

ELEC-E8118 Robotic Vision**Exam****18.2.2016**

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

Material allowed in exam: Written material (books, notes), calculator. No electronic materials.

1. Are the following statements correct or incorrect? Justify briefly. (5 p.)

Ovatko esitettyt väitteet oikein vai väärin? Perustele lyhyesti.

- (a) "Aperture problem" means that motion can be detected only if enough light enters a camera through its aperture.
"Aperture-ongelmalla" tarkoitetaan, että liikettä voidaan havaita vain, mikäli riittävän paljon valoa pääsee kameraan kameran aukon kautta.
- (b) Adding noise to an image does not affect edges detected with Canny edge detector.
Kohinan lisääminen kuvaan ei vaikuta Canny-reunanetsinnän löytämiin reunoihin.
- (c) Intrinsic camera parameters are constant for any single camera.
Kameran sisäiset parametrit ovat vakioita mille tahansa yksittäiselle kameralle.
- (d) The rotational velocity of a rotating camera can be measured from images without knowing the imaged scene.
Pyörimisliikkeessä olevan kameran kulmanopeus voidaan mitata kuvista tuntematta kuvattavaa kohdetta.
- (e) The pose of an object can be determined from the image locations of three known 3-D points.
Kappaleen paikka ja asento voidaan määrittää kolmen tunnetun 3-D pisteen kuvassa olevien vastinpisteiden perusteella.

2. Answer the following questions: (5 p.)

Vastaa seuraaviin kysymyksiin:

- (a) Projection matrix (2 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 typically used attributes that can not be described using the matrix?

Projektiomatriisilla voidaan käyttää kuvaamaan perspektiivikameraa.. Mitä kameran ominaisuuksia projektiomatriisilla voidaan kuvata? Onko olemassa ominaisuuksia, joita matriisilla ei voida kuvata?

- (b) (1 p.)

Which of the following matrices can represent the projection matrix of a perspective camera?

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 0 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad D = \begin{pmatrix} 2 & -1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -1 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & 3 \end{pmatrix}$$

Give all suitable alternatives and justify briefly.

Mikä/mitkä ylläolevista kolmesta matriisista voi kuvata perspektiivikameran projektiomatriisia? Esitä kaikki sopivat vaihtoehdot ja perustele lyhyesti.

- (c) (2 p.)

Give an example of a "degenerate configuration" in camera calibration.

Anna esimerkki "degeneroituneesta konfiguraatiosta" kameran kalibroinnissa.

3. Point features (5 p.)

Write a longer structured answer describing point features in images. You can use the following questions as hints, but you are not limited to answering those: What are point features in images? Where are they needed or useful? How they can be detected and matched?

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

Continues on the next page

Kirjoita pidempi hyvin jäsennelty vastaus pistepiirteistä kuvissa. Voit käyttää seuraavia kysymyksiä vihjeinä, mutta ei ole tarvetta rajoittua niihin: Mitä ovat pistepiirteet? Missä niitä tarvitaan tai ne ovat hyödyksi? Kuinka niitä havaitaan ja tunnistetaan?

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

4. Stereo vision (5 p.)

Consider the stereo setup shown in the figure below with two identical cameras with aligned optical axes, and with x -axes aligned with the line connecting the camera optical centers. The y -axes are pointing upwards from the plane of the paper. You can also assume that the intrinsic parameters of the cameras are identical and described by

$$K = \begin{pmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Draw this setup and explain the parameters required to describe such setups. (1 p.)

Explain then how the distance of a 3-D point can be determined using images obtained from this setup (derive the equation for the distance of a 3-D point from its image projections). (1 p.)

What is the essential matrix for this particular setup? Present the essential matrix using the parameters of the setup. (1 p.)

What is the fundamental matrix for the setup? Present it using the parameters. (1 p.)

What is the epipolar line (in the right camera) corresponding to the left camera image coordinates (x_L, y_L) ? Give the equation of the epipolar line. (1 p.)

Tarkastellaan allaolevassa kuvassa näkyvää yksinkertaista stereojärjestelmää, jossa on kaksi identtistä kameraa, joiden optiset akselit ovat samansuuntaiset ja joiden x -akselit ovat samansuuntaisia kameroiden optiset keskipisteet yhdistävän suoran kanssa. y -akselit oscittavat kohtisuoraan ylöspäin paperin tasosta. Kameroiden sisäiset kalibrointiparametrit ovat samat ja niitä kuvava matriisi K on esitetty yllä.

Piirrä tämä järjestelmä ja selosta parametrit, joiden avulla järjestelmä voidaan kuvata. (1 p.)

Kerro sitten, kuinka 3-D pisteen etäisyys voidaan määrittää kuvien perusteella (näytä 3-D etäisyyden kaava). (1 p.)

Mikä on järjestelmän "essential" matriisi tässä nimenomaissessa tapauksessa? Esitä matriisi käytetään järjestelmän parametreja. (1 p.)

Mikä on järjestelmän "fundamental" matriisi? Esitä se käyttäen järjestelmän parametreja. (1 p.)

Mikä epipolaarisuora (oikeassa kuvassa) vastaa vasemman kuvan pistettä (x_L, y_L) ? Esitä suoran yhtälö. (1 p.)

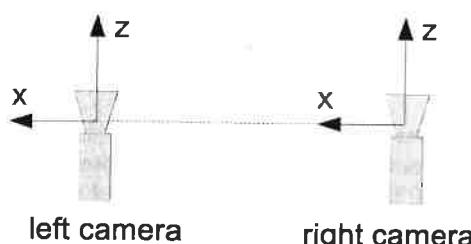


Figure 1: Stereo setup.