

## Laskuharjoitus 1.

1. Johda inertianavigointipaikannusjärjestelmän tilayhtälön (eq. 1.1) linearisoitu muoto (eq. 1.2) Taylorin sarjakehitelmää käyttäen.

$$\begin{bmatrix} \dot{\hat{n}} \\ \dot{\hat{e}} \\ \dot{\hat{v}}_n \\ \dot{\hat{v}}_e \\ \dot{\hat{\psi}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{v}_n \\ \hat{v}_e \\ \cos(\hat{\psi})\tilde{a}_u + \sin(\hat{\psi})\tilde{a}_v \\ \sin(\hat{\psi})\tilde{a}_u + \cos(\hat{\psi})\tilde{a}_v \\ \tilde{\omega}_r \end{bmatrix} \quad (1.1)$$

$$\begin{bmatrix} \partial \dot{\hat{n}} \\ \partial \dot{\hat{e}} \\ \partial \dot{\hat{v}}_n \\ \partial \dot{\hat{v}}_e \\ \partial \dot{\hat{\psi}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -a_e \\ 0 & 0 & 0 & 0 & a_n \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \partial n \\ \partial e \\ \partial v_n \\ \partial v_e \\ \partial \psi \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ \cos(\psi) & -\sin(\psi) & 0 \\ \sin(\psi) & \cos(\psi) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \partial a_u \\ \partial a_v \\ \partial \omega_r \end{bmatrix} \quad (1.2)$$

2. Kohde liikkuu suuntaan x. Paikka lasketaan integroimalla kiihtyvyyssanturin lukemaa. Lukemassa on virhettä, jonka keskiarvo on w. Ratkaise paikkaestimaatin virheen yhtälö ajan funktiona inertianavigointipaikannusjärjestelmän tapauksessa, silloin kun kiihtyvyyssanturien mittauksiin liittyvä virhe on

a)

vakio

b)

(valkoista) kohinaa

Vihje: Käytä b-kohdassa Riccatin yhtälöä  $\dot{P} = AP + PA^T + Q$

## AS-84.127 Localisation- and navigation methods

### Exercise 1.

1. Derive the linearized version (eq.1.11) of the inertial navigation equation (eq 1.10) using Taylor expansion.
2. Target is moving in the direction of  $x$ . The position is calculated by integrating the output of accelerometer. The acceleration measurement contains additive noise with standard deviation  $w$ . Solve for the accumulated position error as function of time when the measurement error is

a)  
a constant

b)  
(white) noise

Hint: In the b part, use Riccatin equation  $\dot{P} = AP + PA^T + Q$