GNSS-alapú rendszer, amit CubeSat műholdakhoz fejlesztettek ki, hogy segítse a küldetés korai szakaszát.

A rendszer VHF sávon küldi el a műholdazonosítóját helyzetét és telemetriai adatait, így az üzemeltetők könnyen nyomon követhetik a műholdat a legkritikusabb pillanatokban is.

Előnye, hogy könnyen integrálható a műholdba, és a felbocsátást követően a műhold pozíciója lekövethető.



FŐBB JELLEMZŐK

**Illeszkedik a „Tuna Can”
(tonhalkonzerv) méretéhez:**
A hasznos teher része nem érintett.

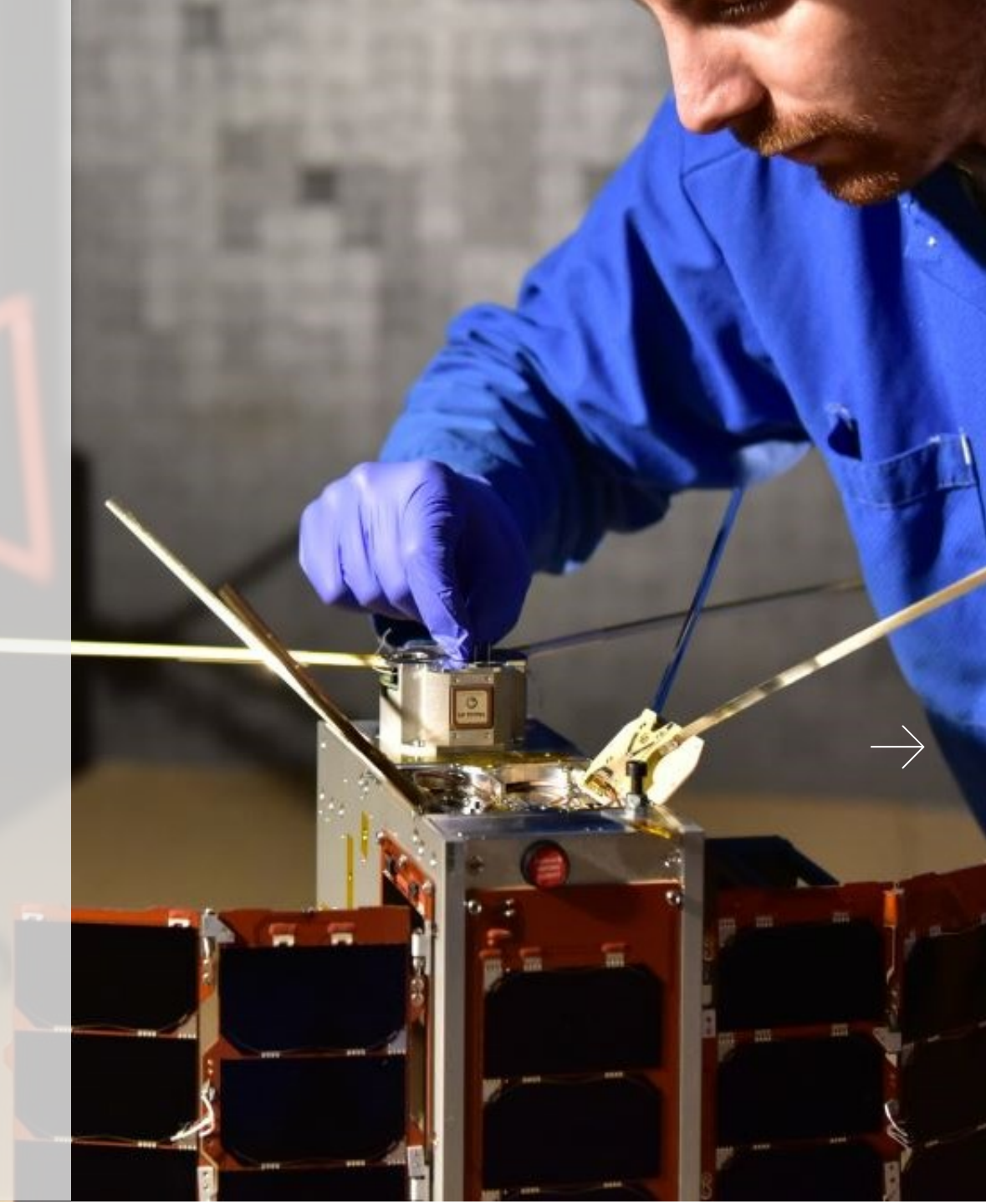
Műholdfüggetlen működés:
Legalább 18 órán keresztül önálló
akkumulátorral működik, függetlenül a
gazdaműholdtól.

