Járműre rögzített érzékelők kalibrációja

Hajder Levente

TKP Workshop
Eötvös Loránd Tudományegyetem, Informatikai Kar

NATIONAL RESEARCH, DEVELOPMENT AND INNOVATION OFFICE
HUNGARY

PROGRAM FINANCED FROM THE NRDI FUND

Bevezetés

- Kameraképek feldolgozása a számítógépes látás alapfeladata.
- TKP projekttervem eredeti célja: pontalapú 3D látás kiterjesztése
  - **affin transzformációkkal.**
- Alkalmazási terület: autonóm járművek látó rendszerei.
  - Kamerák és LiDAR szenzorok rögzítése járművekre.
  - ELTE szempontjából fontos terület: *kutatási*, *fejlesztési* és *oktatási* szempontból egyaránt.
- Ipari alkalmazáshatóság kiemelt szempont:
  - Demonstrációkat készítettünk javasolt megoldásainkhoz.
  - Bosch-al kapcsolat alakul.

Haladás az őszi félévben

- Mérőautó fejlesztése (ELTECar)
  - Szenzorpark bővítése (*Kovács Bandó*)
  - Mérések közzétéle (*Szalai-Gindl János*)
- Affin transzformációk alkalmazása a 3D látásban
  - Normálvektorok optimális becslése (*Lóczi Lajos*)
  - Vizuális debugger
- Kamera-LiDAR kalibráció
  - Automatikus működés
- Vizuális odometria
  - Kamera rögzítésének képi javítása

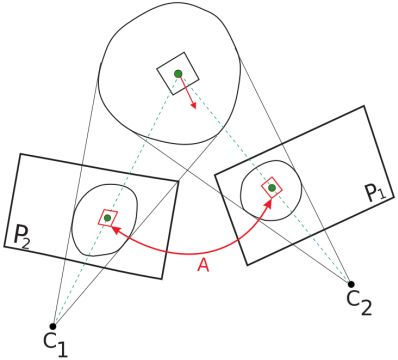
Egyéb

- Reading group/szeminárium: kéthetente
- Ipari együttműködés: Robert Bosch GmbH
- COST pályázat beadása

Mérőautó fejlesztése (ELTECar)

- Meglévő szenzorpark
  - LiDAR (autó tetején)
  - Max. 6 db kamera (autó tetején)
  - GPS (normál pontosságú)
  - IMU (szoftveres beillesztés a napokban)
- Hamarosan (?)
  - Ultrahangos érzékelő
  - Radar
- Valós idejű müködés 1-4 FPS/MPS/... sebességgel
- Nagytömegű adatgyűjtés elkezdődött.
  - *Szalai-Gindl Jánossal* közösen: adatok közzététele
  - Kinek kell adat ???

Optimális normálvektorbecslés gyorsan



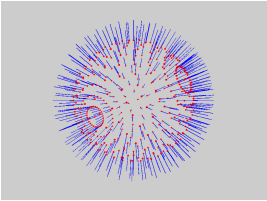
- **Affin transzformációk és kameraparaméterek meghatározzák a felületi normálvektort**
  - Optimális megoldás létezik [Barath & Hajder 2015.]
  - Eredeti megoldás: hatodfokú polinom gyökén keresztül.
  - Harmadfokú megoldás is létezik. [Le Minh & Hajder 2020]

Optimális normálvektorbecslés gyorsan

- A feladat matematikai alakja

$$\arg_{\mathbf{n}} \min \sum_{i=1}^{4} \left\| a_i - \frac{\mathbf{w}_i^T \mathbf{n}}{\mathbf{w}_5^T \mathbf{n}} \right\|^2 \tag{1}$$

  - $\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 \\ a_3 & a_4 \end{bmatrix}$ az affin transzformáció
  - $\mathbf{w}_i$: a kameraparaméterek és a térbeli pont függvénye
  - $\mathbf{n}$: a keresett felületi normálvektor
- Új eljárás elsőfokú polinomra vezeti vissza a megoldás
  - Sok szorzás és összeadás + 1 db. osztás



Affin transzformációk alkalmazása a 3D látásban - Vizuális debugger

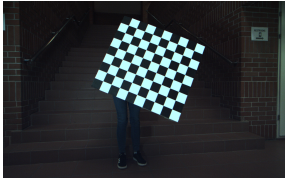
- Eredmények kiértékelése nem triviális feladat.
- Speciális esetek felderítése gondot okoz.

