

# Intelligens robotok kérdések

Vajda Ferenc által leadott tananyaghoz

2014-2015/I. félév

## I. Érzékelők

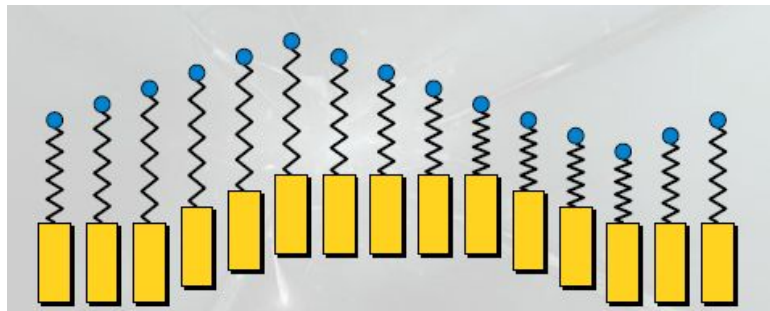
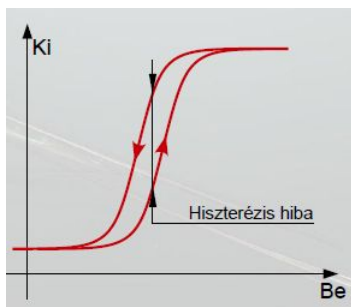
**I.1 Mi az érzékelő? Definiálja a típusait (belső/külső). Mit jelent a hiszterézis? Miért nem tudunk közvetlenül mérni, miért származtatunk? Hogyan kapcsolódik össze az érzékelés és a becslés a mérések során?**

**Érzékelő** - jeleket és ingereket fogat és olyan formává alakítsa át amit az eszközeink (mint pl. a mikrovezérlő) vagy az ember értelmezni tud.

**Belső érzékelők**- nincs szükség külső forrásra ahhoz, hogy mérni tudjak. - Csuklópozíció, szögsebesség, giroszkóp

**Külső érzékelők**- szüksége van külső forrásra ahhoz, hogy mérni tudjak. - iránytű

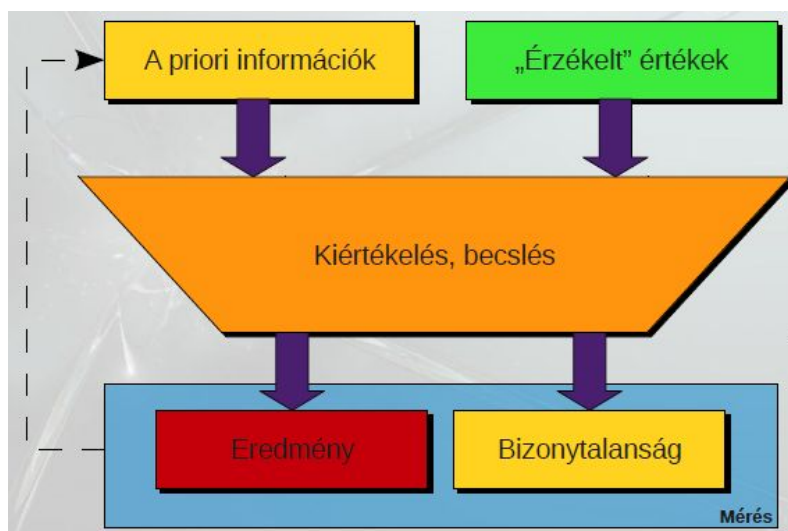
**Hiszterézis** - a rendszer kimenete nem csak az aktuális állapotoktól is függ, nem csak az előző állapotok változásának irányától is. Mérésnél figyelembe kell venni, szükségünk van apriori információkra.



3 közvetlenül mérhető fizikai mennyiség:

- elmozdulás - hagyományos
- feszültség - digitális
- számlálás - időbeli viselkedés

A többi nem tudjuk közvetlenül mérni, ezért visszavezetjük ezekre a mennyiségekre (származtatjuk).



## I.2 Milyen típusú mérés technikai jellemzőkre lehetünk kíváncsiak, mit mérünk? Milyen módon lehet a szenzorokat csoportosítani (írjon példákat)? Milyen típusú érzékelőket használunk?

3 közvetlenül mérhető fizikai mennyiség:

- elmozdulás - hagyományos
- feszültség - digitális
- számlálás - időbeli viselkedés

Származtatott mennyiségek: - Többnyire igen összetett (pl. tömegmérés)

Szenzorok csoportosítása:

- Taktilis / Érintesmentes (pl. erőmérő / kamera)
- Mert fizikai mennyiség (elektromos, optikai, mágneses stb.)
- Belső / külső érzékelők (Giroszkóp / Iránytű)
- Passzív / aktív szenzorok (Ütköző / Ultrahangos távolságmérő)
- Közelcsatolt / távolcsatolt (Viszonyítási koordináta-rendszer, Közelcsatolt: merendő objektum koordináta-rendszerében)

Érzékelő típusa
Kapcsoló/ütköző Közelségérzékelő
Kontaktus-tömb Erő/nyomaték-mérő Rezisztív Kapacitív
Mechanikus jeladó Potenciométer Optikai jeladó Mágneses jeladó Induktív jeladó Kapacitív jeladó
Iránytű Giroszkóp Inklinométer

## I.3 Mit jelent a tapintásérzékelés? Milyen tulajdonságokat érzékelünk tapintással? Sorolja fel az alapvető mérés technikai elveket? Milyen alapvető problémákkal találkozunk? (1. előadás 41:00)

A cél objektummal fizikai kapcsolatba lépve próbáljuk meghatározni, az információkat úgy, hogy feszültséggé alakítja. (megfogja)

Ha érzékelő tömböt alkalmazunk, akkor úgy kezeljük mint egy szürke árnyalatú képet és a kiértékelésnél képfeldolgozási eljárásokat alkalmazunk (szegmentálás, szűrés).

## Tapintásérzékelők tulajdonságai

- Merendő parameter
- Erő
- Nyomatek
- Kapcsolat lete/nem lete
- Hővezetőkepesseg
- Csuszas
- Mikrotextura

## Alapvető mérési elvek

- Ellenallas es vezetőkepesseg alapu
- Kapacitiv
- Piezoelektromos, piroelektromos
- Magneses
- Magnetoelektromos
- Mechanikus
- Optikai
- Ultrahangos