Könnyen telepíthető:
Csupán négy csavarral rögzíthető a
gazdaműholdhoz.

Rádiófrekvenciás (RF) interfész:
A COM rendszer rádió interfészeket biztosít a
Föld felé, lehetővé téve a beacon üzenetek
továbbítását.

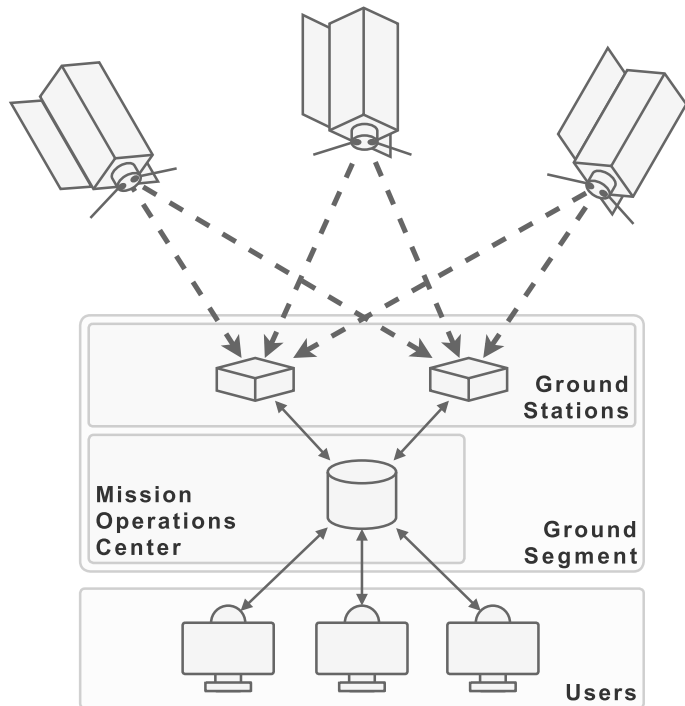
Hasznos telemetriai adat:
A beacon üzenetek a fedélzeti méréseket is
továbbítják, beleértve a sugárzást (TID), a
szögsebességet és a hőmérsékleti adatokat.

Fedélzeti adat hozzáférés:
A GNSS adat és a fedélzeti mérések elérhetők a
gazdaműhold számára.





Független rendszer űreszközök lokalizálására



MŰHOLD A MŰHOLDBAN (Űr szegmens):

Kulcsfontosságú alrendszerek:

OWL-EPS: Kezeli az áramellátást, és körülbelül egy napi működést biztosít az akkumulátorból.

