
IPARI ROBOTOK KINEMATIKÁJA ÉS DINAMIKÁJA

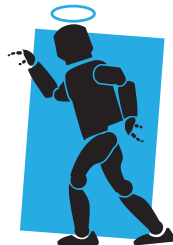
I. ÁTTEKINTÉS

Összeállította: Dr. Kuti József
Szerkesztette: Dr. Galambos Péter



Óbudai Egyetem
Pro Sciencia et Futuro

2019. február 21.
Budapest



Bejczy Antal iRobottechnikai
Központ

Mi a robot?

- ipari robotkarok (szerelés, hegesztés, forrasztás, ragasztás, anyag/alkatrész mozgatás, palettázás, stb...)
- háztartási robotok (fűnyíró, medencetisztító, porszívó, stb..)
- exoskeletonok (lecsökkent mozgáskészségek pótlására, képességek kiterjesztésére: extrém teherhordóképesség, mozgékonyág, stb...)
- humanoid robotok (elsősorban szórakoztató céllal)
- androidok
- mezőgazdasági robotok (agrobotok): önálló, rajszerű kaszálás, aratás, stb...
- stb...



- **~1490: Leonardo da Vinci: Mechanical Knight**

Lovagi páncél felsőteste, karjai mechanizmusokkal mozgathatók (a lábak és a törzs rögzített állapotban).

Szórakoztató céllal mutatták be Milán hercegének egy ünnepélyen 1495-ben.

- **~1920: Karel Čapek: Rossumovi Univerzální Roboti (Rossum's Universal Robots)**

A drámában a "robotok" fellázadnak és a végére kihal az emberiség...

A robot itt "mesterséges ember" - klón/android értelemben, nem gép

Robot fogalma: dolgozó, munkás, szolga (cseh)

A "robot" szó bekerül a köznyelvbe



- **~1960: Unimate: az első ipari robot**
 - Előzmény: numerikus vezérlések (szerszámgépek), teleoperátorkarok (nukleáris, vegyi kísérletek)
 - George Devol szabadalma alapján, kereskedelmi használatra (1956)
 - Első telepített ipari robot a General Motors összeszerelő üzemében, présöntvények mozgatására (nagy tömegű, toxikus gázok közötti szerelőmunka)
 - Az első robotgyártó: UNIMATION (Universal Automation)
- **~1970 Az első hattengelyű, elektromágnesesen hajtott robotkarok**
 - elektromágneses hajtás
 - microcomputer-es irányítás
 - 6 mozgatott tengely (6 szabadságfok)
 - Robotprogramozási nyelvek
 - PUMA560



Motiváció: a hagyományos robotikai alkalmazásokban a masszív robotkarok alacsony szintű szabályozása csak a kapott pozíció (esetleg sebesség/ gyorsulás) értékekre próbál beállni

→ a környezettel ütközve, azt félrelökve, törve (közben önmagát is, ha úgy alakul)

Emiatt: a hagyományos ipari robotkarok biztonsági kerítéssel elkerítve dolgozik, emberektől távol, pontosan leírt körülmények között

Nehézségek:

- pontosan ismert környezetben, pontosan megkonstruált koreográfiában dolgoznak együtt a robotok, egy ütközés komoly kárt okozhat
- ember a munkatérben: egyes mozzanatokban az operátor is dolgozik, vagy felügyel (nem teljesen automatizálható munkafolyamat) ?
- ember a munkatérben: orvosi alkalmazás ?
- biztonsági zóna helyigénye

Kollaboratív robot:



- legyen biztonságos a munkaterében tartózkodni (garancia az ütközések esetén gyors, biztonságos leállásra, mielőtt kárt okozna)
- ISO szabvány (2016): ISO/TS 15066:2016
- Mérve a csuklóknál a motornyomaték (vagy a motoráramból közelítve - ez zajosabb, pontatlanabb) - ezáltal közvetlenül képes érzékelni az ütközéseket az alacsonyszintű irányításban, így gyorsan képes reagálni
- Rendszerint kis tömegű (kis lendületű), könnyen mozgatható, kisebb sebességtartomány, gyorsulások
- E.g.: Universal robots: UR3, UR5, UR10 széria, KUKA: LBR3, LBR 4, LBR IIWA, etc.