## Alapvető problémák:

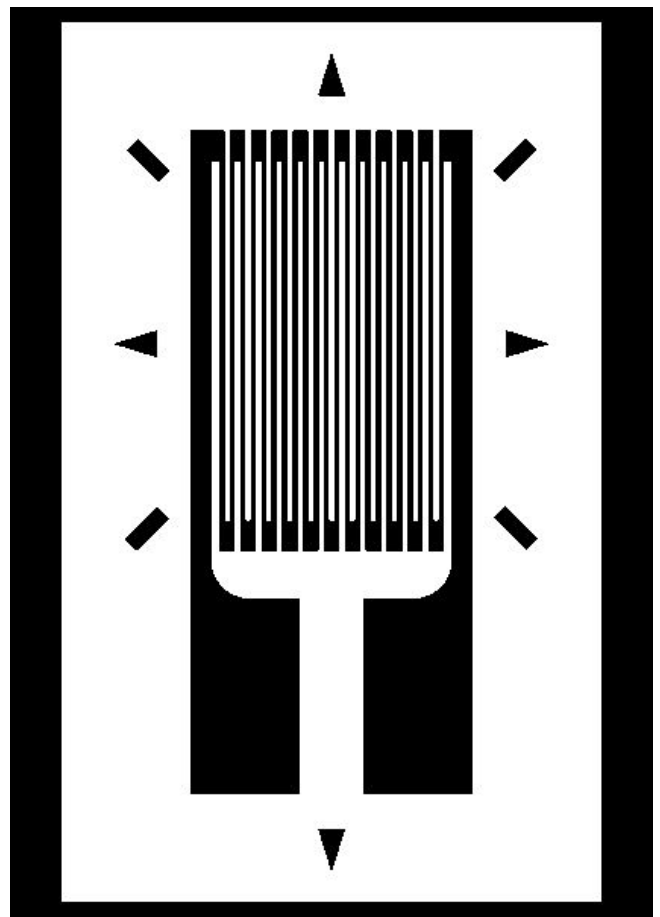
- Nem kötődik egy konkrét helyhez (a többi érzékelést egy-egy konkrét szerv végzi) a mesterséges bőr szimulációja bonyolult, nem elég érzékelőket rakni csak a legfontosabb helyekre.
- összetett érzékelés - nem egy fizika jellemzőt kell elektromos jellé konvertálni: erő, fájdalom, hőmérséklet
- Tesztrendszer létrehozása, bemeres
- Nem egyértelmű a merendő jellemző
- Feladattól függ, melyik a legalkalmasabb
- ~Képfeldolgozás, csak itt meg az érzékelés alapjai hiányosak

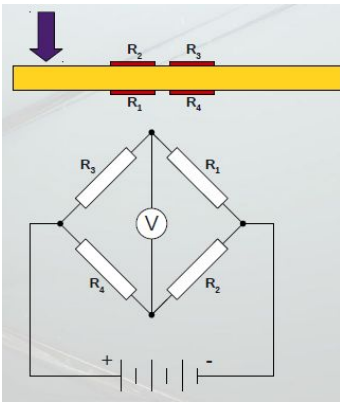
## I.4 Ismertesse az erőmérés fontosabb lehetőségeinek (nyúlásmérő bélyegek, FSR) működési elvét. Hasonlítsa össze a belső és külső erő-érzékelést. Mitől függ, hogy melyiket választjuk?

### Nyúlásmérő bélyeg:

- vezető réteg
- szigetelő réteg

Rugalmas elektromos szigetelő fóliából áll, melyre megfelelő alakú elektromosan vezető réteg van dolgozva. A bélyeget a mérendő objektumra ragasztják megfelelő szilárdságú ragasztóval. Ha a test alakváltozást szenved, vele együtt deformálódik a nyúlásmérő bélyeg is, miközben megváltozik a vezető ellenállása.





FSR (Force Sensing Resistors): vezető polimért tartalmaz, amelyek ellenállása erő hatására megváltozik

Elonyök:

- egyszerű interfész
- olcsó, készen kapható (film, lap, szitanyomáshoz tinta)
- Ütésálló
- Vékony (< 0,5mm)

Hátrányok:

- nem bírja a hosszú (több óra) terhelést
- nagyon pontatlan

**1.5 Ismertesse az elmozdulás és deformáció mérésére használt fontosabb mérés technikai elveket, az egyes eljárások előnyeit, hátrányait (piezoelektromos, kapacitív és induktív érzékelők).**

**Piezoelektromos**

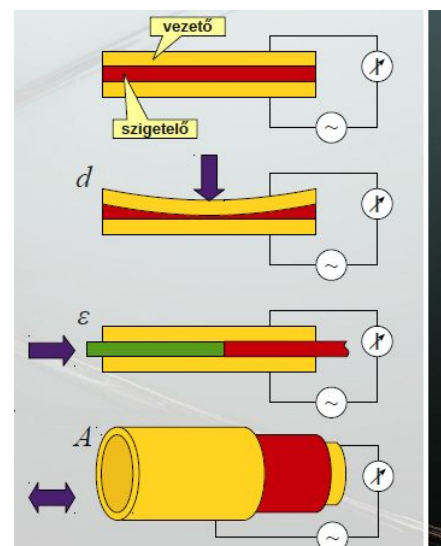
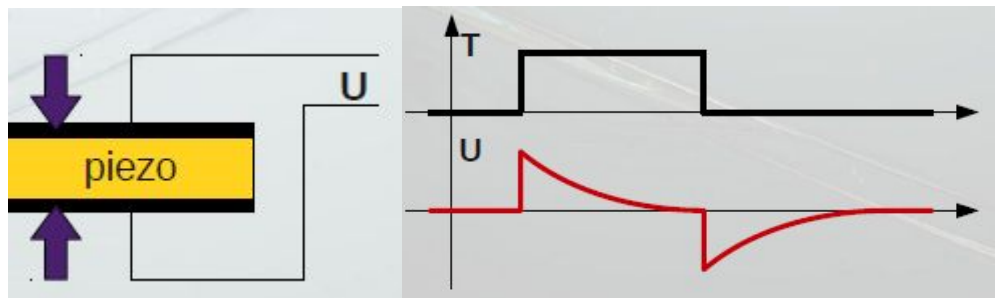
A mechanikai feszültség hatására az anyagon belül elektromos feszültség keletkezik (inverz hatás el.fesz - deformáció)

Elonyök:

- jó érzékenység
- nagy linearitás
- Robusztus

Hátrány:

- nagy fesz. igény
- dinamikus mérés



Kapacitív

$$C = \varepsilon \cdot \frac{A}{d}$$

- váltófeszültség

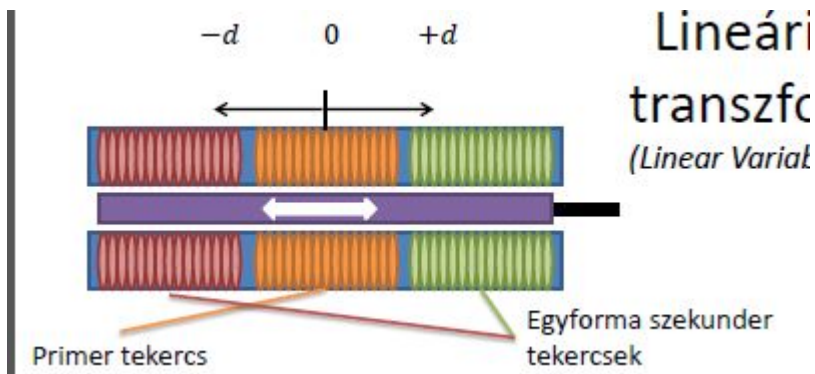
- +Teljesen kontaktus nélküli érzékelés
- +Környezeti zavarokra és vibrációra érzéketlen
- +0.1% alatti hiba
- +Akár szubmikronos pontosság

