

Dipl.-Ing. Joachim Paul Horn, München

Bahnführung eines mobilen Roboters mittels absoluter Lagebestimmung durch Fusion von Entfernungsbild- und Koppelnavigationsdaten

Reihe **8**: Meß-, Steuerungs-
und Regelungstechnik

Nr. **617**

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Aufgabenstellung	1
1.2	Übersicht über Inhalt und Ergebnisse	2
2	Analyse der Bahnführungsaufgabe	3
2.1	Stand der Technik	3
2.2	Anforderungen und Lösungsansatz	4
3	Bahnsteuerung	7
3.1	Bahninterpolation	7
3.2	Quersteuerung	10
3.2.1	Vorsteuerung	11
3.2.2	Regelung	14
3.2.3	Kombination von Vorsteuerung und Regelung	17
4	Lagebestimmung	19
4.1	Absolute Lagebestimmung	19
4.1.1	Bildgebender 3D-Sensor	19
4.1.2	Wahl geeigneter natürlicher Landmarken	20
4.1.3	Umgebungsmodell	21
4.1.4	Merkmalsextraktion	21
4.1.4.1	Bestimmung vertikaler Startebenen	21
4.1.4.2	Verfeinerung der Startebenen	22

4.1.5	Berechnung der Fahrzeuglage	24
4.1.6	Fehlerrechnung für die absolute Lagebestimmung	34
4.1.6.1	Unsicherheit der 3D-Pixel	35
4.1.6.2	Unsicherheit vertikaler ebener Flächen	37
4.1.6.3	Unsicherheit der Schnittgeraden	39
4.1.6.4	Unsicherheit der Fahrzeuglage im Koordinatensystem S_M	39
4.1.6.5	Unsicherheit der Fahrzeuglage im Weltkoordinatensystem S_W	44
4.1.6.6	Berücksichtigung zusätzlicher Fehler	44
4.2	Inkrementelle Lagebestimmung	45
4.2.1	Koppelnavigationsgleichungen der Dreiradkinematik	45
4.2.2	Sensorische Erfassung von Weg und Orientierungsänderung	47
4.2.2.1	Meßräder	47
4.2.2.2	Kreisel	49
4.2.2.3	Fusion der Daten von Meßrädern und Kreisel	49
4.2.3	Unsicherheit der Koppelnavigation	51
4.2.4	Makroskopische Approximation der Koppelnavigationsunsicherheit	52
4.2.4.1	Bestimmung der Schätzbahn	53
4.2.4.2	Lageunsicherheit für die elementaren Kurvenstücke	53
4.3	Fusion von absoluten und inkrementellen Lagedaten	55
4.3.1	Verketteten unsicherheitsbehafteter Transformationen	56
4.3.2	Verschmelzen unsicherheitsbehafteter Transformationen	57
4.3.3	Algorithmus zur Fusion von absoluten und inkrementellen Lagedaten	58
4.4	Zusammenfassende Darstellung der Lagebestimmung	59
5	Implementierung und experimentelle Ergebnisse	62
5.1	Prototypische Implementierung	62
5.2	Experimentelle Ergebnisse	64
5.2.1	Ausgewählte Einzelexperimente	65
5.2.1.1	Bahnsteuerung	65
5.2.1.2	Lokalisation durch Laserbildauswertung	67

5.2.1.3	Koppelnavigation	71
5.2.2	Integrierte Experimente	73
5.2.2.1	Lagebestimmung durch Laserbildauswertung	84
5.2.2.2	Koppelnavigation	85
5.2.2.3	Fusion von Entfernungsbild- und Koppelnavigationsdaten	86
5.2.3	Bewertung der experimentellen Ergebnisse	88
6	Zusammenfassung und Ausblick	89
7	Anhang	92
7.1	Beweise	92
7.1.1	Beweis der Gleichungen (4.118) und (4.119)	92
7.1.2	Beweis der Gleichungen (4.35) und (4.36)	93
7.1.3	Beweis der Identität der Gleichungen (4.187) und (4.188) mit der Darstellung in [95]	95
7.2	Das SSI-Filter	97
7.2.1	Problemformulierung	97
7.2.2	Zwei Informationsquellen	98
7.2.2.1	Stochastische Fehler beliebiger Dichte	98
7.2.2.2	Gaußverteilte stochastische Fehler	99
7.2.3	N Informationsquellen	101
7.2.3.1	Stochastische Fehler beliebiger Dichte	101
7.2.3.2	Gaußverteilte stochastische Fehler	103
7.2.4	Simulative Beispiele zur Lokalisation mobiler Roboter	104
7.2.5	Schlußbemerkungen	106
	Literatur	107