

Beágyazott információs rendszerek

Péceli Gábor

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék
MTA-BME Beágyazott Rendszerek Informatikája
Kutatócsoport (2003-2006)

2008. március 5.

Tartalom:

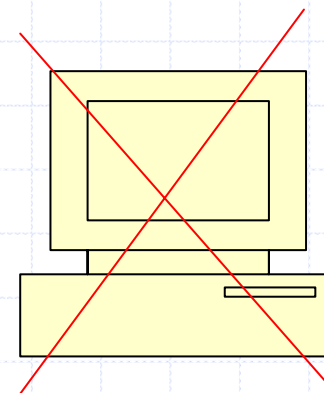
1. Bevezetés
2. A véges szóhosszúság figyelembevételének lehetőségei
3. Tranziens menedzsment újrakonfigurálható rendszerekben
4. Kooperatív jelfeldolgozás
5. Beágyazott szoftver
6. Köszönet



1. Bevezetés

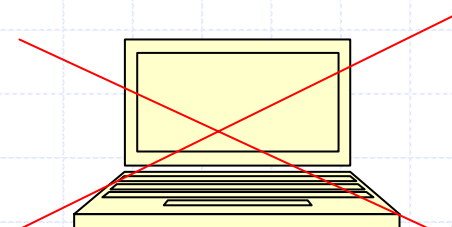
Beágyazott információs rendszerek (BIR):

- a befogadó fizikai/kémiai/biológiai környezetükkel intenzív, valós idejű információs kapcsolatban álló,
- emberi beavatkozás nélkül működő,
- nagyon biztonságos,
- sokszor "láthatatlan"



számítógépes rendszerek, melyek

- egy-egy eleme (általában) erősen korlátozott képességű,
- rendszert alkotva azonban (általában) bőséges erőforrásokkal (memória, sávszélesség, ...) rendelkeznek.



Kiemelt feladatuk:

- **a befogadó környezet „naprakész” ismerete**
folyamatos adatgyűjtés, valós idejű modellépítés
- **a befogadó környezet befolyásolása**
a környezet valós idejű kiértékelése, döntés, beavatkozás

+

- **a beágyazott rendszer „naprakész” ismerete**
folyamatos adatgyűjtés az erőforrásokról
- **a beágyazott rendszer befolyásolása**
az erőforrások valós idejű értékelése, döntés, beavatkozás

Ambiens rendszerek:

Embedded Systems

Pervasive Computing
Ubiquitous Computing

Mindenütt jelenlevő
számítástechnika/informatika

Ambient Intelligence

Emberközpontú
információtechnológia

Ambiens rendszerek: az életkörülmények javítását célzó, emberközpontú számítástechnikai/informatikai rendszerek

Ami közös ezekben a rendszerekben: a valós-idejű információfeldolgozás

A folyamatosan érkező adatokból rekurzívan számolunk:

régi érték alapján

mért érték alapján

új érték = jóslás + javítás

(predikció) + (korrekció)

jóslás: modell-alapú becslés/javaslat az állapotátmenetre

javítás: (modell-alapú becslés) – (mért/megfigyelt érték)

kritikus a számításigény: egyszerűsítések, lineáris vagy linearizált eljárások mérnöki megfontolások alapján

Kapcsolódó tanulmányok:

- 1960 -: **Kvantálás; Kalman szűrés, Luenberger megfigyelő**
(Közös tanulmányok ...)
- 1970 -: **Véges szóhosszúság problémák kezelése**
(Sztipánovits J, Horváth G, Kollár I)
- 1980 -: **Kedvező tulajdonságú rekurzív struktúrák**
(Nagy F, Fehér B)
- 1990 -: **Adaptív rendszerek, tranziens menedzsment**
(Nagy F, Simon Gy, Sujbert L, Kovács házy T)
- 2000 -: **Szenzorhálózatok, elosztott jelfeldolgozás**
(Fehér B, Simon Gy, Sujbert L, Molnár K, Orosz Gy)

Saját hozzájárulás: témák, motivációk, projektek ...

- ⇒ **Véges szóhosszúság problémák ...**
1974-1980: egyetemi doktori értekezés
- ⇒ **Modell-alapú jelfeldolgozás ...**
1981-1995: ipari és OTKA projektek, értekezések
- ⇒ **Tranziens menedzsment
újrakonfigurálható rendszerekben ...**
1996-2002: DARPA, FKFP projekt
- ⇒ **Kooperatív jelfeldolgozás ...**
2003- : MTA – BME Beágyazott rendszerek
informatikája kutatócsoport

2. A véges szóhosszúság figyelembevételének lehetőségei

A véges szóhosszúság problémája:

Az elvégzendő (bevégezhető) művelet a lineáris kombináció:

Eredmény
(vektor)

$$y = a \cdot u$$

Változó
(vektor)

sokszor
kiszámítandó

Súlytényező
(mátrix)

mért érték v.
korábbi eredmény

Időfüggés:

$$y(n) = a(n) \cdot u(n-1)$$

Kvantálás:

$$[y(n)]_q = \{ [a(n)]_q \cdot [u(n-1)]_q \}_q$$

Probléma: rengeteg művelet, hibák akkumulálódásának veszélye

A véges szóhosszúság problémája:

Egyszerű példa:

$$y(n) = b \cdot y(n-1) + a \cdot u(n-1)$$

Egy lehetséges megoldás egyetlen tárolt változóval:

$$y(n) = a \cdot x(n) \quad \text{ahol} \quad x(n) = b \cdot x(n-1) + u(n-1)$$

Egy lehetséges másik megoldás egyetlen tárolt változóval:

$$y(n) = w \cdot x(n) \quad \text{ahol} \quad x(n) = x(n-1) + r \cdot [u(n-1) - x(n-1)]$$

$$\text{Kapcsolatok: } w = \frac{a}{1-b} \quad \text{ill.} \quad r = 1-b$$

Tipikus alkalmazásban: $a = 1-b$ és ezért $w = 1$

továbbá $0 < a \ll 1$

Tapasztalatok/következtetések:

- (1) Segédváltozókkal ugyanarra sokféle kiszámítási eljárás ajánlható: ezt nevezzük jelfeldolgozási struktúrának („kapcsolásnak”).
- (2) A struktúrák nem egyenértékűek a kvantálási hibák szempontjából.
- (3) A struktúrák nem egyenértékűek a szükséges szám-ábrázolási tartomány szempontjából.
- (4) A struktúrák nem egyenértékűek a súlytényezők megváltoztatása esetén fellépő tranziensek szempontjából.
- (5) Nem ártana olyan univerzális jelfeldolgozó struktúra, amely kedvező tulajdonságokkal rendelkezik.

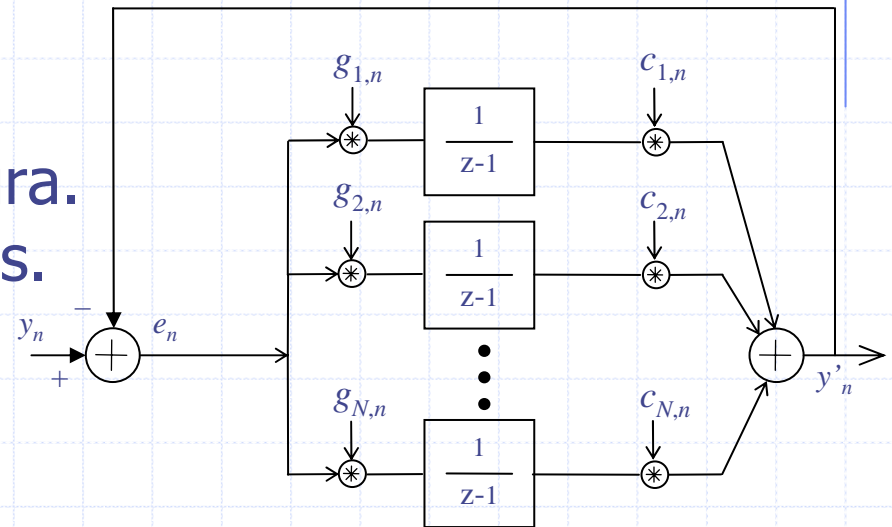
Modell-alapú jelfeldolgozás ...

Főbb kutatási irányok:

Univerzális jelfeldolgozó architektúra.

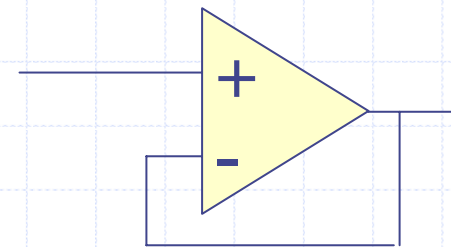
Szinkronizált jel szintézis és analízis.

Kvantálás okozta hibák elkerülése.



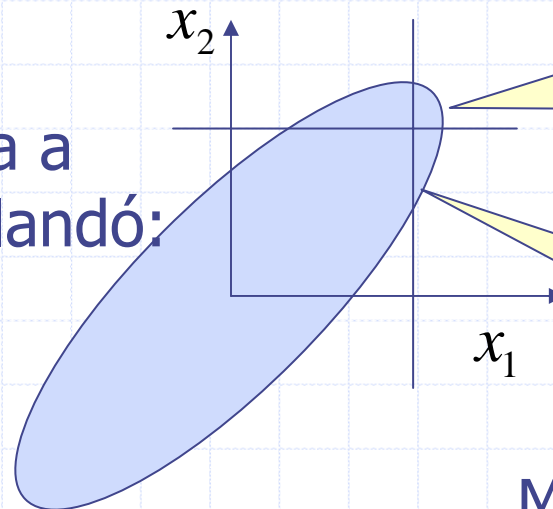
Új eredmények:

- (1) Diszkrét jelreprezentációk rekurzív előállítás,
- (2) rekurzív transzformációk,
- (3) jó minőségű szűrők.