- Zavarérzékenység
- Kis átfogás (0-10mm)
- Magas ár

Induktív

LVDT

- Differencialtranszformatoros elmozdulásmérő - Mag eltolódik



Közelségi érzékelők

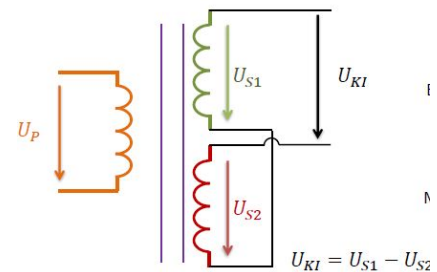
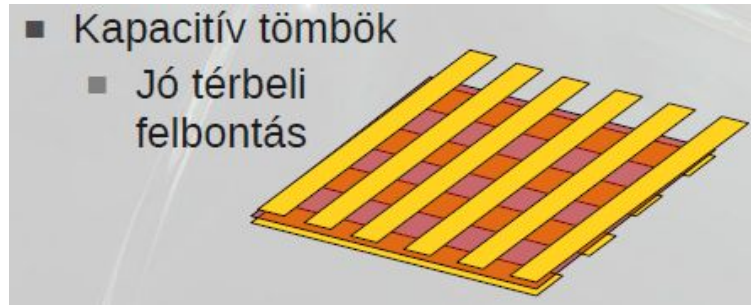
Jelenlét-ellenőrzés

Fémes tárgy közelében az induktivitás jelentősen megnő

AC gerjesztést igényel (általában DC bemenet + oszcillátor)

- +Robusztus felépítés
- +Kontaktus nélküli érzékelés
- +0.2-0.5%-os pontosság
- +Vibrációra érzéketlen
- +Végtelen kis felbontás

- AC gerjesztés igénye
- Komplex elektronika
- Korlátozott mérési tartomány (tipikusan 500mm alatt)



## I.6 Ismertesse a termoelektromos és piroelektromos érzékelés tulajdonságait. Hogyan tudunk mágneses teret érzékelni, milyen módon használjuk?

### Termoelektromosság (hőelemek):

- hőmérséklet különbség → elektromos térerő

Elektromos térerő → hőmérséklet különbség

o **Seebeck** - hatás

o Peltier - hatás

o Thomson - hatás

### Piroelektromosság:

- hőmérséklet változásakor a töltések eltolódnak → potenciálkülönbség

- Hall szenzorral

Hall effektus: mágneses térbe helyezett vezetőben áram

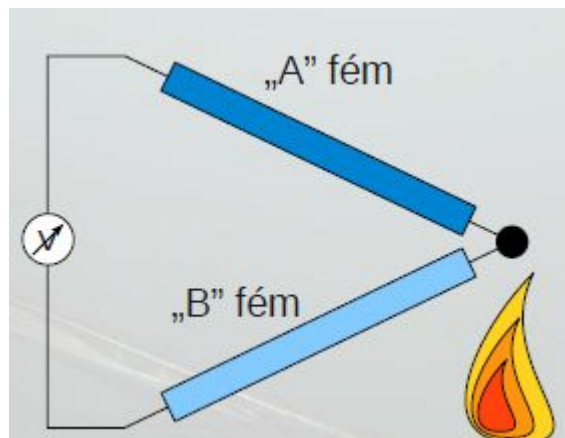
folyik → vezetőket vége között feszültségkülönbség

- Fluxuszsilipes érzékelők (iránytűk)

- Reed kapcsoló

- Magnetorezisztív érzékelők

- Magnetoinduktív érzékelők



## I.7 Ismertesse a fényérzékelés egyértékű és tömbszerű érzékelőinek működési elvét. Milyen előnyei és hátrányai vannak az APS-nek a CCD érzékelőkkel szemben, Mitől függ, hogy melyiket választjuk? Hogyan épül fel egy színes kamera?

- fotodióda

Hagyományos (PN/PIN) dióda + átlátszó ablak

Fotovoltaikus üzemmód (zérus előfeszültség)

Fotoáram + feszültség → Nyitárirányú előszítes

szigetelt áram (fotoárammal szemben)

Fototranzisztor:

- Bipoláris tranzisztor: BC kapcsolatot eléri a fény

- lassú

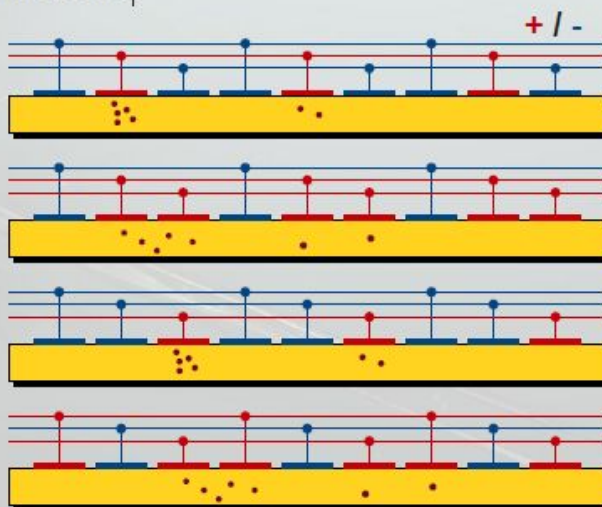
- Töltés csatolt eszközök

## ■ Analóg shift-regiszter (Kondenzátorok)

- Analóg jelek késleltetése
- Analóg memória
- Párhuzamos analóg jelek sorosítása

## ■ Elve

- Kapacitások egymásnak adják át a töltéseket
- Utolsó kapacitás töltéserősítőre kerül (feszültség keletkezik)



APS may also mean active pixel sensor, a type of CMOS image sensor.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Advanced\\_Photo\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/Advanced_Photo_System)

- CMOS érzékelők

Elve

Fotodiódák-tomb

Véletlen hozzáférés (sor + oszlop)

Tipusok

Passzív pixel érzékelők

Aktív pixel érzékelők (APS, erősítővel)

Előnyök és hátrányok

+Kisebb fogyasztás

+Kisebb késleltetés

+Olcsóbb kivitel

+Nagyobb sebesség

-Nagyobb zaj

-Kisebb érzékenység

+Hozzáadható tulajdonságok, Pixelszintű előfeldolgozás (CNN, AER)

- fotoellenállás

- napelem

## II. Navigáció

**II.1 Ismertesse a relatív és abszolút pozíciómeghatározás tulajdonságait, és lehetőségeit. Mit jelent a dead reckoning, és mi az odometria? Milyen hibalehetőségekre kell számítanunk odometria alkalmazásakor?**

**Relatív pozíció** - azt határozzuk meg, hogy az előző pozícióhoz képest hol vagyunk. Gyorsan megbírjuk határozni, másodpercenként akár 100x is. Kumulatív hiba léphet fel. Pl. Odometriával lehet meghatározni.

**Abszolút pozíció** - egy abszolút koordináta-rendszerben határozzuk meg, hogy hol található az eszköz. Lassú, pontatlan, drága, bizonytalan

Meglehet határozni:

- 3 vagy több ismert helyen levő adó alapján
- Markerekkel (mesterséges, természetes)

**Dead reckoning:**

- matematikai eljárás az aktuális pozíció és orientáció meghatározására
- egy múltbeli pozíció és orientáció és az azóta eltelt idő alapján próbáljuk meghatározni a jelenlegi pozíciót
- számítási eljárás (matematikai készlet)
- konvolált hiba könnyen megjelenik

**Odometria**

A kerék forgásából és a kormány irányából megpróbáljuk meghatározni a robot relatív pozícióját.

