

# **Aktív zajcsökkentő rendszerek megvalósítása szenzorhálózattal**

**Lajkó László, Orosz György**  
**Konzulens: Dr. Sujbert László**

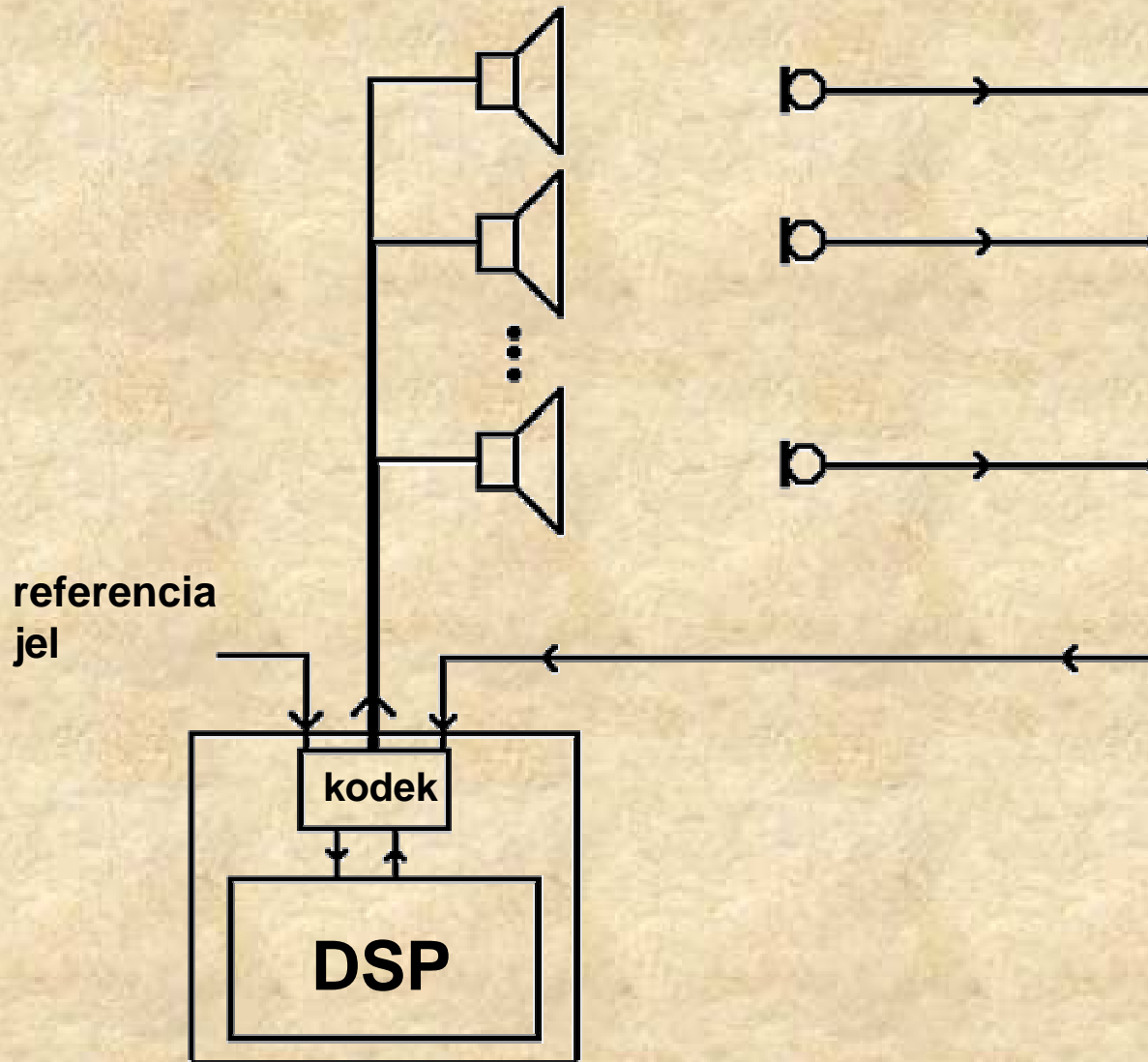
Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék

Önálló laboratórium beszámoló 2005. december 16.

# Aktív zajcsökkentés

- Cél: érzékelő mikrofonok körül csendes zónák kialakítása a zajjal ellentétes fázisú hang segítségével
- A szuperpozíció jelenségét használjuk ki a zaj elnyomására
- Felhasználási tartomány néhány kHz:
  - csendes zónák mérete arányos a hullámhosszal
  - a mikrofonok nem helyezhetők tetszőlegesen közel a fülekhez

# Aktív zajcsökkentő rendszerek felépítése



Működés:

- Mikrofonok jeleinek mintavételezése a DSP-nél
- Beavatkozójel számítása
- Beavatkozó jel kiadása a hangszórók felé

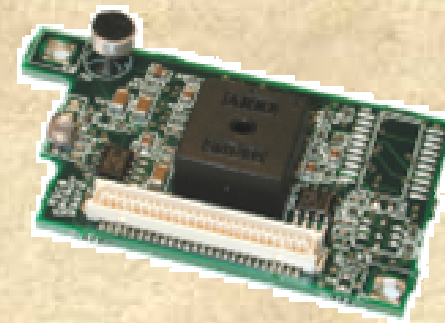
# Szenzorhálózatok

- Vezeték nélküli mérésadatgyűjtő rendszerek
- Kommunikáció rádiós csatornán, ezért:
  - könnyen telepíthető, módosítható elrendezés
  - bizonytalan adatátvitel
- Bizonytalan átvitel miatt visszacsatolt rendszerekben eddig nem sokszor alkalmazták
- Általában kis adatátviteli sebesség, az aktív zajcsökkentésben megkívánt néhány kHz-es mintavételi frekvenciához elegendő
- Újdonság: on-line adatfeldolgozás, általában off-line

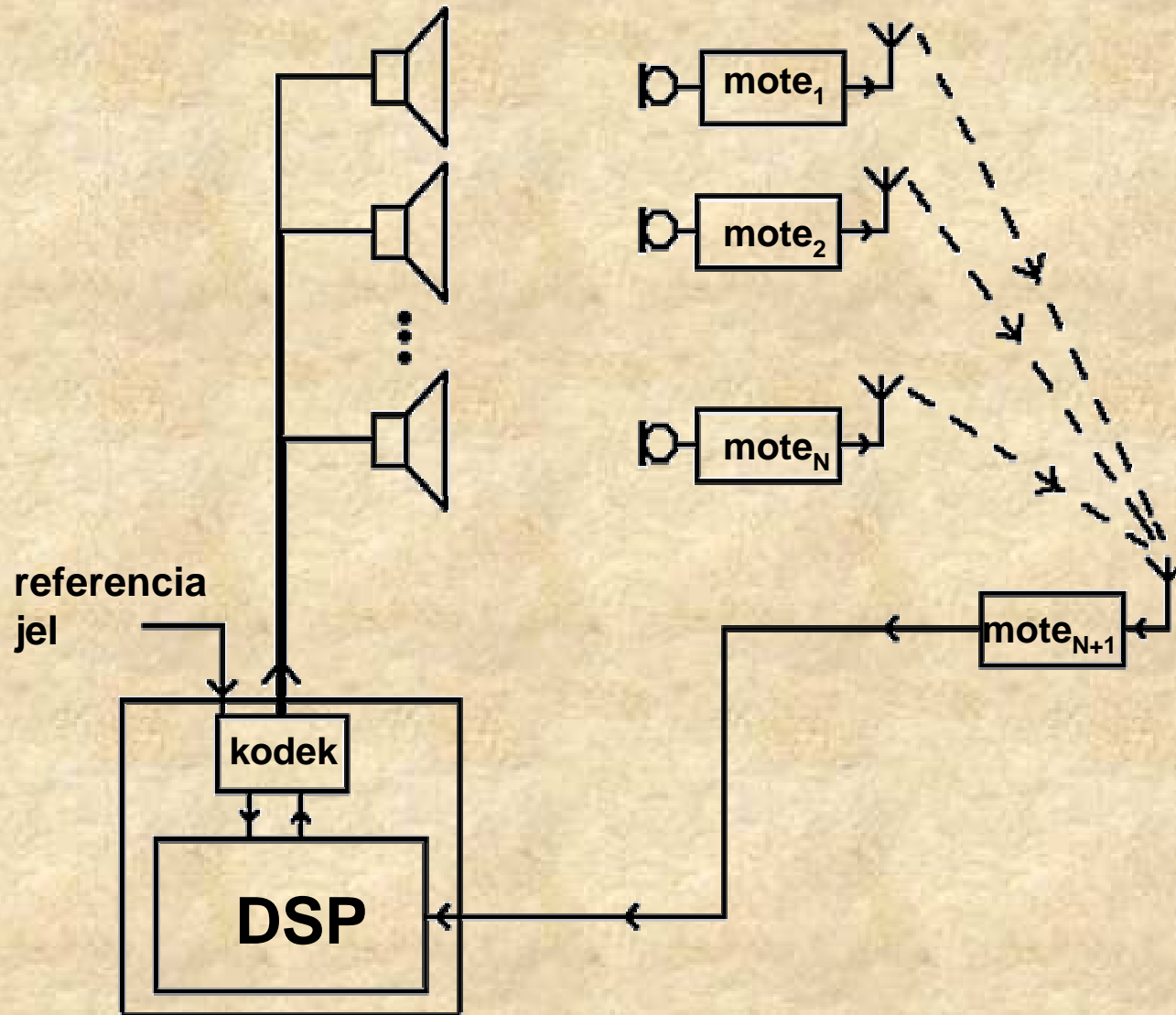


# Szenzorhálózat építőelemei

- Hálózati eszközök:  
Berkeley mote-ok
- Felépítésük:
  - ATmega128-as 8 bites mikrokontroller
  - rádiós IC
  - tápforrás
- Csatlakoztatható szenzorkártya
- Programfejlesztés  
TinyOS beágyazott operációs rendszerben



