



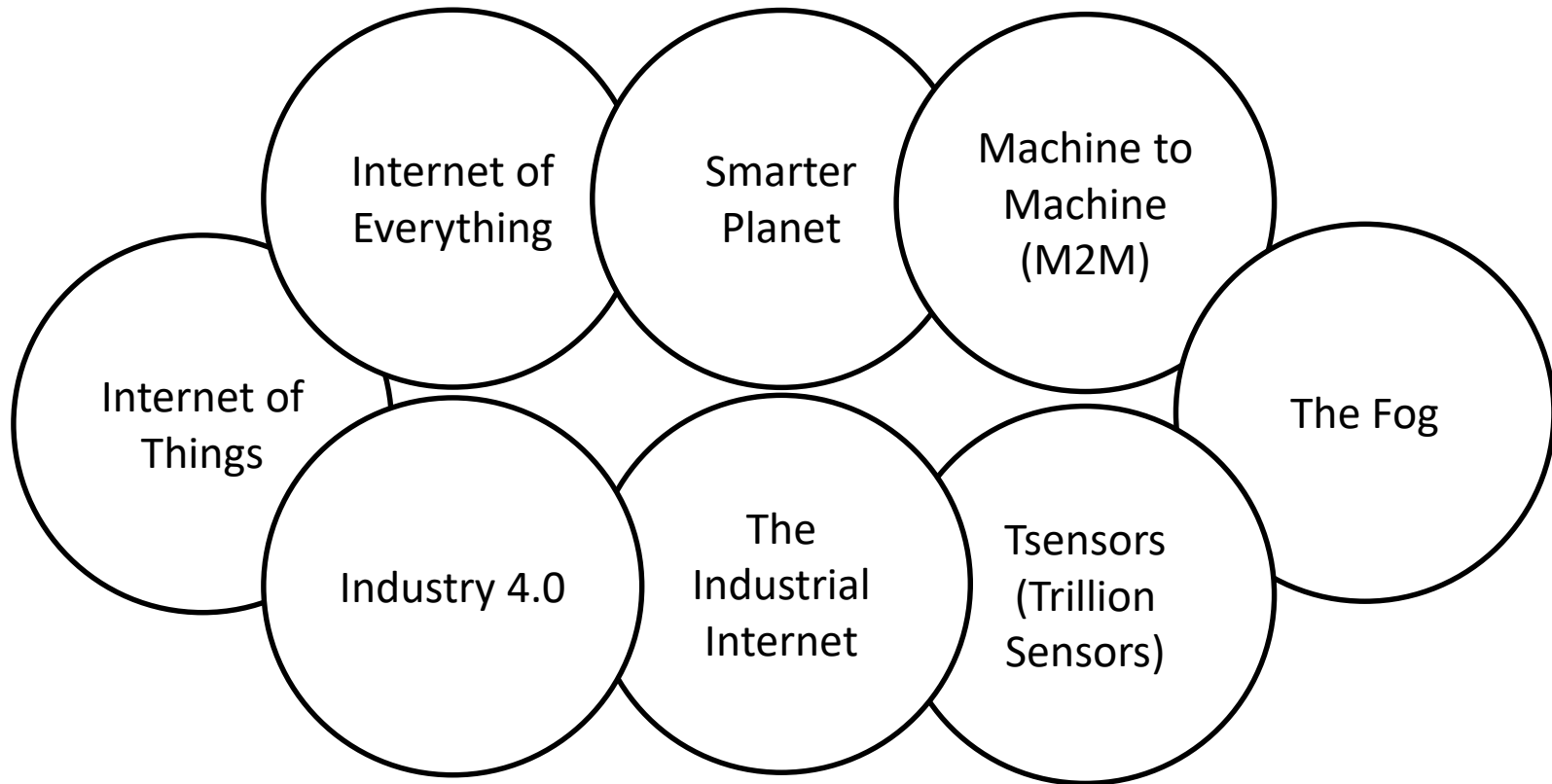
# Beágyazott információs rendszerek

Bevezetés

2020. szeptember 9.

