

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|------------|
| Danksagung | iii |
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Synchronisation von Multiagentensystemen | 1 |
| 1.2 Synchronisationsprobleme | 3 |
| 1.3 Literaturübersicht | 5 |
| 1.4 Gliederung und Hauptergebnisse | 7 |
| 2 Grundlagen | 11 |
| 2.1 Notation | 11 |
| 2.2 Matrizen­theorie | 11 |
| 2.2.1 Kronecker­produkt | 11 |
| 2.2.2 Vektornormen und Matrixnormen | 12 |
| 2.2.3 Gestörte Matrizen | 13 |
| 2.3 Algebraische Graphentheorie | 13 |
| 2.4 Lineare Systeme | 15 |
| 2.4.1 Stabilität | 15 |
| 2.4.2 Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit | 17 |
| 2.4.3 Inneres-Modell-Prinzip | 18 |
| 2.5 Synchronisation von identischen Agenten | 19 |
| 2.5.1 Agenten und vernetzter Regler | 19 |
| 2.5.2 Gesamtsystem und Fehlersystem | 20 |
| 2.5.3 Synchronisationsbedingung und Synchronisierbarkeit | 21 |
| 2.5.4 Synchrone Trajektorie | 22 |
| 2.6 Synchronisation von individuellen Agenten | 22 |
| 2.6.1 Agenten | 22 |
| 2.6.2 Inneres-Referenz-Prinzip | 23 |
| 2.6.3 Gesamtsystem und Fehlersystem | 24 |
| 2.6.4 Synchronisationsbedingung | 25 |
| 3 Asymptotische Synchronisation von gestörten Multiagentensystemen | 27 |
| 3.1 Synchronisationsziel | 27 |
| 3.2 Modelle | 28 |
| 3.2.1 Agenten und Störgrößengeneratoren | 28 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.2.2 | Lokale Regler | 30 |
| 3.2.3 | Erweiterte Agenten und Gesamtsystem | 30 |
| 3.3 | Inneres-Modell-Prinzip für Multiagentensysteme | 31 |
| 3.3.1 | Notwendige Synchronisationsbedingung | 31 |
| 3.3.2 | Überprüfung des Inneren-Modell-Prinzips | 32 |
| 3.4 | Synchronisationsbedingung | 36 |
| 3.4.1 | Transformation gestörter erweiterter Agenten | 36 |
| 3.4.2 | Notwendige und hinreichende Synchronisationsbedingung | 38 |
| 3.5 | Synchronisierbarkeit | 38 |
| 3.6 | Reglerentwurf | 40 |
| 3.7 | Synchrone Trajektorie von gestörten Systemen | 42 |
| 3.7.1 | Virtuelles Referenzsystem | 42 |
| 3.7.2 | Virtueller Agent | 44 |
| 3.7.3 | Berechnung des Anfangszustandes des virtuellen Referenzsystems für individuelle Agenten | 47 |
| 3.8 | Zusammenfassung | 49 |
| 4 | Robuste Synchronisation von Multiagentensystemen | 51 |
| 4.1 | Synchronisationsziel | 51 |
| 4.2 | Modelle | 52 |
| 4.2.1 | Agenten mit Parameterunsicherheiten | 52 |
| 4.2.2 | Vernetzte Regler mit Parameterunsicherheiten | 54 |
| 4.2.3 | Gesamtsystem | 55 |
| 4.3 | Synchronisation über parameterunsichere Kopplungen | 56 |
| 4.3.1 | Unterschiede zwischen den beiden Implementierungen des vernetzten Reglers | 56 |
| 4.3.2 | Robustheit bei parameterunsicheren diffusiven Kopplungen | 60 |
| 4.3.3 | Quantitative Robustheitsanalyse | 62 |
| 4.4 | Robustheitsanalyse von Agenten mit Parameterunsicherheiten | 70 |
| 4.4.1 | Unsichere Eingangsvektoren | 70 |
| 4.4.2 | Unsichere Ausgangsvektoren | 75 |
| 4.4.3 | Unsichere Systemmatrizen | 79 |
| 4.5 | Zusammenfassung | 81 |
| 5 | Praktische Synchronisation von affinen Agenten | 83 |
| 5.1 | Synchronisationsziel | 83 |
| 5.2 | Modelle | 84 |
| 5.2.1 | Affine Agenten | 84 |
| 5.2.2 | Vernetzter Regler und Kommunikationsstruktur | 85 |
| 5.2.3 | Gesamtsystem | 85 |
| 5.3 | Analyse der asymptotischen Synchronisierbarkeit | 85 |
| 5.4 | Bedingung für die praktische Synchronisation | 86 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 5.5 | Synchronisierbarkeit | 93 |
| 5.6 | Virtuelles Referenzsystem | 94 |
| 5.7 | Asymptotische Synchronisation mit lokalen Reglern | 97 |
| 5.8 | Zusammenfassung | 99 |
| 6 | Übergangsverhalten von synchronisierten Agenten | 101 |
| 6.1 | Synchronisationsziel | 101 |
| 6.2 | Modelle | 103 |
| 6.2.1 | Führungsagent | 103 |
| 6.2.2 | Agenten | 103 |
| 6.2.3 | Vernetzter Regler und Kommunikationsstruktur | 103 |
| 6.2.4 | Geregelte Agenten | 105 |
| 6.3 | Verzögerungsmaß | 106 |
| 6.3.1 | Individuelles Verzögerungsmaß | 106 |
| 6.3.2 | Kumulatives Verzögerungsmaß | 110 |
| 6.4 | Bedingung an die Kommunikationsstruktur | 113 |
| 6.5 | Entwurf der Kommunikationsstruktur | 115 |
| 6.6 | Zusammenfassung | 117 |
| 7 | Experimentelle Erprobung: Synchronisation von mobilen Robotern | 119 |
| 7.1 | Versuchsaufbau | 119 |
| 7.1.1 | Versuchsanlage SAMS | 119 |
| 7.1.2 | Bahnregelung und Modell der Roboter | 120 |
| 7.1.3 | Versuchsszenario: Synchronisation von mobilen Robotern | 121 |
| 7.2 | Versuchsszenario 1: Sprungförmige Störung | 122 |
| 7.2.1 | Gestörte Agenten und Synchronisationsziel | 122 |
| 7.2.2 | Experimente: Sprungförmige Störung | 123 |
| 7.3 | Versuchsszenario 2: Fahrende Roboter mit Störungen | 127 |
| 7.3.1 | Gestörte Agenten und Synchronisationsziel | 127 |
| 7.3.2 | Experimente: Fahrende Roboter mit Störungen | 128 |
| 7.4 | Versuchsszenario 3: Affine mobile Roboter | 129 |
| 7.4.1 | Affine Roboter und Synchronisationsziel | 130 |
| 7.4.2 | Experimente: Affine Roboter | 130 |
| 7.5 | Versuchsszenario 4: Untersuchung des Übergangsverhaltens | 131 |
| 7.5.1 | Roboter mit unterschiedlichen Eingangsvektoren und Synchronisationsziel | 132 |
| 7.5.2 | Experimente: Untersuchung des Übergangsverhaltens | 133 |
| 8 | Zusammenfassung und offene Probleme | 135 |
| | Literatur | 137 |