# Szenzorhálózattal működő rendszer



Új feladatok:

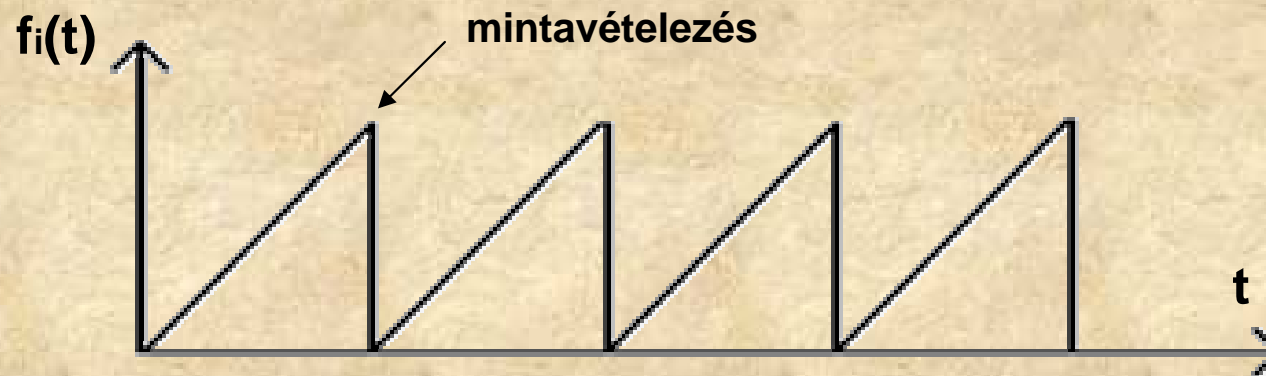
- A mintavételezés a mote-oknál történik. **Nem fontos egyszerre de mindenképpen fix késleltetéssel → szinkronizálás szükséges**
- Minták továbbítása rádió keresztül
- Minták küldése soros porton a DSP felé

# Mintavételezés

- A mikrofon jelét a mikrokontroller AD-jával mintavételezzük
- Operációs rendszer miatt az időzítés nehéz feladat:  
a hardver időzítő megszakítása  
alapfelépítésben közvetetten indítja a mintavételezést → jitter
- Operációs rendszer módosítása a pontos időzítéshez

# Mintavételezés szinkronizálása

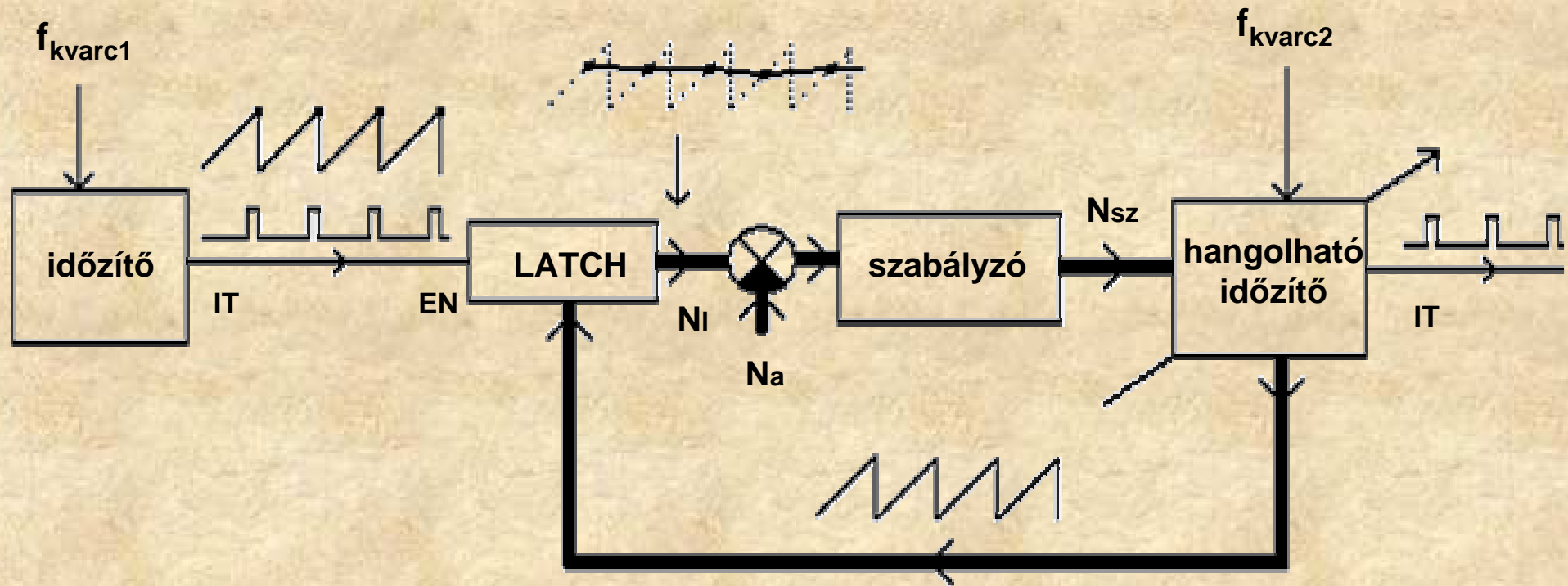
- Cél: mintavételi időpontok beállítása egy referencia mote-hoz
- Időzítő: programozható órajelosztó



- $i$ . mote számlálójának időfüggvénye:  $f_i(t)$
- Szinkronizáció más megfogalmazásban:  $f_i(t)$ -k fázismerev kapcsolata
- Megoldás: szoftver PLL