# Smart Anything Everywhere

Sok név – Hasonló jelentés

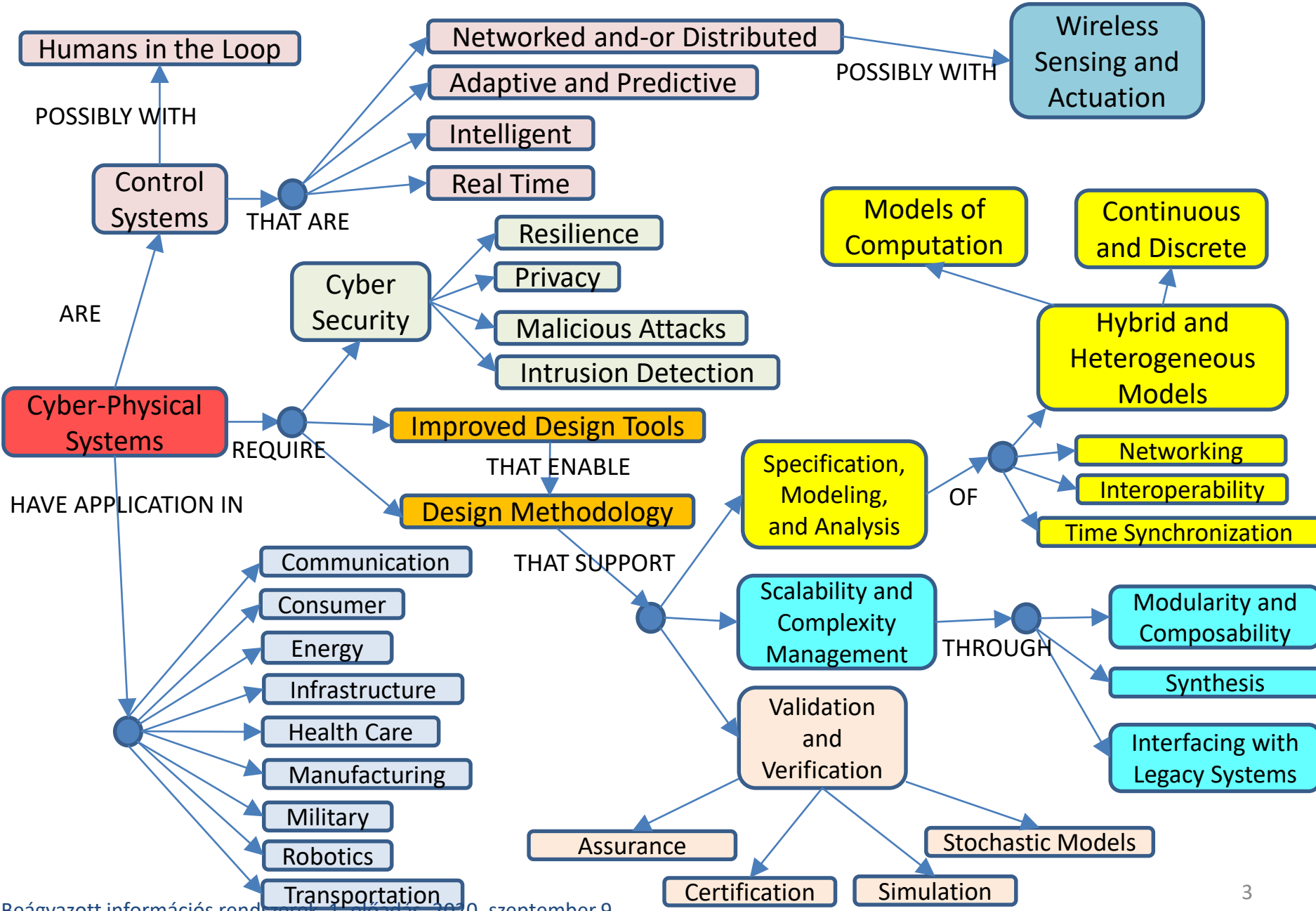


Kiberfizikai rendszerek

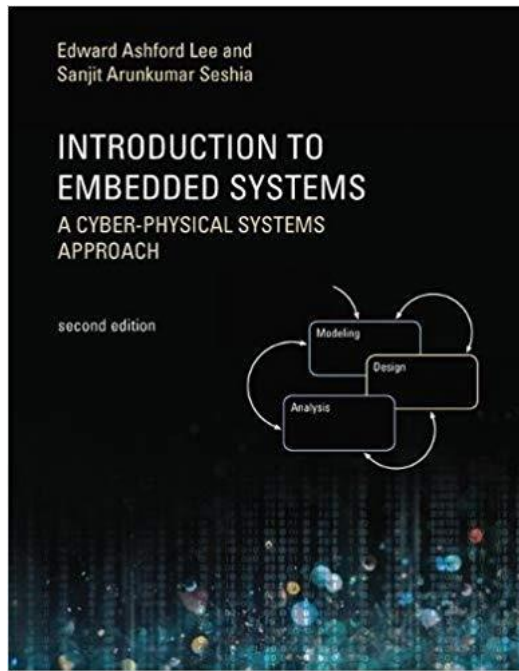
Hálózatba kapcsolt beágyazott rendszerek



# Cyber-Physical Systems – a Concept Map



Egy remek  
szabadon  
letölthető  
tankönyv:



Edward Ashford Lee, Sanjit Arunkumar Seshia

*Department of Electrical Engineering and Computer Sciences (EECS) at UC Berkeley.*

# Introduction to Embedded Systems A Cyber-Physical Systems Approach

Second Edition, LeeSeshia.org, 2017.