Kumulatív mérés

Előnye, hogy gyors, mindig tud eredményt szolgáltatni és csak belső egységeket használ,

Hátránya, hogy korlátlanul növekszik a pozícióhiba - abszolút pozíció méréssel kell korrigálni, elpiszis hiba

Rendszerhibák:

- egyenlőtlen kerékátmérő
- jeladó véges felbontása
- kerék átmérő eltér a névleges értéktől

Nem rendszerhibák:

- Megcsúszhat a kerék
- kisebb tárgyak amelyen a kerék átmege
- egyenetlen talaj
- nem ér a talajhoz a kerék egy pontban

**II.2 Milyen sebességmérésre alkalmas eszközök állnak rendelkezésünkre, hogyan működnek? Milyen jeladókat ismerünk? Mi a különbség az inkrementális és az abszolút optikai jeladók között? Hogyan épülnek fel?**

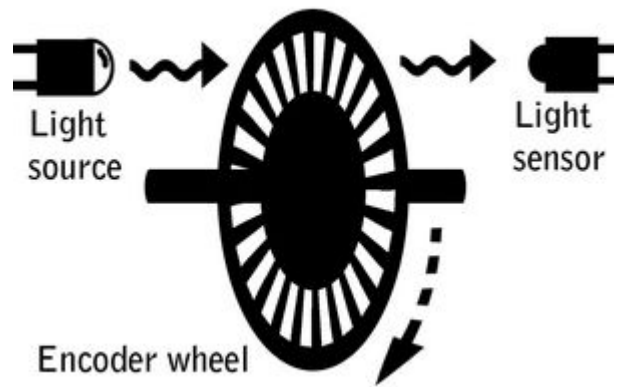
Sebességmérésre alkalmas eszközök:

- jeladók
- kamera (opticalflow) - Talaj változásának vizsgálata
- inerciális mérőeszközök (giroszkóp - szögsebesség, gyorsulásmérő - gyorsulást integráljuk - konvolatív hiba)
- Doppler érzékelők



Enkóder (jeladók):

- mechanikus
- csúszóérintkezős ellenállás
- Optikai
- Mágneses, induktív, kapacitív

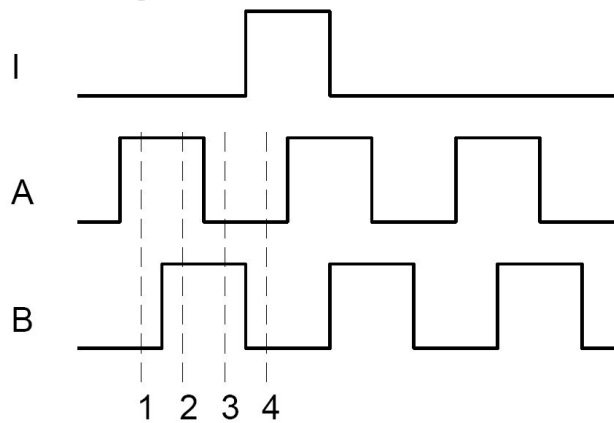


**Inkrementális jeladó Optikai jeladó felépítése:**

- fotodióda
- fotokapu
- tárcsa

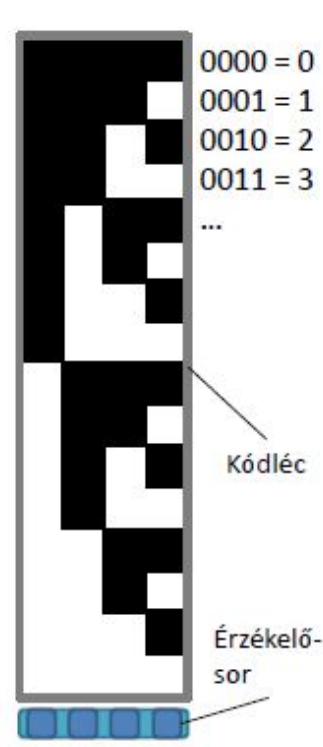
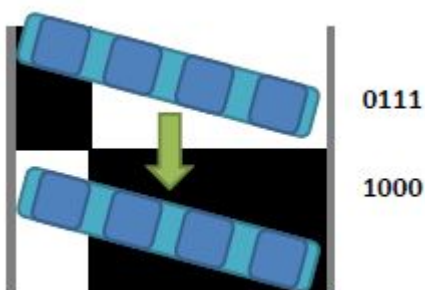
Ahogy forog a kerék, négyszögimpulzusok keletkeznek, mivel a fotokapu felváltva kap jelet és nem.

- A, B csatorna (relatív elmozdulást tudjuk csak mérni vele)
- ha mindkét csatornánál a felfutó és a lefutó éleket egyaránt nézzük, 4x-es felbontást kapunk.
- index - tudjuk mikor van az eszköz null pozícióban



**Abszolút enkóder**

- minden pillanatban abszolút pozíciót tudunk
- probléma: ha bizonyos szögben nézzük a tárcsát
- Gray kóddal szokták kódolni - mindig csak egy bit változik



### II.3 Milyen fizikai jellemzőket mérünk inerciális mérés technikai eszközökkel? Milyen inerciális mérőeszközöket alkalmazunk? Hogyan működnek az optikai giroszkópok? Milyen módszerekkel tudunk abszolút irányt meghatározni?

Giroszkóp - szögsebesség

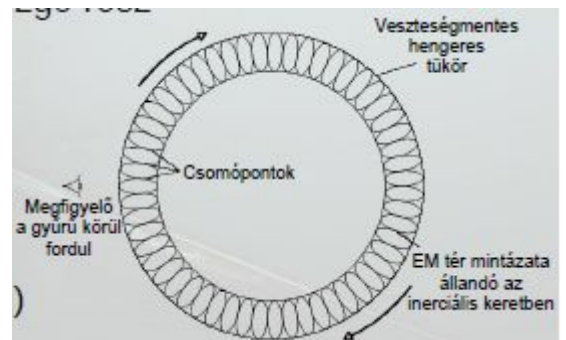
- Mechanikus
- optikai
- Piezoelektromos

**Gyorsulásmérés** - gyorsulásmerők

- elv: szabadeséshez kepesti vektorialis gyorsulások
- típusok: rugoerőmérés, elhajlasmérés (pl. nyulasmerő belyegek), optikai ... Stb.

#### Optikai giroszkópok

- Működés alapelve
  - o Minden eszköz két lézersugarat tartalmaz, amelyek ellentétes irányba haladnak egy zárt hurkú útvonalon
  - o Erősítő és kioltó interferenciahullamok alakulnak ki, amelyek segítségével meghatározható az eszköz forgásának sebessége



**Abszolút irány meghatározás:** geomagnetes érzékelőkkel

- Mechanikus mágneses iránytűk
- Fluxuszilipes (fluxgate) iránytűk
- Hall-hatás alapú iránytűk
- Magnetorezisztív iránytűk
- Magnetoelasztikus iránytűk
- Giroiránytűk - a föld forgási sebességét tudja bemérni
- MEMS érzékelők

### II.4 Mit jelent a navigáció? Mi a különbség a globális és lokális navigáció között? Mik a navigációs algoritmusok követelményei?