A kedvező tulajdonságok magyarázata:

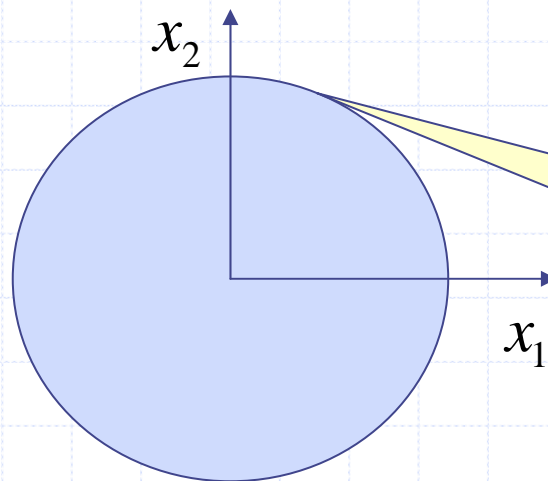
Az állapotváltozó vektor lehetséges végpontjai ha a kimeneten az energia állandó:



nem triviális a kvantálási stratégia!

csonkítás energia-növekedéssel járhat!

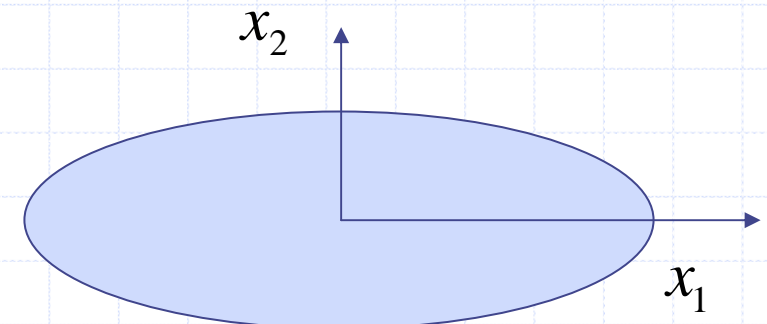
Kedvező struktúra:



a csonkítás energia-csökkenéssel jár!

ortogonális struktúra

Még kedvezőbb:

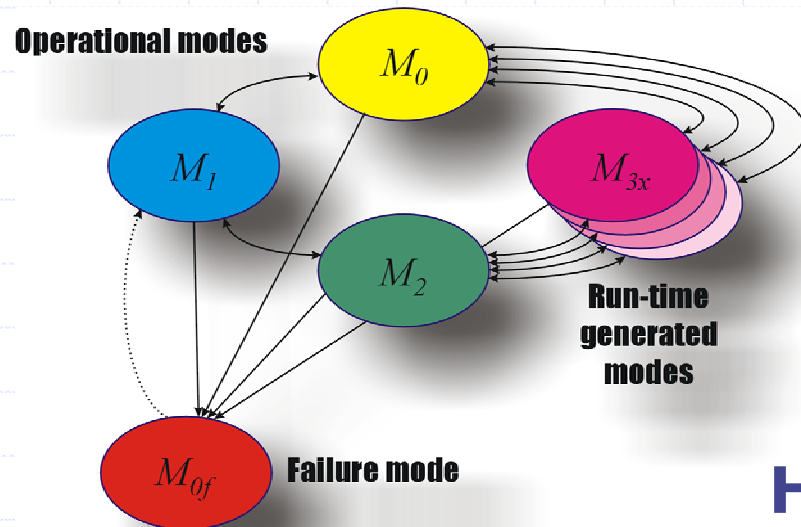


hullámdigitális struktúra



3. Tranziens menedzsment újrakonfigurálható rendszerekben

Újrakonfigurálható rendszerek: működés közben átkapcsolható/átkapcsolódó rendszerek, amelyekben elkülöníthető működési módok azonosíthatók



Hibrid rendszerek: folytonos és diszkrét komponensek "együttműködése", szakaszosan folytonos viselkedés