I Modeling Dynamic Behaviors

II Design of Embedded Systems

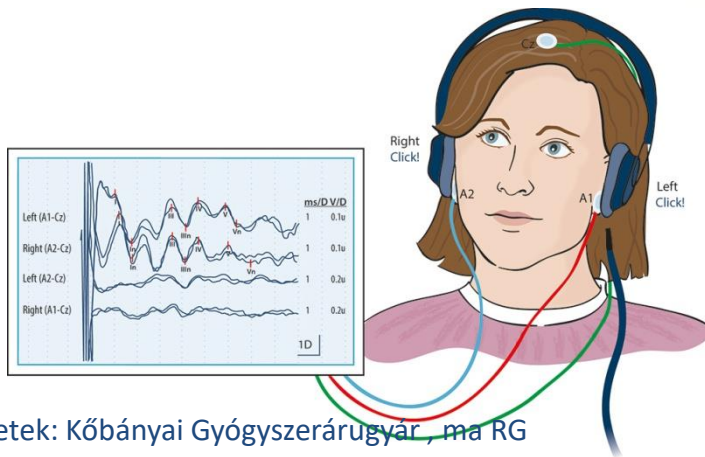
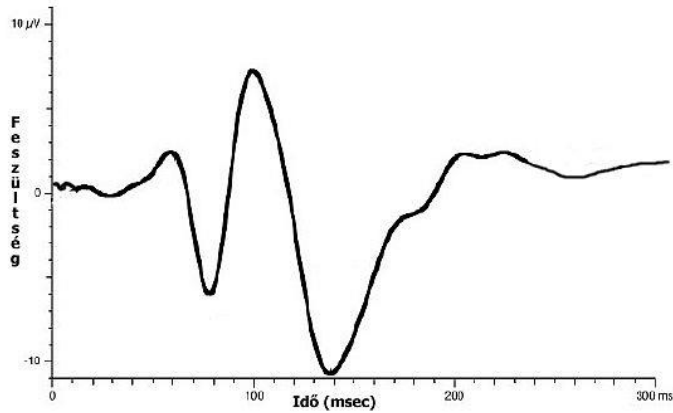
III Analysis and Verification



# Befogadó környezetek – befogadott eszközök

## KIVÁLTOTT VÁLASZ

- A kiváltott válaszok a központi idegrendszer külső ingerlésre létrejövő válaszai.
- Ezekből információt kaphatunk az idegpályák állapotáról valamint az adott ingerek központi idegrendszeri feldolgozásáról.

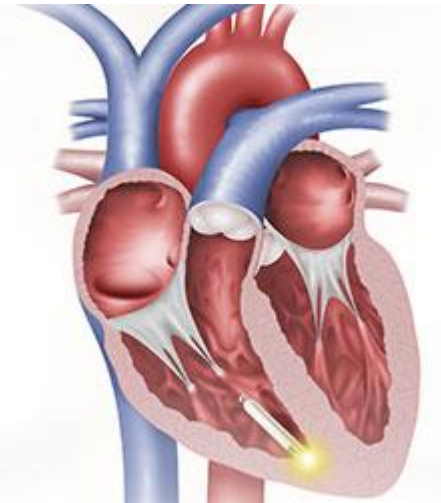
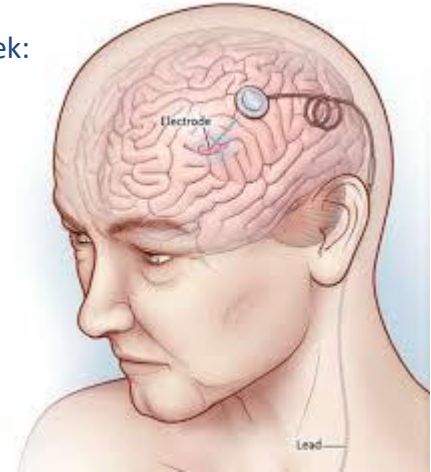


Kezdetek: Kőbányai Gyógyszerárúgyár, ma RG  
Farmakológiai Kutatólaboratórium ~1978  
Cavinton: agyértágító gyógyszer

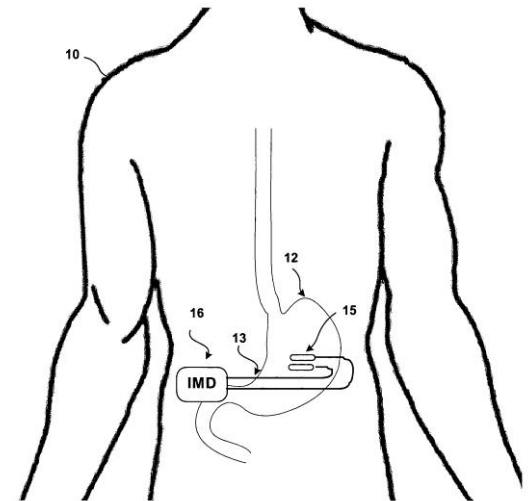
## PACEMAKEREK

Kezelt betegségek:

