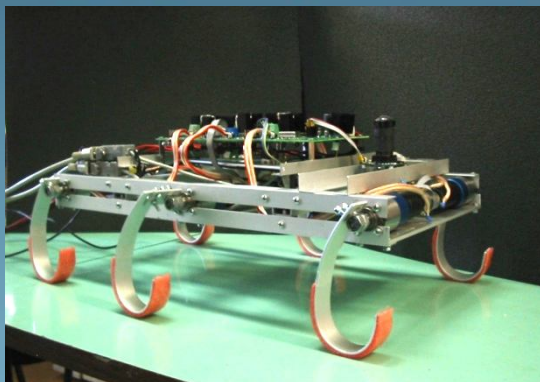


Mobil robotok gépi látás alapú navigációja

Vámossy Zoltán
Budapesti Műszaki Főiskola
Neumann János Informatikai Kar



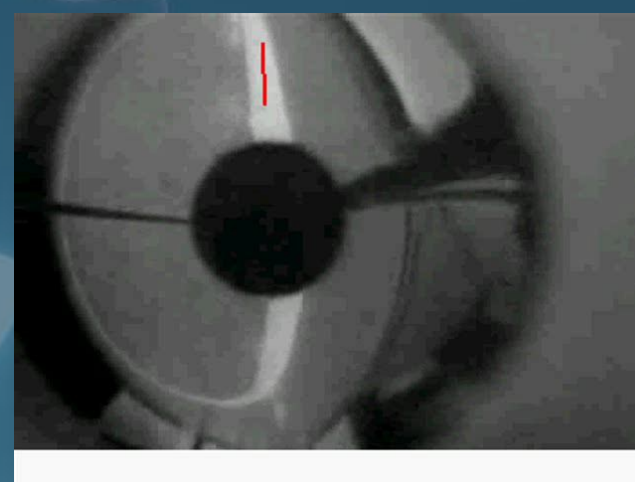
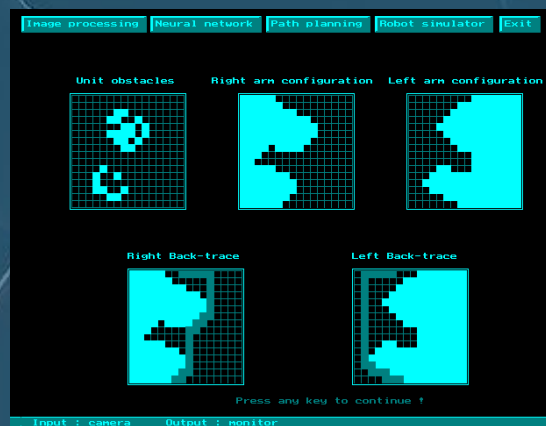
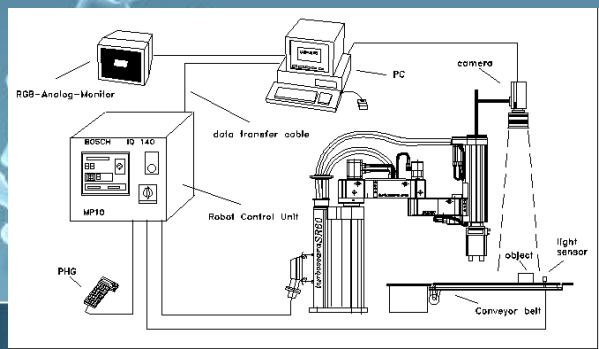


Tartalom

- Bevezetés és a kutatások előzményei
- Célkitűzések és alkalmazott módszerek
- Körbelátó szenzorok, PAL optika
- Akadályelkerülés, pályatervezés
- Kültéri navigációhoz kapcsolódó eredmények
- Szakma specifikus alkotások
- Összegzés



BEVEZETÉS ÉS A KUTATÁSOK ELŐZMÉNYEI



2009. 10. 24.

Mobil robotok gépi látás alapú navigációja



CÉLKITŰZÉSEK

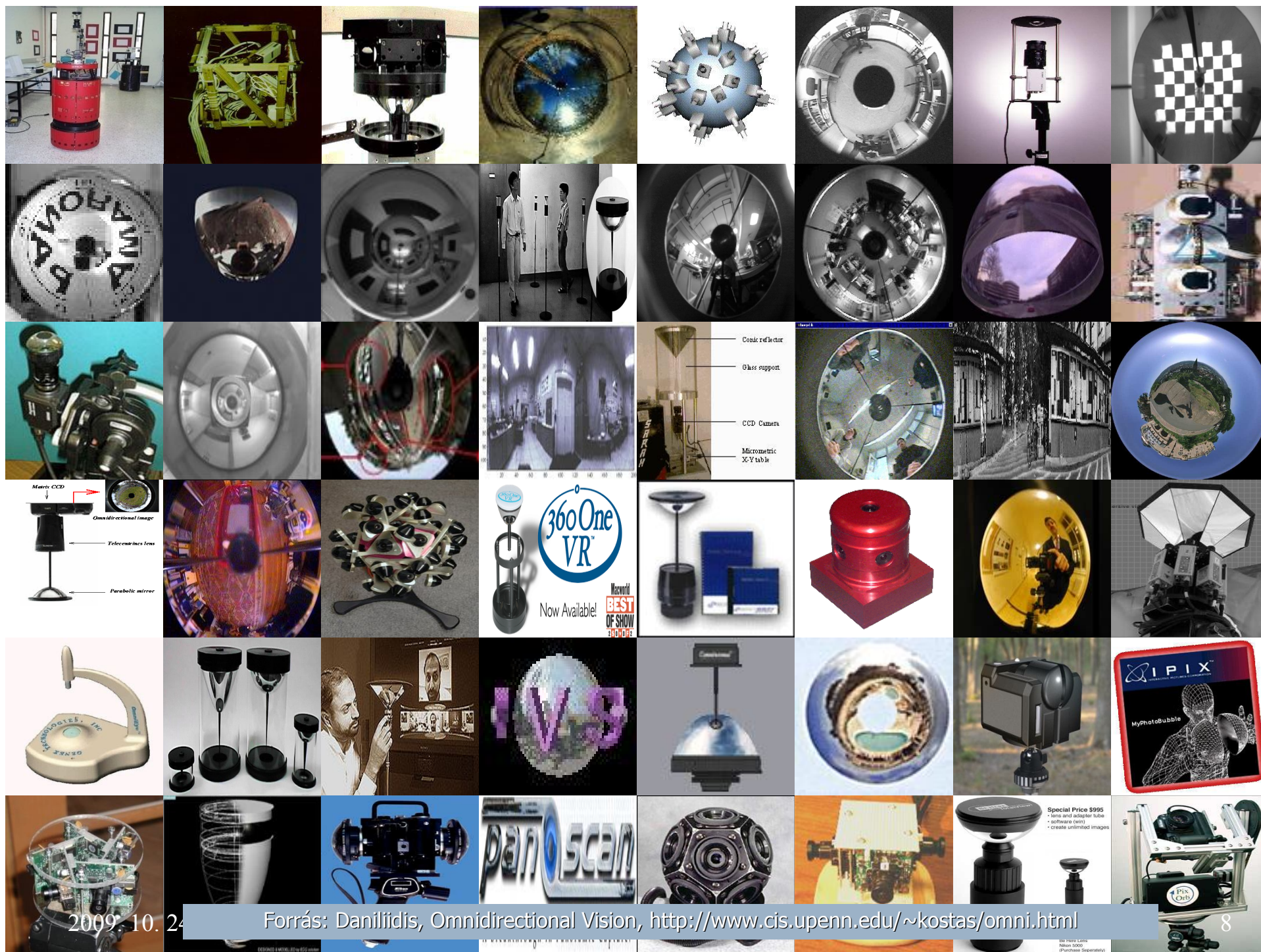


Célok

- Akadályelkerülési, pályatervezési módszerek vizsgálata különböző reprezentáció esetén
- Ismert és ismeretlen kültéri környezetben lokalizáció
- Térképkészítés PAL képsorozatból
- Járési stratégiák kifejlesztése
- Guruló robot fejlesztés és navigáció
- PAL képsorozatok minőségi javítása