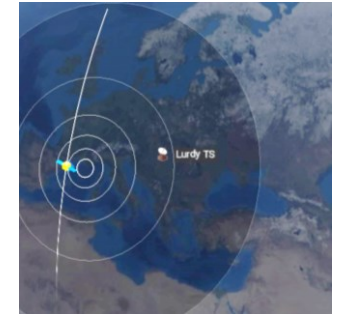
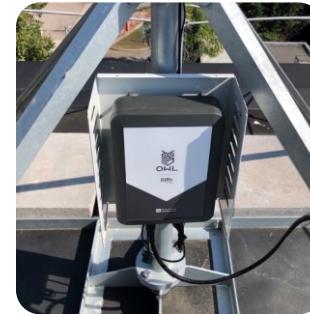
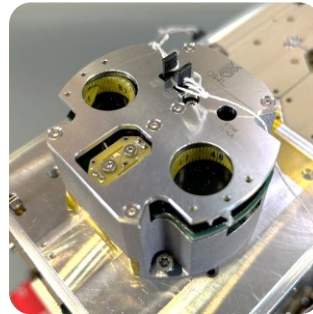
OWL-COM: Kezeli az RF kommunikációt V-dipól antennán és LoRa moduláción keresztül, lehetővé téve a hosszú távú adatátvitelt alacsony energiafogyasztású földi antennákkal.

OWL-OBC: Gyűjti az adatokat a GNSS-ből, TID szenzorból, majd beacon üzeneteket generál.

OWL-WDT: Védekezik a szoftverhibákkal szemben és biztosítja a rendszer helyreállítását meghibásodások után.

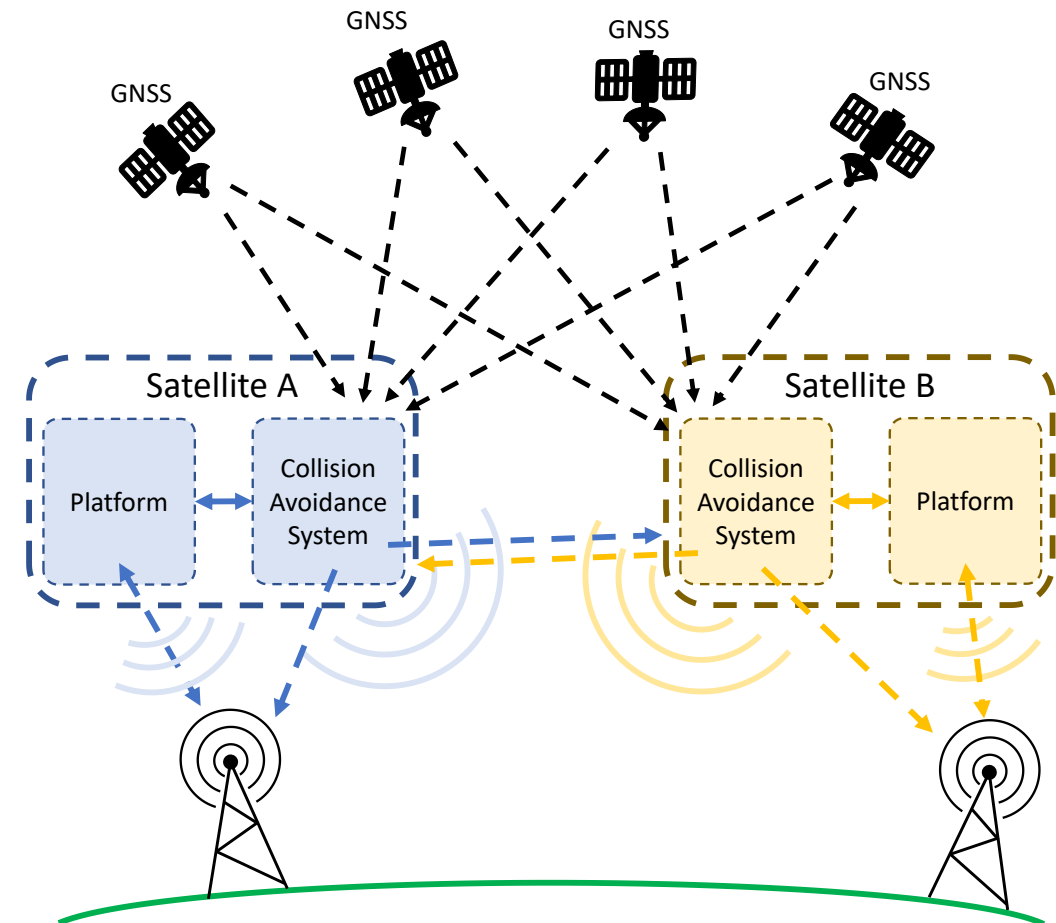
Földi szegmens:

VHF antennával rendelkező földi állomás hálózat, amelyek jeleket fogadnak az OWL-tól és adatokat továbbítanak a Misszió Műveleti Központba (MOC). A központ feldolgozza az adatokat és pályameghatározási szolgáltatásokat nyújt a műhold üzemeltetők számára.