# PLL felépítése

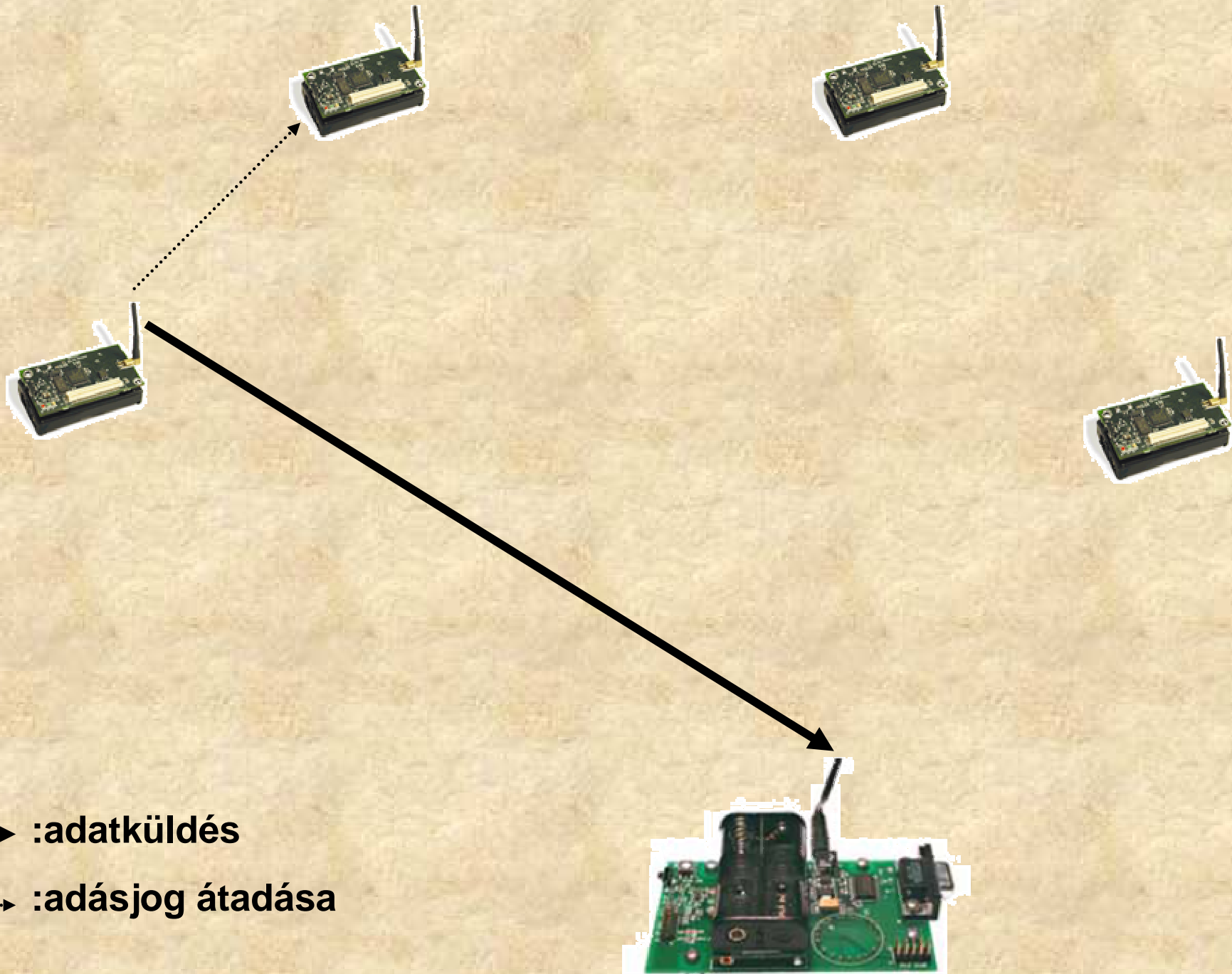


Építőelemek megvalósítása:

- Fázisdetektor
- VCO
- Szabályzó

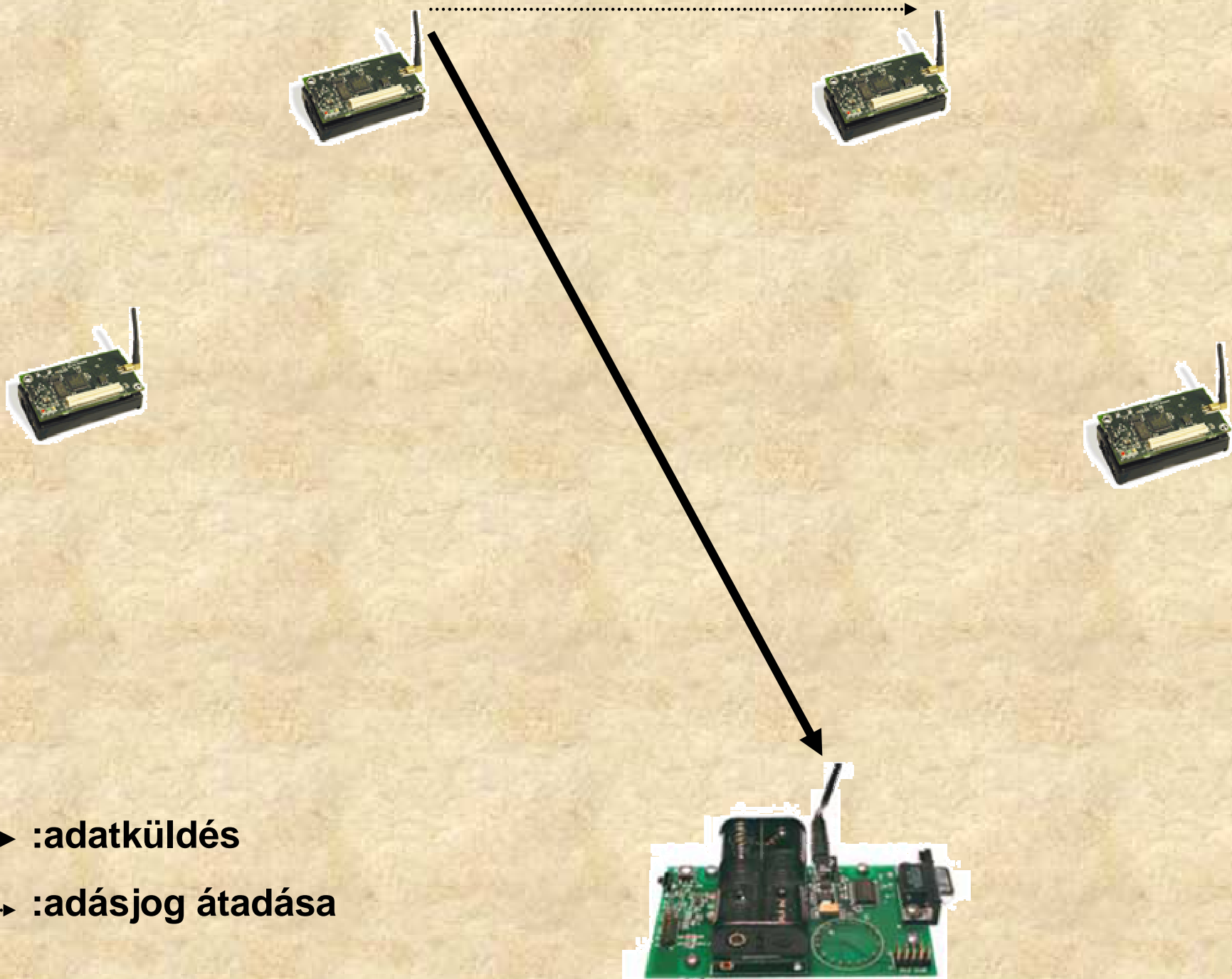
# Rádiós adattovábbítás

- TinyOS formátumú csomagokban.
- Csomagonként 25 minta + keretezés
- Védelem a csomagvesztés ellen
- Token-ring hálózat kialakítása