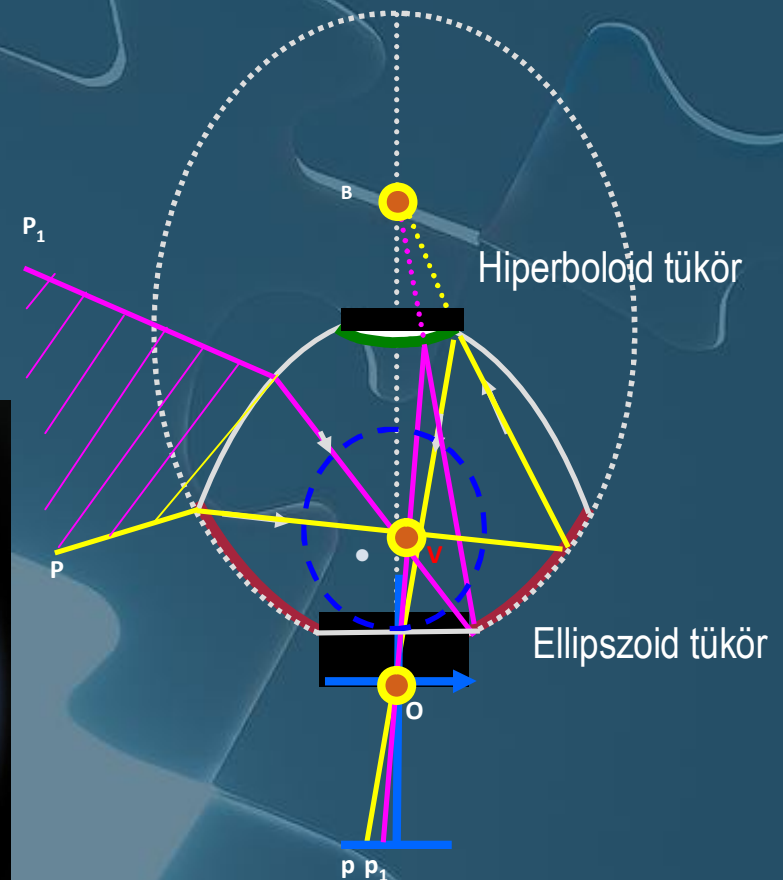


KÖRBELÁTÓ SZENZOROK, PAL OPTIKA





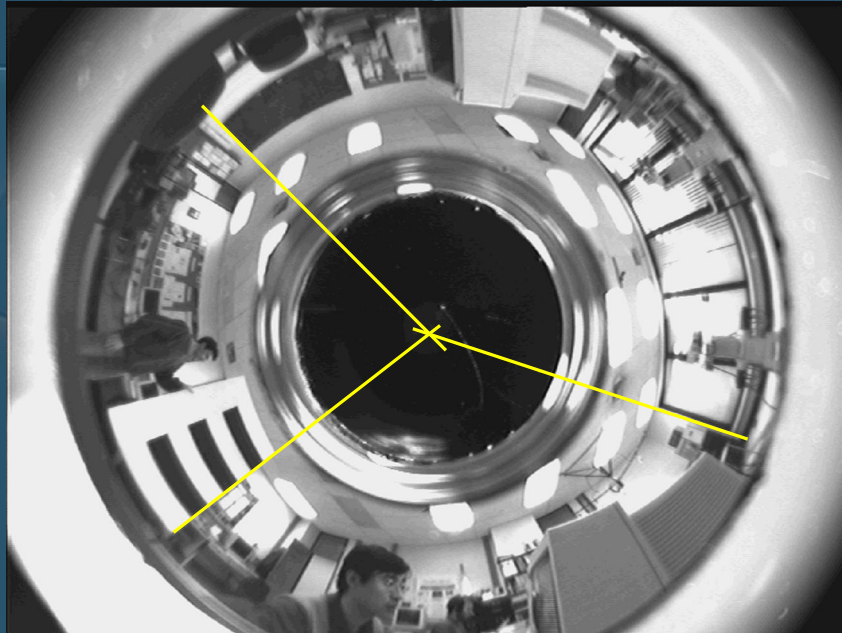
PAL optika és modellje



Forrás: Z. Zhu, E. M. Riseman, A. R. Hanson, "Geometrical Modeling and Real-Time Vision Applications of a Panoramic Annular Lens (PAL) Camera System", Technical Report TR #99-11, Comp. Science Dep., Univ. of Massachusetts, 1999, pp. 1–33.



Képkiterítés és kalibráció



Két lépés:

1. Közeppont

2. Torzítás megszüntetés

- másodrendű approximáció



Forrás: Z. Zhu, E. M. Riseman, A. R. Hanson, "Geometrical Modeling and Real-Time Vision Applications of a Panoramic Annular Lens (PAL) Camera System", Technical Report TR #99-11, Comp. Science Dep., Univ. of Massachusetts, 1999, pp. 1–33.

