



# Szenzorfüzió alkalmazása beltéri autonóm négyrotoros helikopteren

---

Robothadviselés 9 Tudományos Konferencia  
2009 November 24. Budapest

Kis László, Lantos Béla

Irányítástechnika és Informatika Tanszék  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem





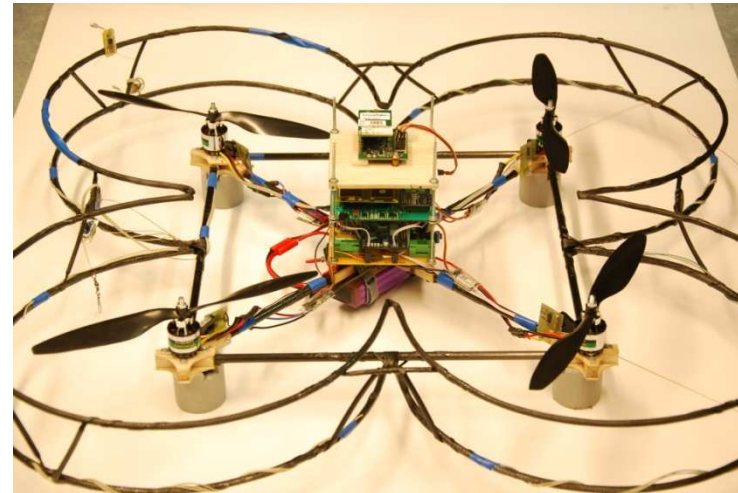
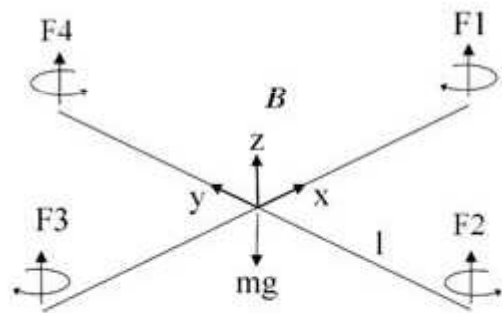
# Tartalom