**→ :adatküldés**

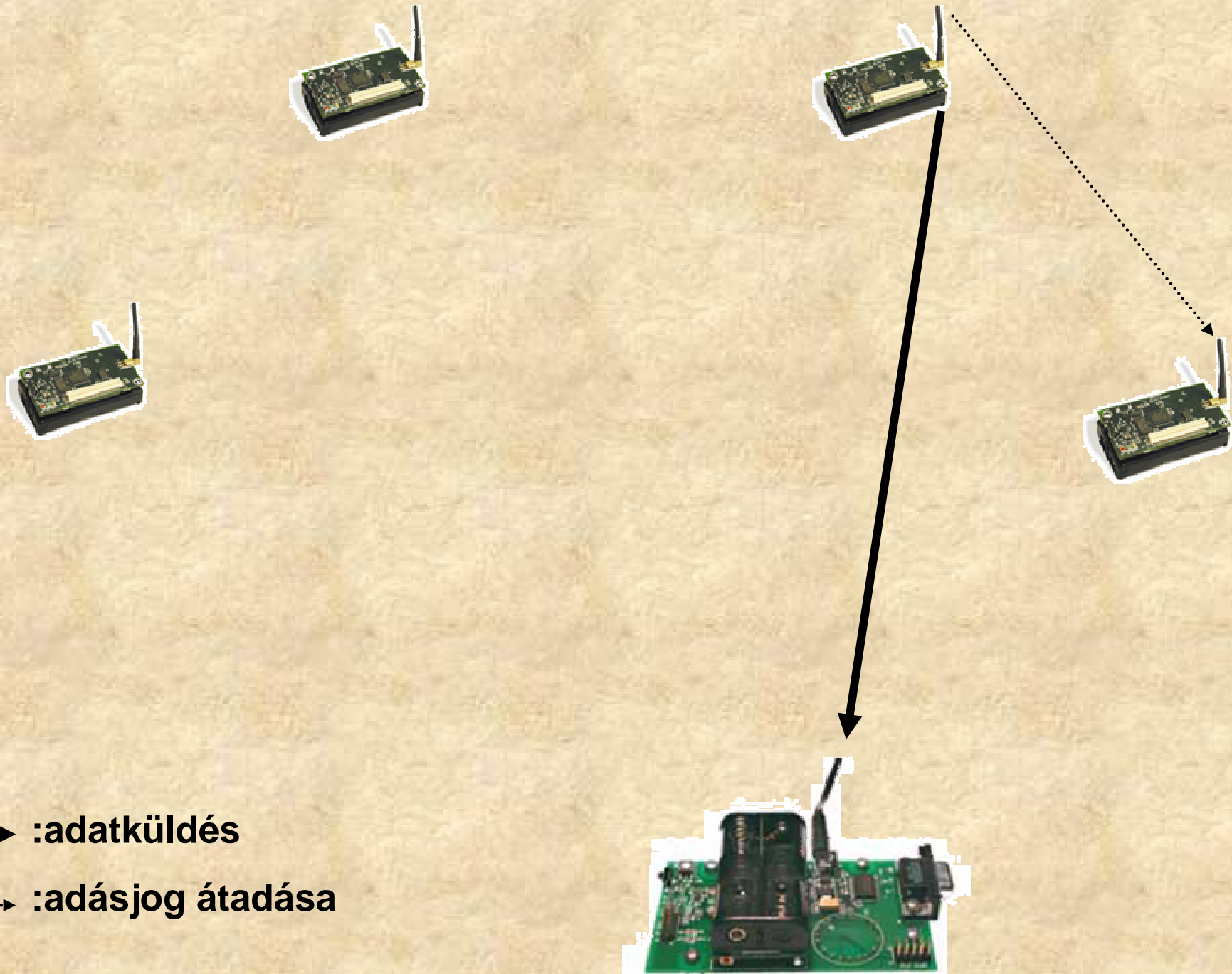
**.....→ :adásjog átadása**



**→ :adatküldés**

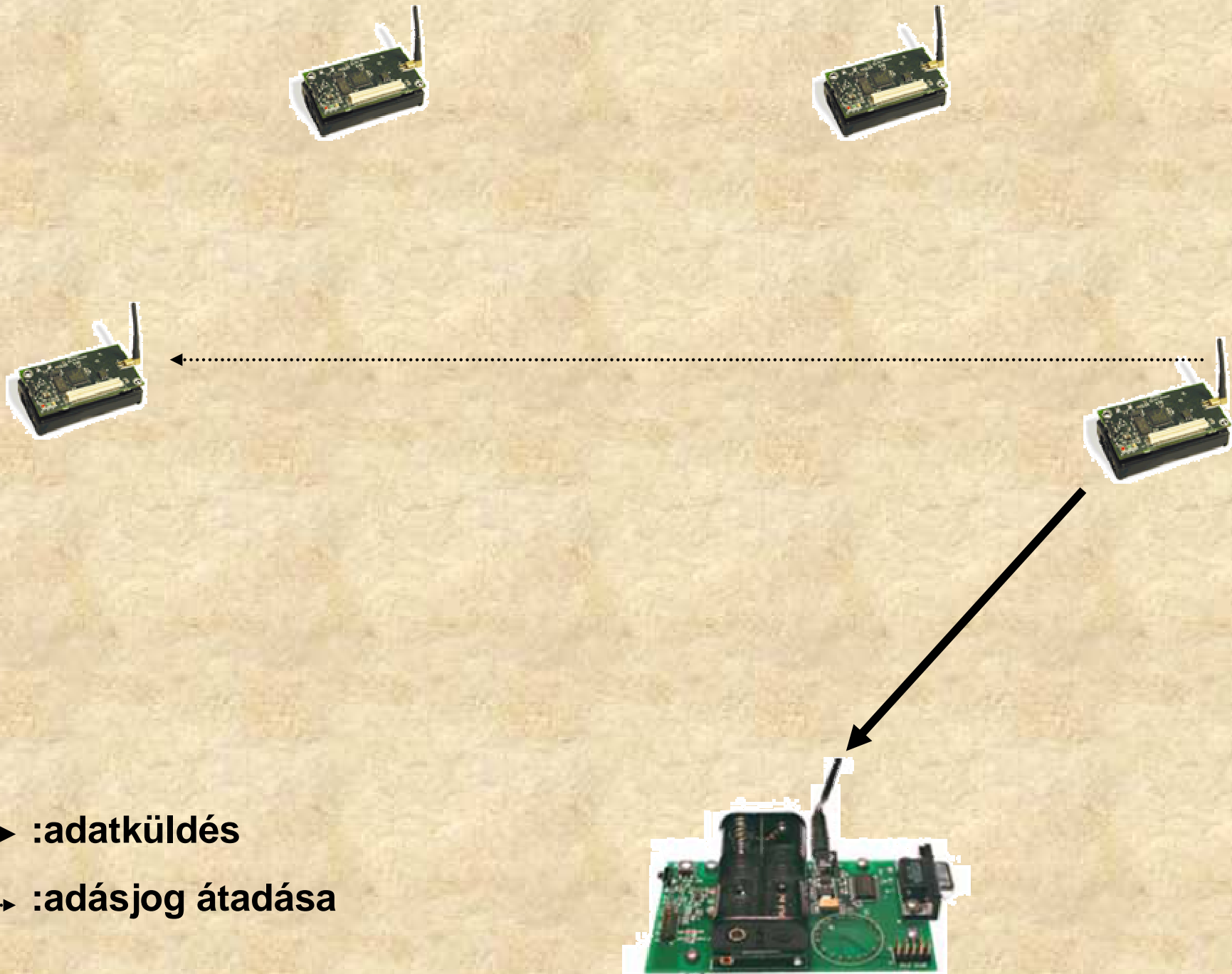
**.....→ :adásjog átadása**





**→ :adatküldés**

**.....→ :adásjog átadása**



**→ :adatküldés**

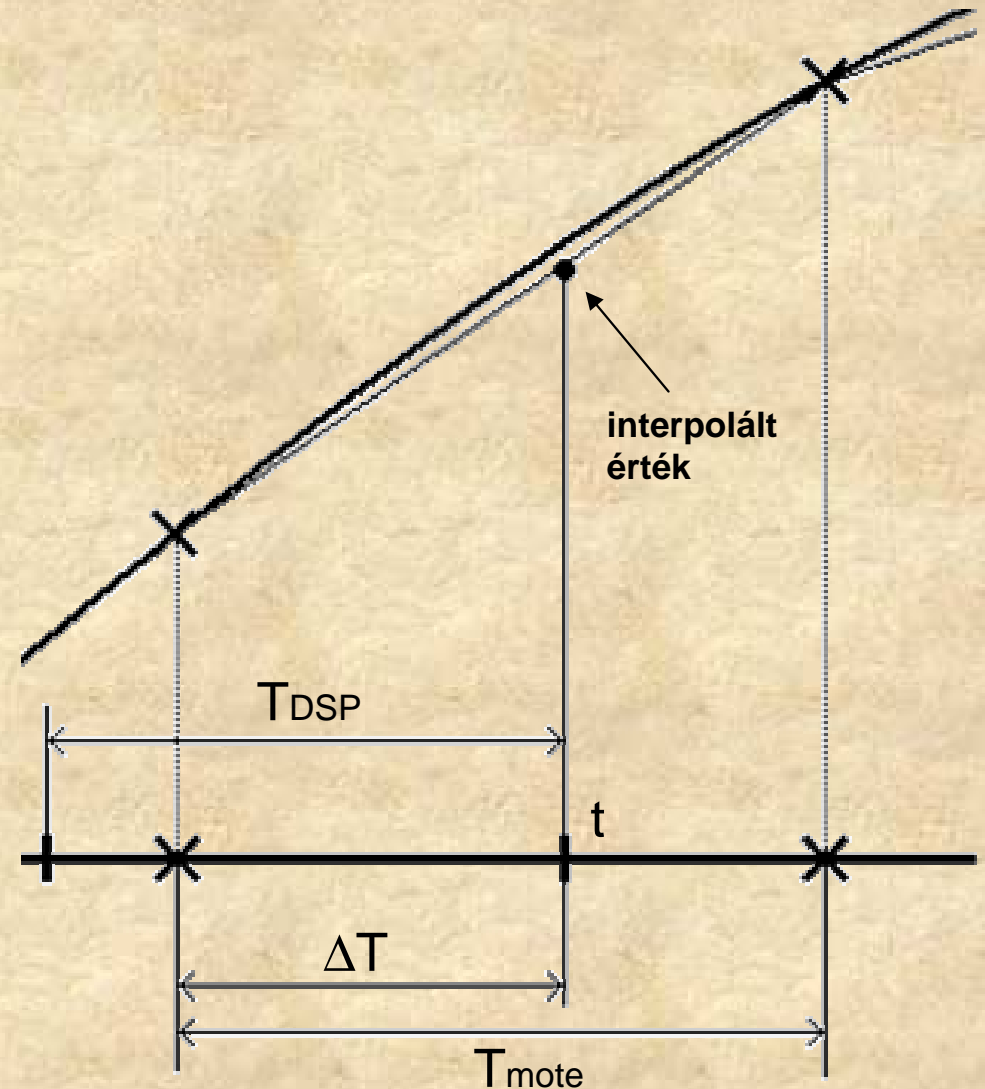
**.....→ :adásjog átadása**

# Adattovábbítás a DSP felé

- Átjáró mote végzi
- Formátumkonverzió szükséges
- UART kezelő komponens módosítása
- Adattovábbítás szinkronizálása a mintavételhez

