

GNSS-kitettség és PNT (Position, Navigation, Time)-reziliencia a drón üzemeltetésben

Műszaki kihívások és szabályozási következmények

Dr. Orbán József

Szakértő

Védelmi és Rendészeti Frekvenciagazdálkodási igazgatóság (NMHH VRFGI)

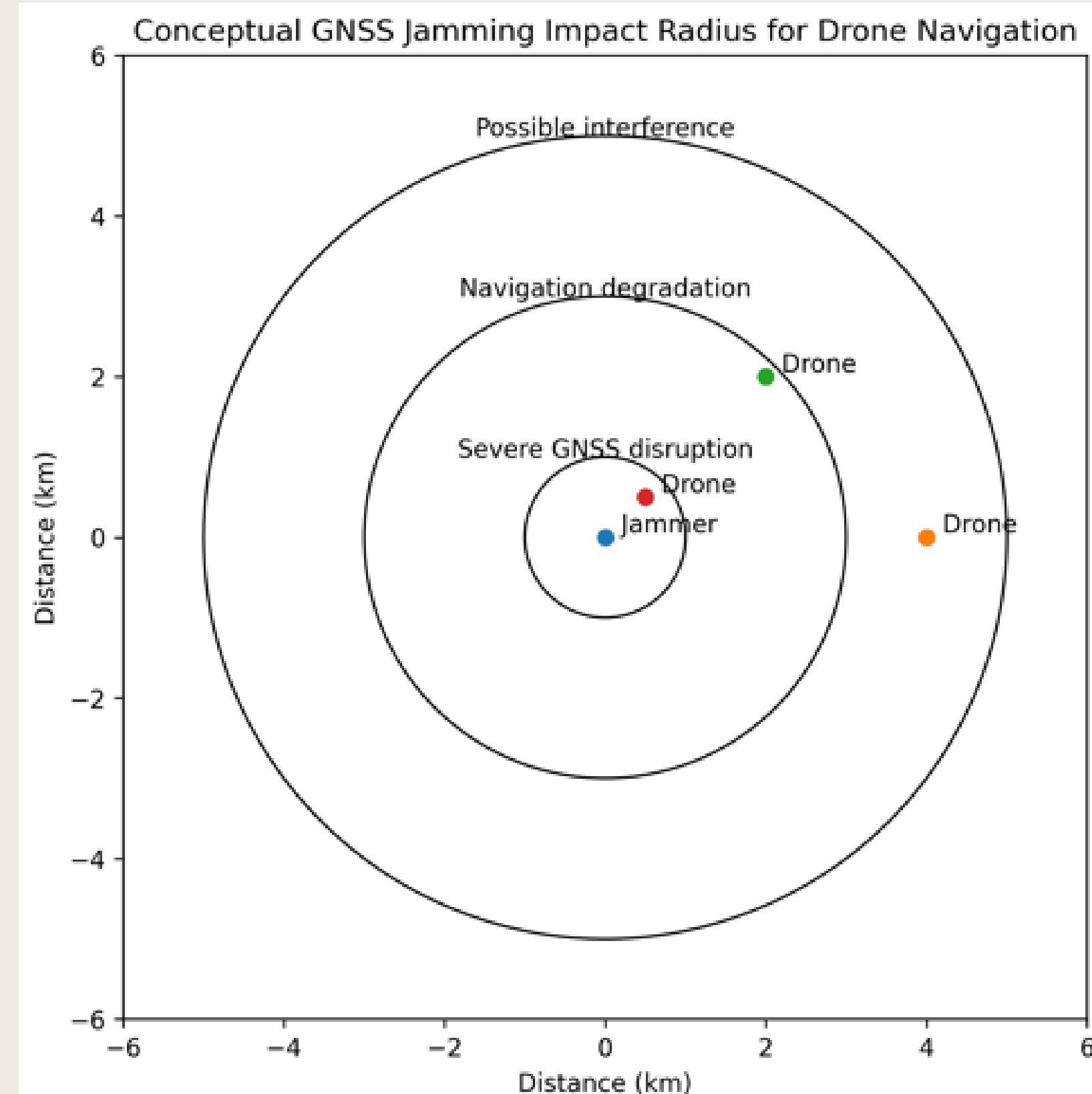


„A legtöbb drón navigációja egy olyan rádiójelre épül, sokkal gyengébb, mint a kozmikus háttérzaj (–160 dBW vs. –140 dBW) -- mégis erre bízunk a légtér egyre nagyobb részének biztonságát.”