- Parkinson-kor
- Anorexia
- Epilepszia
- Migrén
- Depresszió
- Alzheimer-kor



Kezelt betegségek:  
Fibrilláció  
Aritmia

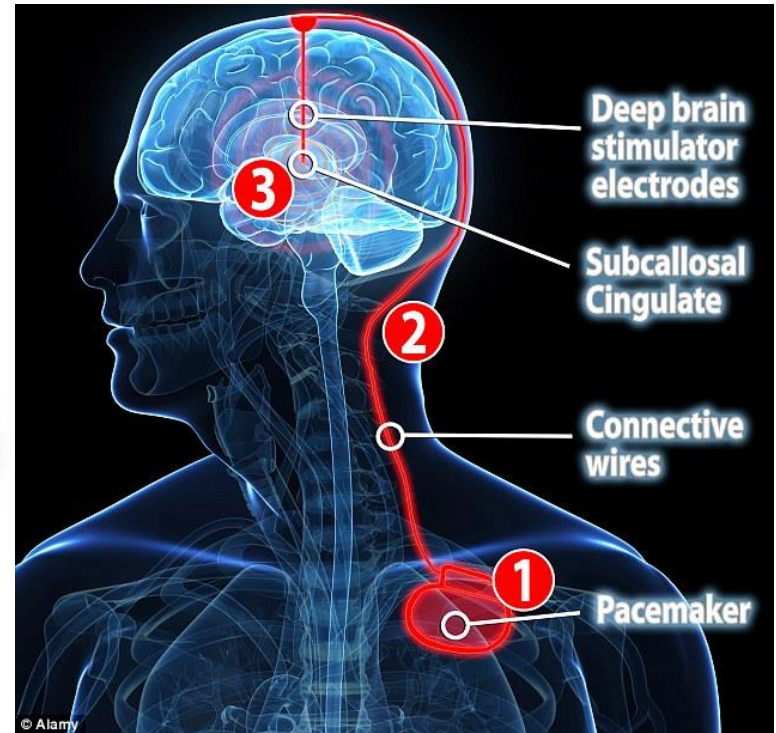
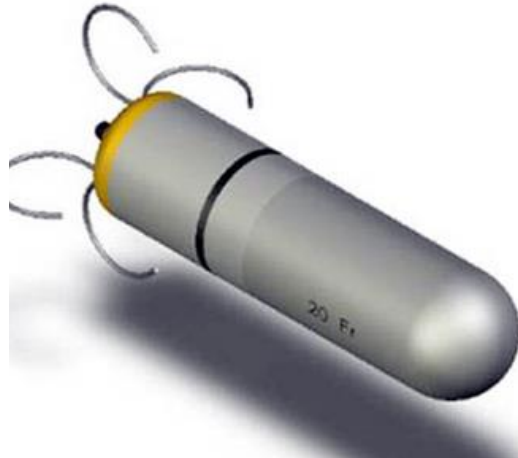


Terápiás cél:

Jóllakottság érzet előidézése  
hányinger, hányás elkerülése



# Befogadott-beágyazott eszközök



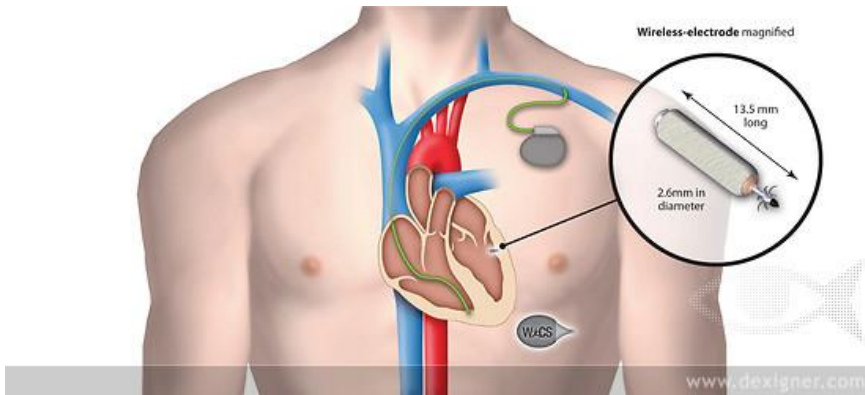
Hagyományos pacemaker

2009 óta akár Internet kapcsolattal

Beépítés: 45'

Vezetéknélküli pacemaker

Beépítés katéteren keresztül: 7'



13,5 mm hosszú

2,6 mm átmérőjű



# Beágyazott rendszerek funkciói

Beágyazott rendszer ~ központi idegrendszer:

→ megfigyel → analizál → dönt → cselekszik

A német gépjármű, automatizálási és orvosi ipar  
évente ~15 milliárd € -ot investál  
beágyazott rendszerek kutatás-fejlesztésére,  
miközben éves forgalmuk meghaladja az 500 milliárd € -ot.

Beágyazott rendszerek tulajdonságai:

Intenzív információs kapcsolat  
Autonóm működés  
Szolgáltatásbiztonság  
„Láthatatlanság”

Alternatív elnevezések:

Embedded System  
Pervasive Computing  
Ubiquitous Computing  
Ambient intelligence



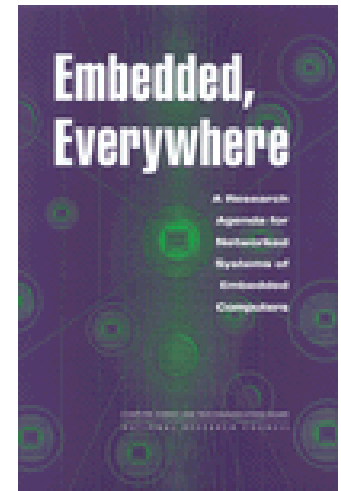
# Egy lehetséges definíció:

A befogadó fizikai/kémiai/biológiai környezetükkel intenzív, valós idejű információs kapcsolatban álló,

- emberi beavatkozás nélkül működő,
- nagyon biztonságos,
- sokszor “láthatatlan”

## számítógépes rendszerek, melyek

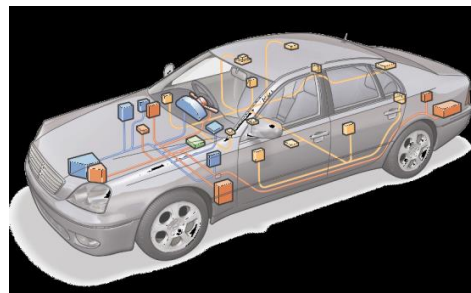
- egy-egy eleme (általában) erősen korlátozott képességű,
- rendszert alkotva azonban (általában) bőséges erőforrásokkal (memória, sávszélesség, ...) rendelkeznek.



