

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 vernetz- ten 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

Inhaltsverzeichnis

ANHANG

A	Symbolverzeichnis	145
----------	--------------------------	------------