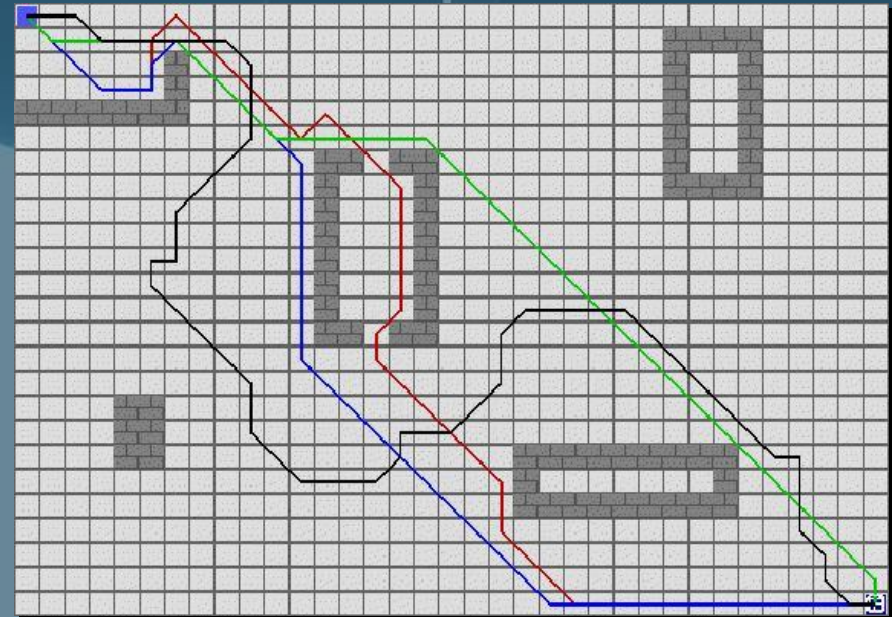


BELTÉRI NAVIGÁCIÓ ÉS AKADÁLYELKERÜLÉS



Beltéri navigáció és akadályelkerülés

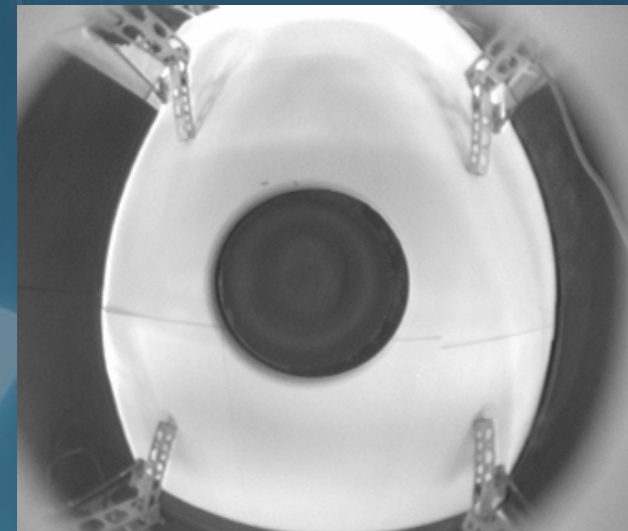
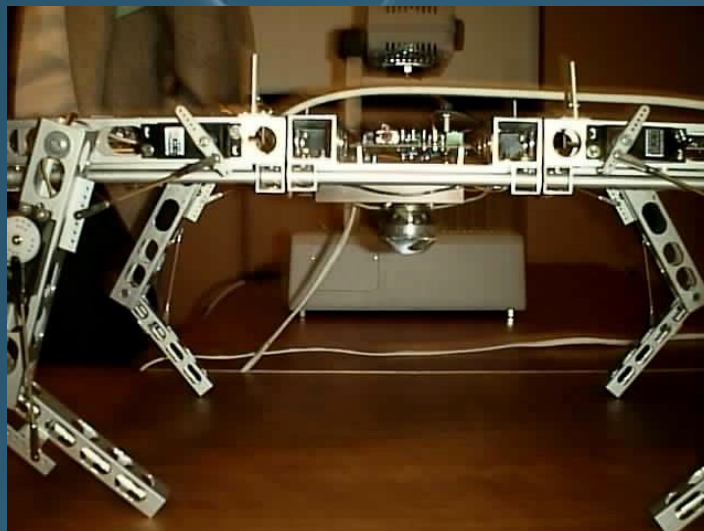
- *Pályatervezési algoritmusokat valósítottam meg és hasonlítottam össze foglaltsági hálós térkép-reprezentáció esetében.*
- Szabályalapú
- Neurális hálós
- Hullám-továbbterjesztéses
- Tanuló algoritmus
- Gráf bejárás
- Módosítások





Beltéri navigáció és akadályelkerülés

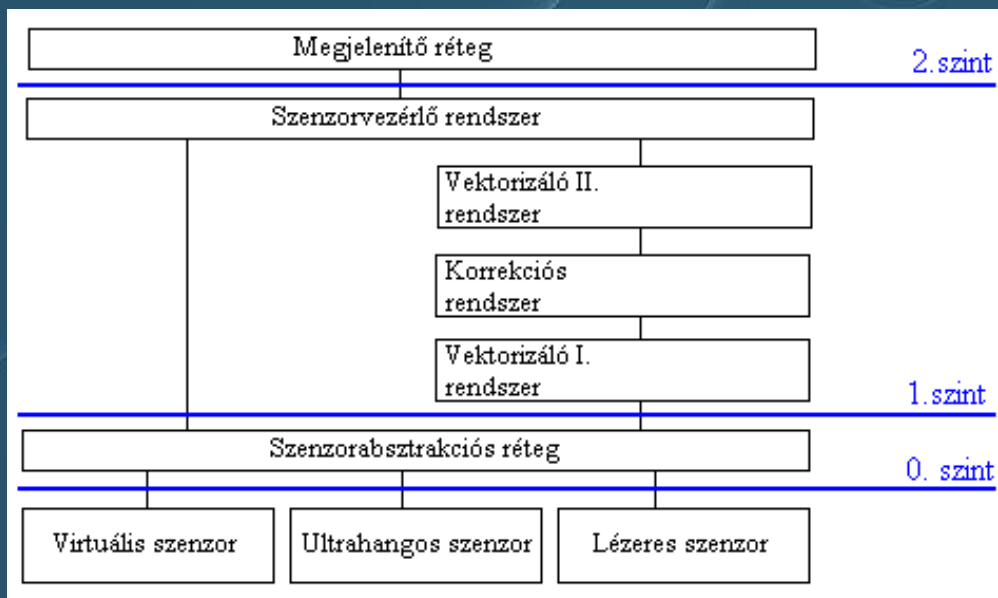
- *Képfeldolgozás alapú eljárást fejlesztettem ki négy lábú lépegető mobilrobotot lábkörnyezetének valós idejű vizsgálatára és az akadályelkerülésre PAL használatával.*



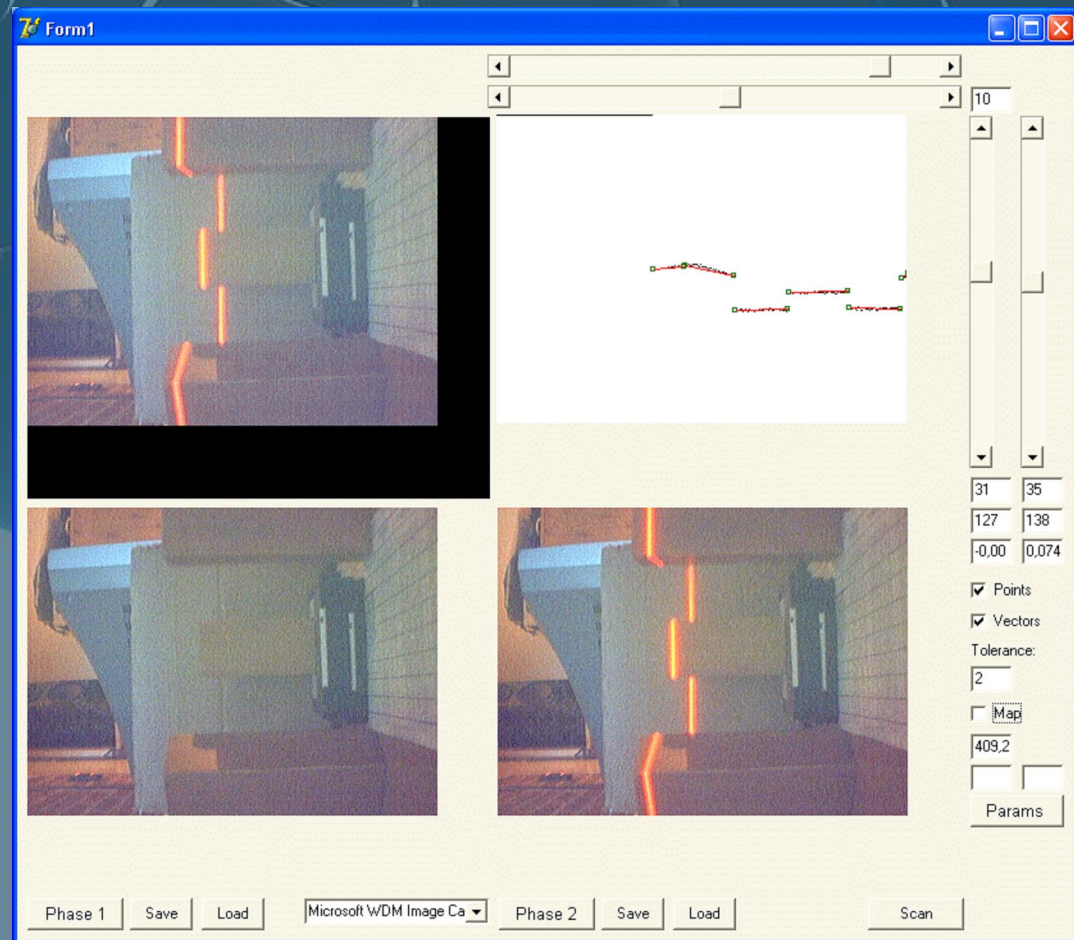
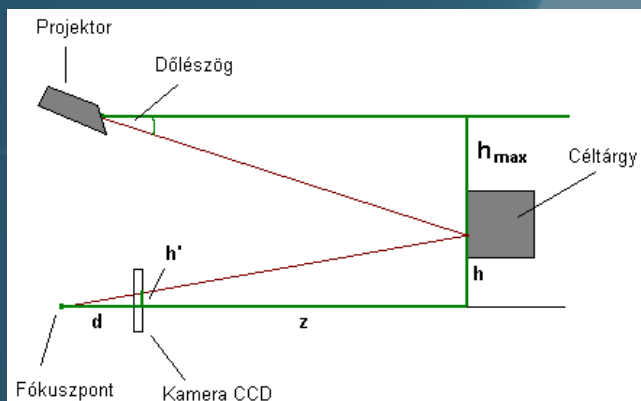
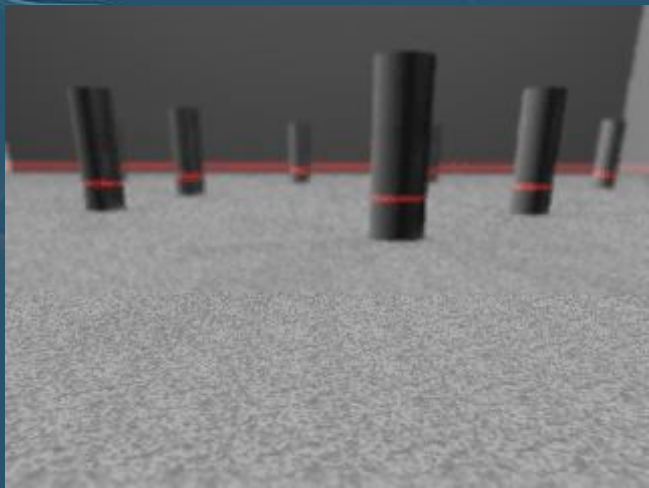