**A Research Agenda  
for Networked Systems  
of Embedded Computers**  
National Academy of Sciences  
(2001)



Fly-by-wire



Drive-by-wire

### BMW 745i:

53 db 8-bites,  
11 db 32-bites,  
7 db 16-bites processzor,  
2 000 000 sor kód,  
Windows CE OS,  
többszörös hálózat.

A processzorok 2%-a IT és PC felhasználású,  
98% beágyazott alkalmazás:  
jármű, háztartási gép, mobil telefon, stb.





# A főszereplő: a beágyazott szoftver

„Szabványos” hardver és szoftver építőelemek (COTS) alkalmazása mellett, az egyedi képességeket a beágyazott/alkalmazói szoftver valósítja meg.

A valós rendszerek alkotóelemei egyre inkább „számítástechnikai” kölcsönhatások révén működnek együtt.

(Prémium kategóriás autók: több ezer jelvezeték, 70 – 100+ elektronikus vezérlő)

## A beágyazott szoftver: univerzális rendszerépítő eszköz

### Következmények:

- A szoftver egyrészt abszorbeálja a környezetét,
- másrészt az adott alkalmazás részévé válik.
- A szoftverek a funkcionális és fizikai követelményeknek is eleget tesznek.

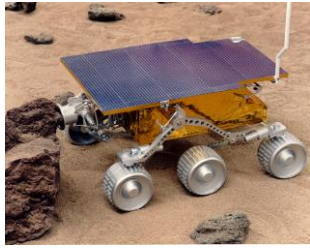
**„... *Software is Hard and Hardware is Soft* ...”**

**Jó hír:** szoftverrel megvalósítva sok minden lehetséges ...

**Rossz hír:** szoftverrel megvalósítva sok minden lehetséges ...



# Kihívások, tanulságok:



1996. december 4.  
Mars Pathfinder  
misszió. Prioritás  
inverzió ...



1993. szeptember 14.  
Varsó . Oldalszél , majd  
hirtelen hátszél + logikai  
hiba: túlfutás -> 2 halott,  
54 sebesült ...



1991. február 25. Dahrán: Egy Patriot rakéta  
elvéteget egy scud rakétát. 28 halott, 97  
sebesült. Szoftver hiba, amit február 16-án  
kijavítottak ...



1993. augusztus 8-án  
lezuhant egy fly-by-wire  
harci-gép, mert túl lassan  
reagált a pilóta utasítására.



1996. június 4. Felrobbant  
egy Ariane 5. Szoftver hiba:  
64 bites lebegőpontos ->  
16 bites fixpontos ábrázolás



1985 és 1987 között a Therac-25  
számítógép-vezérelt sugárterápiás  
készülék súlyosan (~100-szoros  
dózis) túlterhelt hat páciens.

Az USA-ban **1.5M** Honda  
Accord, CR-V és Element  
gépkocsit hívtak vissza:  
“to update the software  
that controls their  
automatic transmissions”

1990-2000 között 500 000 pacemakert hívtak vissza!



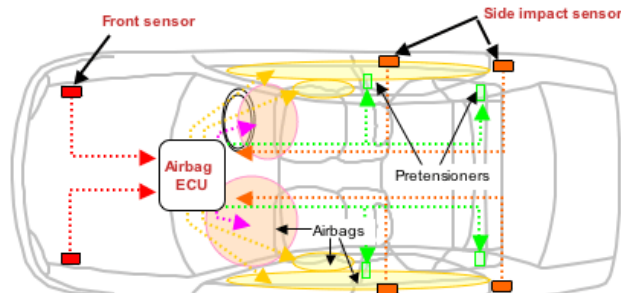
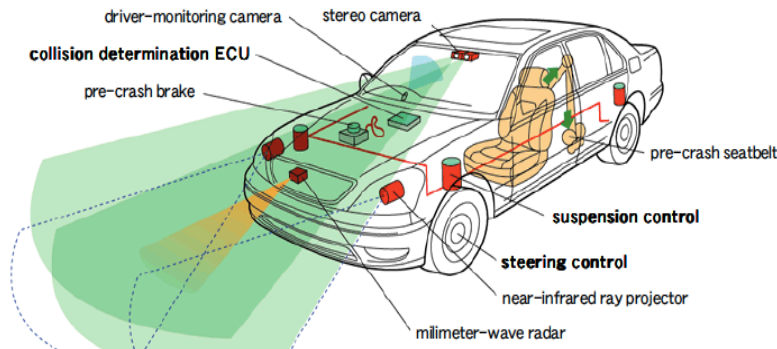
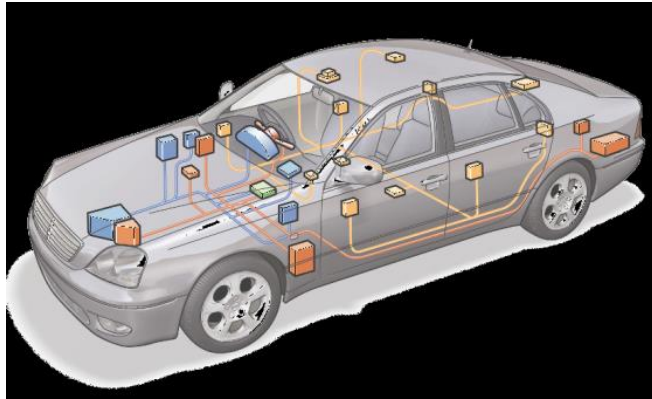
~**75K** Toyota Hybrid-et hívtak  
vissza: “could enter a “fail-  
safe” mode that shuts down  
the engine, allowing only  
limited operation using the  
electric motor. The problem,  
caused by a software error in  
the Electronic Control  
Module (ECM) system,  
triggers up to five warning  
lights while shutting down  
the engine.”



