

CASE: HONDA

- EKF
- GPS
- ODOMETRY



Extended Kalman Filter equations

State model

$$x_k = f(x_{k-1}) + q_{k-1}$$

$$y_k = h(x_k) + r_k$$

Prediction

$$m_k^- = f(m_{k-1})$$

$$P_k^- = F_x(m_{k-1})P_{k-1}F_x^T(m_{k-1}) + Q_{k-1}$$

Update

$$v_k = y_k - h(m_k^-)$$

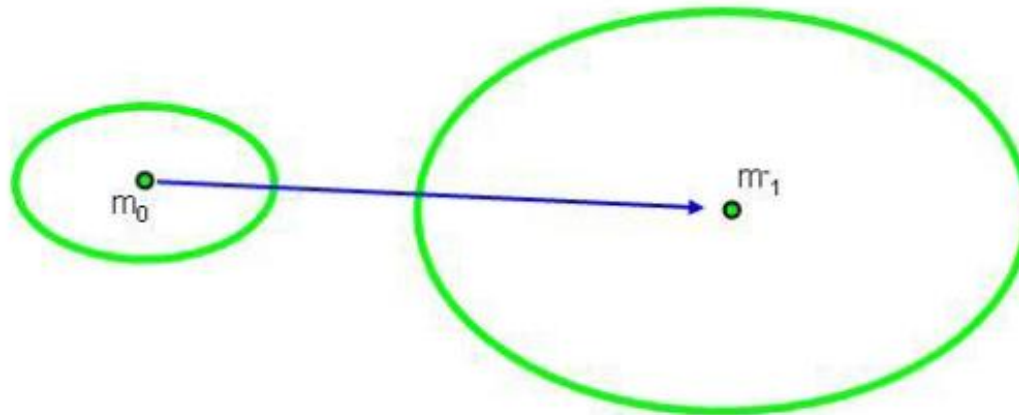
$$S_k = H_x(m_k^-)P_k^-H_x^T(m_k^-) + R_k$$

$$K_k = P_k^-H_x^T(m_k^-)S_k^{-1}$$

$$m_k = m_k^- + K_k v_k$$

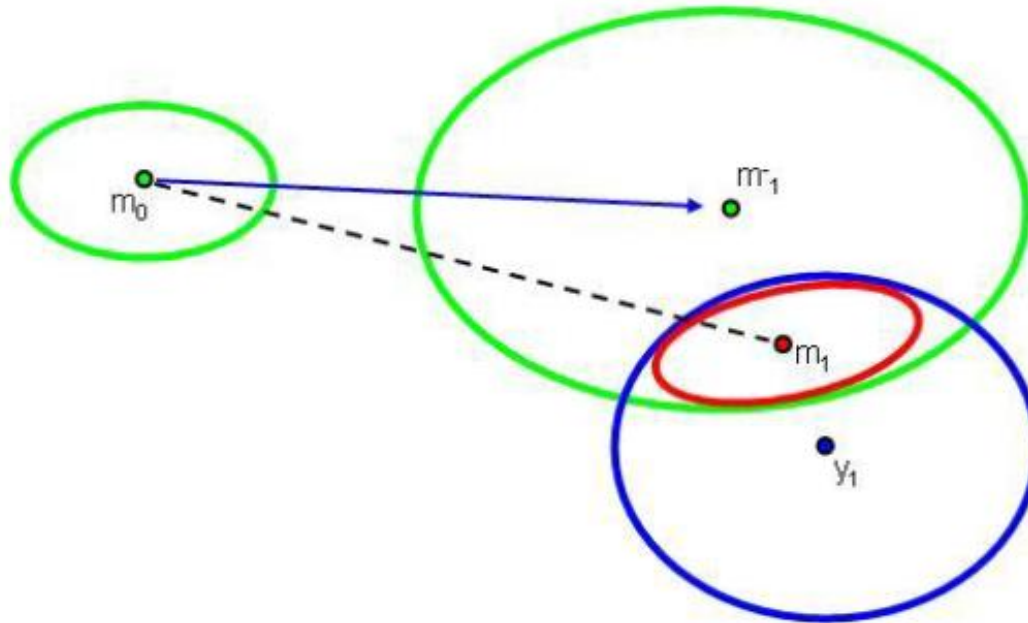
$$P_k = P_k^- - K_k S_k K_k^T$$

PREDICTION STEP



Kuva 1: Visualisointi Kalman suotimen ennustusaskeleen toiminnasta. m_0 kuvaa kaksiulotteista paikkaestimaattia ajanhetkellä 0 ja m_1 ennustettua paikkaestimaattia seuraavalla ajanhetkellä. Vihreät ellipsit pisteiden ympärillä kuvaavat estimaatin epävarmuutta. Sininen nuoli kuvaa tilan m_0 nopeusvektoria, jonka perusteella seuraava tila ennustetaan. Epävarmuus ennustetun paikkaestimaatin ympärillä kasvaa prosessikohinan johdosta.