# Adatfogadás a DSP-n

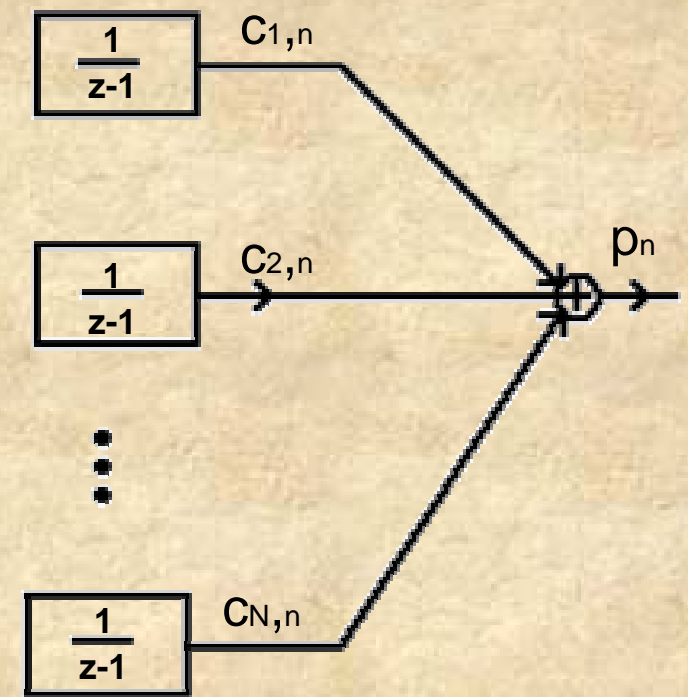
- Probléma: a DSP mintavételi frekvenciája fix, nem szinkronizálható a fenti algoritmussal
- Megoldás: interpoláció a minták között





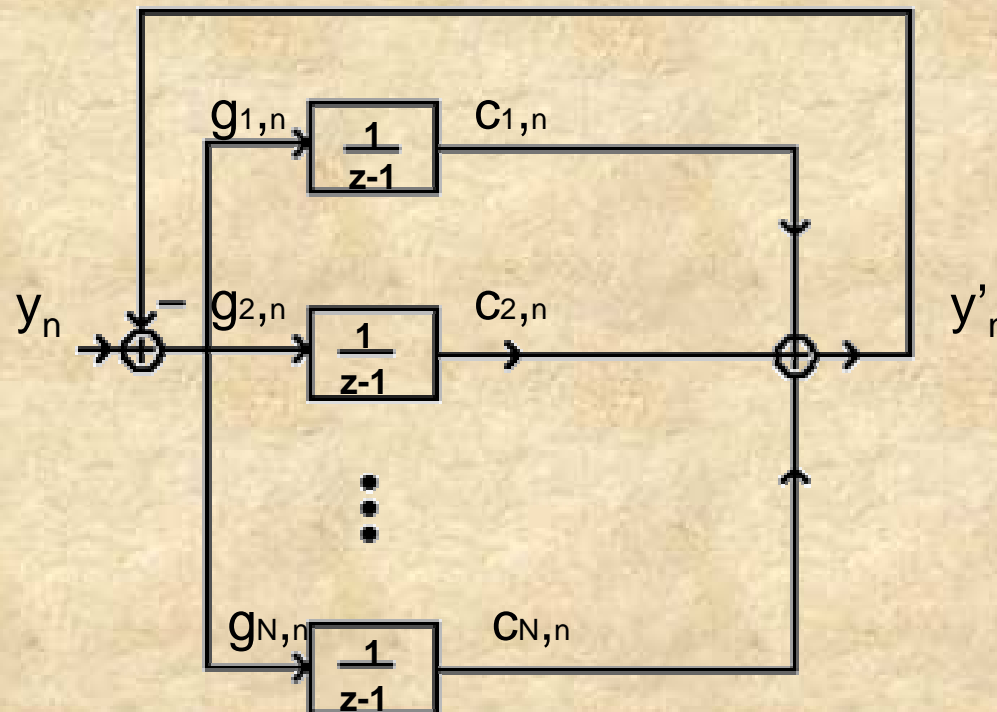
# Aktív zajcsökkentő eljárások

- Szélessávú zajcsökkentés: LMS-algoritmussal
- Zajcsökkentés periodikus jelekre: jelmodell alapú zajcsökkentő rendszer
- Sávkorlátozott periodikus jelek:
  - koncepcionális jelmodell:
  - Fourier-reprezentáció:
  - $p(n) = \sum P_k c(n)_k, k = -K \dots K$
  - $c(n)_k = e^{j2\pi f_k n}, k = -K \dots K$



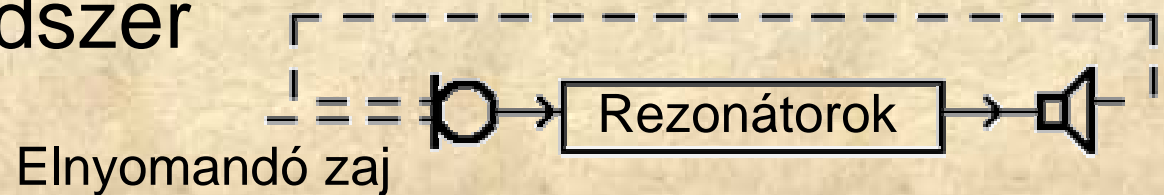
# Jelmodell alapú zajcsökkentő rendszer tervezése 1.

- Rezonátoros struktúra: sávkorlátozott periodikus jelek modelljéhez tervezett megfigyelő
- Rezonátoros struktúra megvalósítása integrátorokkal

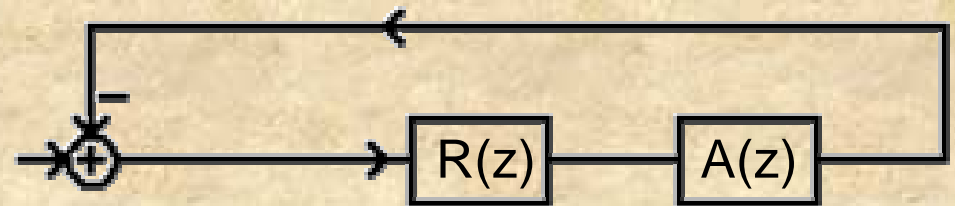


# Jelmodell alapú zajcsökkentő rendszer tervezése 2.

- Egycsatornás zajcsökkentő rendszer rezonátoros struktúrával

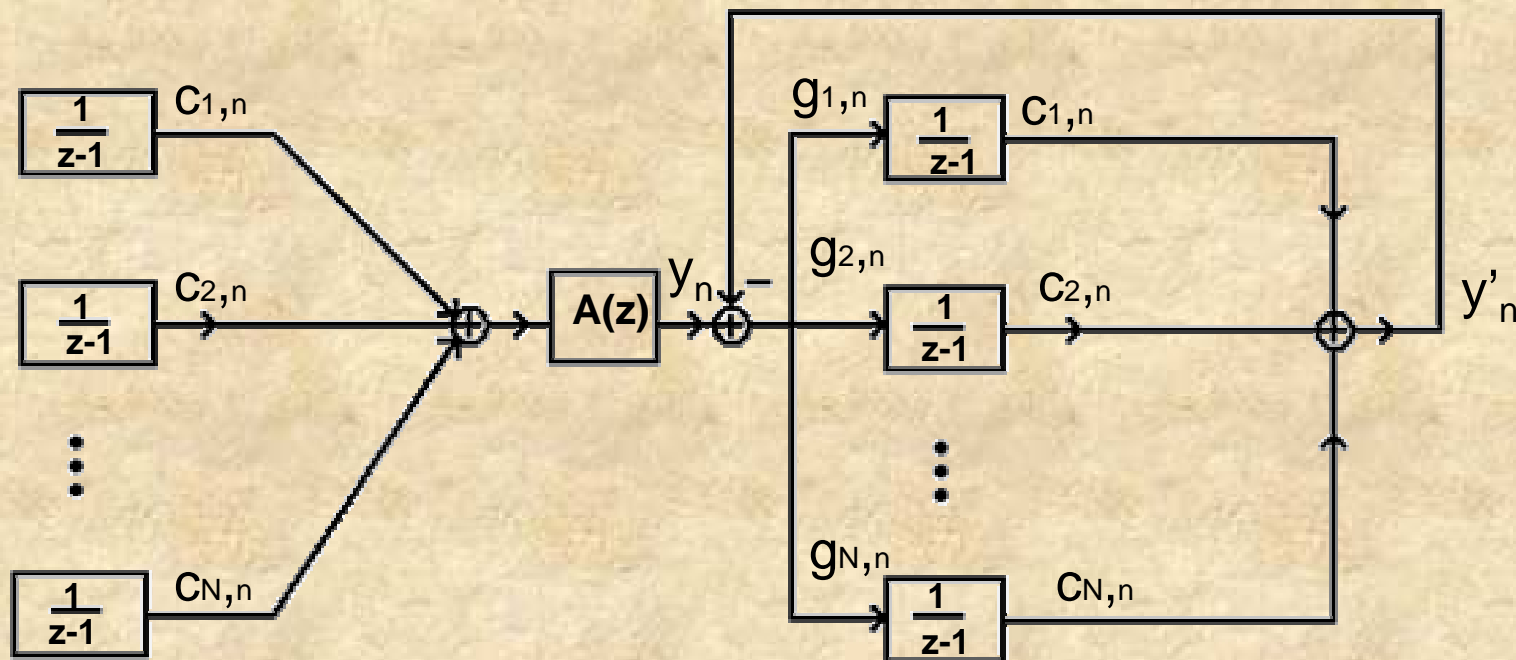


- Aktív zajcsökkentő rendszer blokkvázlata



# Jelmodell alapú zajcsökkentő rendszer tervezése 3.

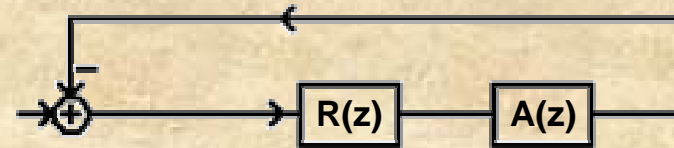
- Átviteli függvény mérése rezonátoros struktúrával



