

Dipl.-Ing., Dipl.-Inform.
Björn Bernhard Magnussen, Karlsruhe

Infrastruktur für Steuerungs- und Regelungs- systeme von robotischen Miniatur- und Mikrogreifern

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

Nr. **567**

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Stand der Technik	4
2.1 Kleingreifsysteme	5
2.1.1 Mechanik und Ausführungsformen von Kleingreifsystemen	5
2.1.2 Steuerungssysteme von Kleingreifern	7
2.2 Mikromanipulationssysteme	8
2.2.1 Mechanik von Mikromanipulationssystemen	9
2.2.2 Steuerungssysteme von Mikromanipulationssystemen	10
2.3 Allgemeine Steuerungssysteme	10
2.4 Rechnersysteme	13
3 Das Konzept einer Infrastruktur	21
3.1 Aufgaben der Infrastruktur	21
3.2 Sensorik	23
3.3 Aktuatorik	24
3.4 Informationsverarbeitung	25
3.5 Anforderungen an die Infrastruktur	27
4 Prinzipien zum Aufbau der Infrastruktur	30
4.1 Informationsverarbeitung	30
4.1.1 Rechnerstruktur zur Unterstützung der natürlichen Systemstruktur	30
4.1.2 Erweiterbarkeit der Rechenanlage	33
4.1.3 Parallelität zur Rechenleistungserhöhung	35
4.1.3.1 Pipelinebildung	35
4.1.3.2 Algorithmeigene Parallelität	38
4.1.3.3 Parallele Cluster mit regulärer Struktur	40
4.1.3.4 Parallelisierung typischer Regelungsstrukturen	40
4.1.4 Modularität und Parallelität	42
4.1.5 Kommunikation	43
4.1.6 Zeitverhaltensaspekte	45
4.1.7 Betriebssystem	47
4.1.8 Regeln zum Anpassen eines Rechners an ein Regelungs- und Steuerungsproblem	48
4.1.9 Softwarekonzeption	51
4.2 Schnittstellen zu den Sensoren und Aktuatoren	51
4.2.1 Standardmodule gegenüber anwendungsspezifischen Modulen	53
4.2.2 Sensor-/Aktuatoranbindung auf der Signalebene	55
4.2.2.1 Das Signalverschiebungsprinzip	58
4.2.2.2 Das Signalweiterverarbeitungsprinzip	62
4.2.3 Erweiterbarkeit und Sensor-/Aktuatoranbindung auf der Busebene	63

4.2.4 Sensor-/Aktuatoranbindung auf der Prozessorebene	66
4.2.5 Feldbusse und lokale Intelligenz	67
4.3 Sensoren	68
4.3.1 Verwendete physikalische Größen	69
4.3.2 Auswahlhilfe für Sensoren	69
4.3.3 Konstruktionshilfen für Sensoren	71
4.3.3.1 Zustandssensoren	71
4.3.3.2 Kontaktsensoren	73
4.3.3.3 Objektsensoren	75
4.3.3.4 Aufgabensensoren	77
4.3.3.5 Bediengeräte und Bewertungssensoren	77
4.3.4 Verfügbare Komponenten zur Sensorentwicklung	78
4.4 Aktuatoren	81
4.4.1 Komponenten zur Aktuator konstruktion	83
4.5 Zusammenfassung der wichtigsten neuen Prinzipien	84
5 Verwendung der Infrastruktur am Beispiel des Robotergreifers "Karlsruher Hand"	86
5.1 Gesamtstruktur des Steuerungssystems der Karlsruher Hand	87
5.2 Die Aktuatoren der Karlsruher Hand	91
5.3 Die Sensoren der Karlsruher Hand	92
5.3.1 Zustandssensoren der Karlsruher Hand	93
5.3.2 Kontaktsensoren der Karlsruher Hand	96
5.3.3 Objektsensoren der Karlsruher Hand	102
5.4 Informationsverarbeitung an der Karlsruher Hand	103
5.4.1 Die Hardwarekomponenten der Rechenanlage der Karlsruher Hand	104
5.4.1.1 Mechanischer Träger und zentrale Versorgung	104
5.4.1.2 Die Prozessorkarten	105
5.4.1.3 Allgemeine Erweiterungskarten	108
5.4.1.4 Anwendungsspezifische Erweiterungskarten	110
5.4.2 Software zur Unterstützung der Steuerung der Karlsruher Hand	112
5.4.2.1 Entwicklungswerkzeuge	113
5.4.2.2 Monitore und Bedienoberflächen	113
5.4.2.3 Von der Infrastruktur zu erbringende Dienste	114
5.5 Experimentelle Ergebnisse	116
6 Infrastruktur am Beispiel der Mikromanipulationsanlagen PROHAM und MINIMAN	118
6.1 Mikromanipulationsanlage PROHAM	118
6.1.1 Steuerungssystemstruktur von PROHAM	121
6.2 Mikromanipulationsanlage MINIMAN	126
6.2.1 Steuerungssystemstruktur von MINIMAN	128
6.3 Komponenten der Infrastruktur	129
6.3.1 Aktuatoren zum Antrieb der Mikromanipulationssysteme PROHAM und MINIMAN	129
6.3.1.1 Bewegungsabläufe beim Einsatz piezoelektrischer Aktuatoren	131

6.3.1.2 Der Manipulatorantrieb von MINIMAN	132
6.3.1.3 Ein Leistungsmodul zur Ansteuerung piezoelektrischer Aktuatoren	134
6.3.2 Sensorik für Mikromanipulationssysteme	135
6.3.2.1 Zustandssensoren für Mikromanipulationssysteme	135
6.3.2.2 Kontaktsensoren für Mikromanipulationssysteme	138
6.3.2.3 Objektsensoren für Mikromanipulationssysteme	138
6.3.2.4 Aufgabensensoren für Mikromanipulationssysteme	139
6.3.2.5 Bedienerschnittstelle für Mikromanipulationssysteme	139
7 Übertragbarkeit der Erkenntnisse	141
7.1 Übertragbarkeit auf allgemeine Robotik und andere Bereiche	141
7.2 Anwendungsbeispiele	142
7.2.1 Das autonome Fahrzeug MORITZ	142
7.2.2 Multiagentenbasierte Steuerung redundanter Manipulatoren	145
7.2.3 Ein Gyroskop zur Unterstützung der Positionssensorik eines autonomen Fahrzeugs	146
7.2.4 Auswertung eines Kraftsensors für einen Roboterarm	147
7.2.5 Entwicklung einer tastempfindlichen Haut für Roboterarme	149
7.2.6 Anwendung der Parallelrechnerstruktur zur Schallsimulation	150
8 Zusammenfassung	151
9 Literaturverzeichnis	158