

## AS-84.3125 Estimointi- ja sensorifuusiomenetelmät (3 p) *Estimation and sensor fusion methods*

Tentti/Exam 5.1.2011

Tentissä saa käyttää opintojaksolla jaettua kaavakokoelmaa.

*It is allowed to use the delivered Collection of important formulas for this course.*

1. Tarkastellaan yhtä mittausta  $z$  tuntemattomasta vakioparametrasta  $x$ .  
*Consider one measurement  $z$  of an unknown constant parameter  $x$ .*

$$z = 4x + w$$

Oletetaan että  $w$  on normaalisesti (Gaussisesti) jakautunut, odotusarvo on nolla, varianssi  $P_{zz}$ . Mitä jakaumatietoja tarvitaan lisää, jotta voitaisiin käyttää MAP-estimaattoria. Johda parametrille  $x$  MAP-estimaattori.

*Let's assume that  $w$  has Gaussian pdf with mean zero and covariance  $P_{zz}$ . What additional pdf is needed in order to use MAP-estimator. Find MAP estimator for the parameter  $x$ .*

(6 p)

2. Suunnittele diskreetti laajennettu Kalmansuodin traktorille, jonka jatkuva-aikaisessa mallissa tiloina ovat 2D-paikka, ajosuunta  $\theta$  ja ohjaukulma  $\alpha_F$ .  
*Find a discrete extended Kalman filter for a tractor having the following continuous time model, in which 2D-position, heading angle  $\theta$  and steering angle  $\alpha_F$  are state variables*

$$\dot{x}_R = v_R \cos(\theta)$$

$$\dot{y}_R = v_R \sin(\theta)$$

$$\dot{\theta} = \frac{1}{a} v_R \tan(\alpha_F)$$

$$\dot{\alpha}_F = \omega_F$$

jossa input –suureina  $v_R$  nopeus ja  $\omega_F$  ohjaukulman kulmanopeus;  $a$  on vakio. Paikka mitataan hyvällä GPS – laitteella ja suunta hyvällä kompassilla, mutta suuntatieto saadaan vain joka toiselle paikkatiedolle eli suunnan mittaustaajuus on puolet paikkamittaustaajuudesta. Mittausvirheet oletetaan Gaussisesti jakautuneiksi.

*As inputs,  $v_R$  is velocity,  $\omega_F$  is the angular velocity of the steering angle;  $a$  is constant. The position is measured with a good GPS disturbed with Gaussian distributed noise. Heading angle is measured with a good compass, but measurement frequency for heading is only half of the measurement frequency for position. It means that heading angle is obtained for every second position measurement.*

Diskretoinnin voi tehdä Eulerin menetelmällä, jonka voi johtaa suoraan derivaatan määritelmästä. *The system can be discretized with Euler method, which can be reasoned on the basis of definition for derivative.*

$$\dot{x} = f(x, u, t) \approx \frac{x(k+1) - x(k)}{T}$$

(6 p)

3. Selosta mitä Markov ominaisuus ja Markov prosessi ja sekvenssi (Markov property, Markov-process and -sequence) tarkoittavat lineaarisen tilaestimoinnin yhteydessä.  
*Explain the meaning of Markov-property, Markov process and sequence in connection of the linear state estimation.* (6 p)
4. a) Milloin kannattaa käyttää informaatiomuotoista Kalmansuodatinta, milloin 'tavallista' formulointia ?  
*a) In what cases it is beneficial to use Information filter? in what cases 'normal' Kalman filter?* (2 p)
- b) Miksi Kalman suodattimessa a posteriori kovarianssi ei konvergoitu nolnaan ?  
*b) Why a posteriori covariance does not converge into zero in Kalman filter?* (2 p)
- c) Mitä tarkoittaa residuaalin kovarianssi ?  
*What is the meaning of the residual covariance?* (2 p)
5. Mitä ovat bias-korjaustermit (bias correction terms) epälineaarisen tilaestimaattorin yhteydessä ?  
*What are bias correction terms in the case of nonlinear estimation?* (6 p)