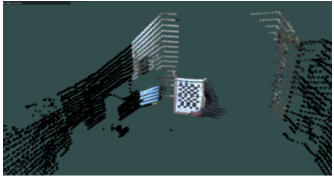
LiDAR-kamera kalibrálás

- Különböző érzékelőket együtt használni nagy kihívás.
- Az érzékelőket közös rendszerbe kell helyezni.
  - Külső paraméterek (pozíció, nézeti irány) kalibrálása szükséges.
- Kifejlesztettünk két eljárást:
  1. Félautomatikus, sakktáblák segítségével;
  2. Automatikus, gömbök segítségével.

LiDAR-kamera kalibrálás sakktáblával

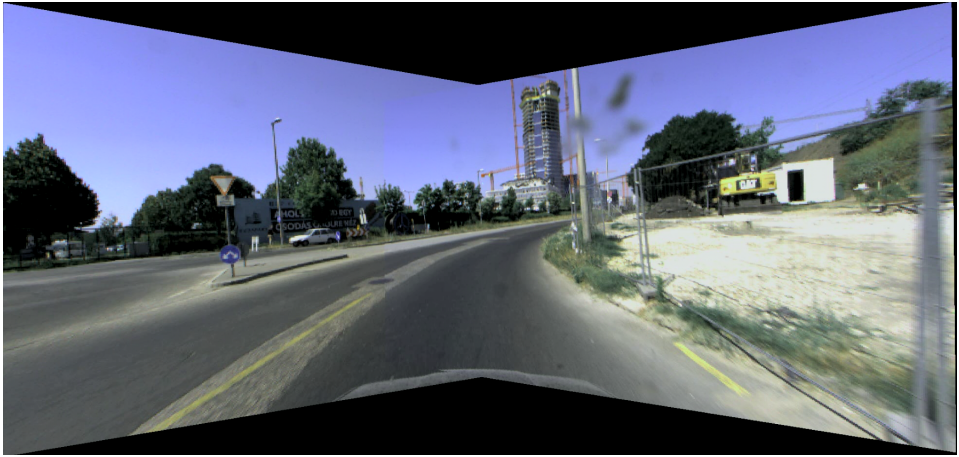
- A kemerát és a LiDAR érzékelőt egy speciális, egyedi gyártású elemmel összekötöttük.
  - Az összekötő saját tervezés, 3D nyomtatóval készült.
- Kamera kalibrálása egy forgatási szög meghatározására redukálódik, normálvektorok ismerete szükséges.
  - Normálvektor kameraképből: sakktáblához tartozó transzformáció felbontásával.
  - Normálvektor pontfelhőből: sakktábla síkjának illesztéséből.
- Továbbfejlesztés: sok sakktábla esetén túlhatározott eset; automatikus re-kalibráció lehetséges.





Kameraképek feldolgozása

- Képek összefűzése
  - Nagyobb látószög érhető el.