WISDOM fejlesztés

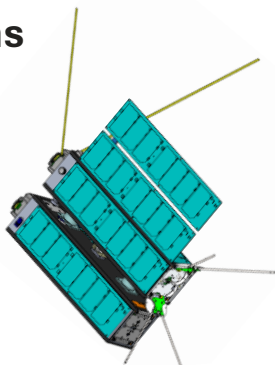
- OWL továbbfejlesztése
- Ütközéselekrülést vezérlő intelligencia a műholdon (IPC)
- WISDOM Control collision avoidance software development
- Földi vezérlőrendszer továbbfejlesztése
- Hajtóművek integrációja
- Separációs rendszer (2 3U műhold a 6U –ból)
- 6 hónap üzemeltetés és tesztelés



WISDOM műhold demonstráció

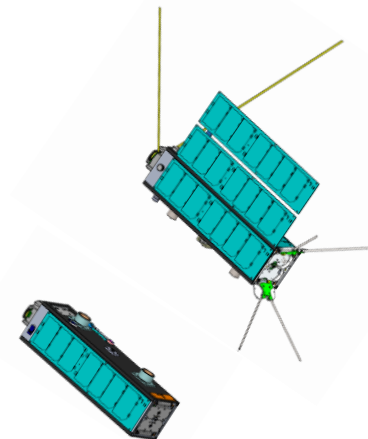
Fázis 1: összekapcsolt indulás

- WISDOM-A: beüzemelés
- WISDOM-B: kikapcsol
- kísérlet:
 - hajtómű



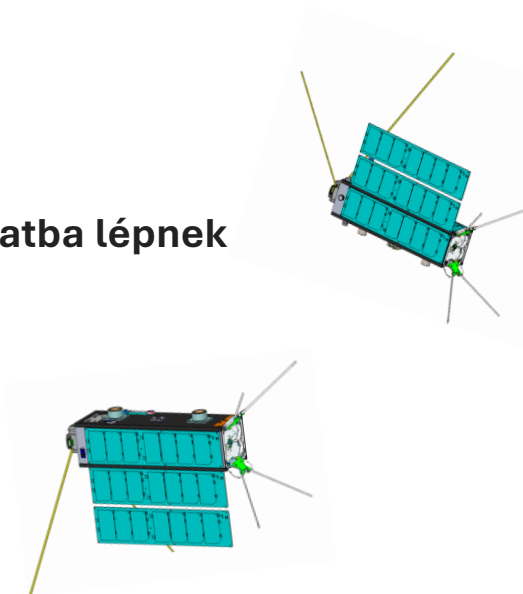
Fázis 2: szeparáció

- WISDOM-A: operáció
- WISDOM-B: bekapcsol
- Kísérlet:
 - szeparáció



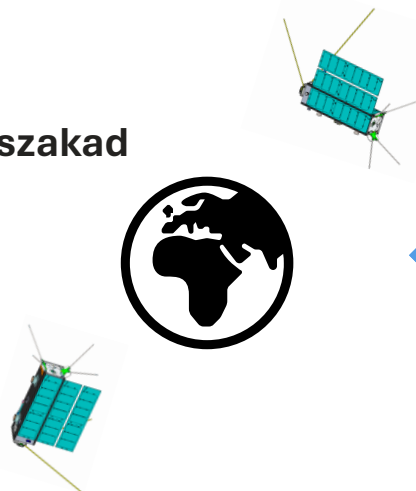
Fázis 3: Műholdak kapcsolatba lépnek

- WISDOM-A: üzemel
- WISDOM-B: üzemel
- Kísérlet:
 - ISL
 - Manőver



Fázis 4: Kapcsolat megszakad

- WISDOM-A: üzemel
- WISDOM-B: üzemel
- Kísérlet:
 - Hajtómű
 - Fékező hajtómű



ÚJ űrszemét kezelési és ütközés elkerülési követelmények

A Föld körüli pályán lévő űreszköznek vagy indítójárműnek rendelkeznie kell egy űrfigyelő szegmenssel a nyomkövetés és az ütközés elkerülés érdekében, amelynek a pozícióját és sebességét legalább egyszer minden egyes pályán ellenőrizni kell 7 napon keresztül.