A navigáció mai értelmezése szerint a tengeri és légi közlekedés tájékoztatói módszereinek összefoglaló elnevezése. [wikipedia]

Globális navigáció - útvonaltervezés

Lokális navigáció - Akadálykerülés

#### Navigációs algoritmusok követelményei

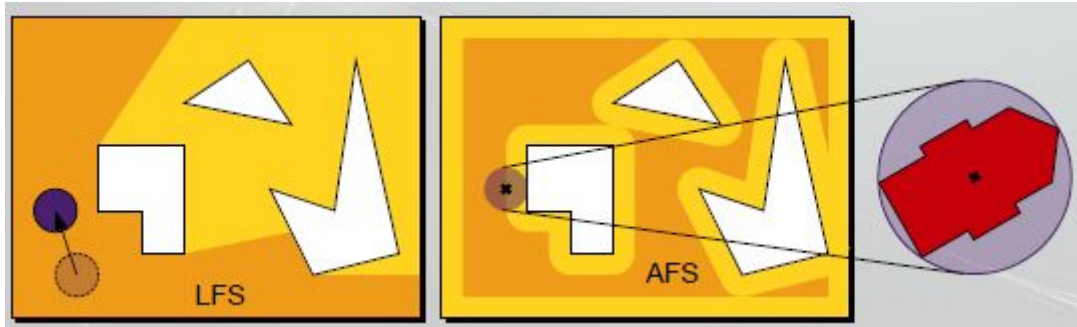
- Konvergencia
  - o a robot veges számú lépéssel érje el a célt, ha nem, veges számú lépés után ismerje fel a ténytet
- Tanulás
  - o környezet megismerése a navigációs feladat megoldásakor
  - o térkép - akadályok és mozgástér
- Monoton viselkedés
- Környezeti komplexitás - az algoritmus ne korlátozza a környezet bonyolultságát
- Futási idő - az algoritmus futási ideje minél kisebb mértékben függjön a környezet bonyolultságától

## II.5 Mi a szabad tér? Mit jelent az FS, LFS, és AFS? Mi a poligonos akadálymodell? Mit jelent a konfigurációs akadály?

FS (Feasible Free Space) = Szabad tér: Pontok halmaza, amelyben tetszőleges referenciapont elhelyezkedhet úgy, hogy a robot nem ütközik akadályba - **ott ahol a pontszerű robot tud mozogni**

LFS (Learned free space) = Megismert szabad tér: a szabad térben történő mozgás során feltérképezett terület

AFS (Alleged Feasible Free Space) = Ténylegesen rendelkezésre álló szabad tér: FS-ben az akadályokat megnöveljük (konfigurációs akadály), a robotot pontszerűnek tekintve



### Poligonos akadálymodell (vertexek es élek)

- éleket linearizálom és poligonokkal írom le az akadályok körvonalait, sokat segít későbbiekben a feldolgozáson.

Minden konfigurációs akadályhoz tartoznak vertexek, illetve a vertexek között húzhatunk egyenes vonalakat - éleket. Vannak élek, amelyek a szabad tér és a nem szabad tér határán mennek, ezeket úgy hívjuk, hogy konfigurációs akadályok szélei. A láthatósági vonalon mindig haladhatunk, a valószínűségi láthatósági pedig vonalak veszélyes útszakaszok, ha kerek a robot, akkor súrolja az akadály falát. Ezekből a vonalakkól irányított gráfokat csinálunk.



A konfigurációs akadály elé: Valószínű láthatósági vonal Konfigurációs akadály körüli tér szabad

Az akadályokat megnöveljük (konfigurációs akadály) itt már a robot pontszerűnek tekinthető

## II.6 Ismertesse a navigációs gráfok segítségével történő navigáció módszerét. Milyen súlyokra lehet szükség a gráf felépítésekor?

A navigációhoz sokszor felépítünk egy navigációs gráfot. Alapvetően ez abban segít nekünk, hogy amikor a gráfunk már megvan, akkor már tudunk különböző algoritmusokkal dolgozni pl. legrövidebb utat keresni.

A navigációs gráf csúcsai a linearizált akadály vertexei, az élei pedig a láthatósági vonalak (valószínűségi és a

valódi). A kiindulási pontból csak kifelé mutatnak az élek, célpontba pedig csak befelé. Ha megvan a teljes gráf, akkor egy útkereső algoritmussal megkeressük azt az utat, amelynek a súlyok össz költsége a legkisebb.

Navigációs graf

- Súlyozott irányított graf

o Úthossz

o Utvonal szélessége

o Ut nehezsege

o Kanyarodás

o Forgalmossűrűség (multiagensű r.)

o stb.

- Csomópontok
  - $S_k$  – robot aktuális pontja ( $k$  időpontban)
  - $D$  – célpont
  - Konfigurációs akadályok vertexei
- Minden láthatósági vonalhoz két ellenkező irányú irányított élet rendelünk:  $(\vec{V}, \vec{U})$ , ill.  $(\vec{U}, \vec{V})$
- A forráspontot és a célpontot tartalmazó láthatósági vonalak csak egy élet tartalmaznak:  $(\vec{S}_k, \vec{U})$ , ill.  $(\vec{U}, \vec{D})$
- Minden élhez súlyokat rendelünk
  - Euklidészi távolság
  - A valószínű élekhez további (CCF – Conservation/curiosity factor; kockázati faktor)
- Legrövidebb út keresése
  - Pl. Dijkstra algoritmus

**II.7 Ismertesse a markerbázisú navigáció elvét, és problémáit. Milyen térképeket készíthetünk egy területről és mi a térképkészítés menete? Hogyan határozhatjuk meg a pozíciót térképalapú navigáció során?**

A terünkben természetes vagy mesterséges markerek vannak melyekhez képest irányítunk. Ha tehetjük, mesterségeseket rakunk le mivel őket jobban el lehet különíteni mint a természeteseket, de sajnos nincs minden alkalommal lehetőség rá.

Ahány márkert látok, mindegyiket figyelembe véve megpróbálom meghatározni a pozícióm.

- **trilateráció** (a márkerektől távolságokat mérek, melyeket nem feltétlen tudok minden alkalommal mérni)

- Trianguláció (szögeket mérek a márkerekhez képest)

Legalább 3 pont kell a pontosabb helymeghatározáshoz.

Mivel általában síkban mozgunk, ezért mind a kettő gyakran használt megoldás.

Problémák:

- a kétértelműség

- a mérések pontatlanok

- sok ágens van a rendszerben

A redundancia növeli a pontosságot.

Általában úgy működik, hogy minden robotnak van egy inerciális vagy odometrikus megoldása és a marker bázisú navigációval mindig csak korrigálom az eredményeket.