---

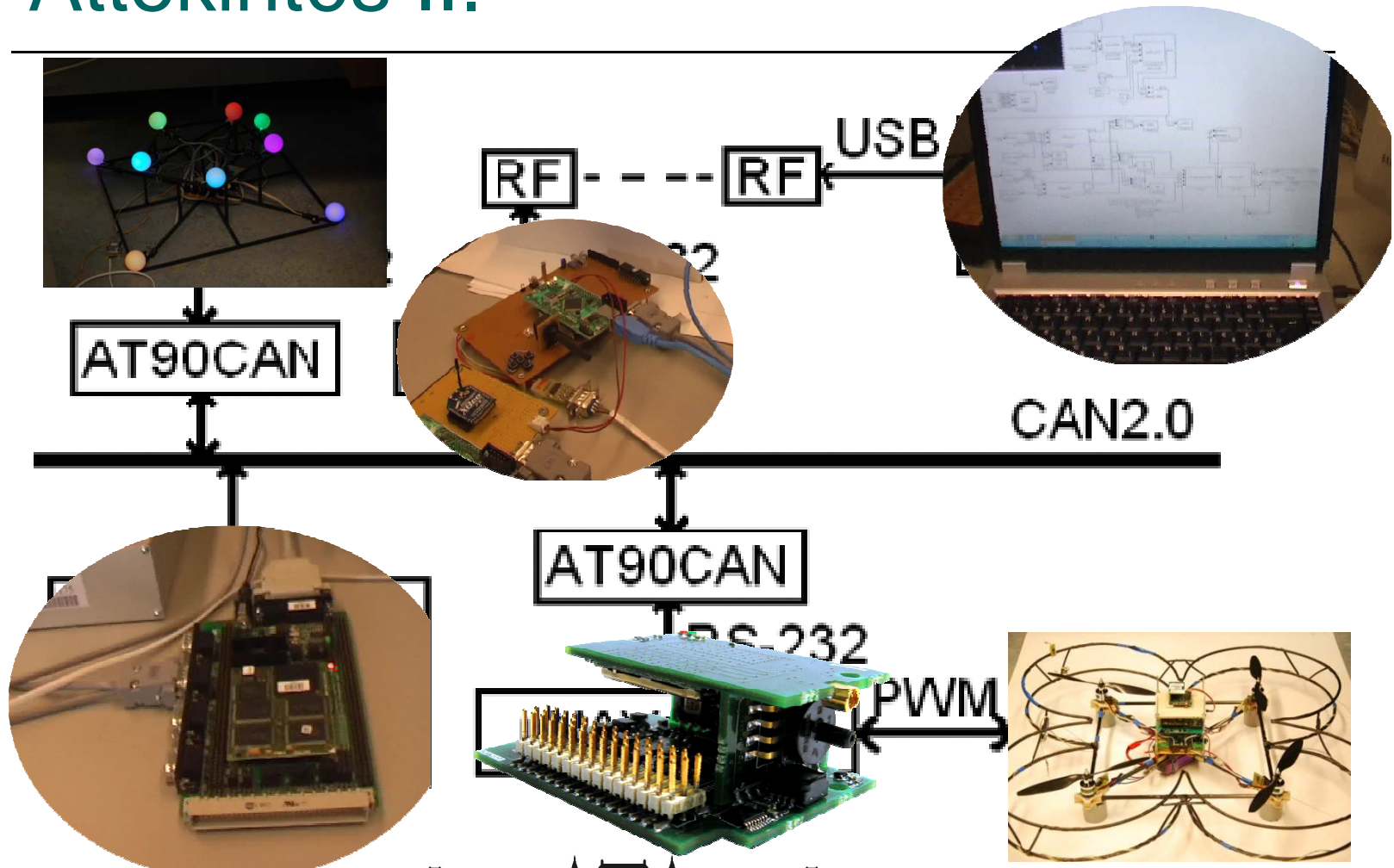
- Áttekintés
- Inerciális mérőegység kalibrációja
- 3D látó rendszer
- Motorvezérlés
- Teszteredmények

# Áttekintés I.

---

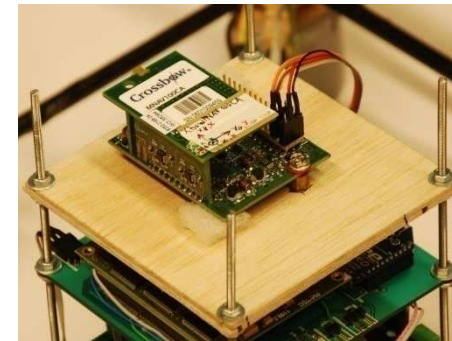


# Áttekintés II.



# Az inerciális mérőegység kalibrációja

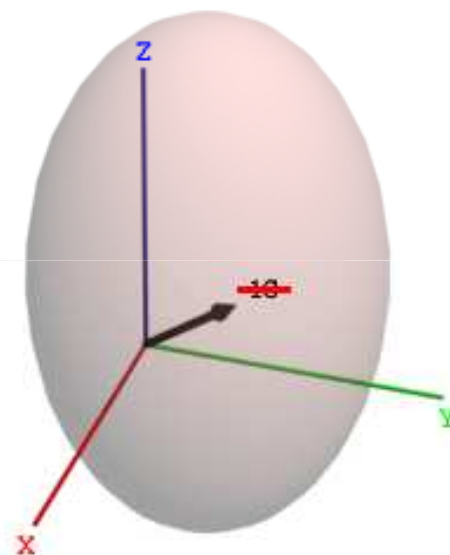
- IMU: Crossbow mNAV100CA
- Gyorsulásmérő és szögsebességmérő
- Háromlépéses kalibráció:
  - Offline
    - Erősítéshiba
    - A tengelyek nem merőleges volta
    - Hőmérsékletfüggés
    - A gyorsulás hatása a szögsebességmérőre
  - Indítás előtt
    - Kezdeti bias számítása
  - Repülés közben
    - Bias becslése