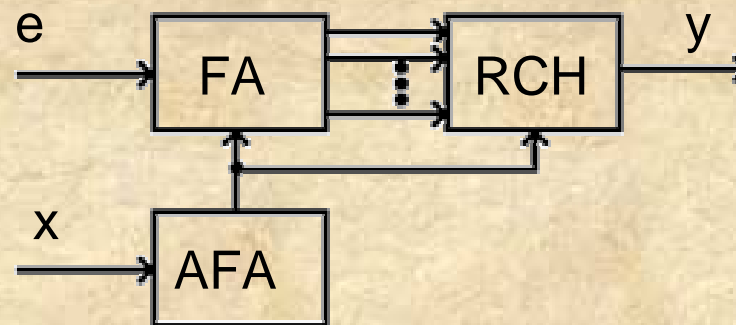


# Stabilitás és a konvergenciasebesség növelése

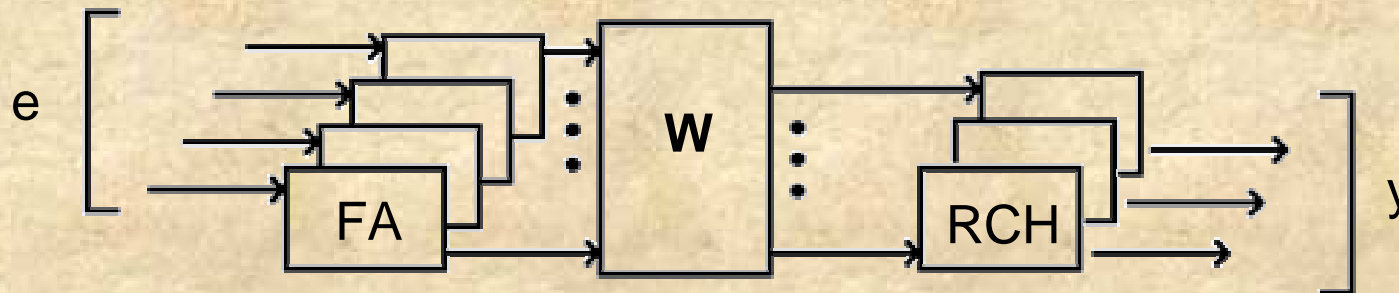
- Zajcsökkentő rendszer blokkvázlata



- Stabilitás feltétele egycsatornás esetben:  $|\arg A(z_i) + \arg(w_i)| < \pi / 2$
- Megnövelt sebességű egycsatornás zajcsökkentő rendszer blokkvázlata



- Megnövelt sebességű többcsatornás zajcsökkentő rendszer blokkvázlata

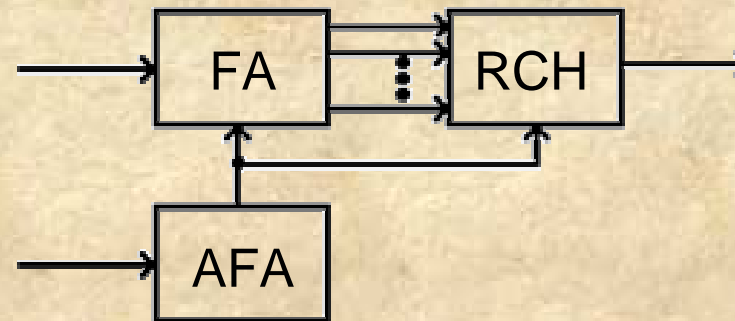


# On-line identifikáció rezonátoros struktúrájánál

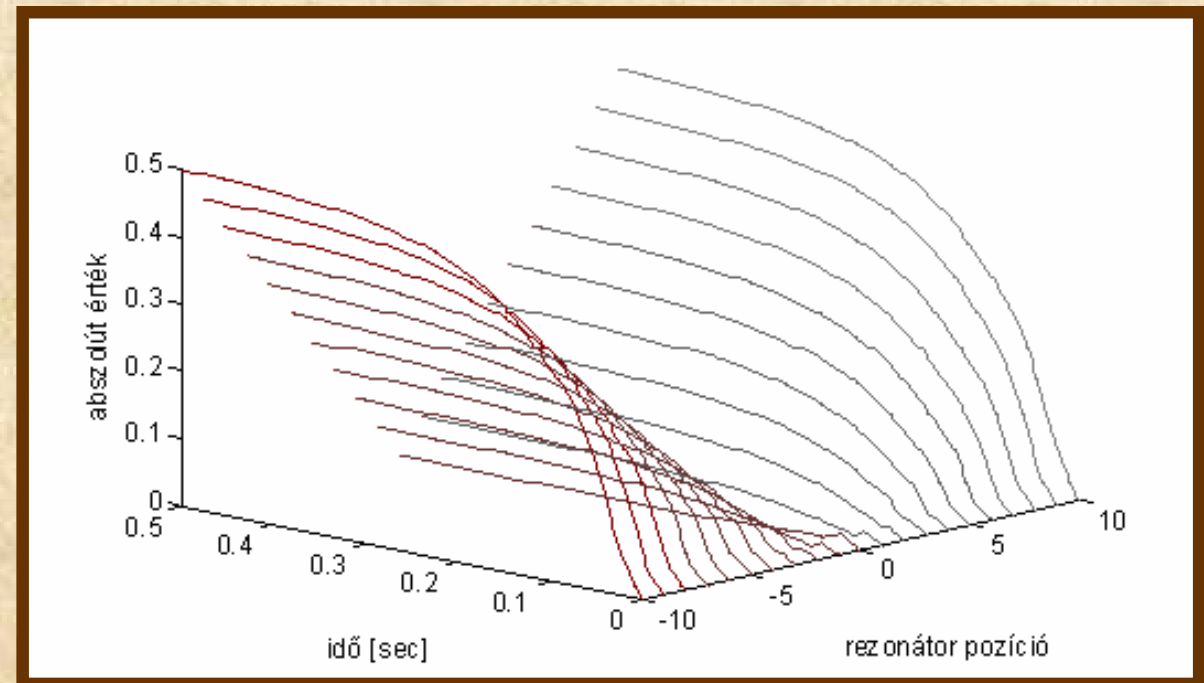
- Az átviteli függvény időben változhat, a rendszer instabillá válhat
- Egycsatornás rendszerre kidolgozott algoritmus:
  - nem alkalmaz gerjesztést
  - a rendszer instabilitásának detektálása
  - instabil rendszer esetén beavatkozás: a becsatoló együtthatók fázisának változtatása oly módon, hogy a stabilitás feltétele teljesüljön