A térképalapú navigációnak két része van:

- térkép készítés

- térkép alapján navigálás

A térkép lehet raszteres (egy-egy pixel jelzik a határvonalakat) vagy vektoros (megmondja, hogy hol vannak egyes akadályok körvonalai). Az esetekben nagyobb többségében 2D-ben navigálunk, probléma, hogy a robotok legtöbbször szállító eszközök - ha ráraaknak valamit a tetejére, más dimenziókkal fog rendelkezni.

#### **Térkép felvétel:**

- távolságokat mérek, körbenézek és lemérem a távolságokat
- ütközés detektálás (porszívó robotok)

#### **Térképkészítés folyamata:**

- egy raszteres térképet veszünk fel - körbenézek, megmérem, hol milyen távolság van és megpróbálom kitölteni a szabad teremet (polár koordinátákat át kell váltani Descartes koordináta rendszerbe). Ez után vektorizálok, ha megvannak a határ pontok, akkor ezeket az értékeket egy vektor formába alakítom (lényeg kiemelés - hol vannak a sarokpontok). Ebből térből megcsinálom a konfigurációs akadályokat (AFS), és utána a navigációs gráfokat több féle módon. A mozgás közben lehet a térképet navigálni.

A **pozíció meghatározás** a térkép típusától függ, ugyan úgy működik mint a térképkészítés, ezért is van, hogy a kettőt össze szokták rakni. Legtöbbször szokott lenni egy odometrikus vagy inerciális kiegészítés, mert a térkép készítés egy lassú művelet, és nem engedhető meg általában, hogy olyan lassan mozogjon a robot.

Lepesei

~ terkepkeszites

+ illesztés

Odometrikus, inercialis kiegészítés

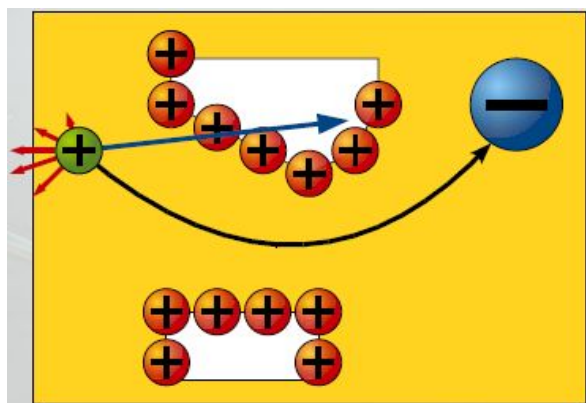
### **II.8 Mít jelent a lokális navigáció? Milyen akadálykerülési módszereket ismerünk? Ismertesse ezek közül az APF és a VFH eljárásokat.**

**Lokális navigáció** - akadály kikerülés - igen összetett feladat azt vizsgálja, hogy adott környezetben milyen mozgást érdemes végezni. Ami rendelkezésünkre áll az az aktuális és a korábbi szenzoradatok. A korábbi adatok igen fontosak, mivel sok esetben van a deadlock esély.

Akadálykerülési módszerek:

- APF (mesterséges töltés távolság potenciál)
- VFH (Vector Field Histogram)
- Paraméteres eljárások (egyéni megoldások)

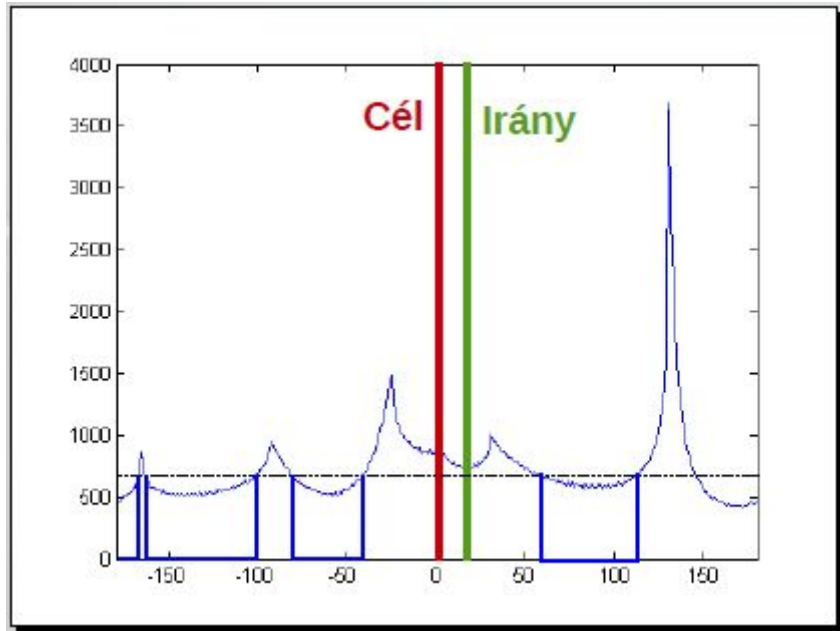
Egyik gyakori megoldás az APF ami mesterséges távolság potenciálként lehet elképzelni. A robotot pozitív töltésnek tekintem, az akadályokat pedig úgy tekintem mint ha tele lennének szintén pozitív töltésekkel. A maga a cél egy nagy nagy negatív töltés. A cél az elkezd húzni a pontomat, a pozitív töltések elkezdik taszítani és kapok egy eredőt erőt. Nem fogok tudni az akadályok közelébe menni. Minden egyes pontra ki kell számítani ezt a erő vektort. Lehet sebességgel, vagy egyéb dolgokkal súlyozni a pontokat. Jó működő célra tartó megoldás, de alapvető probléma, hogy lokális minimumra ragadok.



### VFH (Vector Field Histogram)

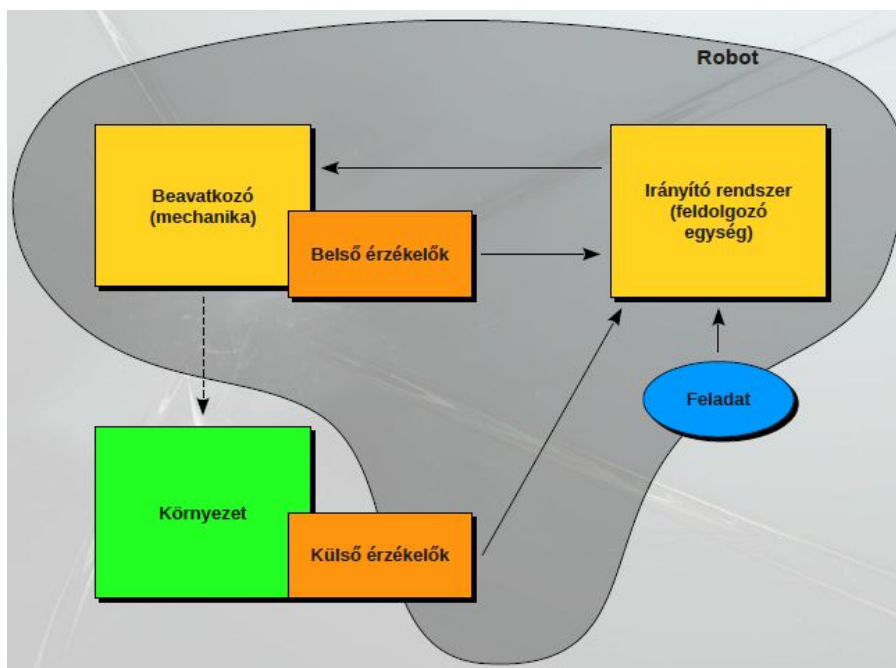
Nem eredő erővel számol, hanem megméri azt, hogy milyen távolságra vannak az egyes irányok, és úgy próbálja meghatározni, hogy minél inkább alacsonyabb legyen ez az érték. Vektorterekre épít, ami távolság alapon működik. Megpróbálom abba az irányba menni, amerre a legnagyobb eséllyel tudok mozogni.