# A gyorsulásmérő kalibrációja

- Különböző orientációkban, álló helyzetben mérünk

$$\begin{pmatrix} a_{cal} \\ 1 \end{pmatrix} = T \begin{bmatrix} s_{xtemp} & & & \\ & s_{ytemp} & & \\ & & s_{ztemp} & \\ & & & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} a_{mért} \\ 1 \end{pmatrix}$$



A kalibráció = a transzformációs mátrix, ami az ellipszoidot a gömbbe viszi át



# Szögsebességmérő kalibrálása I.

---

- Kétfajta mérés

- Statikus helyzetben

- 0 valós szögsebesség mellett

$$\omega_{mért} = \omega_{valós} + \omega_{bias} + K^T a_{cal}$$

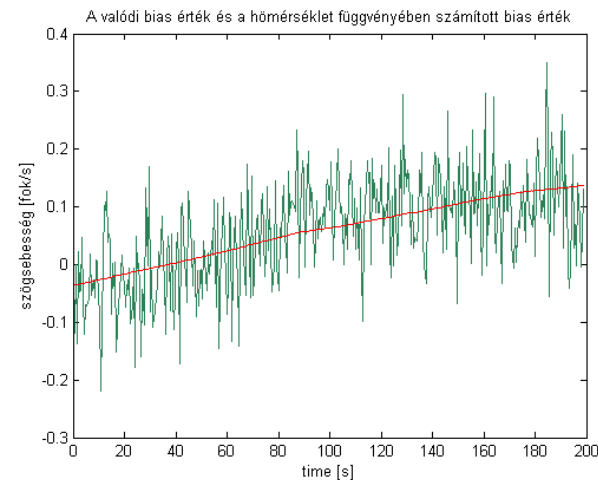
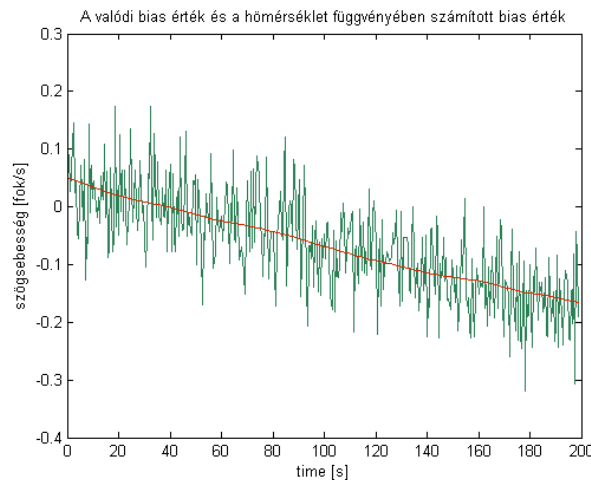
- Forgatás statikus helyzetből statikus helyzetbe

- A valódi elforgatás nagysága a kezdeti és a végső gyorsulásvektor által bezárt szög
    - A mért elforgatás a szögsebességek integrálásából.
    - A kettő aránya az erősítéshiba