ÁBRA: UR5



Unalmas, stresszt okozó, nagy fizikai igénybevételt jelentő munkák

- Gyártórendszerekbeli munkák: szerelés, ív/ponthegeesztés, anyagmozgatás, logisztika, lézer/láng/plazmavágás, mérőeszköz mozgatás, pakolás, palettázás, festés, csiszolás
- Háztartásban, a ház körüli munkák: fűnyírórobot, porszívórobot, medencetisztító
- Mezőgazdaságban (agrobot):
 - elsősorban aratás (vezető nélküli, követő irányítás)
 - felmérés, megfigyelés (drónok)
 - gyom, gaz szabályozás (felmérés, permetezés - drónok)
 - felhők permetése (drónok)
 - ültetés, palántázás
 - fejőrobotok, stb...
- Közlekedés: önvezető autók (robot? - programozható, mobil, beavatkozik...)
- Egyéb



Munkavégzés nukleárisan, vegyileg, biológiailag, fizikailag fenyegetést jelentő terepen

- Sugárzó környezetben: atomerőművek reaktorterében, sugárszennyezett területen, stb...
- Gyártórendszerekben: a nehézfémeket tartalmazó gőzök, festőműhely, forró alkatrészek szerelése, nagy tömegek emelése, csiszolás
- Mentőrobotok, drónok
- Undorító feladatok
- Harctéri alkalmazások
Drónok (Predator, split strike, etc...)
- Űrállomások munkái



- sebészrobotika (feltárás nélküli műtétek), távsebészet
 - Da Vinci Surgical system 2000-
 - neuroArmTM 2004-
 - idegsebészetnek megfelelő precizitás
 - operáció MRI alatt
- Űrállomás kültéri munkái
- Csővezetétek, csatorna, szűk helyek felderítése, tisztítása, ott beavatkozás
- Teleoperáció, telemanipuláció



- rehabilitáció: segített/nehezített mozgás gyakorlatok - játékos formában
- aszisztens - hétköznapi mozgások segítése (átülés)
- exoskeleton: képesség helyreállítás/kiterjesztés
- gyógytornáztatás, masszázs
- stb.



- „kisállat”, „lakótárs”
- show elem
- humanoid robotok: látványos technológiai verseny



DEF.: ROBOT (ISO)

ISO 8373:2012:

„actuated mechanism programmable in two or more axes with a degree of autonomy, moving within its environment, to perform intended tasks”

IEC 60601-4-1:2017:

„programmed actuated mechanism with a degree of autonomy, moving within its environment, to perform intended tasks”

Egyre általánosabb definíció – az egyre általánosabb alkalmazásoknak megfelelően

DEF.: IPARI ROBOT (ISO 8373:2012)

„automatically controlled, reprogrammable, multipurpose manipulator, programmable in three or more axes, which can be either fixed in place or mobile for use in industrial automation applications”



DEF.: IPARI ROBOT (INDUSTRIAL DEFINITION OF ROBOTIC INSTITUTE OF AMERICA)

„re-programmable multi-functional manipulator designed to move materials, parts, tools, or specialized devices through variable programmed motions for the performance of a variety of tasks, which also acquire information from the environment and move intelligently in response”

- Újraprogramozható: a programozott mozgás fizikai módosítások nélkül változtatható
- Többcélú: fizikai változtatásokkal különböző alkalmazásokban is használható
- Fizikai változtatás: a mechanikai struktúra illetve a vezérlőrendszer módosítása (pl.: szerszámcseré)

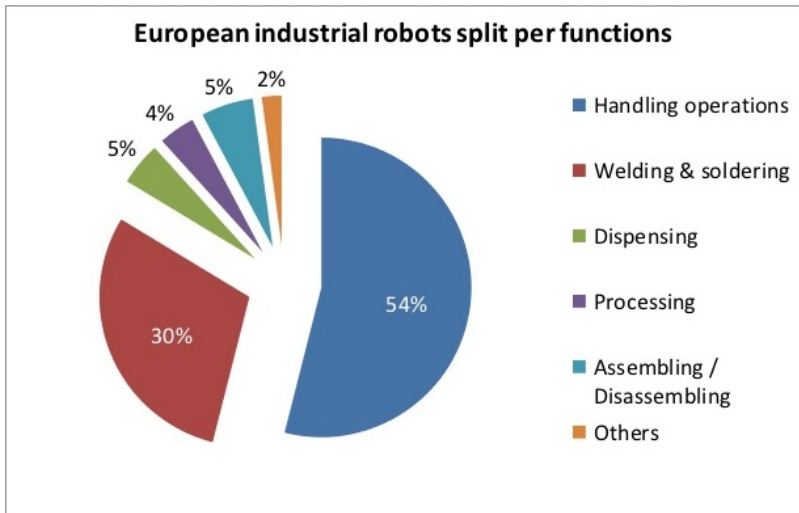
DEF: SZOLGÁLTATÓ ROBOT (ISO 8373:2012)

„robot that performs useful tasks for humans or equipment excluding industrial automation applications”

Egyéb: Orvosi rehabilitáció, sebészrobotika, személyi asszisztens, harctéri alkalmazás, logisztika, humanoid robotok, exoskeleton, mentőrobotok, telerobotika, telemanipuláció, telesebészet, fűnyíró, takarítórobotok.