Beltéri navigáció és akadályelkerülés

- Módszert adtam robot navigációnál alkalmazható akadálydetektálásra strukturális megvilágítást alkalmazó képfeldolgozás használatával.*



Strukturált megvilágítás és a rendszer



2009. 10. 24.

Mobil robotok gépi látás alapú navigációja

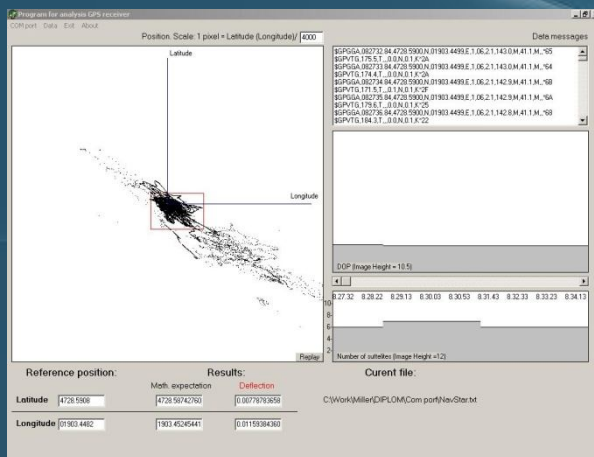
15



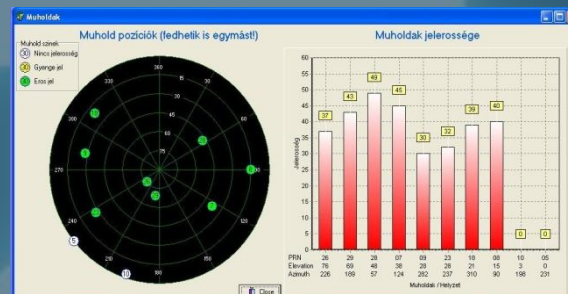
KÜLTÉRI NAVIGÁCIÓ ÉS KÖRBE LÁTÁS ALAPÚ TÉRKÉPKÉSZÍTÉS

Kültéri navigáció és körbelátás alapú térképkészítés

- *Megoldást adtam mobil robot kültéri durva lokalizációjára GPS használatával;*



2009. 10. 24.



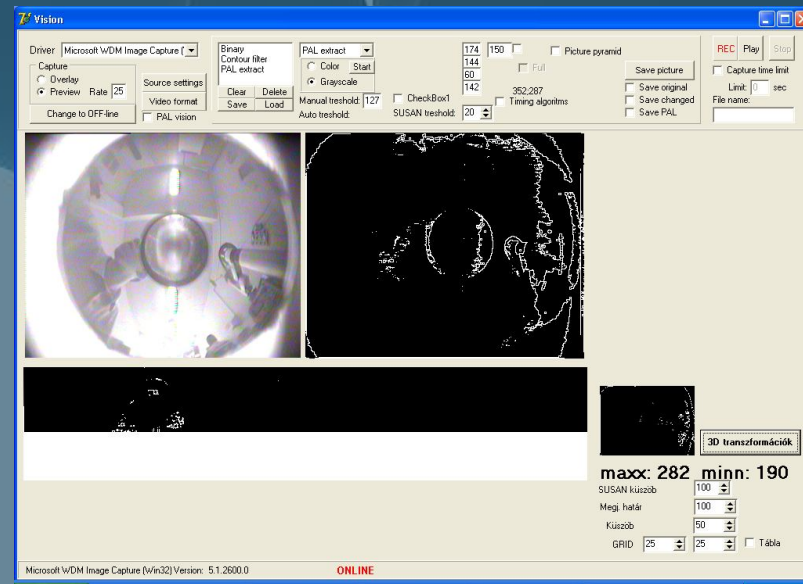
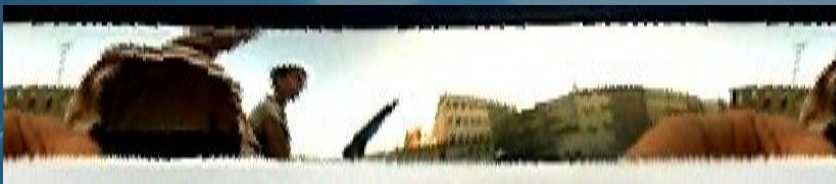
Mobil robotok gépi látás alapú navigációja