Lemérjük körbe a távolságot, és megkeressük a cél irányához tartozó legközelebbi lokális minimumot. A deadlock veszélyek itt is fennállnak.



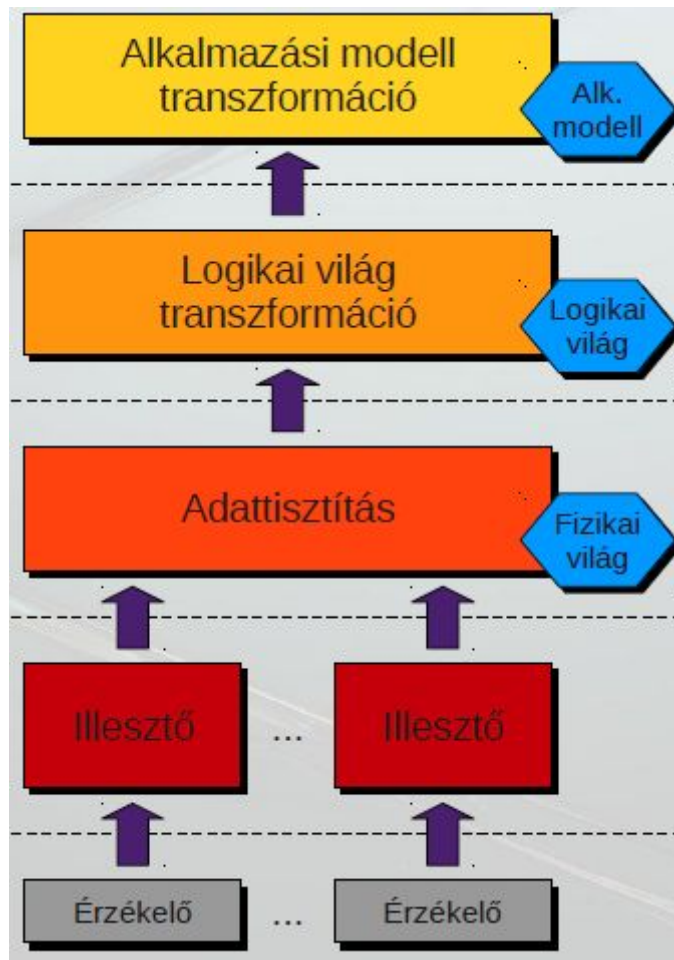
## III. Szenzorcsatolt robotirányítás

III.1 Mi a szenzorcsatolt robot, hogyan épül fel? Ismertesse a szenzorcsatolás lépéseit röviden az „Egységes szenzorplatform architektúra” segítségével. Mikor beszélünk szenzorfüzióról? Milyen módszereket használhatunk?





A szenzorcsatolt robotnak a lényege, hogy van benne egy visszacsatolási ág a szenzorokból. A valós életben, ahol van 3-4 szenzorunk, amelyek az eredményt más időközönként küldik, vagy komoly késleltetéssel, azok nem megfelelő megoldás, hogy csak egyszerűen visszacsatoljuk a szenzorok jeleit. A robotnál ez úgy működik, hogy van egy irányító rendszer (feldolgozó egysége), a beavatkozó a környezetet fogjuk manipulálni, belső érzékelők (pl. a robot kar csuklóvisszacsatolása) és külső érzékelők melyek a környezetet érzékelik, amelyek azt nézik meg, hogy a környezetben magában milyen jellegű módosítást végeztem és ezek alapján csatolunk vissza. Az irányító rendszer a megadott feladata és a visszacsatolás alapján dolgozik.



Szenzorfüzió - Több különféle(!) szenzorból származó adatok együttes alkalmazása

Módszerek

Kálmán szűrő

Lineáris dinamikus rendszerek állapotát becsli

Zajos merekek

Rekurzív becslő:

előző becslő érték + szenzoradat → jelenlegi becslő érték

Bayes hálózatok

Véletlenszerű adatokban (változók és eredmények)

függőseket keres

Függősegek alapján következtet → tanul

Dempster-Shafer Elmelet

különböző források „bizonyosságai” -ra alapozott „ídelem”

### III.2 Ismertesse a valósídejűség kritériumait, és típusait. Milyen megoldásokat ismerűnk szenzorok késleltetésének korrígálására?

A valósídejűségnek a robotikában fontos szerepe van. Ha rendszernek van egy határideje a feladat elvégzése, és eltudja végezni a határidő betartása mellett, akkor valósídejű rendszerűről beszélűnk.

Azok a rendszerek, melyek gyorsak, de nem tudjuk minden alkalommal garantálni, hogy időre elvégzik a feladatukat, nem nevezzűk valósídejűnek, ellenben a nagyon lassű rendszer, melynek egy távoli határideje van, de mindig betartja, akkor az valósídejű. A szenzorok visszacsatolásának mindig valósídejűnek kell lenniűk. Abból, hogy a rendszer gyorsan működik, nem következik, hogy valósídejű.

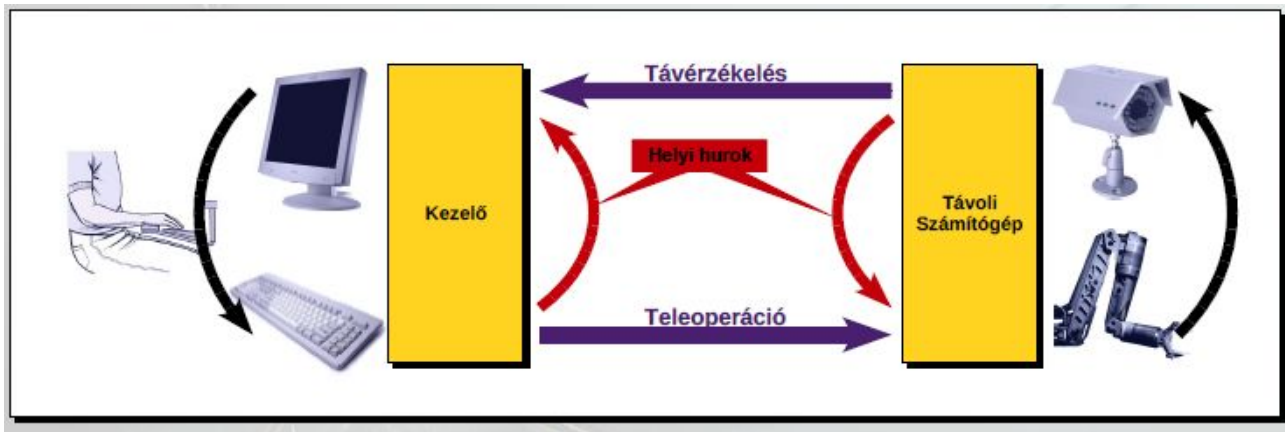
- **Szigorűan valósídejű** (hard real-time) rendszerek  
A művelet eredménye a határidő lejárta után használhatatlan, a teljes rendszerben kritikus hibát okozhat.
  - Végálláskapcsoló
  - Fék (gépkecsiban)
- **Lazán valósídejű** (soft real-time) rendszerek  
A művelet (egy-egy) eredménye a határidő lejárata után is használható, de a csökken a rendszer minősége.
  - Pl. egy-egy képkocka kimarad
  - Túlmintavételezés
  - Nem okoz közvetlenül problémát, de kell róla tudni
  - Másodlagos információt még hordozhat

### III.3 Mit jelent a teleoperáció és a távérzékélés? Ismertesse a Sheridan modellt. Részletezze a közeli és a távoli visszacsatolási hurkok tulajdonságait.