Fő különbségek:

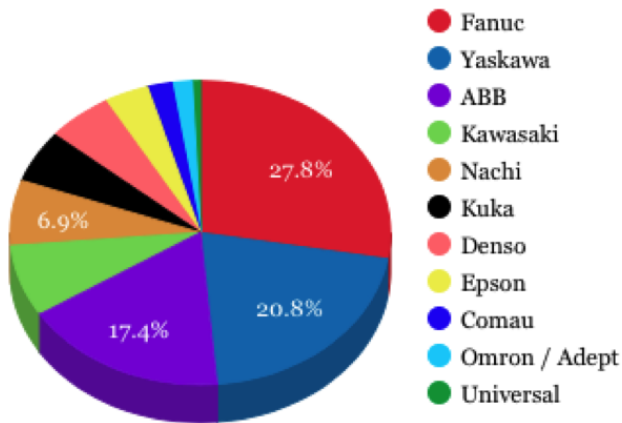
Ipari robotika	Szolgáltató robotika
Cégek	Lakosság
Jól meghatározott környezet	Változó, ismeretlen környezet
Személyzet ~elkülönített	Emberek között/együttes feladatvégzés
Biztonságosság definiálható	
Jól definiált feladat	
Financiális motiváció	



(Industrial and Service Robotics in Europe, 2011)



Global Industrial Robots Install Base



(Eladások gyártók szerint (Markets and industries, 2017))

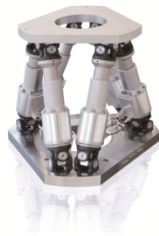


Struktúra:

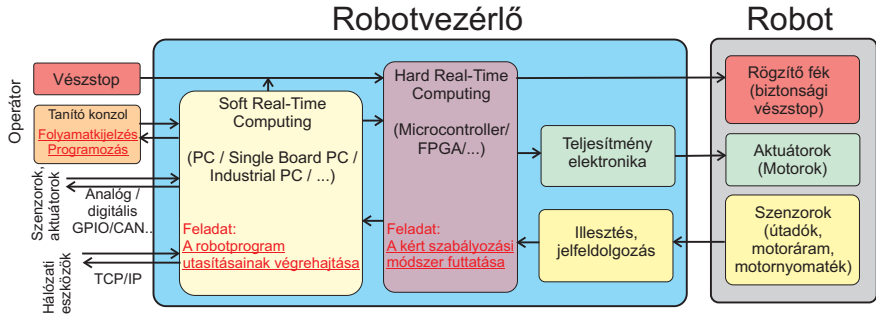
- Soros kinematika
 - elágazás nélkül (/ elágazással)
 - nyílt láncú (/ zárt láncú)
- Párhuzamos kinematika

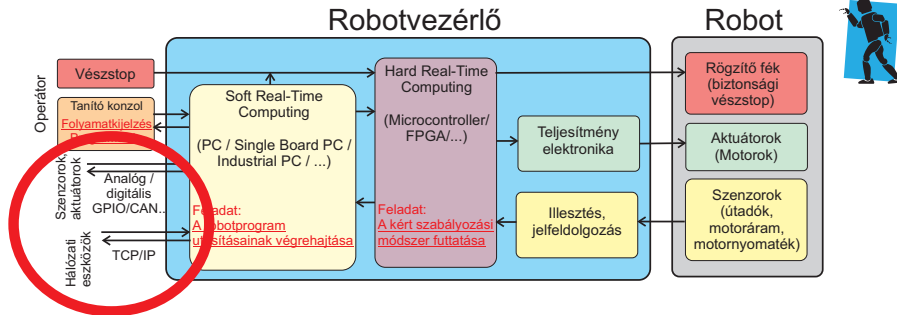
Rögzítés:

- Fix
- Mobil



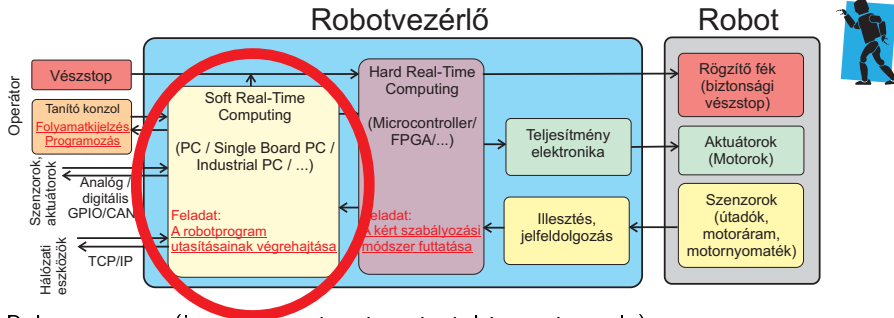
ÁBRA: párhuzamos \leftrightarrow soros (nyílt láncú) kinematika