Az ESSB-ST-U-007 1. pont szerint:



Helymeghatározás pontossága:

A LEO védett zónában a helymeghatározásnak pontosabbnak kell lennie, mint 100 m, míg a GEO zónában mint 1000 m, mind működés közben, mind a küldetés befejezése után.



Azonosítás:

Az űreszközt az űrfigyelő rendszernek 1 napon belül azonosítania kell a pályára állítást követően.



Hiba jelentés:

Az üzemeltetőknek minden, a ütközés elkerülő rendszereket érintő hibákat jelenteniük kell az űrfigyelő rendszer felé.



Ephemeridák:

Az űrfigyelő rendszernek napi frissített ephemeridákat kell biztosítania legfeljebb 7 napra előre.



Hiba előrejelzés:

Az üzemeltetőknek olyan módszereket kell alkalmazniuk, amelyek előre jelzik a meghibásodásokat, valamint figyelemmel kell kísérniük a kritikus funkciókat a működés során.



Biztonságos eltávolítás:

Az üzemeltetőknek értékelniük kell a kritikus funkciók állapotát, frissíteniük kell a sikeres pályaelhagyás valószínűségét, és biztosítaniuk kell a szükséges adatokat a döntéshozatalhoz.



Pályaelhagyásra való felkészülés:

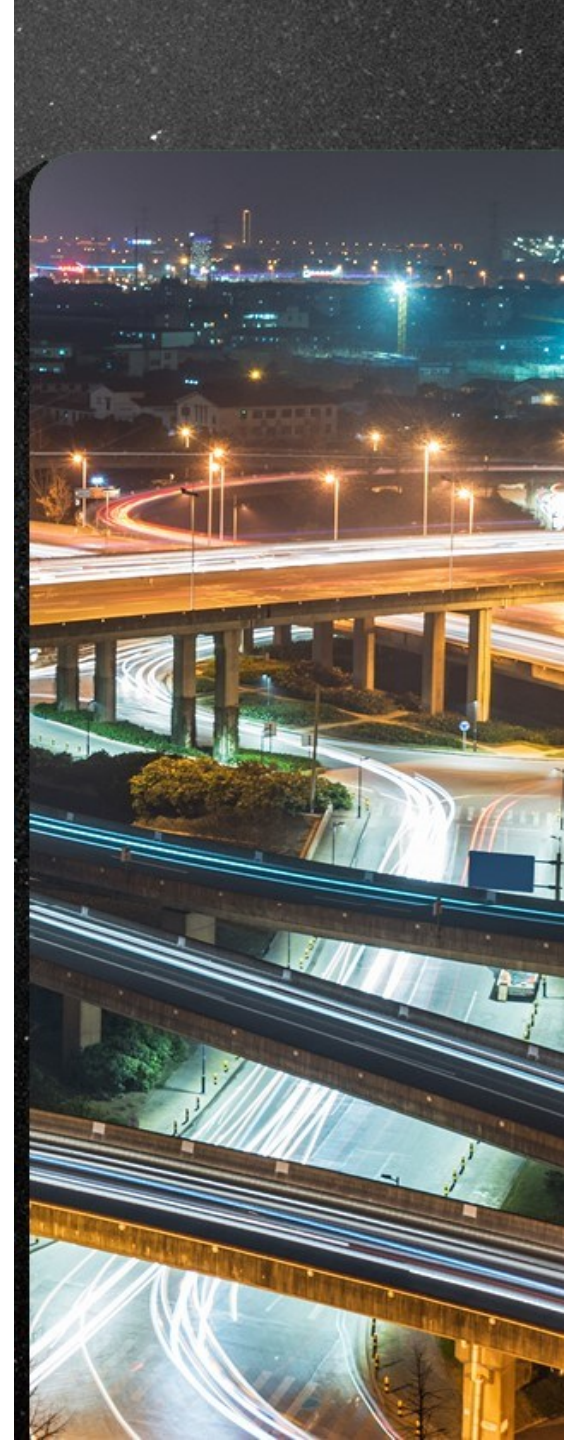
A LEO/GEO védett zónában lévő űreszközöket fel kell készíteni a deorbitálásra, kivéve, ha a lelassulás, ütközés vagy visszatérés kockázata elég alacsony.