~**8K** Volvo S60-at hívtak vissza: to fix “ software for fuel pump units, as the  
software was not compatible with all fuel pumps and components.



# A beágyazott eszközök együttműködése: rendszerek rendszerei



**Ütközés előtti  
biztonsági  
rendszer**

**Légzsák  
rendszer**

A kábelezés a gépkocsi 3. legdrágább alkatrésze a motor és a karosszéria után.

A kábelezés a gépkocsi legnehezebb alkatrésze a karosszéria és a motor után:

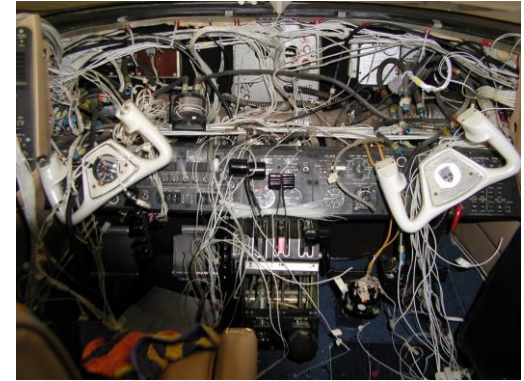
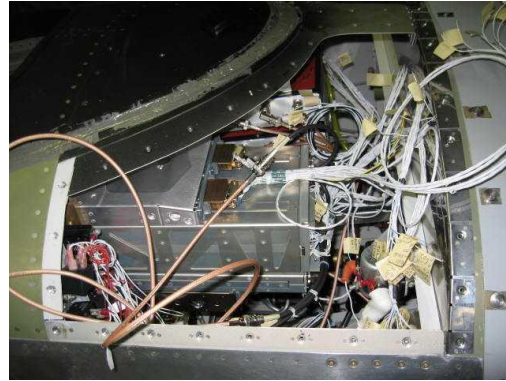
átlagos súlya **100 kg**, hossza **~5km**.

A kábelkorbács előállítási árának fele bérköltség.

**Sokféle járműipari hálózat:** CAN, LIN, Flexray, MOST, TTCAN, TT-Ethernet, ...



# A beágyazott eszközök és az internet



IEEE 802.3 alapú **Avionic Full-Duplex Switched Internet**: Az Airbus A380, A400M és a Boing 787 Dreamliner már ezt használja!  
IEEE 802.3bp szabvány bejelentés 2015-ben: gépkocsikban 1 Gbit/s-os **Internet egyetlen csavart érpáron!** A piacon 2019-től!  
Az Internet **embereket, adatokat, folyamatokat és tárgyakat** köt össze. A tárgyak autonóm adatszolgáltató képessége erősödik!

## **A tárgyak internete (IoT):**

a fizikai világ internet felhasználásával megvalósuló digitális-virtuális leképezése annak jobb megismerhetősége, követhetősége, valamint és befolyásolhatósága érdekében. Mindez beágyazott számítógépek és hálózataik fizikai folyamatokkal történő integrációját jelenti.

Ez együtt jár olyan visszacsatolásokkal, amelyek révén fizikai folyamatok számításokat befolyásolnak,

ill. megfordítva: számítások pedig fizikai rendszereket.