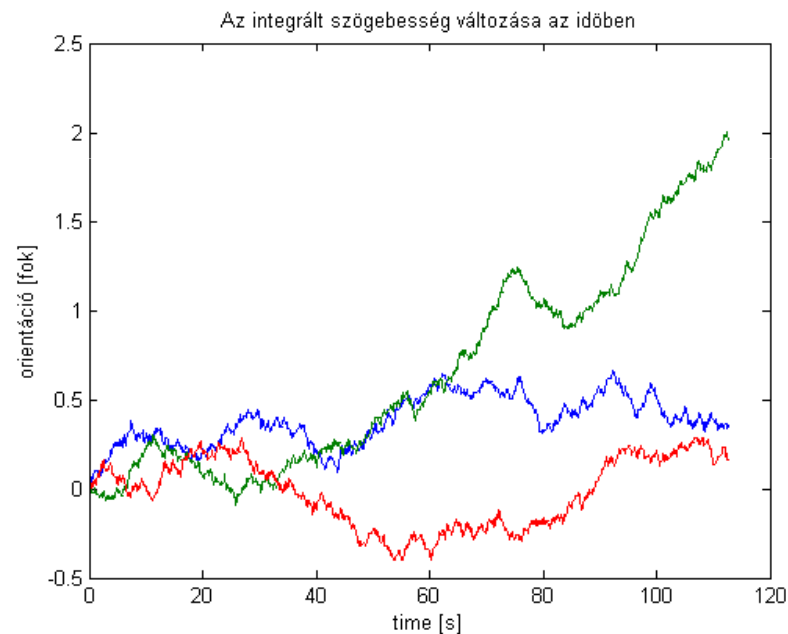
# Szögsebességmérő kalibrálása II.

- Hőmérsékleti kalibráció
  - Ok: a propellerek miatt állandóan változik a szenzorok hőmérséklete
  - Lineáris hőmérsékletfüggést feltételezve



# Kalibráció : eredmények

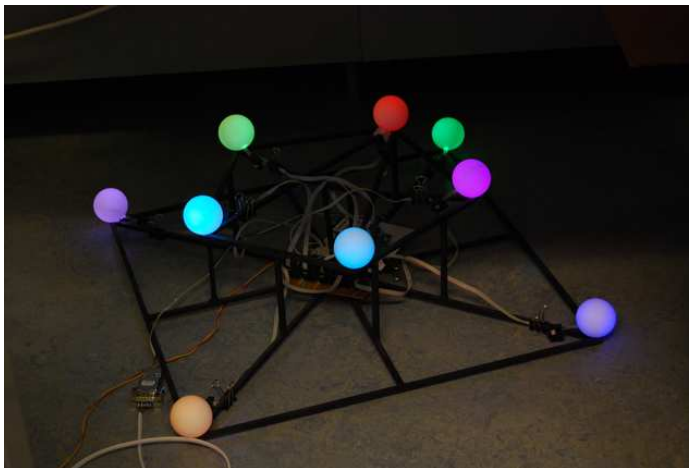
- Orientáció számítása a szögsebesség numerikus integrálásával



# 3D látó rendszer

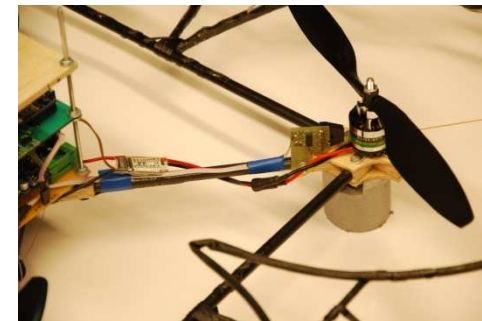
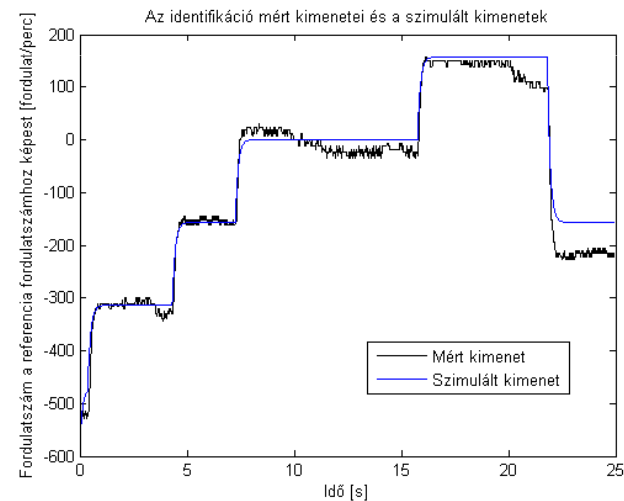
---