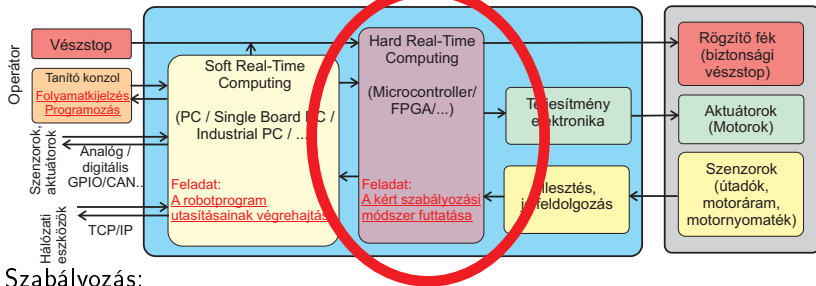
Szenzorok, aktuátorok, hálózati eszközök:

- alkatrész érzékelése
- biztonsági lézerkapu
- megfogó működtetése (nyitás, zárás) és szenzorai (végállás, erőmérő cella, hibadetektálás,...)
- további, a robotprogramból vezérelt egységek, adagolók
- felügyeleti eszközök, log, központi vezérlés
- más robotok, cellák, stb.



Robotprogram (interpreter típusú, gyártónként más nyelv):

- mozgás robotkonfigurációk között (különböző opciók)
- mozgás bizonyos pozícióba, orientációba (különböző opciók):
"Szabadon", egyenesen, köríven
- mozgás/forgás bizonyos irányba, bizonyos sebességgel (különböző opciók)
- kommunikáció
- általános logika
- (+ esetenként a konzol GUI definiálása)



Szabályozás:

- a működéshez real time körülmények szükségesek
- Hagyományos ipari alkalmazásokban:
 - nem hozzáférhető a robotalkalmazás fejlesztője számára
 - a robotprogram utasításait hajtja végre
 - a 3D mozgás és a csuklók mennyiségei között a robotmodell alapján teremt kapcsolatot (a gyártás minősége és a kalibráláció limitálhatja a pontosságot)
- Fejlesztési/kutatási státuszban:
 - beágyazott fejlesztés
 - aktívan kutatott terület (szűrési módszerek, erővisszacsatolt irányítások, ...)

Robotalkalmazás fejlesztése:

- Cella layout kialakítása
- Robot kiválasztása (teherbírás, sebesség, pontosság, vezérlő portjai, utasításkészlete, elérhető tartomány)
- Szükséges szenzorok, aktuátorok kiválasztása, mechanikai, hardveres és szoftveres illesztése
- Robotprogram fejlesztése

Összetett alkalmazásokhoz több részcsapat (hardver, szoftver, technológia, ...)



Nyílt láncú, elágazás nélküli ipari robotkarokhoz:

- Alapfogalmak, jellemző robotstruktúrák: a konzol felületének / a robotprogram utasításainak értelmezéséhez
- 3D geometriai fogalmak: a robotutasítások paraméterezéséhez, visszkapott értékek értelmezéséhez
- Geometriai modellezés: robot geometria leírása minimális paraméterrel / algoritmikus számítás komplex robotkarokhoz / sajátosságai
- Kinematikai modellezés: sebesség, szögsebesség kapcsolata a geometriával, nem megvalósítható sebességek, szinguláris helyzetek
- Dinamikai modellezés: dinamikai modell alapú szabályozás / terhelések kompenzálása



Mivel NEM foglalkozik a tárgy:

- Aktuátor-, szenzortechnika, elektronika
- Robotprogramozási nyelvek, robotrendszerek programozása
(lásd később: Robotrendszerek programozása tárgy)
- Szabályozási módszerek részletei
(lásd később: Robotok irányítása tárgy)

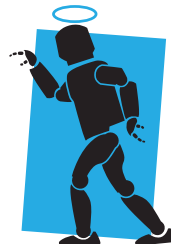


- Lantos Béla: Robotok irányítása, Budapest: Akadémia kiadó (1991)
- SPONG, Mark W., et al. Robot modeling and control. New York: Wiley, (2006).

Köszönöm a figyelmet!



Óbudai Egyetem
Pro Scientia et Futuro



Bejczy Antal iRobottechnikai
Központ