1. Bevezetés – Miért kritikus a GNSS a drónoknál?

- A drónok működésének alapja a PNT
(Position, Navigation, Time) szolgáltatás
- Kritikus függőségek:
pozíció, autonóm navigáció, geofencing,
időszinkronizáció
- Kiesés következményei:
navigációs hiba → instabilitás → irányítás
elvesztése



🔑 A drónrendszerek tömeges elterjedésével a GNSS-kitettség rendszerszintű biztonsági kérdéssé válik.

GNSS sérülékenységi tényezők

- nagyon alacsony jelszint (≈ -160 dBW)
- nyílt jelstruktúra
- polgári vevők korlátozott védelme

Zavarási típus	Mechanizmus	Hatás drónoknál
Jamming	Szélessávú zaj	GNSS teljes elvesztése
Spoofing	Hamis jel beinjektálás	Pozíció manipuláció
Meaconing	Jel késleltetett visszajátszás	Időeltolódás, drift

 Már kis teljesítményű zavaró eszközök is több kilométeres GNSS kiesést okozhatnak.

3. Drónrendszerek GNSS-függősége

Tipikus GNSS-funkciók UAS rendszerekben

- autonóm waypoint navigáció
- return-to-home funkció
- stabilizáció
- geofencing
- swarm koordináció

Kritikus üzemmódok

- BVLOS műveletek
- városi légi tevékenység
- automata logisztikai drónok

Példa:

BVLOS csomagkézbesítő drón városi környezetben – GNSS kiesés esetén 30 másodperc alatt 100+ méter pozícióhiba, **ütközési kockázat.**



Ezekben a műveletekben a GNSS kiesés műveleti kockázattá válik.



4. GNSS zavarási kockázatok és események

Tipikus hatások:

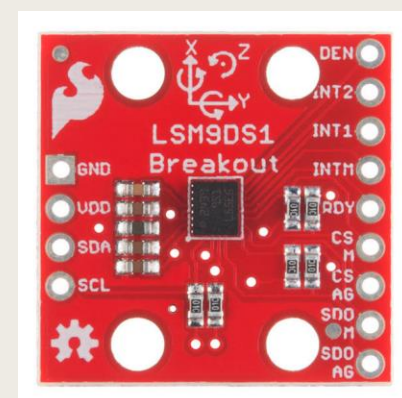
- Navigációs hiba: 10-500+ méter
- Drónkontroll elvesztés: esetenként 100%-os
- Légtérbiztonsági incidensek: 40%-os növekedés 2023-2025 között

Példák:

- Közel-Kelet (2023-2024): regionális GNSS degradáció 300+ km sugárban, polgári légi közlekedést érintett
- Balti-régió (2022-2026): Ismétlődő jamming események, drónmissziók megszakadása
- Ukrajnai konfliktus: Tömeges spoofing incidensek, civil infrastruktúra érintett
- Az ország keleti részében NMHH által ismert 4 drón baleset a közelmúltban (GNSS zavarás észlelésekor)

5. PNT-reziliencia műszaki megközelítései

Rövid távú megoldások(1-2 év)	Középtávú megoldások (3-5 év)	Hosszú távú alternatívák
Multi-GNSS vevők + RAIM	SLAM navigáció	eLoran (regionális infrastruktúra)
Spoofing detekciós algoritmusok	5G positioning integráció	Kvantum navigáció (kutatási fázis)
IMU/vizuális navigáció fúzió	CRPA antennák (Controlled Reception Pattern Antenna)	



A jövő iránya:

Hibrid navigációs architektúra

Rétegek:

Cél:

GNSS-denied környezetben is működő rendszer



1. GNSS
2. Inerciális navigáció
3. Vizuális navigáció
4. Térképalapú korrekció
5. Földi hálózati referencia

Réteg elérhetősége	Pontosság	Üzem mód
1-5 réteg aktív	<1 m	Teljes autonómia
2-5 réteg (GNSS out)	5-10 m	Korlátozott autonómia
2-3 réteg (semmilyen RF referencia nincs!)	20-50 m	Vészüzem



Nemzetközi szabályozási trendek:

- EASA (EU): SORA kockázatértékelés, navigációs integritás kötelező BVLOS-nál
- FAA (USA): Remote ID + alternatív PNT követelmény 2027-től
- ICAO: PNT reziliencia ajánlás drónrendszerekhez (RPAS Panel)

Hazai válasz:

- 10/2025. (XI. 11.) NMHH rendelet – első lépés a spektrumvédelem irányába*

*(10/2025. (XI. 11.) NMHH rendelet a nem polgári célú rádióspektrum-gazdálkodás egyes hatósági eljárásairól.)