17

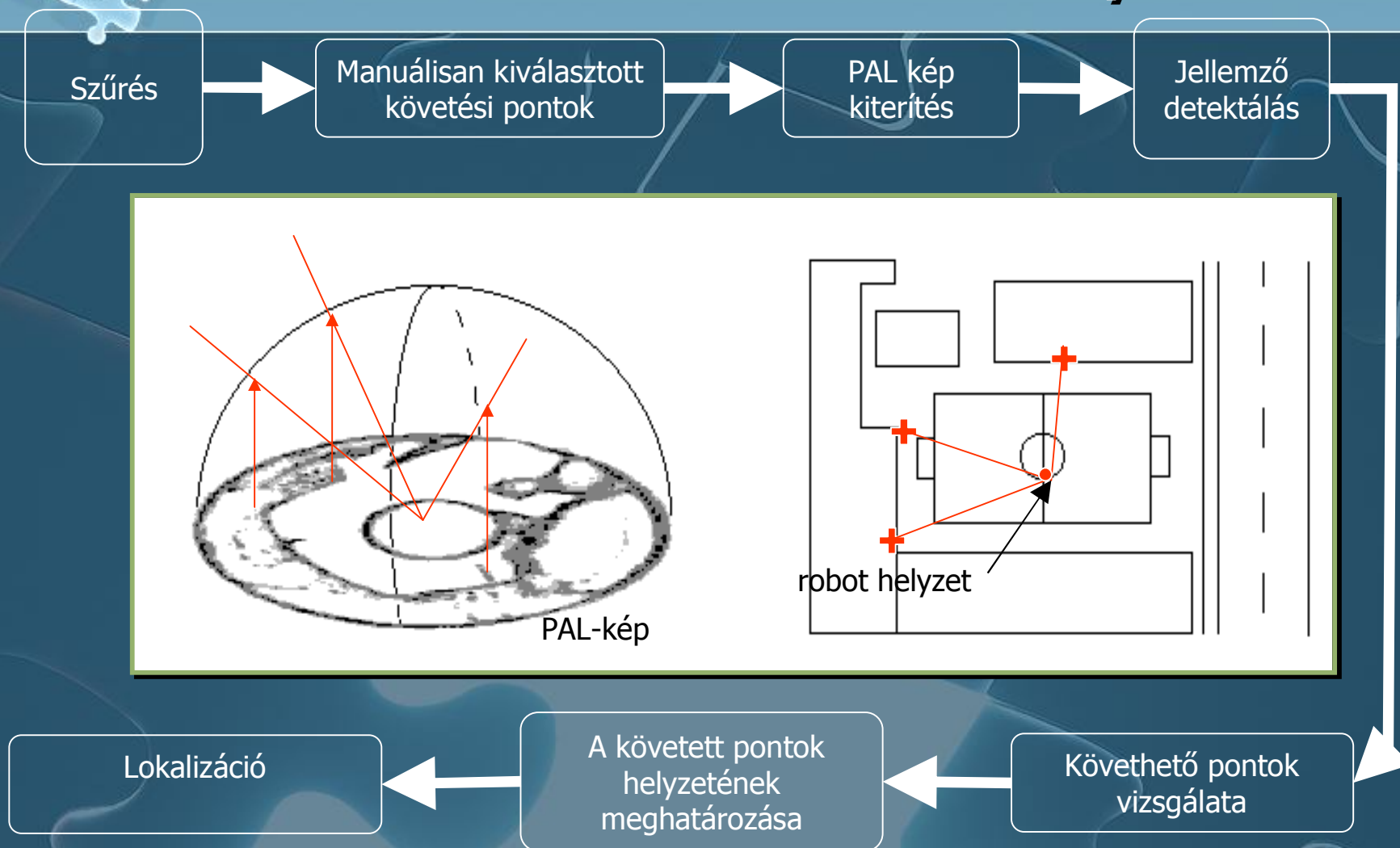
Kültéri navigáció és körbelátás alapú térképkészítés

- *Eljárást dolgoztam ki és valósítottam meg mobil robot kültéri lokalizációjának pontosítására ismert környezetben, körbelátó képek használatával.*



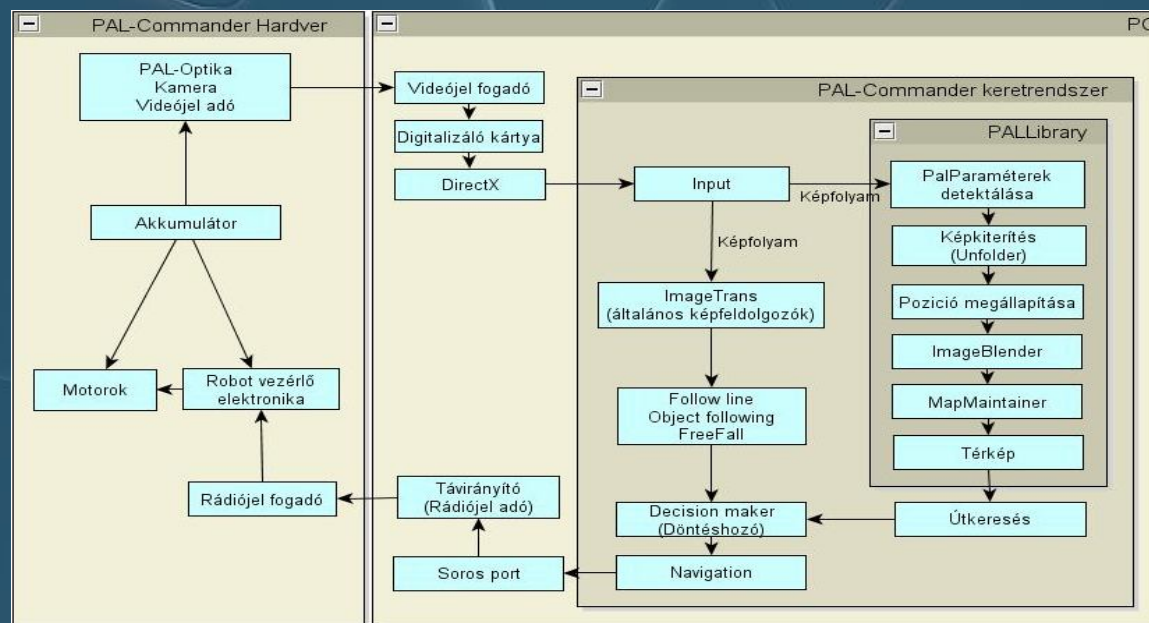


Lokalizáció ismert környezetben

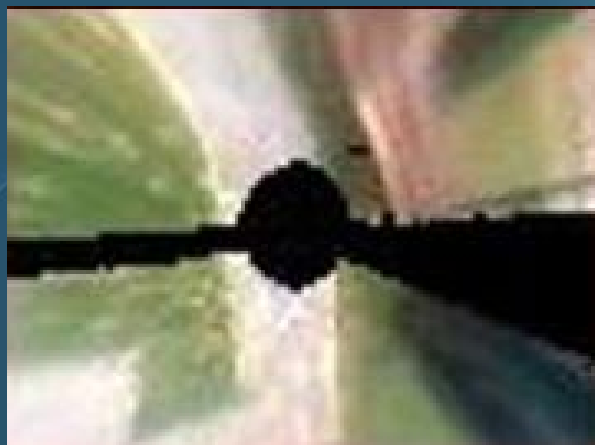
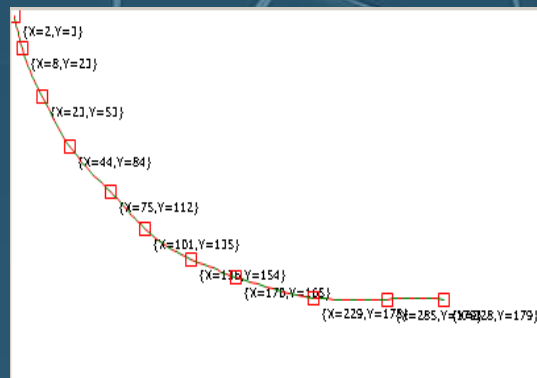