- Aktív markeres látórendszer
  - Motion-stereo megközelítést használunk
  - Két kamera helyett, egy valódi és két virtuális kamera
  - 3D rekonstrukció – 7 pontos algoritmus

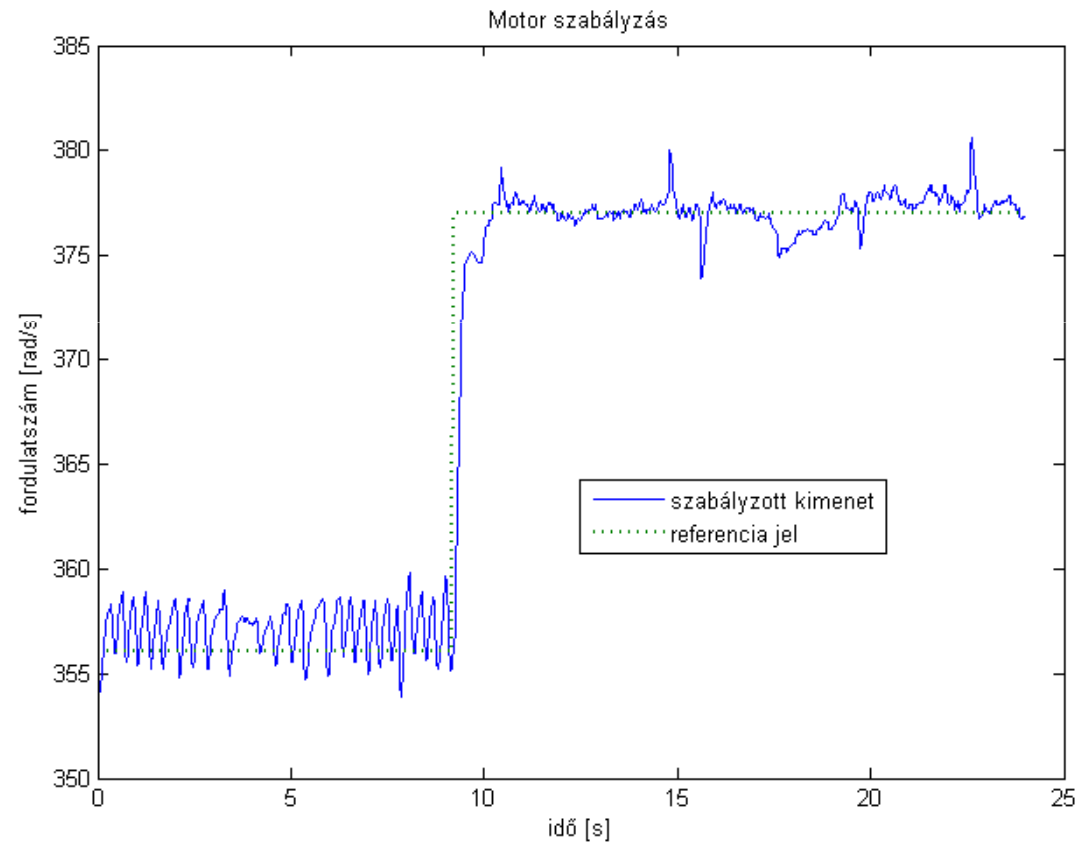


# Motorvezérlés

- Motorvezérlő + motor + propeller identifikáció
  - Egytárolós tag feltételezésével