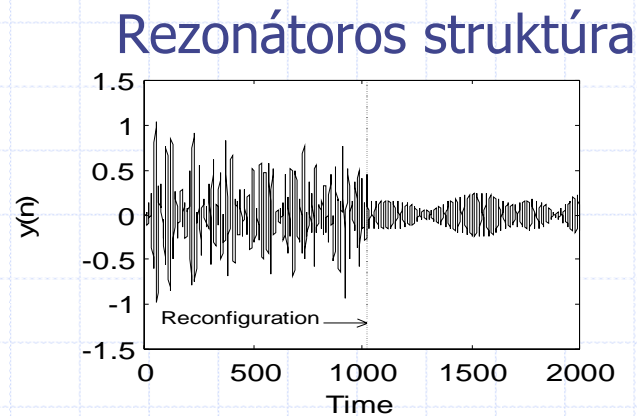
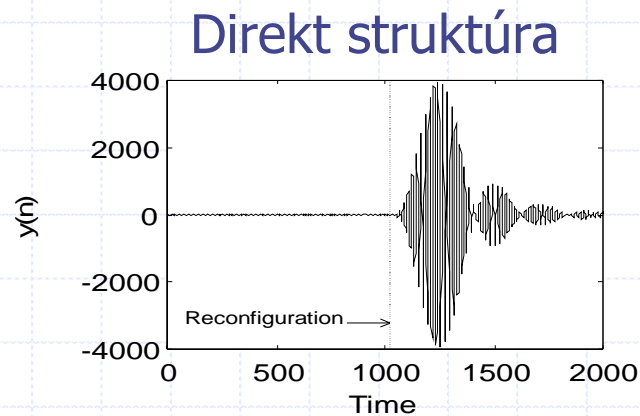
Hibrid dinamikus rendszerek:
+ folytonos és/vagy diszkrét dinamika

Tranziensek: átkapcsolások/átkapcsolódások kísérő jelenségei, jellegzetesen az egyes működési módok eltérő energiaviszonyai miatt

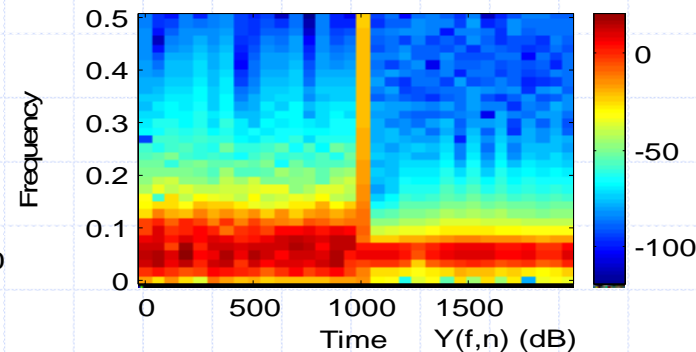
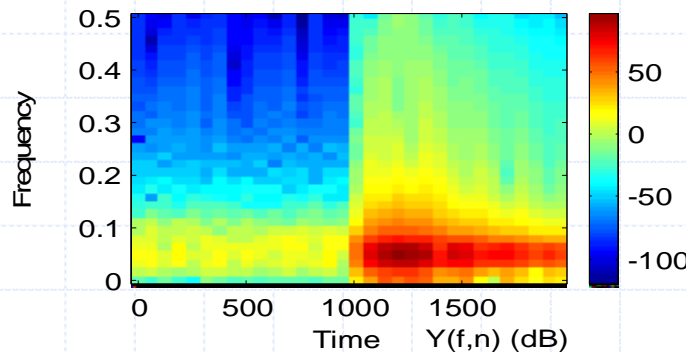
Megj.: A tranziens jelenségek és a **stabilitás** kapcsolata

A tranziens viselkedés struktúra függése

Mérőcsatorna sávszélességének csökkentése (10-edfokú sávszűrő, fehér-zaj bemenet)



A kimeneti jel időfüggvénye átkapcsolás előtt és után



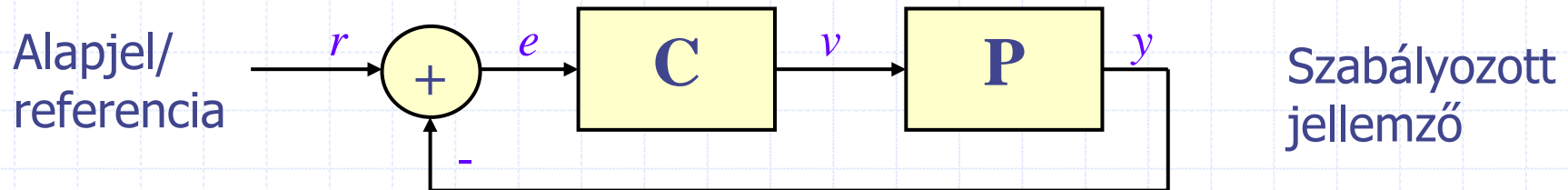
A kimeneti jel ampl. spektruma átkapcsolás előtt és után

Figyeljük meg a tranziens jel maximális értékeinek arányát!
(> 4000 , azaz > 72 dB)

Tranziens jelenségek szabályozási körökben

Többféle, sokszor egyidejűleg érvényre jutó hatás

Gyakori stratégia a "kivárás" (pl. bekapcsolási tranziensek)



Tranziens okoz(hat):

