

# Cubature Integration Methods in Non-Linear Kalman Filtering and Smoothing (aihe-esittely)

Arno Solin

Ohjaaja: TkT Simo Särkkä  
Valvoja: Prof. Harri Ehtamo

1.6.2010

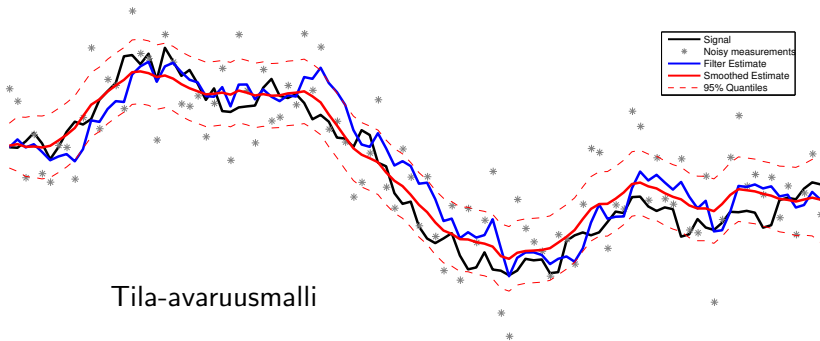


# Esityksen rakenne

- ▶ Taustaa: Kalman-suodin
- ▶ Taustaa: Epälineaariset funktiot
- ▶ Tavoitteet: Cubature Kalman filter (CKF)
- ▶ Rajaus: Mitä työssä tutkitaan?
- ▶ Työn aikataulu

Työ tehdään Aalto-yliopiston Lääketieteellisen tekniikan ja laskennallisen tieteen laitoksen Laskennallisten kompleksisten systeemien tutkimuksen huippuyksikössä.

# Kalman-suodin



Tila-avaruusmalli

$$\mathbf{x}_k = \mathbf{A}\mathbf{x}_{k-1} + \mathbf{q}_{k-1}$$

$$\mathbf{y}_k = \mathbf{H}\mathbf{x}_k + \mathbf{r}_k$$

missä  $\mathbf{x}_k$  on tila ja  $\mathbf{y}_k$  on mittaus.  $\mathbf{q}_{k-1} \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{Q})$   
ja  $\mathbf{r}_k \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{R})$  ovat gaussisia kohinatermejä.

# Epälineaarinen dynamiikka- ja mittausmalli

Epälineaariset yhtälöt

$$\mathbf{x}_k = \mathbf{f}(\mathbf{x}_{k-1}) + \mathbf{q}_{k-1}$$

$$\mathbf{y}_k = \mathbf{h}(\mathbf{x}_k) + \mathbf{r}_k$$

hankalaoittavat tilannetta. Aikojen saatossa esitely monta eri ratkaisua. Muun muassa:

- ▶ *Extended Kalman filter* (1960-luku)
  - ▶ Linearisointi Taylorin sarjan avulla.
- ▶ *Unscented Kalman filter* [Julier et al., 2000]
  - ▶ Käyttää ovelia sigma-pisteitä jakauman sovittamiseen.
- ▶ Monia muita menetelmiä
  - ▶ Tilastollinen linearisointi, Monte Carlo -menetelmät jne.
- ▶ *Gauss-Hermite quadrature filter* [Ito and Xiong, 2000]

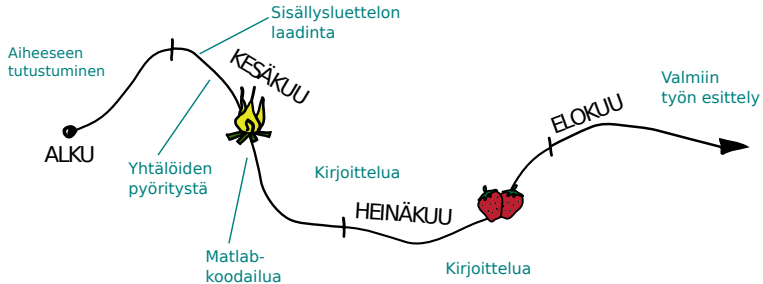
# Työn tavoitteet

- ▶ Tässä kandidaatintyössä tarkastellaan vastikään julkaistua uutta menetelmää [Arasaratnam and Haykin, 2009] epälineaariseen Kalman-suodatukseen.
- ▶ Menetelmä perustuu useaulotteisten integraalien laskemiseen cubatuurisääntöjen avulla, mistä nimi *Cubature Kalman filter* (CKF).
  - ▶ Integraalit muotoa  $I(\mathbf{f}) = \int_{\mathbb{R}^n} \mathbf{f}(\mathbf{x}) \exp(-\mathbf{x}^T \mathbf{x}) d\mathbf{x}$ .
- ▶ Tavoitteena on johtaa tarvittavat CKF-yhtälöt ja soveltaa niitä suodatus- (filter) ja silotussyhtälöihin (smoother).

# Rajaukset

- ▶ Työssä johdetaan tarvittavat CKF-yhtälöt ja sovelletaan niitä suodatus- (filter) ja silotussyhtälöihin (smoother).
- ▶ Saatuja tuloksia verrataan aiempiin menetelmiin, erityisesti samansukaiseen Gauss-Hermite Kalman filteriin.
- ▶ Työn yhteydessä implementoidaan CKF-menetelmä osaksi tutkimusryhmän kehitettävää Matlabin EKF/UKF-Toolboxia.

# Aikataulu



## Systemianalyysin

Laboratorio

Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu

**Kiitoksia.**



# Viitteet

- S. Julier, J. Uhlmann, HF Durrant-Whyte, I. Ind, and J. City. A new method for the nonlinear transformation of means and covariances in filters and estimators. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 45(3): 477–482, 2000.
- K. Ito and K. Xiong. Gaussian filters for nonlinear filtering problems. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 45(5):910–927, 2000.
- I. Arasaratnam and S. Haykin. Cubature Kalman Filters. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 54(6):1254–1269, 2009.