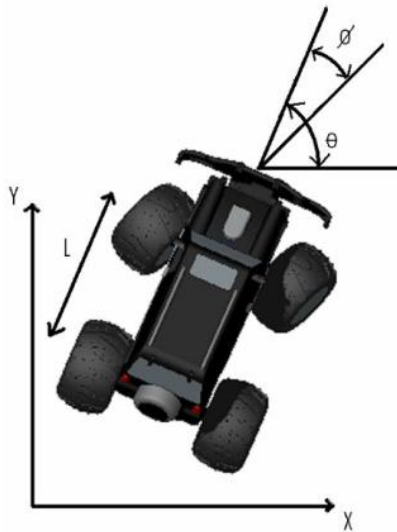
UPDATE STEP



Kuva 2: Kalmansuotimen päivitysaskelta havainnollistava kuva. Vihreät ellipsit kuvaavat tilaestimaattia ajanhetkellä 0 ja ennustusta ajanhetkellä 1 kuten kuvassa Kuva 1. Sininen ellipsi kuvaa mittausta ajanhetkellä 1 ja punainen ellipsi mittauksen perusteella laskettua tilaestimaattia ajanhetkellä 1. Musta katkoviiva kuvaa estimoitua polkua. Polku ei siis kulje ennustetun tilan tai mittauksen kautta, vaan niiden avulla lasketun paikkaestimaatin kautta.

Kinematic model

$$\begin{cases} x_{k+1} = x_k + \cos(\theta_k) \Delta t_k v_k \\ y_{k+1} = y_k + \sin(\theta_k) \Delta t_k v_k \\ \theta_{k+1} = \theta_k + \frac{v_k \Delta t_k}{L} \tan(\phi_k) \end{cases}$$



Dynamic model

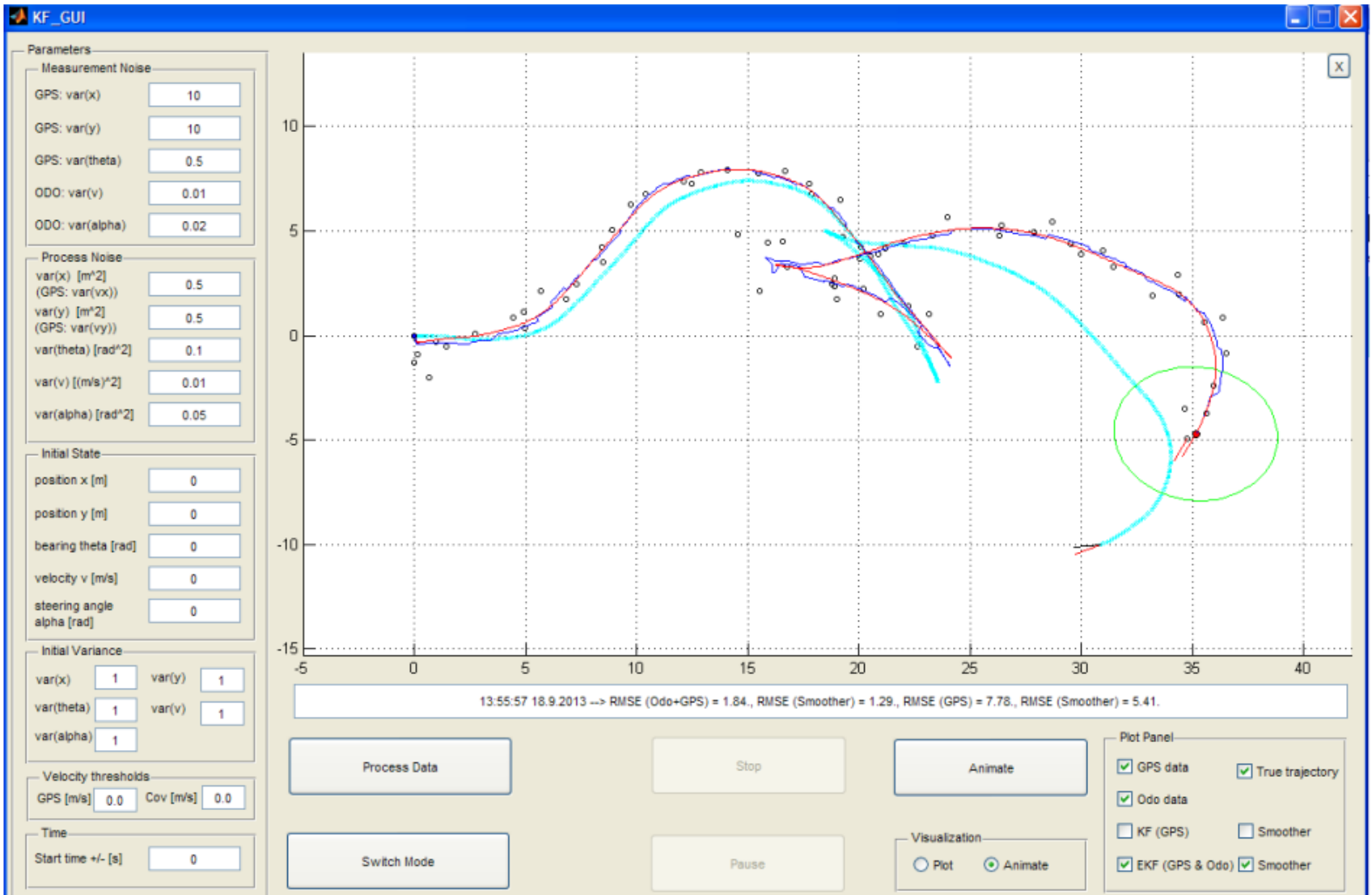
$$\begin{bmatrix} x_{k+1} \\ y_{k+1} \\ \theta_{k+1} \\ v_{k+1} \\ \phi_{k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \Delta t_k \cos(\theta_k) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \Delta t_k \sin(\theta_k) & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \frac{\Delta t_k}{L} \tan(\phi_k) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_k \\ y_k \\ \theta_k \\ v_k \\ \phi_k \end{bmatrix} + Q_k$$