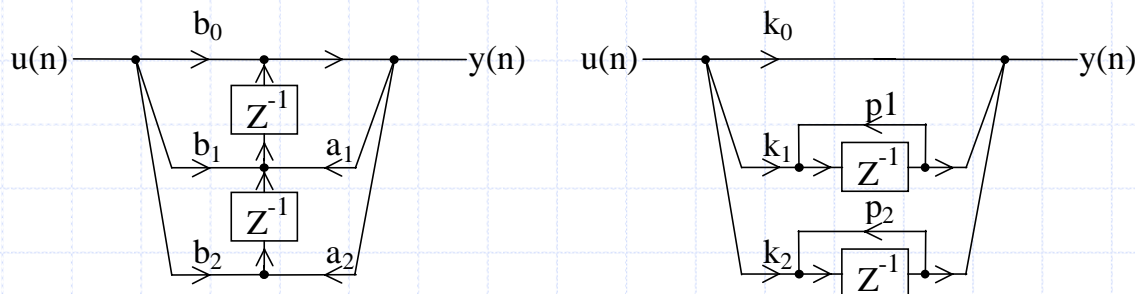
- alapjel/ref. jel megváltozás, ill. mindennemű zavarás
- a szabályzó adaptálása/újrakonfigurálása
- a szabályozott szakasz "újrakonfigurálása"
 - üzemmód váltások/adaptálások
 - meghibásodás/hibás állapotba kerülés
 - hiba megszűnést követő visszakapcsolás

Tranziens menedzsment: együttes csökkentés

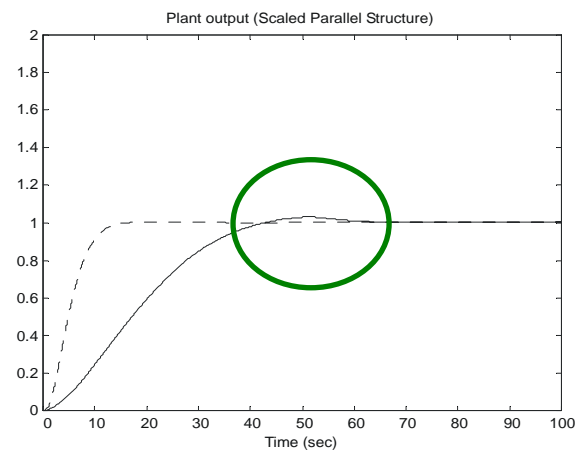
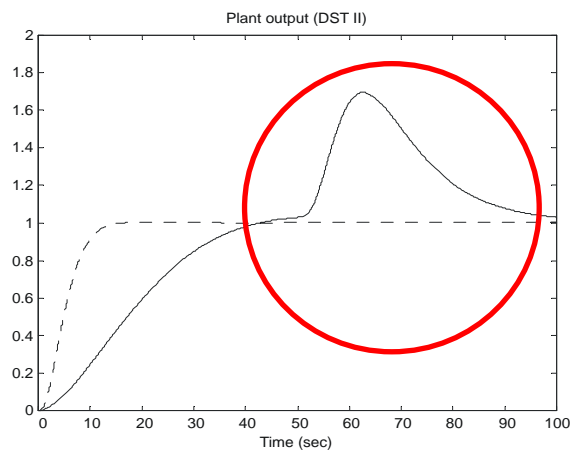
A tranziens menedzsment passzív módszerei

Megfelelő szabályzó implementáció

Három-időállandós szakasz digitális PID szabályzóval



Két lehetséges PID kiszámítási séma



A szabályozott szakasz két üzemmódja

	MODE 1	MODE 2
Gain	1	2
T ₁	10s	5s
T ₂	4s	2s
T ₃	1s	1s

Szabályzó átkapcsolás

	MODE 1	MODE 2
$H(z)$	$\frac{8.6130 - 17.1960z^{-1} + 8.5829z^{-2}}{1.0000 - 1.9885z^{-1} + 0.9885z^{-2}}$	$\frac{2.3884 - 4.7601z^{-1} + 2.3717z^{-2}}{1.0000 - 1.9590z^{-1} + 0.9590z^{-2}}$

Az egyes üzemmódokhoz tartozó PID szabályzók

Tipikus tranzienssel járó szituációk

Bekapcsolás, meghibásodás a szakaszban, új szabályzó beiktatása, a szakasz, majd a szabályzó visszaállítása