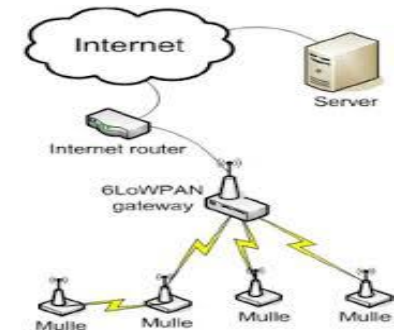
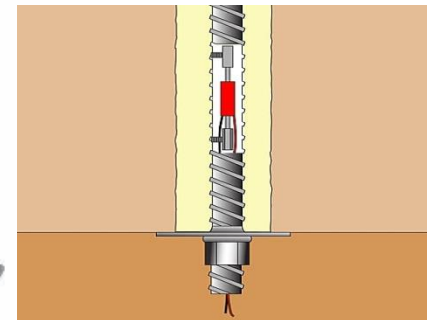
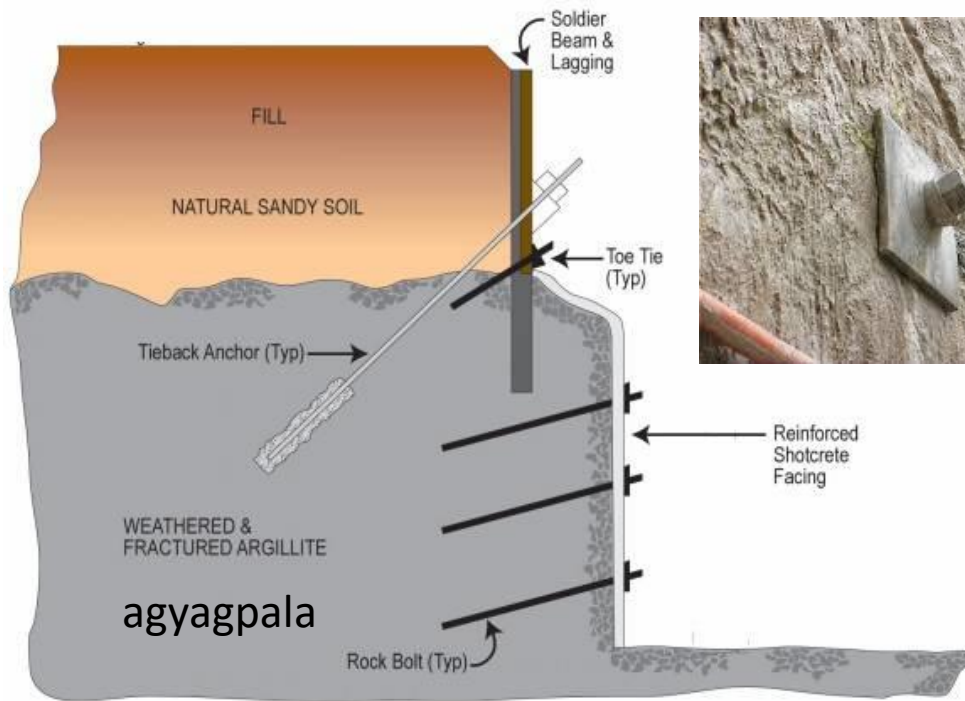
Az amerikai **US Food and Drug Administration** nemrégiben figyelmeztetést adott ki, hogy több mint 300 orvosi eszközt **kiber támadások** szempontjából kockázatosnak ítélte:

köztük inzulin pumpákat, pacemakereket, infúziós pumpákat, érzéstelenítő berendezéseket.



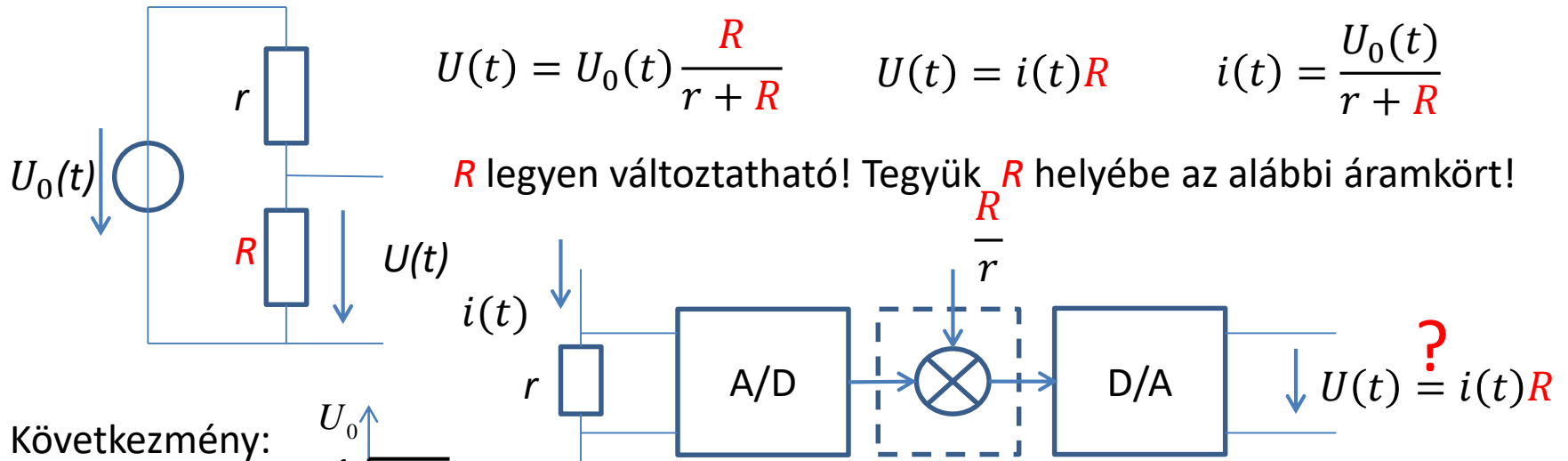
**Rendszerek rendszerei → Komplexitás → Biztonság ?** 12