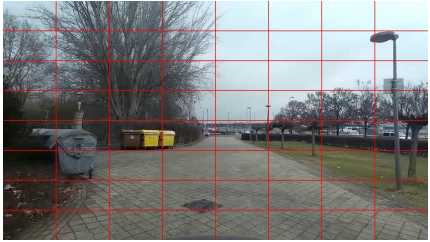


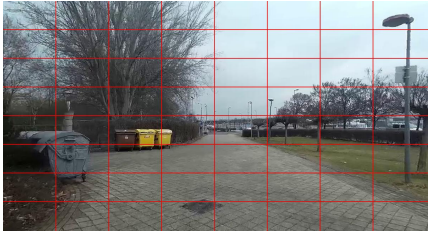
Valós idejű talajdetektálás

- Talaj síkjának detekciója valós időben
  - RANSAC robusztus algoritmus alkalmazásával

Kameraképek feldolgozása

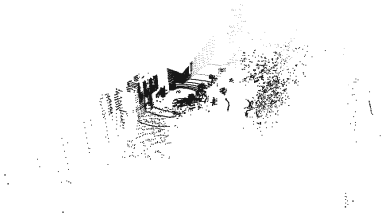
- Síkmozgás feltételezése előnyös.
  - Például mozgásbecslés 5 szabadságfokról 2-re csökkenthető.
- Síkmozgás feltételetéséhez a kamerát precízen be kell állítani
  - Képsík merőleges legyen a talajra és
  - a pixelek függőleges iránya párhuzamos a gravitációs vektorral.
- A korrekció algoritmikusan is elvégezhető. Két módszert dolgoztunk ki
  - Talaj síkjának detektálásával;
  - Pontok a horizont körül.





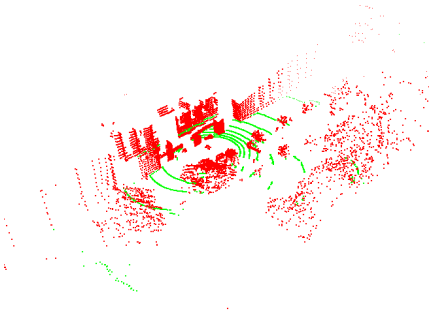
Bosch verseny: parkoló autók detektálása

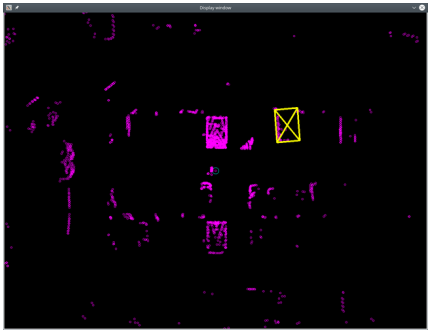
- **Cél**: parkoló autók detektálása
  - LiDAR pontfelhőkön és/vagy
  - kameraképeken
- Felhasználható mérések:
  - Velodyne VLP-16 LiDAR felvétel (10 RPM/sec)
  - Három kamera képe (előre, előre-balra, előre-jobbra)



Bosch verseny: parkoló autók detektálása

- **Saját feladataink**:
  - Kiírás szövegezése
  - Értékelő rendszer elkészítése (pontozás)
  - Annotáló szoftver
    - Síkdetektálás LiDAR-on
    - Befoglaló téglalap kijelölése 2D-ben





Publikációk

- **Elfogadott**
  - Firas Kastantin, **Levente Hajder**. Visual Tilt Correction for Vehicle-mounted Cameras. 17th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications. 2022.
  - Tamás Tófalvi, **Bandó Kovács**, **Levente Hajder**, Tekla Toth. One-parameter camera-LiDAR extrincis calibration. 17th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications. 2022.
- **Benyújtva**
  - D. Barath, D. Myshkin, I. Eichhardt, **L. Hajder**, J. Matas Progressive-X+: Clustering in the Consensus Space. To submit to IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2022. (A*)
  - **L. Hajder**, D. Myshkin, J. Pritts, D. Barath. Affine Correspondences and their Applications. Tutorial. To submit to IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2022. (A*)
- **Folyamatban (átdolgozás alatt)**
  - Tekla Toth, **Levente Hajder**. A Minimal Solution for Ellipse and Sphere Estimation. To submit to International Journal of Computer Vision (D1).
- **Elhalasztva (Covid-19)**: két konferenciacikk

Köszönöm a figyelmet!

hajder@inf.elte.hu
www.elte.hu