IRT Institut für Regelungstechnik
Leibniz Universität Hannover

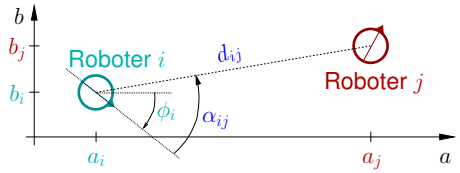
Leibniz Universität Hannover

Selbstlokalisierung ohne absolute Referenzen

T. Lilge, W. Gerth, A. Goronczy lilge@irt.uni-hannover.de Tel: +49-511-762-4515 (c) 2008 Institut für Regelungstehcnik

Ausgangssituation

Ein Team mit N Robotern ohne oder mit nur seltenen absoluten Positionsmessungen soll die eigene Lage möglichst präzise schätzen. Als Messungen stehen lediglich die Abstände d_{ij} sowie die Richtung α_{ij} zwischen Roboter i und j mit $i = 1 \dots N$ und $j = (i \bmod N) + 1$ zur Verfügung.



Problem: Eine Lokalisierung basierend auf den meist offsetbehafteten Geschwindigkeitsdaten führt bereits nach relativ kurzer Zeit zu merklichen Positionsfehlern. Kann mit relativen Messungen und Berücksichtigung der Geschwindigkeitsoffsets im Systemmodell eine Verbesserung der Positonsschätzung erreicht werden?

Systembeschreibung

Die Systembeschreibung für Roboter i enhält

- als Eingangsgrößen die offsetbehafteten translatorische und rotatorische Geschwindigkeit v_i und ω_i,
- als Zustände die Koordinaten a_i und b_i, die Orientierung ϕ_i sowie die konstanten Geschwindigkeitsoffsets v_{oi} und ω_{oi} und
- als Ausgangsgrößen die relativen Messungen d_{ij} und α_{ij} zu Roboter j mit $j = (i \bmod N) + 1$.
- Eine Kopplung der Einzelsysteme der Roboter findet nur über die Ausgangsgrößen statt.

Die Systembeschreibung für Roboter i lautet somit

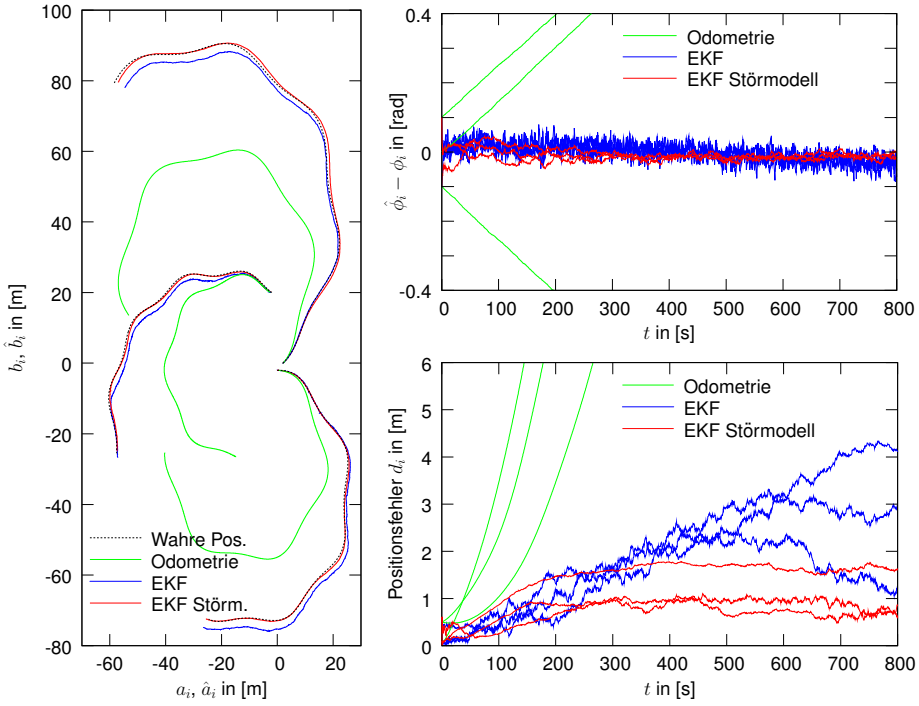
$$\dot{\boldsymbol{x}}_i(t) = \begin{pmatrix} \dot{a}_i(t) \\ \dot{b}_i(t) \\ \dot{\phi}_i(t) \\ \dot{v}_{oi}(t) \\ \dot{\omega}_{oi}(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (v_i(t) - v_{oi}(t))\cos(\phi_i(t)) \\ (v_i(t) - v_{oi}(t))\sin(\phi_i(t)) \\ \omega_i(t) - \omega_{oi}(t) \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\boldsymbol{y}_i(t) = \begin{pmatrix} d_{ij} \\ \alpha_{ij} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sqrt{(a_i(t) - a_j(t))^2 + (b_i(t) - b_j(t))^2} \\ \arctan\left(\frac{b_j(t) - b_i(t)}{a_j(t) - a_i(t)}\right) - \phi_i(t) \end{pmatrix}$$

Beobachtbarkeitsanalyse

Das aus den N Einzelsystemen zusammengesetzte Gesamtsystem der Ordnung $5\,N$ kann natürlich nicht vollständig beobachtbar sein. Eine Analyse der nichtlinearen Beobachtbarkeitsmatrix zeigt jedoch, dass die Geschwindigkeitsoffsets bei sich bewegenden Robotern i. A. beobachtbar sind. Die Schätzung der Position und der Orientierung erfolgt somit mit geringerer Drift als ohne Berücksichtigung der Offsets. Für die linearisierte Systembeschreibung erweist sich sogar die Orientierung selbst als beobachtbar.

Simulationsergebnisse



Nebenstehendes Diagramm zeigt Simulationsergebnisse, wobei die Positionsschätzung jeweils mit odometrischen Daten (also nur mit den eigenen Geschwindigkeitsdaten), mit einem Extended Kalman Filter (EKF) des Gesamtsystems jedoch ohne Geschwindigkeitsoffsets und mit einem EKF mit Geschwindigkeitsoffsets als Störmodell durchgeführt wurde.

Dargestellt sind die wahren und die geschätzten Positionen der Roboter (links), der Abstand zwischen wahrer und geschätzter Position (rechts oben) sowie die Schätzfehler der Orientierung (rechts unten):

Der Nutzen der relativen Messungen der Roboter untereinander ist deutlich zu erkennen (vgl.Odometrie und EKF). Durch die Verwendung des Störmodells mit konstanten Geschwindigkeitsoffsets ist noch eine weitere Verbesserung möglich (vgl. EKF und EKF Störmodell).

Weitere Details in:

LILGE, T. ; GERTH, W. UND GORONCZY, A.: Zur Selbstlokalisierung mobiler Systeme bei fehlenden absoluten Referenzen. In BERNS, K. UND LUKSCH, T. (Hrsg.): *Autonome Mobile Systeme 2007*, Informatik aktuell, 18 - 19 Okt. 2007, Kaiserslautern, Springer Verlag Berlin Heidelberg, S. 43-49.