# Intelligens kőzetcsavar monitorozás

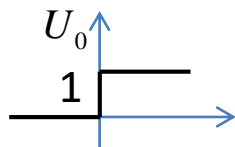


# CPS rendszerek modellezési kérdései

**Példa:** Készítsünk programozható feszültségosztó áramkört-berendezést!



Következmény:



$$U(t = 0) = 0$$

$$i(t = 0) = \frac{U_0}{r}$$

$$U(t = \Delta t) = R \frac{U_0}{r}$$

$$i(t = \Delta t) = \left( U_0 - R \frac{U_0}{r} \right) \frac{1}{r} = \left( 1 - \frac{R}{r} \right) \frac{U_0}{r}$$

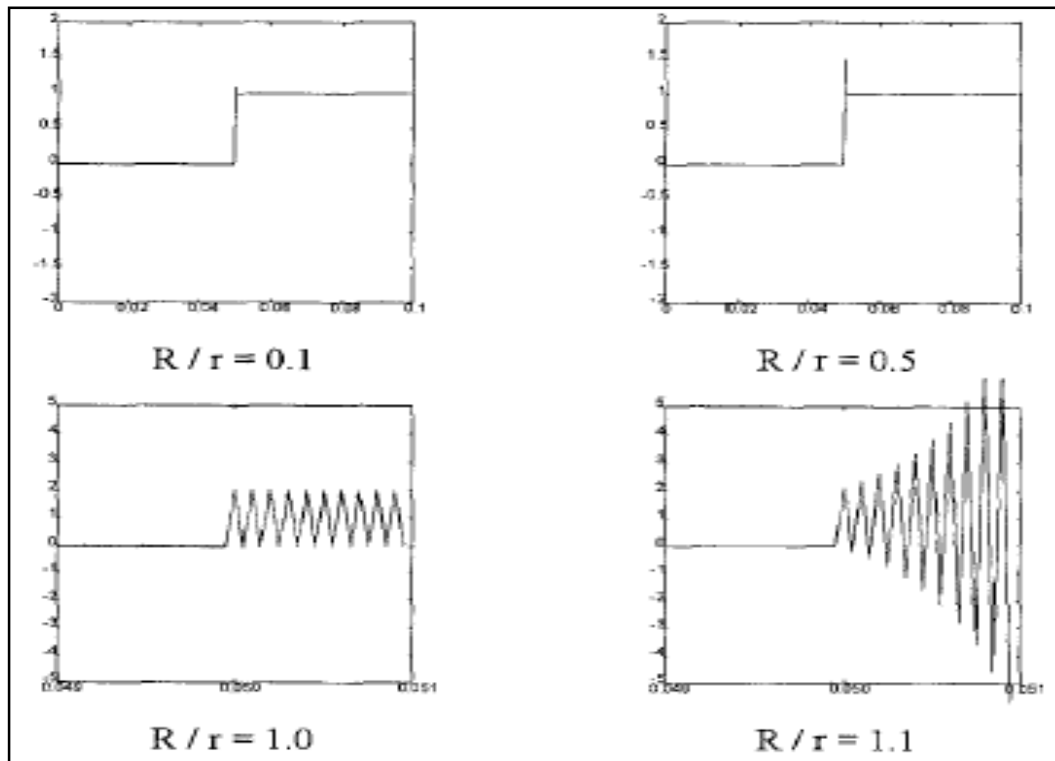
$$U(t = 2\Delta t) = R \left( 1 - \frac{R}{r} \right) \frac{U_0}{r} \quad i(t = 2\Delta t) = \left[ U_0 - R \left( 1 - \frac{R}{r} \right) \frac{U_0}{r} \right] \frac{1}{r} = \left( 1 - \frac{R}{r} + \left( \frac{R}{r} \right)^2 \right) \frac{U_0}{r}$$

$U(t) = Ri(t - \Delta t)$



# CPS rendszerek modellezési kérdései

$$\begin{aligned}
 U(t = n\Delta t) &= R \left( 1 - \frac{R}{r} + \left(\frac{R}{r}\right)^2 \mp \dots \mp \left(\frac{R}{r}\right)^{n-1} \right) \frac{U_0}{r} \rightarrow U_0 \frac{R}{r+R} \\
 i(t = n\Delta t) &= \left( 1 - \frac{R}{r} + \left(\frac{R}{r}\right)^2 \mp \dots \pm \left(\frac{R}{r}\right)^n \right) \frac{U_0}{r} \rightarrow \frac{U_0}{r+R}
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} U(t = n\Delta t) \\ i(t = n\Delta t) \end{aligned}} \right\} \text{Ha } \frac{R}{r} < 1$$



A késleltetés túllövését,  
csillapodó lengést,  
állandó amplitúdójú lengést,  
növekvő amplitúdójú lengést  
okozhat  
a paraméterek függvényében!

A folytonos modellek nem alkalmazhatók egy az egyben!