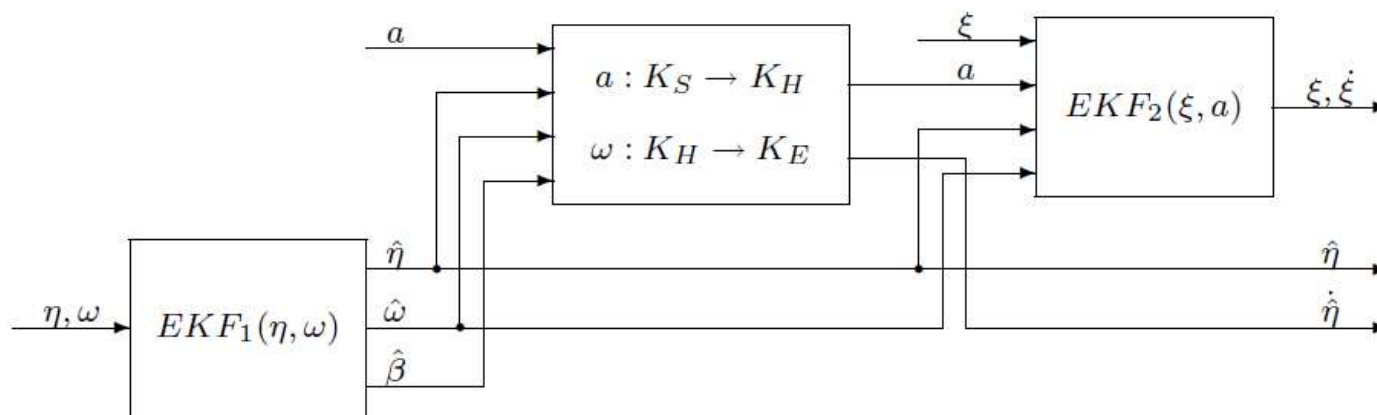


# Alacsony szintű szabályzás



# Kapcsolat az állapotbecslővel

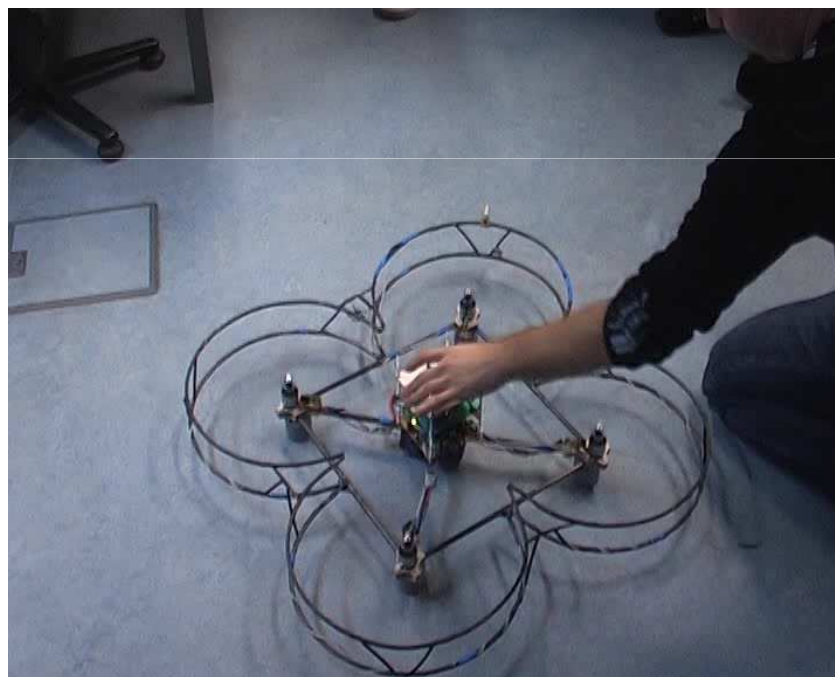
- Zajanalízis
  - Álló helyzeti mérés – variancia számítás
- Inicializálás
  - Kezdeti bias számítása álló helyzetben



# Próbarepülés konstans LQ szabályzóval

---

- Orientáció stabilizálás LQ szabályzóval
- Demonstráció





# Eredmények

---

- Kalibrációval lehetséges a hibák nagy részének jelentős csökkentése és az állapotbecslő helyes inicializálása
- A beavatkozó szervek szabályozottak
- A helikopter mechanikai megvalósítása elkészült
- Az első repülési tesztek folyamatban vannak



---

# Köszönöm a figyelmet!

Kis László

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Irányítástechnika és Informatika Tanszék  
Intelligens Robotok Labor  
lkis@iit.bme.hu

2009. nov.24.