OWL fejlesztése és szerepe az űrforgalom-irányításban

Az OWL folyamatos fejlesztése és a közeljövőben elkészülő újítások:

- ✓ Műholdak közötti kommunikáció (ISL).
- ✓ Fejlettebb számítási képességek.
- ✓ Teljesen autonóm működés saját **napenergia panel** segítségével.
- ✓ **Új formátum**, kompakt és könnyebb integráció, nem csak CubeSat-oknak.
- ✓ **További szenzorok** használata (Star tracker, sun sensor (FSS/DSS), magnetometer, gyroscope)
- ✓ OWL rendszer földi állomásainak globális telepítése a közel **valós idejű** nyomkövetéshez.

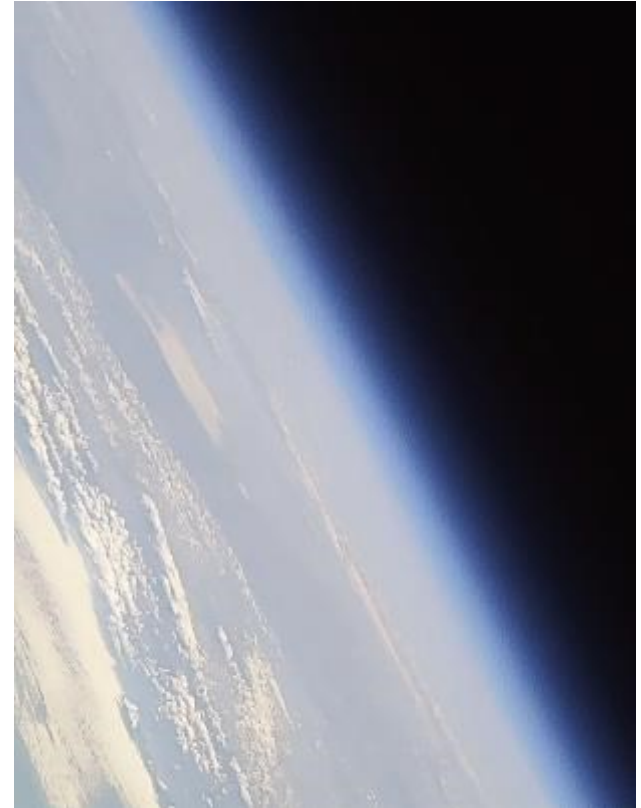
Felhasználás: Platform5, WREN, WISDOM1-2, MAUVE, OPS-SAT
ORILE, OCAD testbed (2db), DRACO





Köszönöm a figyelmet!

==





Kapcsolat

Széll Alexandra

Phone: +36 20 278 1223

email: alexandra.szell@c3s.hu

Web: www.c3s.hu

Szerzők:

Széll Alexandra C3S, Marossy Dóra c3S, Móna Dániel C3S, Szalay János C3S,
Koncsár Péter C3S