Az aktív és passzív módszerek együttes alkalmazása egyszerű PID szabályzó esetén

T1: bekapcsolás

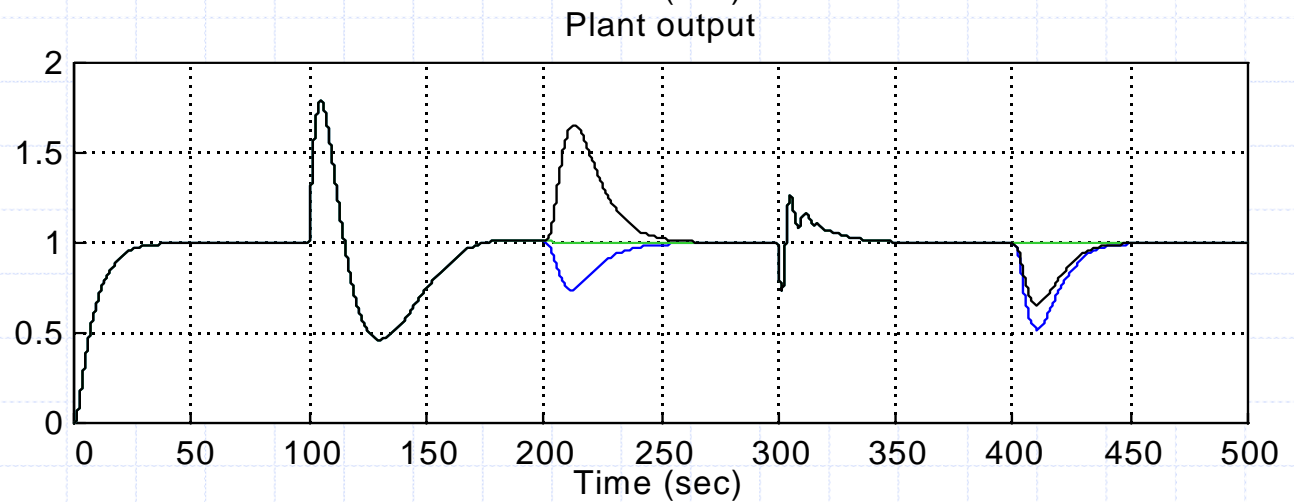
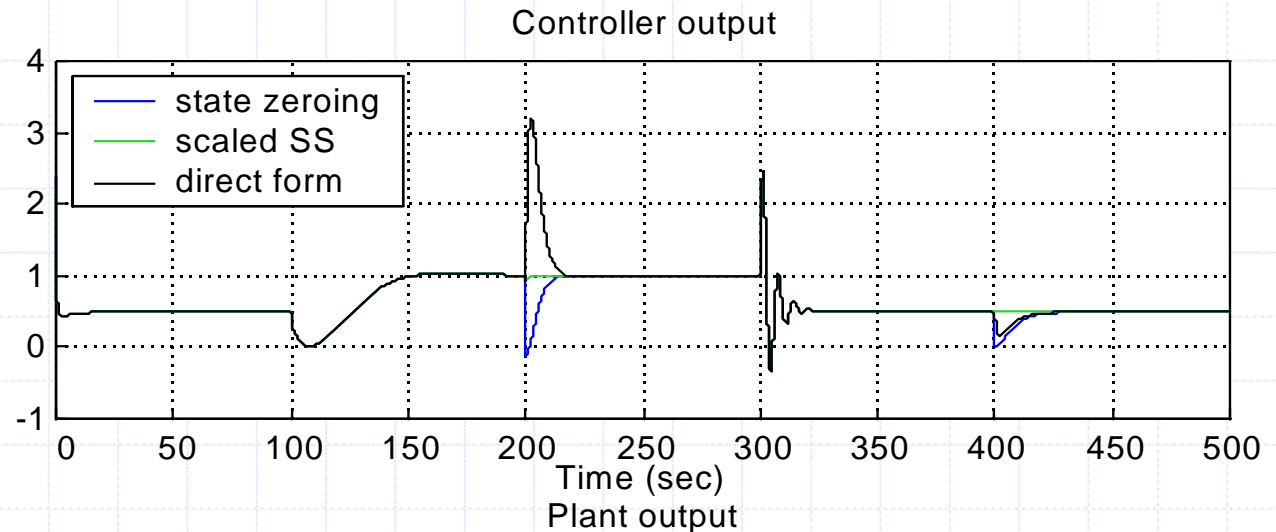
T2: meghibásodás