Kültéri navigáció és körbelátás alapú térképkészítés

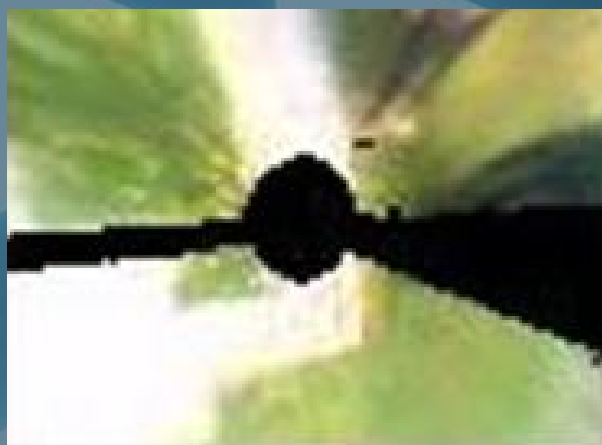
- Mobil robotok navigálásának céljából eljárást dolgoztam ki és valósítottam meg topológiai és felülnézeti térképek létrehozására.*



Virtuális felülnézeti transzformáció és összeillesztés



+



⇒



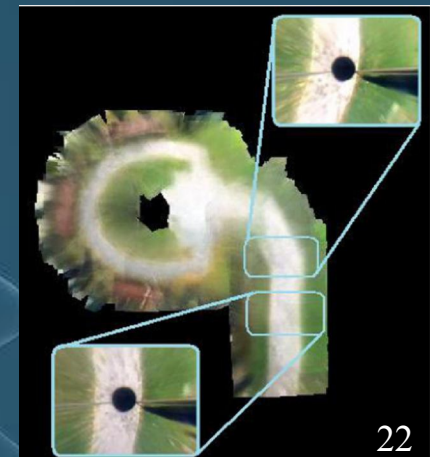
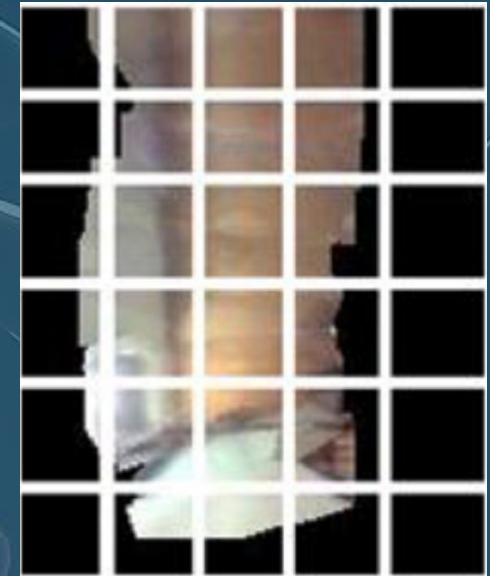
2009. 10. 24.

Mobil robotok gépi látás alapú navigációja

21

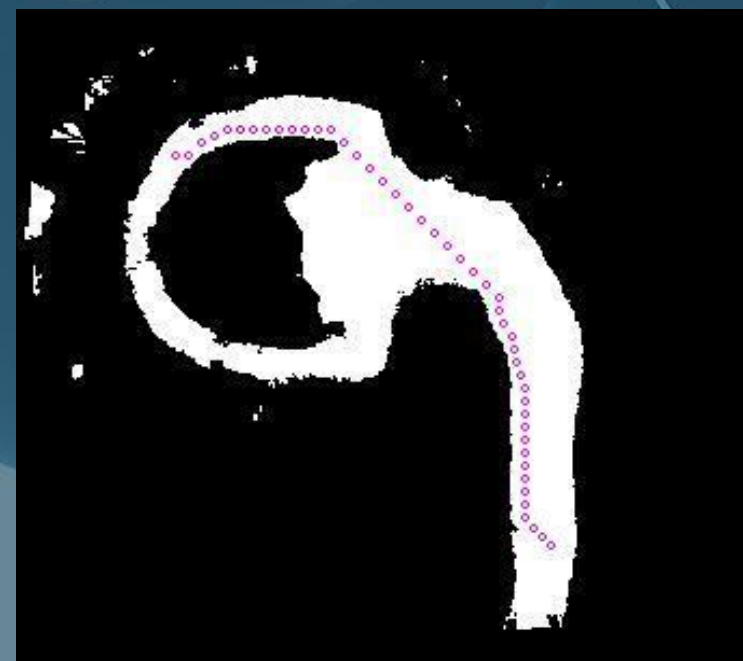
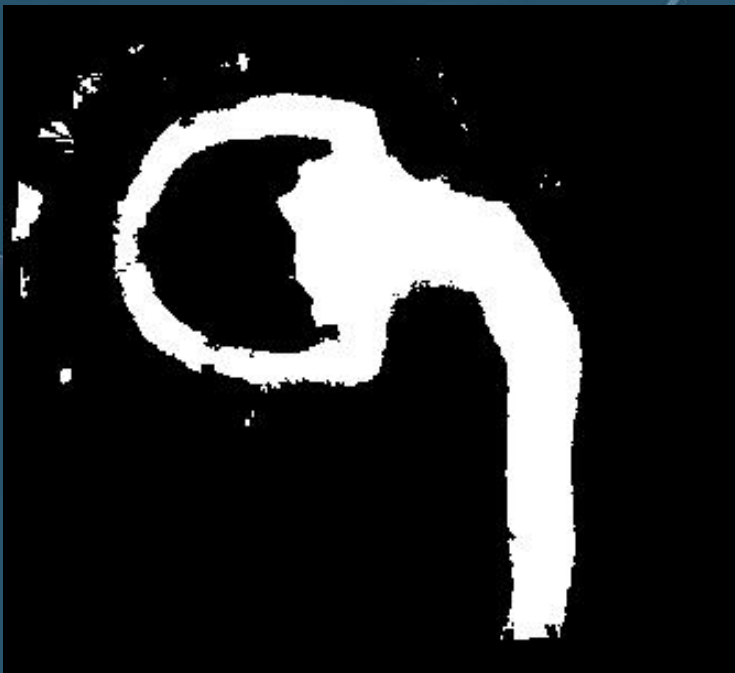