Teleoperációról akkor beszélűnk, ha a robot (vagy más eszköz) irányításakor nagy időbeli késleltetés van, vagy amikor sokkal kisebb az eszköz amit irányítok.

Van nekem egy eszközöm, tegyűk fel, hogy robotkar és egy érzékelűm, ami mondjuk rá egy kamera (de lehet más fajta érzékelű is), ami érzékeli amit csinál ez a eszköz. A másik oldalon van a kezelű, aki látja a képernyűt és valamilyen kezelűfelületen keresztül nagy késleltetéssel irányítja a robotkart. A távoli számítógépnek egy saját szabályozó köre van, ami önmagában vissza van csatolva (pl. hogy ne menjen neki a falnak), és képessé teszi, hogy egy alapjelet magától tudjon követni. A távérzékélés és késleltetve érkezik meg a kezelű oldalára. A kezelű felületen egy virtuális világban a rögtűn úgy látja, mint ha rögtűn megtörtént volna a módosulás, mely segítségével a beirányíthatja a robotkart megfelelő helyre. Bizonyos idő késleltetéssel tényleg megérkezik a robotkarhoz a jel, amely szerint mozogni fog, és szintén késleltetve megkapja a kezelű a képet, hogy hol van valójában a robotkar, mely korrígálja a virtuális világban a robot pozícióját és orientációját.





Virtuális valóság a teleoperációban („helyi visszacsatolási hurok”)

- Feladatok

o HMI (Human-Machine Interface)

Nem megfelelő merettartomány

Veszélyes, hozzáférhetetlen környezet

o Automatikus irányítás

Szabalyozo kor „távol” a beavatkozó szervtő

- Virtuális-valóság felügyelt teleoperáció

o Fizikai valóság → Virtuális tér

o Szabalyozas virtuális térben

o Robot csak vezérő jelet kap

o Szenzorvisszacsatolas korrigálja az állapotot

o Kinematikai/dinamikus modell

### Távoli visszacsatolási hurok

- Egyszerű visszacsatolas

o Alapjel egyszerű követése (tipikusan lineáris szabalyozas)

o Hibadetektalas, veszelyerzekeles

o Kesleltetes → lassu

o Biztonsagos működés

- Predikcios visszacsatolas

o Előre becsli az irányítást

o „Valosidejű” működés


o Komoly hibaarány (becsles minősegetől függ)

**III.4 Milyen vizuális visszacsatolási módszereket ismerünk? Mit jelent a perspektív torzítás? Mi a 4 pontos kalibráció lényege (képletekre nincs szükség)? Milyen módszereket ismerünk a térbeli pozícióvisszacsatolás megvalósításához.**

A visszacsatolás a képtartományban működik. Az érzékelő egy kamera, és arra próbál rászabályozni, hogy a bemeneten szereplő képet kapja kimenetként. A szabályozó kört jelet annak alapján állítom elő, hogy a két kép egymáshoz képest hogyan tér el.

A pozíció alapú visual servoing-nál 3D alapú kiértékelés van, ahol pedig azt adjuk meg, hogy a kamerához képest az robotnak hol kell elhelyezkednie 3D-ben. Ezekkel az információkkal szabályozunk. Lassú, pontatlan, mert nem pontosak a mérések és a modellem sem.

- „Visual servoing”
- IBVS (Kép-alapú ~)
  - 2D kiértékelés: többnyire képtér-pozíció

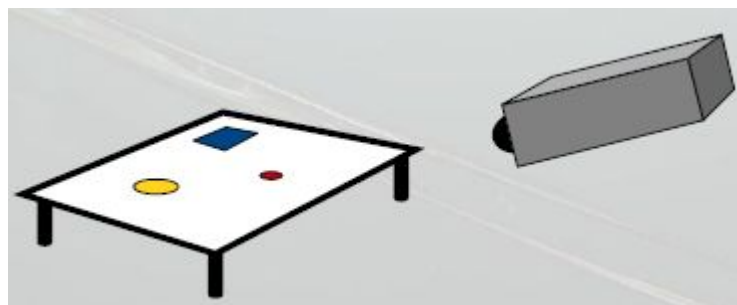


- PBVS (Pozíció-alapú ~)
  - 3D kiértékelés
    - Robot (megfogó, test stb.)
    - Környezet (tárgyak)
  - Pontatlan (érzékelő-, környezet-, robotmodell)
  - Lassú (teljes kép kiértékelése)
- Hibrid megoldások

Perspektív torzítás

Sík → sík: perspektív torzítás

$$\begin{bmatrix} x \cdot w \\ y \cdot w \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix}$$



8 paraméter szükséges ahhoz, hogy elvégezzük a perspektív korrekciót. Ezt a 8 paramétert úgy határozzuk meg, 4 darab sarok pontot ha tudom a pontos koordinátáit (8 darab értékem mivel x, y koordinátái vannak), melyekre felírom a szükséges képleteket, mellyel megoldom a 8 darab lineáris egyenlet rendszert, mely a korrekcióhoz szükséges.

## Térbeli pozícióvisszacsatolás

Sokféle megoldásunk van. Ha egy kamerával van, akkor általában kevés információt ad (de vannak esetek amikor elég, pl. mikroszkópoknál defókuszáltságból következtetni lehet).

Tipikusan egy sztereó kamerapárt használunk, amelynek a lényege, hogy megkeressük a képen a képpont párokat, és attól függően, hogy a két kép képpontjai között milyen eltolás van, határozom meg a 3D koordinátát. Az alapvető az egyszerűbb algoritmusok csak azokra a pontokra működik, melyeket mindkét kamera rögzít.

Több kamera - több részlet, redundancia.

## Térbeli pozícióvisszacsatolás

- Egy kamera → kevés információ (Speciális megoldások)
- Sztereó kamerapár
  - Redundancia
  - Csak a mindkét kamera által látott pontok!
- Sok-kamerás rendszer
  - Redundancia
  - Több részlet
  - Speciális megoldások: pl. Visual hull

$$(x, y, z) \begin{cases} \bullet \rightarrow ({}^L u, {}^L v) \\ \bullet \rightarrow ({}^R u, {}^R v) \end{cases}$$