T3: új szabályzó

T4: szakasz javítás

T5: szabályzó vissza

**PID átkapcsolás
kis tranzienssel**



T1

T2

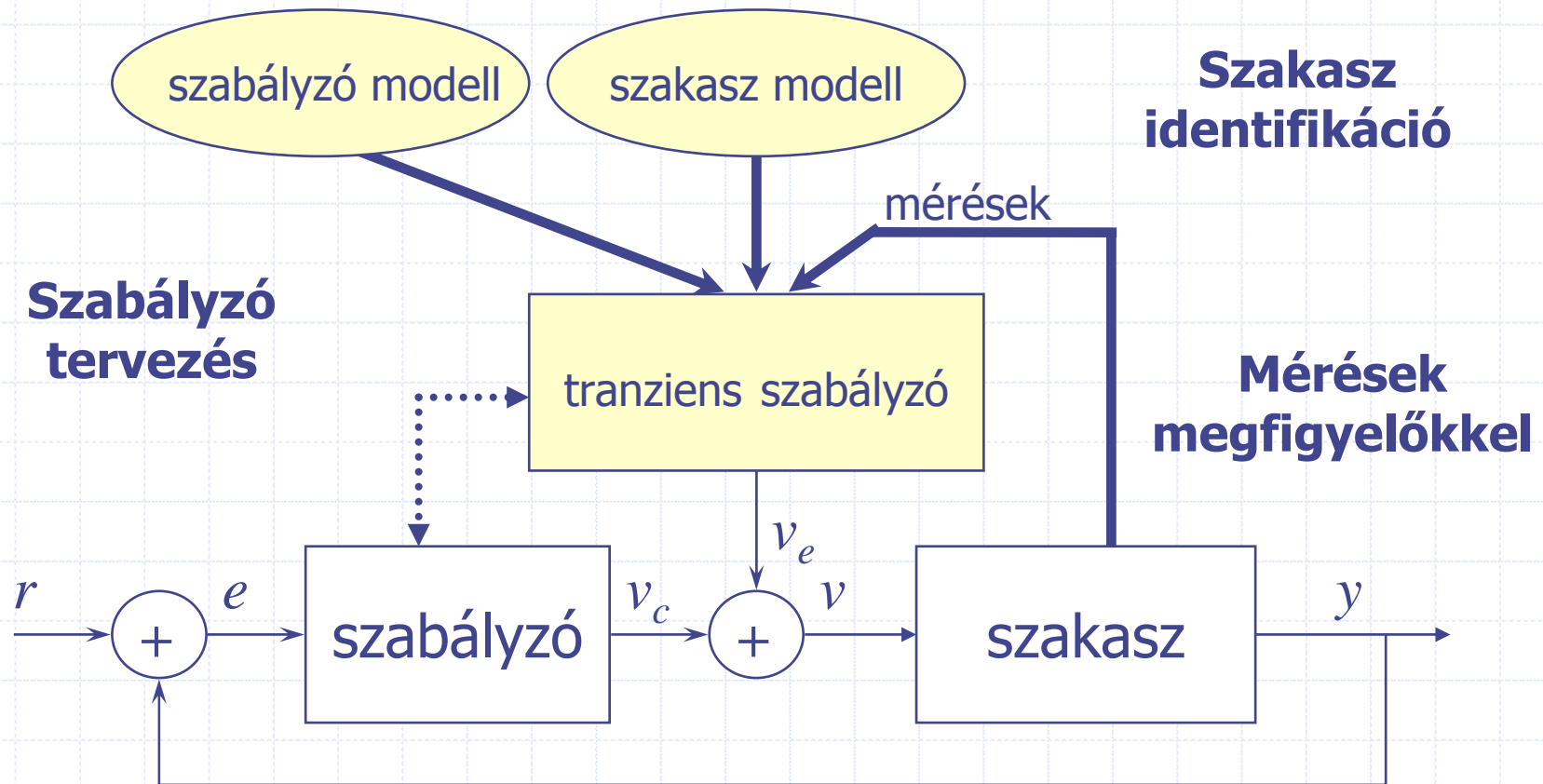
T3

T4

T5

Tranziens menedzsment a szakasz gyors, vagy váratlan üzemmód váltásai esetén

A szabályzó kibővül tranziens elnyomó képességekkel





4. Kooperatív jelfeldolgozás

Kooperatív jelfeldolgozás ...

Főbb kutatási irányok:

