

Autonome mobile Roboter

Echtzeitnavigation in bekannter
und unbekannter Umgebung

von
Dr.-Ing. Peter Hoppen,
Universität Kaiserslautern



Wissenschaftsverlag
Mannheim/Leipzig/Wien/Zürich

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Geleitwort | 5 |
| Vorwort | 7 |
| Zusammenfassung | 9 |
| 1. EINFÜHRUNG | 13 |
| 1.1 Problemstellung | 17 |
| 1.2 Zielsetzung und Beitrag der Arbeit | 22 |
| 2. GRUNDLEGENDE BETRACHTUNGEN | 25 |
| 2.1 Die Einordnung einer Navigatorkomponente in ein Strukturmodell eines autonomen mobilen Roboters | 25 |
| 2.1.1 Horizontale Kontrollstruktur | 25 |
| 2.1.2 Vertikale Kontrollstruktur | 27 |
| 2.1.3 Orthogonale Kontrollstruktur | 29 |
| 2.2 Bekannte und unbekannte Umgebung im Vergleich | 31 |
| 2.3 Begriffsdefinitionen | 33 |
| 3. NAVIGATION BEI AUTONOMEN MOBILEN ROBOTERN | 35 |
| 3.1 Anforderungen | 35 |
| 3.1.1 Qualität der Ergebnisse | 35 |
| 3.1.2 Arbeitsweise | 37 |
| 3.1.3 Echtzeitfähigkeit | 39 |
| 3.2 Klassifizierung bekannter Verfahren | 43 |
| 3.2.1 Art der zugrundeliegenden Umweltmodellierung | 48 |
| 3.2.2 Schwerpunkt Wegplanung oder Fahrt | 63 |
| 3.2.3 Verhalten bei partiell oder vollständig unbekannter Umgebung | 64 |
| 3.2.4 Verwendbare Sensorsysteme | 64 |
| 3.2.5 Gegenüberstellung | 67 |
| 4. EIN ANSATZ FÜR EIN NAVIGATIONSVERFAHREN | 69 |
| 4.1 Voraussetzungen | 69 |
| 4.2 Prinzipielle Idee | 76 |
| 4.3 Struktur des Navigators | 85 |
| 5. WEGPLANUNG | 87 |
| 5.1 Notation | 87 |
| 5.2 Wegplanungsalgorithmus | 95 |

| | | |
|------------------------------------|--|-----|
| 5.3 | Preprocessing | 96 |
| 5.4 | Konstruktion des Wegenetzes | 101 |
| 5.4.1 | Abbruchstrategie | 101 |
| 5.4.2 | Präferenzstrategie | 103 |
| 5.4.3 | Befahrbarkeitstest | 107 |
| 5.4.4 | Ausweichstrategie | 109 |
| 5.5 | Wegbestimmung | 126 |
| 5.5.1 | Vervollständigung des Wegenetzes | 126 |
| 5.5.2 | Suchstrategie | 128 |
| 5.6 | Verifikation und Feinplanung | 131 |
| 6. | FAHRT | 135 |
| 6.1 | Aufgaben des Piloten | 136 |
| 6.2 | Aufgabe der Fahrtkomponente | 139 |
| 6.3 | Selektion von Kurssegmenten | 140 |
| 6.4 | Sicherstellung der Befahrbarkeit | 144 |
| 7. | ERGEBNISSE | 147 |
| 7.1 | Simulationsumgebung | 147 |
| 7.2 | Navigator | 156 |
| 7.2.1 | Statische Wegplanung in bekannter Umgebung | 160 |
| 7.2.2 | Dynamischer Ablauf einer Fahrt in unbekannter Umgebung | 162 |
| 7.3 | Analyse der Ergebnisse | 165 |
| 7.4 | Bewertung der Ergebnisse | 180 |
| 7.5 | Einsatz in der realen Maschine | 182 |
| 8. | ZUSAMMENFASSUNG UND PERSPEKTIVEN | 185 |
| ANHANG A: | Abkürzungen und Akronyme | 189 |
| B: | Zugrundeliegendes AMR-Modell | 191 |
| C: | Beispiel zur Auswahlstrategie | 196 |
| D: | Ergebnisse der Simulationsrechnungen | 203 |
| VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN | | 223 |
| LITERATURVERZEICHNIS | | 227 |
| INDEX | | 239 |