# On-line identifikációs algoritmus szimulációs eredmények 1.

- A megvalósított zajcsökkentő rendszer blokkvázlata

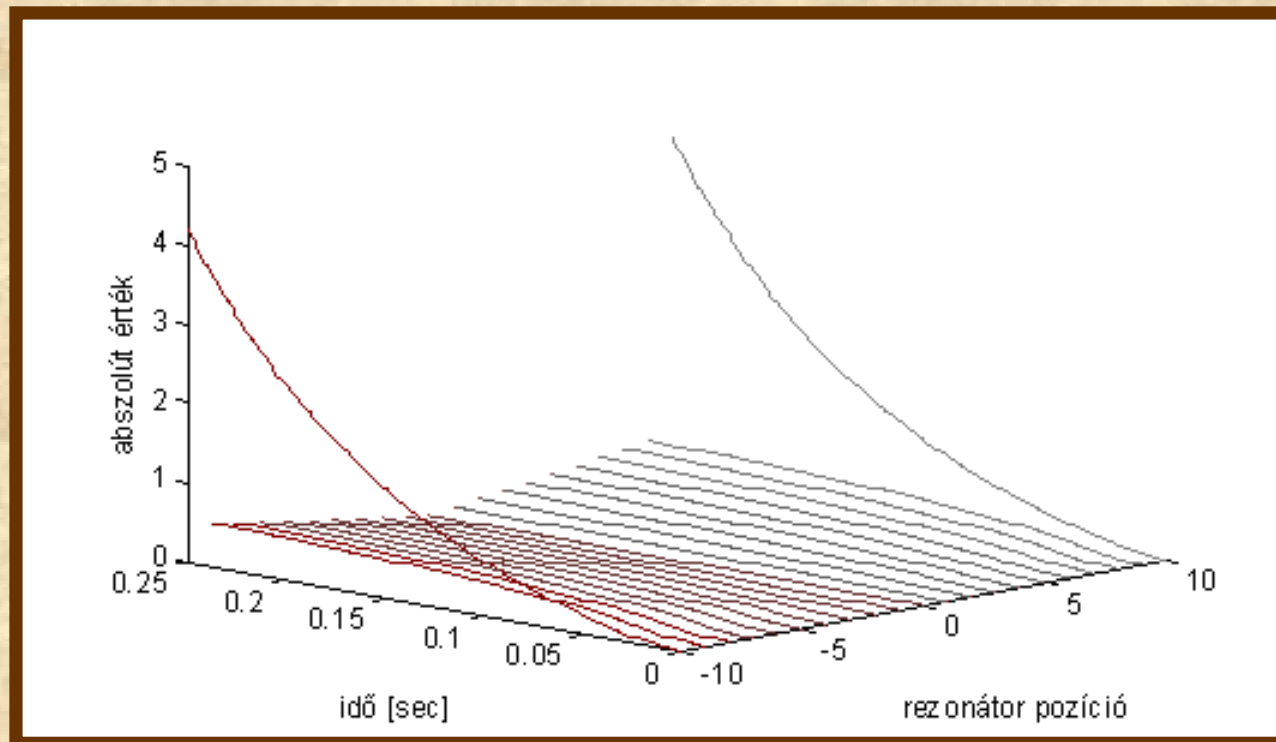


- Kimeneti rezonátorkészlet tárolók abszolút értéke az idő függvényében, stabil rendszer esetén



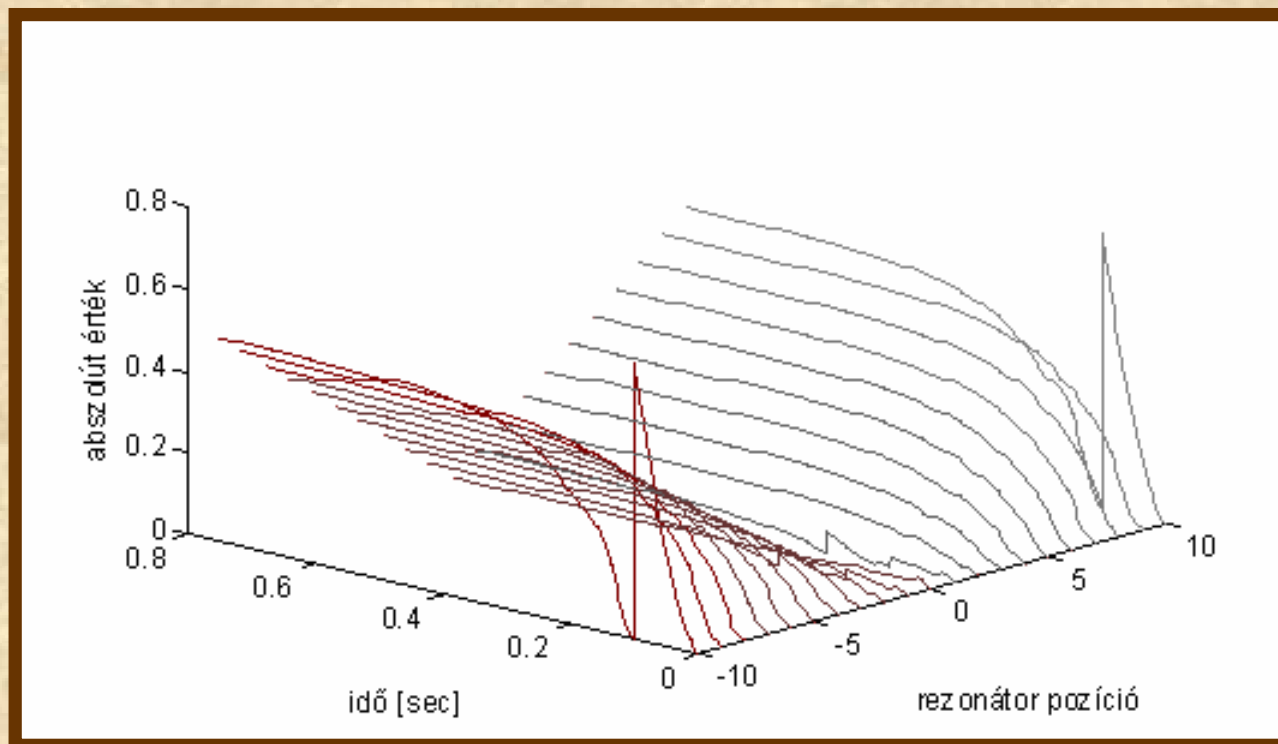
# On-line identifikációs algoritmus szimulációs eredmények 2.

- Kimeneti rezonátorkészlet tárolók abszolút értéke az idő függvényében, instabil rendszer esetén



# On-line identifikációs algoritmus szimulációs eredmények 3.

- Kimeneti rezonátorkészlet tárolók abszolút értéke az idő függvényében instabil, de javított rendszer esetén