Térképezési folyamat és lokalizáció





Pályatervezés

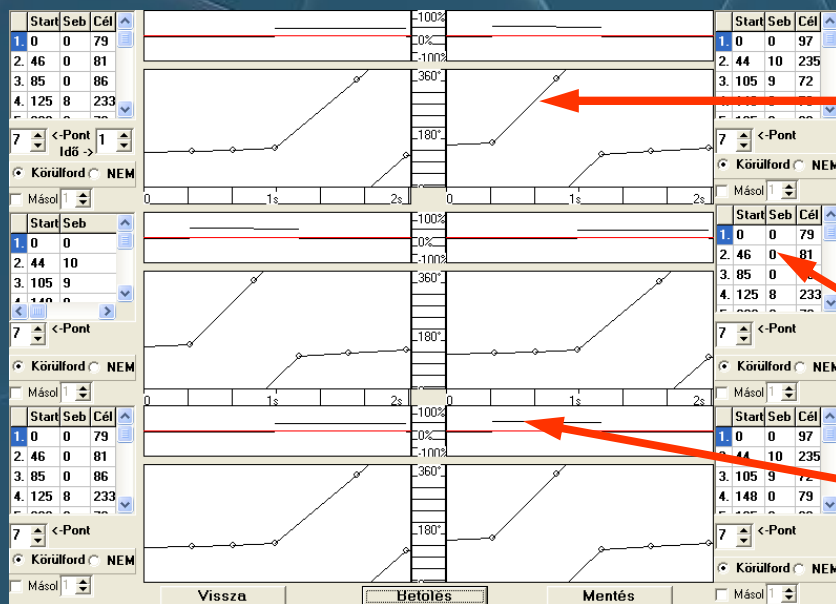




SZAKMA SPECIFIKUS ALKOTÁSKÉNT MEGVALÓSÍTOTT RENDSZEREK

Szakma specifikus alkotásként megvalósított rendszerek

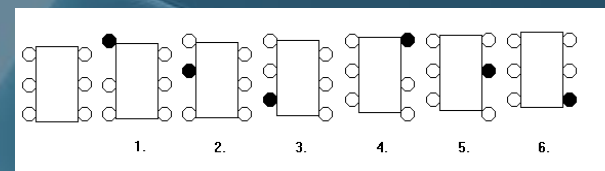
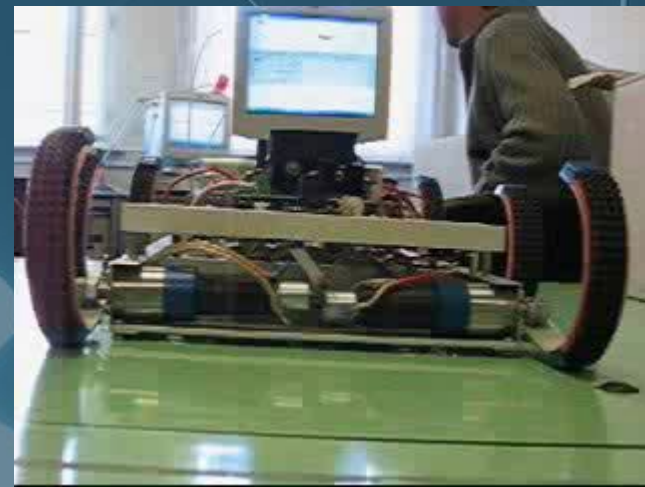
- *Saját készítésű négylábú és hatlábú robotokon járási stratégiákat vizsgáltam és mozgásszerkesztő szoftvereszközt készítettem járási algoritmusok kialakításához.*



Pozíció az idő függvényében

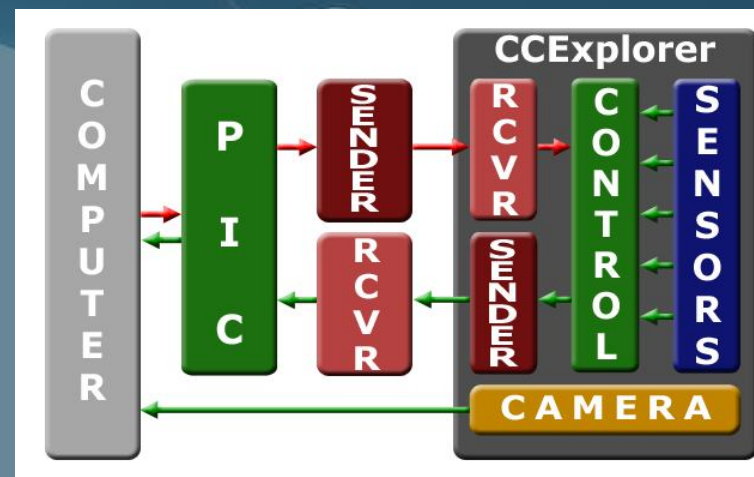
„Célpontok” adatai

Sebesség



Szakma specifikus alkotásként megvalósított rendszerek

- Saját fejlesztésű és készítésű guruló és lépegető robotoknál az előző tézisek fizikai megvalósításán keresztül bemutattam a kifejlesztett navigációra és térképezésre irányuló algoritmusok és módszerek működését.*





Optikai fo

- Képinformáció előfeldolgozás
- 2D kameraképből 3D adatok
- Képkockák intenzitásának összehasonlítása
- Elmozdult pixel pozíciójának meghatározása
- Vektorok értelmezése: közeli és távoli pontok
- Terepből kiemelkedő akadályok észlelése





Navigálás





Szakma specifikus alkotásként megvalósított rendszerek

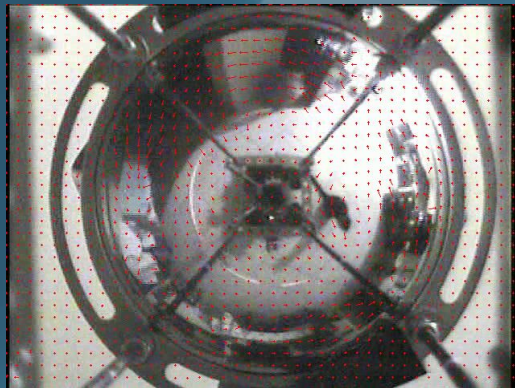
- *Saját megvalósítású roboton keresztül megmutattam a PAL optika és a körbelátó szenzorok képének minőségi javítását és így összetett navigálási feladatokban történő alkalmazhatóság hatékonyabb lehetőségét.*



Helyreállítás alapú super-resolution

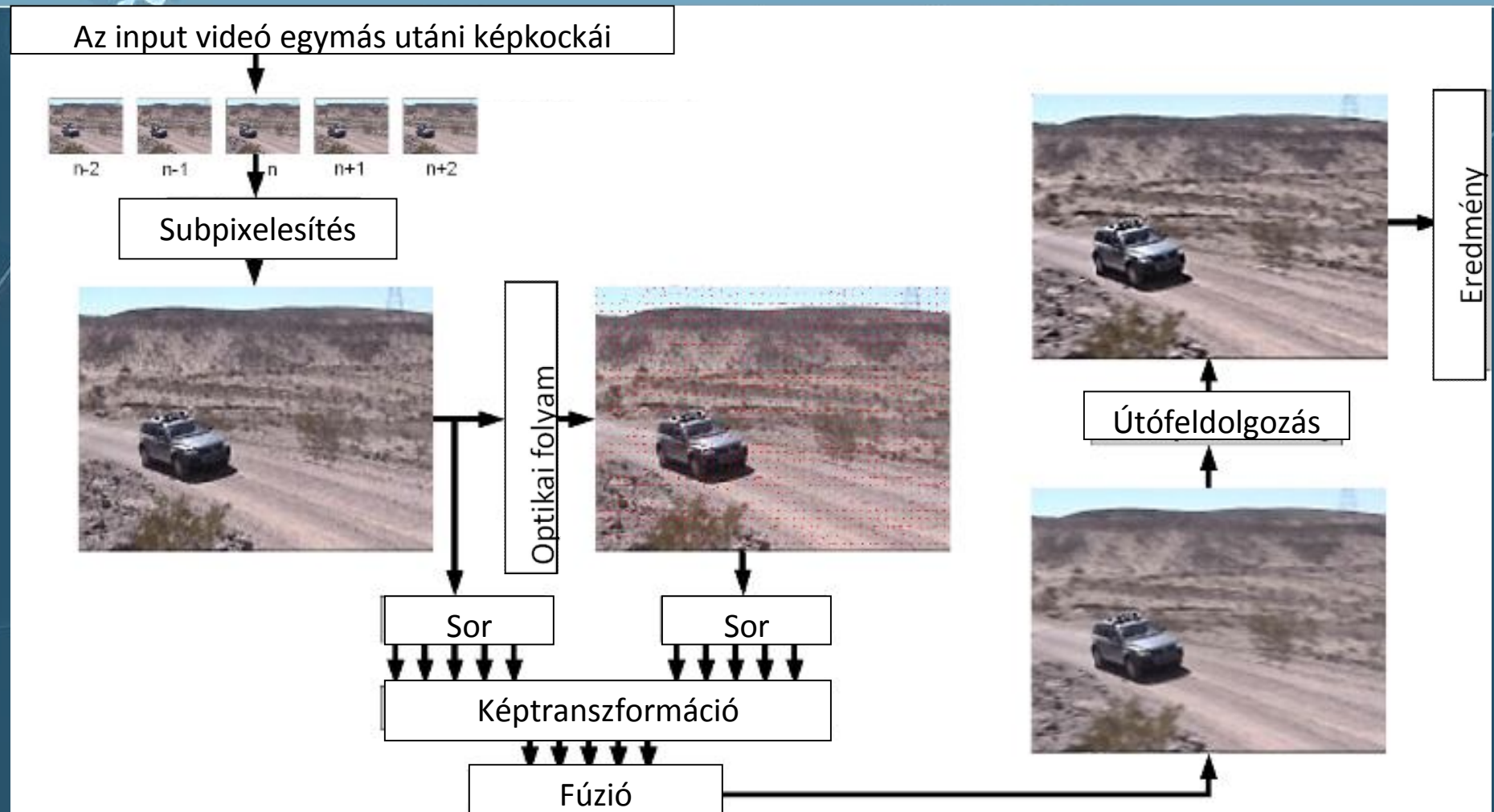
Cél:

- Videó szekvenciák minőségének javítása
- Optikai folyam technikák összehasonlítása
- Körbelátó kamerával készített képsorozatok felbontásának növelése és minőségjavítása





A rendszer felépítése





Vizsgált optikai folyam módszerek

- *Lucas-Kanade (LK)*: a vektorok a homogén régiók széleinél pontosak → a többi részen elmosódások
- *Piramis alapú LK*: nagy mozgásokat is tud detektálni, de a hiba is növekszik → torzulások és elmosódások
- *Horn-Schunck*: a homogén területek belsejében pontosabbak a vektorok. Ezeket a terület határának vektorai alapján határozzák meg (globális technika)
- *Block matching*: nagyobb blokkméret esetén pontosabbak a vektorok, de sok pixelhez ugyanaz a vektor → csökken a pontosság



Összegzés

- Számos mobilrobotot (gurulót, lépegetőt) fejlesztettem ki
- Akadályelkerülési, térképkészítési és navigációs feladatokat oldottam meg
- Körbelátó optikával készített képsorozatokot használtam fel e feladatokban
- Bizonyos megoldások általánosan is alkalmazhatók (GPS, képminőség javítás, akadálydetektálás)



**KÖSZÖNÖM MEGTISZTELŐ
FIGYELMÜKET!**



Optikai folyam módszer

- A (2D) képtérben a pixel mozgás számítása
- A mozgó pixel **intenzitása nem változik az időben**

$$I(x, y, t) = I(x + \Delta x, y + \Delta y, t + \Delta t)$$

- A jobb oldal Taylor sorba fejtése és **kis elmozdulás**

$$I(x + \Delta x, y + \Delta y, t + \Delta t) = I(x, y, t) + \Delta x \frac{\partial I}{\partial x} + \Delta y \frac{\partial I}{\partial y} + \Delta t \frac{\partial I}{\partial t}$$

$$I(x, y, t) = I(x, y, t) + \Delta x I_x + \Delta y I_y + \Delta t I_t$$

$$0 = \Delta x I_x + \Delta y I_y + \Delta t I_t \quad \longrightarrow \quad 0 = \frac{\Delta x}{\Delta t} I_x + \frac{\Delta y}{\Delta t} I_y + I_t$$



Optikai folyam módszer

$$0 = \frac{\Delta x}{\Delta t} I_x + \frac{\Delta y}{\Delta t} I_y + I_t$$

$$u = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$v = \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

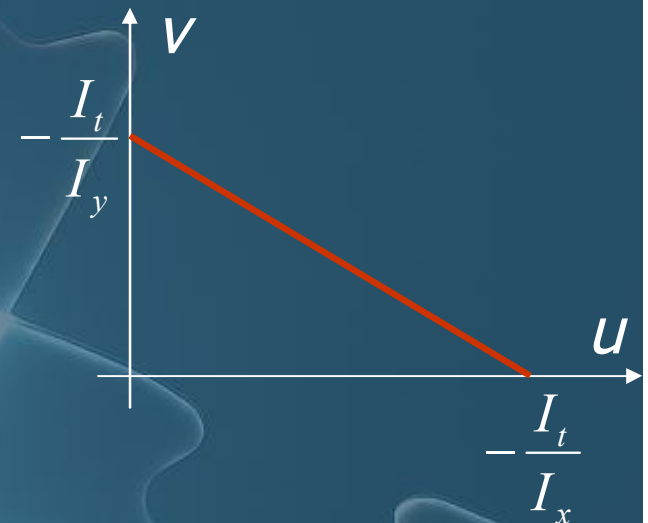
$$uI_x + vI_y + I_t = 0$$

Konstans intenzitás feltételből

$$v = -u \frac{I_x}{I_y} - \frac{I_t}{I_y}$$

Az (u, v) térben ez egy egyenes egyenlete

- I_x , I_y és I_t ismert a képből
- Minden pontra egy egyenletet eredményez
- Ismeretlenek: u , v
- A megoldás valahol az egyenesen van





Lucas & Kanade módszer

- Egy energia-kifejezést definiál és a minimumát keresi
 - A deriváltja tehát 0

$$E = \sum (uI_x + vI_y + I_t)^2$$

$$\frac{\partial E}{\partial u} = \sum 2I_x(uI_x + vI_y + I_t) = 0$$

$$\frac{\partial E}{\partial v} = \sum 2I_y(uI_x + vI_y + I_t) = 0$$



Lucas & Kanade módszer

$$\frac{\partial E}{\partial u} = \sum 2I_x(uI_x + vI_y + I_t) = 0$$

$$\sum uI_x^2 + \sum vI_xI_y + \sum I_xI_t = 0$$

$$u \sum I_x^2 + v \sum I_xI_y = -\sum I_xI_t$$

$$\begin{bmatrix} \sum I_x^2 & \sum I_xI_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -\sum I_xI_t$$

$$\frac{\partial E}{\partial v} = \sum 2I_y(uI_x + vI_y + I_t) = 0$$

$$\sum uI_xI_y + \sum vI_y^2 + \sum I_yI_t = 0$$

$$u \sum I_xI_y + v \sum I_y^2 = -\sum I_yI_t$$

$$\begin{bmatrix} \sum I_xI_y & \sum I_y^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = -\sum I_yI_t$$

$$\overbrace{\begin{bmatrix} \sum I_x^2 & \sum I_xI_y \\ \sum I_xI_y & \sum I_y^2 \end{bmatrix}}^A \overbrace{\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix}}^u = \overbrace{\begin{bmatrix} -\sum I_xI_t \\ -\sum I_yI_t \end{bmatrix}}^B$$



Lucas & Kanade módszer

$$Au = B \quad A^{-1}Au = A^{-1}B \quad Iu = A^{-1}B \quad u = A^{-1}B$$

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum I_x^2 & \sum I_x I_y \\ \sum I_x I_y & \sum I_y^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} -\sum I_x I_t \\ -\sum I_y I_t \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \frac{1}{\sum I_x^2 \sum I_y^2 - (\sum I_x I_y)^2} \begin{bmatrix} \sum I_y^2 & -\sum I_x I_y \\ -\sum I_x I_y & \sum I_x^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\sum I_x I_t \\ -\sum I_y I_t \end{bmatrix}$$

Optical flow piramis módszerrel