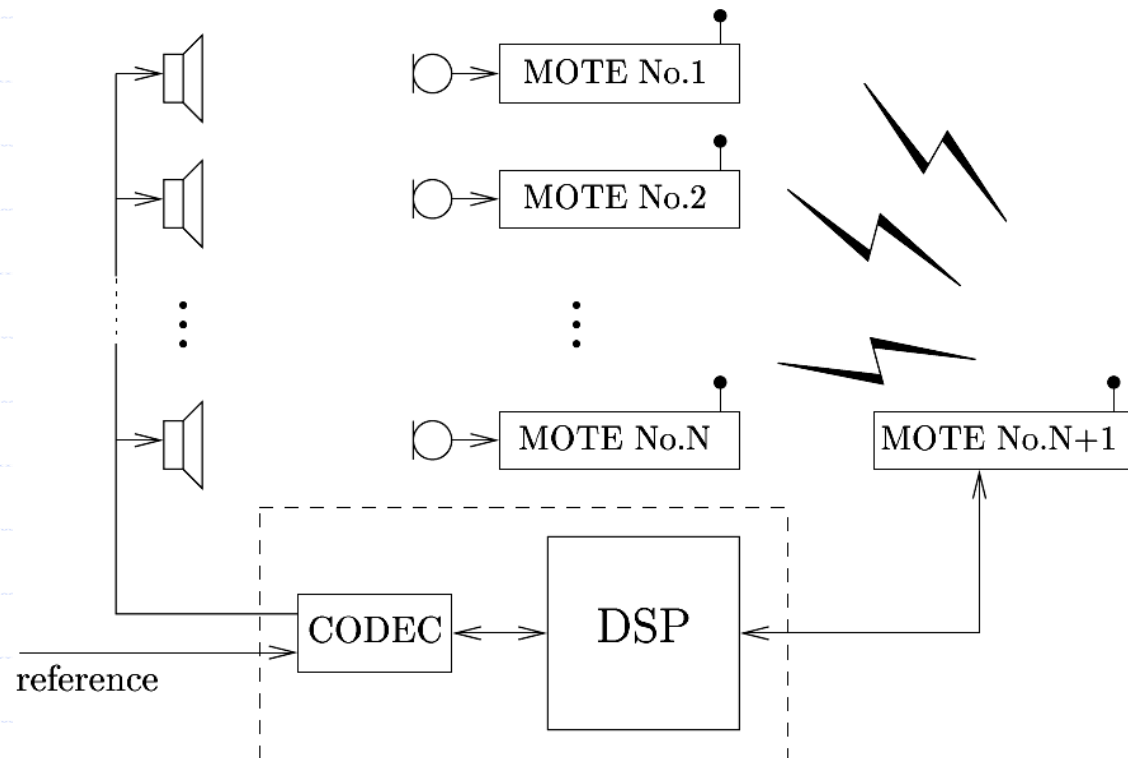
- Mérési pontosság elosztott érzékelés és feldolgozás esetén.
- A komponensek közötti kommunikáció bizonytalanságának csökkentése.
- Elosztott adaptív jelfeldolgozás.

Új eredmények:

- (1) többprocessoros jelfeldolgozó rendszerek autonóm mechanizmusainak időbeni szinkronizálása,
- (2) az ütemezési és a jelfeldolgozási feladatok adaptív összehangolása,
- (3) a klasszikus regressziószámítási feladat szenzorhálózatokra alapozott megoldása.

Aktív zajcsökkentés rádiós hálózattal

- MicaZ mote-ok (ZigBee rádió)
- $f_s = 2$ kHz
- Mote-mote szinkronizáció: PLL jellegű Master-Slave
- Mote-DSP szinkronizáció: interpoláció



A sávszélesség korlátok durván kvantált adatokkal csökkenthetőek!



5. Beágyazott szoftver

Ami még közös ügy a BIR-ben: a beágyazott szoftver

Univerzális rendszerintegrátor: a valós rendszerek alkotóelemei egyre inkább „számítástechnikai” kölcsönhatások révén működnek együtt.
(Audi 8: ~2000 jel, ~60 elektronikus kontroller (ECU))

„... Software is Hard and Hardware is Soft ...”

Következmények:

1. A szoftver egyre jobban az alkalmazási terület részévé válik.
2. A szoftvereknek a funkcionális követelmények mellett fizikai követelményeknek is eleget kell tenniük.

Kérdés: Hogyan kell ilyen rendszereket tervezni?

Főbb technológiai területek és kihívások

- 1. A beágyazott rendszerek architektúrája:** megfelelő keret ahhoz, hogy előzetesen igazoltan helyes működésű részegységekből működőképes rendszer jöjjön létre miközben a komponensek belsejét nem ismerjük ...
„Plug-and-play”, valós-idejű & szinkronizált működés, tápáram-felvétel minimalizálás ...
- 2. Rendszer tervezés:** (1) rendszer modellezés, (2) automatikus szintézis, (3) fejlesztő eszközök.
- 3. A fejlesztési eredmény helyességének igazolása:** igazolás és bizonylatolás (validation and certification).
- 4. Szolgáltatásbiztonság:** ~ autonóm működésű alrendszerek dinamikus újrakonfigurálása, biztonság, hibatűrés.

Főbb technológiai területek és kihívások

- 5. Mindenütt jelenlevő vezeték nélküli kommunikáció:** korlátozott sávszélesség, tápáram-igény, protokollok, ...
- 6. „Szilícium-skálázás”:** bizonyítottan helyes működésű IP blokkok hatékony újrafelhasználásának módszerei, ...
- 7. Érzékelők és beavatkozók:** érzékelő hálózatok, MEMS-ek, rádió frekvencia identifikáció (RFID), ...
- 8. Ember-gép interfészek:** a tudással kapcsolatos (kognitív) modelleket és a felhasználó viselkedését megragadó módszerek kutatása, ...
- 9. Elosztott számítási platform:** elosztott számítási eszközök, kooperativitás és adaptivitás az eszközök működésében, ...
- 10. Önszervező, adaptív rendszerek:** kooperativitás és adaptivitás a környezet megváltozásának hatására, ...



Köszönet ...