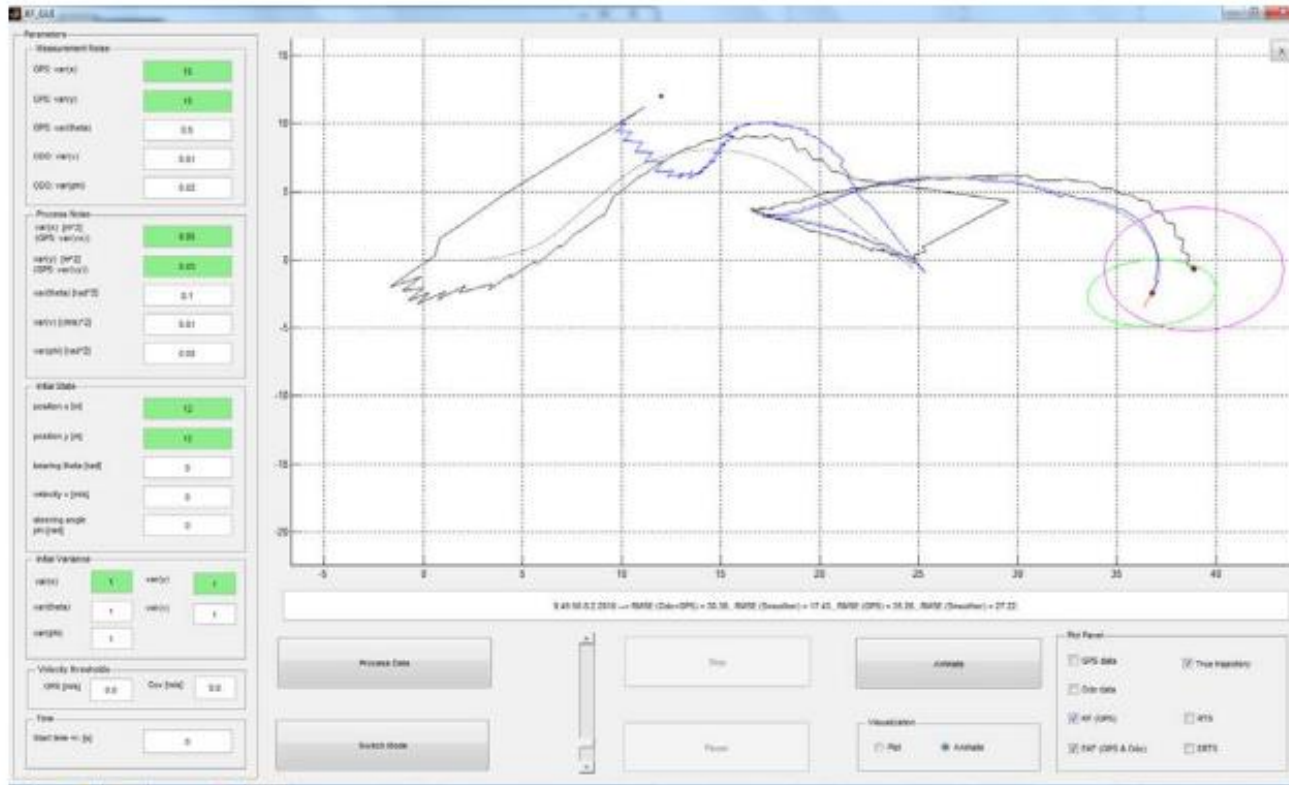
GPS measurement equation

$$\begin{bmatrix} x_k \\ y_k \\ \theta_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_k \\ y_k \\ \theta_k \\ v_k \\ \phi_k \end{bmatrix} + R_k^{GPS}$$

Odometry measurement equation

$$\begin{bmatrix} v_k \\ \phi_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_k \\ y_k \\ \theta_k \\ v_k \\ \phi_k \end{bmatrix} + R_k^{Odo}$$





Kuva 3

Erroneous starting location. EKF with odometry vs. KF with $\text{Pose}(k+1) = \text{Pose}(k) + v(k)$