

AS-84.3126 Machine Perception

Exam

10.12.2013

Questions are given in English and Finnish. Answers can be in either language.

Material allowed in exam: Calculator.

1. Explain the following terms briefly (6 p.)  
*Selitä seuraavat käsitteet lyhyesti:*

- (a) Absolute orientation problem
- (b) Image rectification
- (c) Intrinsic camera parameters (*sisäiset kameraparametrit*)
- (d) Focal length (*polttopäli*)
- (e) Optical flow (*optinen vuo*)
- (f) Pose

2. Answer the following questions: (6 p.)  
*Vastaa seuraaviin kysymyksiin:*

- (a) (3 p.)  
Describe what a “degenerate configuration” means in camera calibration.  
Give a simple example.  
*Kerro, mitä “degeneroituneella konfiguraatiolla” tarkoitetaan kameran kalibroinnissa. Anna lyhyt esimerkki.*

- (b) (3 p.)  
A projection matrix can be used to describe a perspective camera. Which attributes of a camera can be described by the projection matrix? Are there some attributes that can not be described using the matrix?  
*Projektiomatriisia voidaan käyttää kuvaamaan perspektiivikameraa. Mitä kameran ominaisuuksia projektiomatriisilla voidaan kuvata? Onko olemassa ominaisuuksia, joita matriisilla ei voida kuvata?*

3. Two-view stereo vision (6 p.)

Write a longer structured answer describing two-view stereo vision. You can use the following questions as hints, but you are not limited to answering those: What are the goals of stereo vision? How does it work? Why and where it is needed or useful?

As a six point question, you need to have a structured answer demonstrating your understanding of the topic. Use full sentences in text. In addition to text, you can draw figures to help describe issues.

*Kirjoita pidempi hyvin jäsennelty vastaus kahden kuvan stereonäöstä. Voit käyttää seuraavia kysymyksiä vihjeinä, mutta sinun ei tarvitse rajoittua niihin: Mitkä ovat stereonäön tavoitteet? Kuinka stereonäkö toimii? Miksi ja missä se on tarpeen tai hyödyllistä?*

*Kuuden pisteen kysymyksenä vastauksesi tulee olla hyvin jäsennelty ja näyttää ymmärryksesä kysymyksen aiheesta. Käytä täydellisiä lauseita. Voit käyttää tekstin ohessa kuvia helpottamaan käsitteiden kuvaamista.*

Continues on the next page

4. Time-to-contact

(6 p.)

Consider a perspective camera setup for measuring time-to-contact from image motion. That is, the time needed for a visible target to reach the camera should be measured.

The setup is shown in Fig. 1. As shown in the figure, you can consider a 1-dimensional target and thus only projection from 2-D to 1-D camera. The initial distance (at time  $t = 0$ ) of the object from the camera is  $D$  and its size is  $L$ . Show the perspective projection equation for the size of the target in the camera  $l$  (1 p.). The object is moving with a constant velocity  $v$  towards the camera.

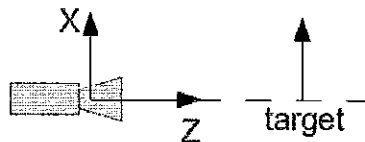


Figure 1: Perspective camera.

Write an equation for the size of the target  $l(t)$  at time  $t$ , ( $t \geq 0$ ) (1 p.). Calculate the rate of change in the size  $l'(t)$  (the derivative of  $l(t)$ ) (1 p.). Show that the ratio  $\frac{l(t)}{l'(t)}$  is equal to the time to contact (3 p.).

*Tarkastele törmäysaikatarkastelua perspektiivikameran kuvan perusteella. Toisin sanoen tavoitteena on mitata aika, joka vaaditaan, että kamerassa näkyvä kohde saavuttaa kameran.*

*Asetelma on esitetty Kuvasssa 1. Kuten kuvasta käy ilmi, riittää, että tarkastelet 1-ulotteista kohdetta ja siten vain projektiota kahdesta ulottuvuudesta 1-ulotteiseen kameraan. Kohteen etäisyys alussa ( $t = 0$ ) kamerasta on  $D$  ja sen koko  $L$ . Esitä perspektiiviprojektioyhtälö kappaleen koolle  $l$  kameran kuvassa. (1 p.)*

*Kappale liikkuu kameraa kohti vakionopeudella  $v$ . Kirjoita yhtälö kappaleen koolle  $l(t)$  ajanhetkellä  $t$  (1 p.). Laske kappaleen koon muutosnopeus  $l'(t)$  ( $l(t)$ :n derivaatta) (1 p.). Osoita, että suhde  $\frac{l(t)}{l'(t)}$  vastaa aikaa törmäykseen (3 p.).*

5. Pick and place application

(6 p.)

Consider the following application: A robot needs to pick up small  $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 1\text{mm}$  sheet-metal pieces from a moving conveyor belt and place them on a worktable, where holes are drilled to them. The pieces appear on the conveyor in random locations and orientations. They should be placed on the worktable in correct place and in correct orientation. After processing, the piece is automatically removed from the worktable. The robot is equipped with a magnetic gripper to manipulate the pieces.

Analyse the above application from the point of view of the course. Which of the following topic areas of the course are relevant for the application: (a) camera calibration; (b) stereo vision; (c) motion field analysis; (d) target tracking; (e) pose estimation; (f) structure-from-motion? Why or why not? Propose a high-level design for a system to solve the application problem, concentrating on the topics of the course. Describe if there are some potential problems or challenges in the design. State your assumptions and justify your choices.

*Tarkastellaan seuraavaa sovellusta: Robotin tulee poimia pieniä  $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 1\text{mm}$  ohuilevyn palasia liikkuvalla liukuhihnalla ja asettaa ne työpöydälle, joissa niihin porataan reikiä. Osat tulevat liukuhihnalla satunnaisessa asennossa, ja ne tulee asettaa työpöydälle oikeaan kohtaan ja asentoon. Porauksen jälkeen osat poistuvat työpöydältä automaattisesti. Robotissa on magneettinen tarttuja osien liikutteluun.*

*Analysoi sovellusta kurssin näkökulmasta. Mitkä seuraavista kurssin aiheista ovat relevantteja sovellukselle: (a) kameran kalibrointi; (b) stereonäkö; (c) liikekentän analyysi; (d) kohteenseuranta; (e) paikan estimointi; (f) structure-from-motion? Miksi tai miksi ei? Ehdota korkean tason suunnitelmaa järjestelmälle ylläolevaan sovellukseen, keskittyen kurssin aiheisiin. Kuva, mikäli suunnittelussa on mahdollisia ongelmakohtia tai haasteita. Esitä oletuksesi ja perustele valintasi.*