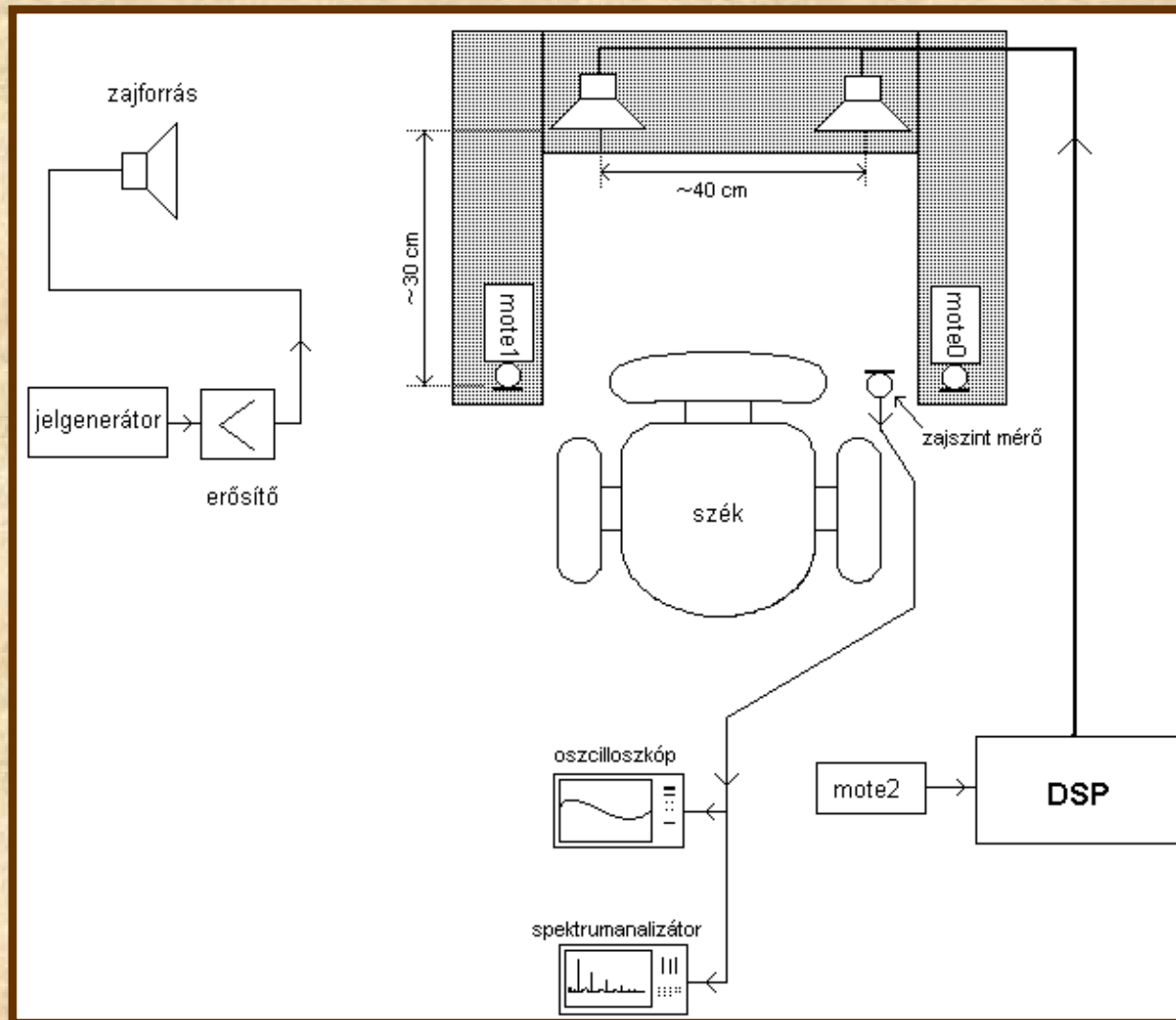




# Eredmények: teszt környezet

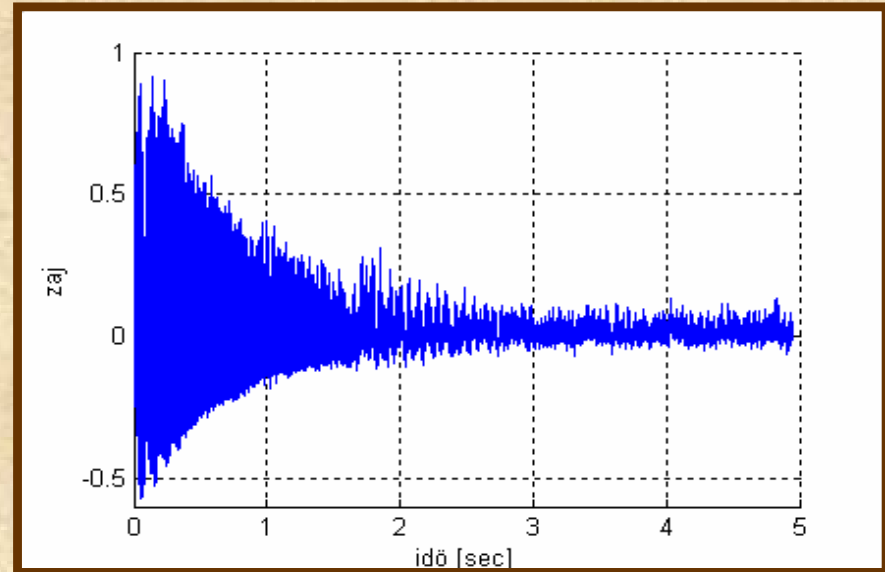


# Eredmények: teszt környezet 2.

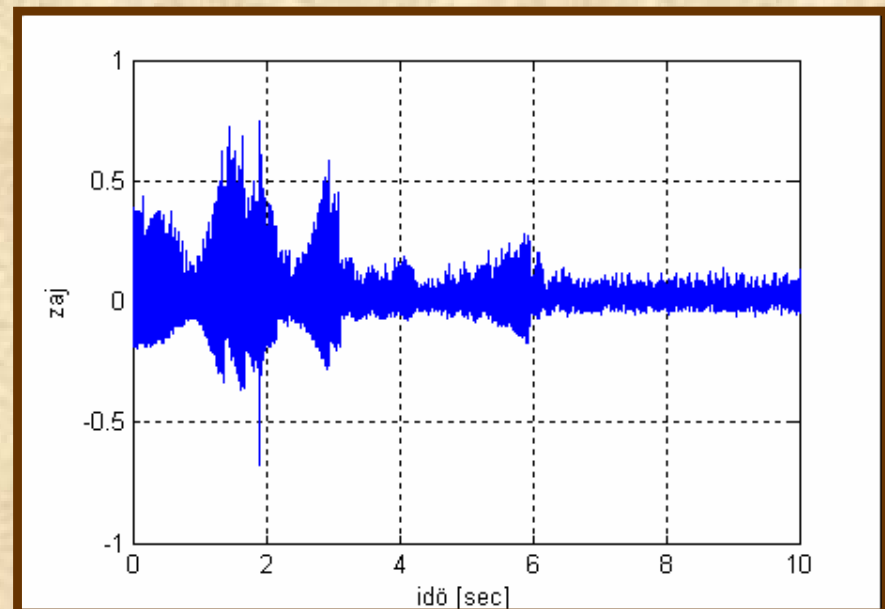


# Időtartománybeli teszteredmények

- kétcsatornás rendszer beállása

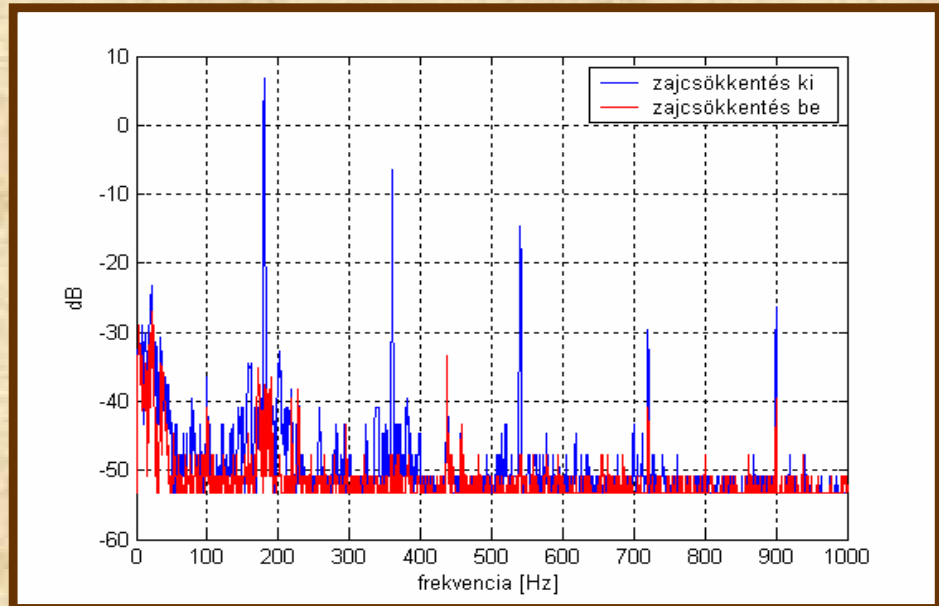
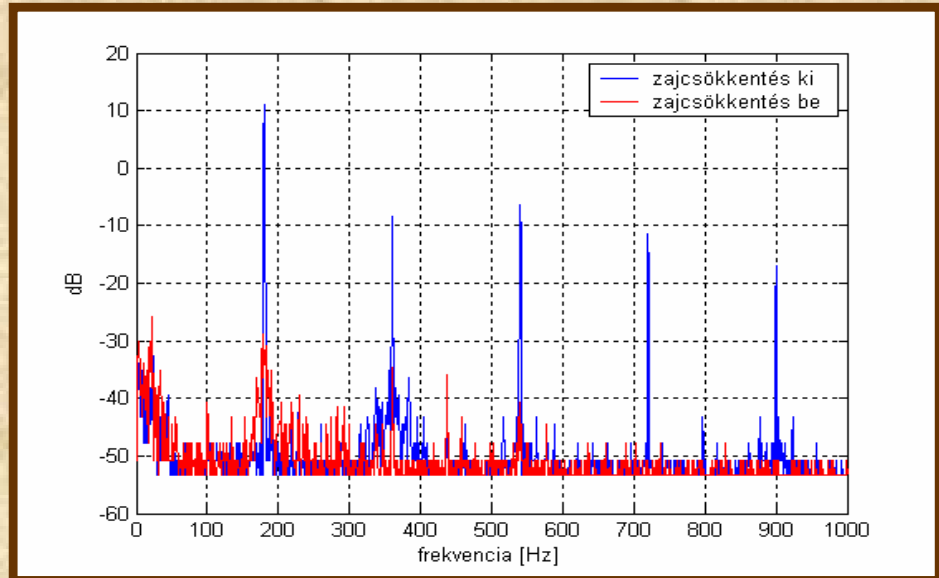


- On-line identifikációs rendszer beállása



# Frekvenciatarománybeli teszteredmények

- Kétcsatornás rendszer zajelnyomása állandósult állapotban
- On-line identifikációs rendszer zajelnyomása állandósult állapotban





# Összefoglalás, kitekintés

- Aktív zajcsökkentő rendszer sikeres megvalósítása szenzorhálózattal
- Eredmények:
  - 0-1 kHz-es működési tartomány
  - zavarjelre nézve körülbelül 30 dB elnyomás
  - a fizikai környezet változásai a rendszer működését, azaz stabilitását és elnyomási tulajdonságait nem befolyásolják
- További feladatok:
  - on-line identifikációs módszer kiterjesztése többcsatornás esetre
  - mintavételi frekvencia növelése
  - beavatkozó hangszórók jeleinek rádiós továbbítása