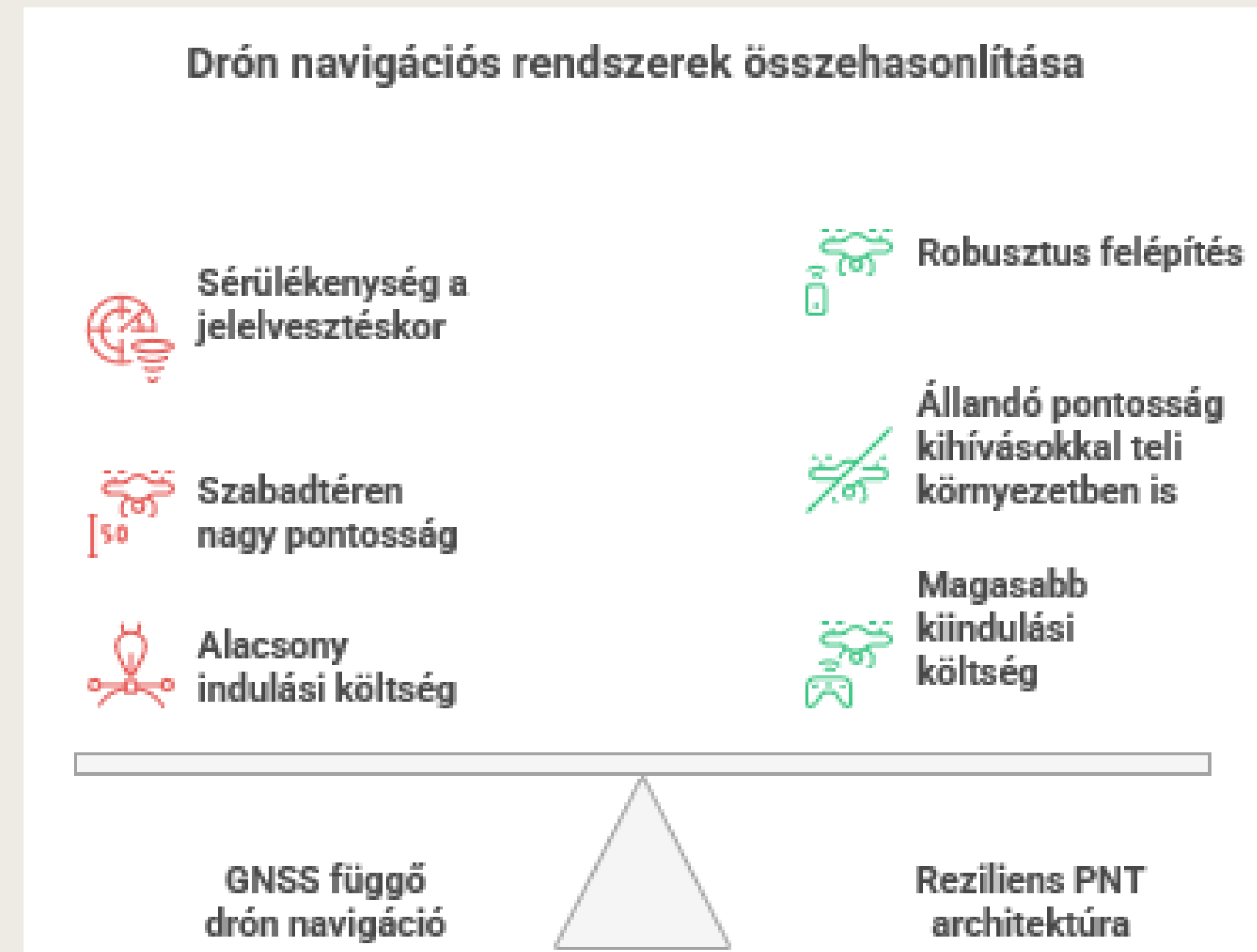


Nemzetközi szabályozási trendek:

- A drónrendszerek magasan GNSS-függőek.
- A GNSS zavarása valós és növekvő kockázat.
- A megoldás a reziliens PNT architektúra:
 - multiszenzoros navigáció
 - alternatív PNT
 - szabályozási támogatás.

Mit tehetünk most?

- **Ipar:** Reziliens architektúrák kifejlesztése
- **Szabályozók:** Minimum integritási követelmények bevezetése
- **Operátorok:** Kockázatértékelés, alternatív PNT bevezetése



A drónrendszerek tömeges elterjedésével **a GNSS** már nem csupán egy navigációs technológia -- hanem egy **kritikus infrastruktúra, amelynek sérülékenysége közvetlen biztonsági és szabályozási kérdéssé vált.**

A megoldás kulcsa:

- Technológiai innováció (reziliens PNT)
- Szabályozási előrelátás (kötelező követelmények)
- Nemzetközi együttműködés (spektrumvédelem, incidensmegosztás)



A kérdés nem az, hogy lesz-e GNSS-zavarás

– hanem hogy fel vagyunk-e rá készülve.

Dr. Orbán József,
orban.jozsef@nmhh.hu

