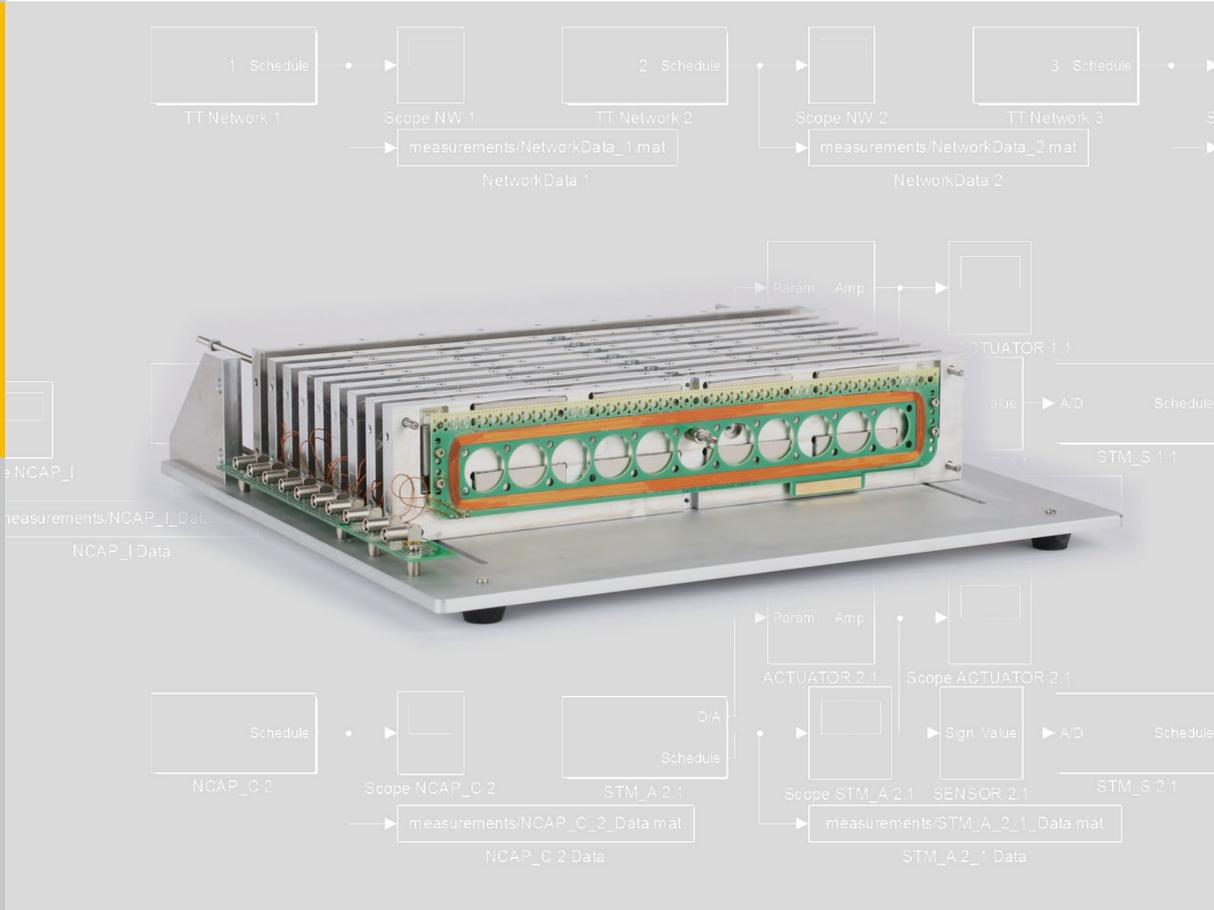


Modellbasierte Ansteuerung räumlich ausgedehnter Aktuator- und Sensornetzwerke in der Strömungsregelung

Marcel Dück



Energie & Umwelt/
Energy & Environment
Band/ Volume 349
ISBN 978-3-95806-193-4

Forschungszentrum Jülich GmbH
Zentralinstitut für Engineering, Elektronik und Analytik (ZEA)
Systeme der Elektronik (ZEA-2)

Modellbasierte Ansteuerung räumlich ausgedehnter Aktuator- und Sensornetzwerke in der Strömungsregelung

Marcel Dück

Schriften des Forschungszentrums Jülich
Reihe Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 349

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-95806-193-4

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen und Akronyme	XIII
1 Einleitung	1
1.1 Konzepte zur passiven und aktiven Strömungsbeeinflussung . . .	2
1.2 Netzwerke	6
1.3 Ziel und Gliederung dieser Arbeit	7
2 Grundlagen: Aktuator- und Sensornetzwerke	11
2.1 Grundlegender Aufbau von Netzwerken	11
2.1.1 Das OSI-Referenzmodell	13
2.1.2 Das Internet-Referenzmodell	14
2.1.3 Echtzeitfähige Protokolle	16
2.1.4 Protokolle der Anwendungsschicht	17
2.2 Aktuator- und Sensornetzwerke	19
2.2.1 Netzwerke in der Regelungstechnik	19
2.2.2 Netzwerke in der industriellen Automatisierung und der Fahrzeugtechnik	21
2.3 Netzwerkknoten	22
2.4 Werkzeuge zur Modellierung und Ansteuerung	23
3 Netzwerkconcept des kaskadierten Regelkreises	27
3.1 Spezifikation des Netzwerkes	27
3.1.1 Allgemeine Anforderungen für großflächige Netzwerke .	28
3.1.2 Applikationsanforderungen	30
3.2 Validierungsstrategie	35
3.3 Netzwerkschichten gemäß OSI-Referenzmodell	37
3.3.1 Anwendungsschicht	37
3.3.2 Transportschicht	39
3.3.3 Netzwerkschicht	39
3.3.4 Externe Netzwerkschnittstellen	41
3.4 Modellierung des Aktuator- und Sensornetzwerkes	42
3.4.1 Werkzeuge und Implementierung	43
3.4.2 Modellierung der Netzwerkschicht	45

3.4.3	Modellierung der Transportschicht	46
3.4.4	Modellierung der Anwendungsschicht	53
3.4.5	Model-in-the-Loop-Implementierung	58
3.5	Modellkonfiguration und Simulation	60
3.6	Zusammenfassung	62
4	Erzeugung von Oberflächenwellen im aktuatornahen Regelkreis	65
4.1	Elektromagnetisches Aktuator-System zur Erzeugung von Oberflächenwellen	65
4.2	Echtzeitige Parametervariation für die Oberflächenwellen (Open Loop)	68
4.2.1	Generierung glatter Signalübergänge	71
4.3	Aktuator-Modell	74
4.4	Regelungskonzept: Iterativ Lernende Regelung	78
4.4.1	Grundlagen zur Iterativ Lernenden Regelung	78
4.4.2	Konvergenz, Design und Implementierung	79
4.4.3	Simulationsergebnisse	85
4.5	Zusammenfassung	86
5	Modellvalidierung und Model-in-the-Loop-Simulation	89
5.1	Mikrocontrollerbasiertes Testnetzwerk	89
5.2	Validierung der Kommunikation	91
5.2.1	Validierung der Netzwerkschicht	92
5.2.2	Validierung der Transportschicht	99
5.2.3	Validierung der Anwendungsschicht	105
5.3	Validierung des Netzwerkmodells	108
5.3.1	Evaluierung konkreter Netzwerkkonfigurationen	109
5.3.2	Analytischer Ansatz zur Optimierung der Zykluszeiten	115
5.3.3	Synchronisation	118
5.3.4	Fehlerbehandlung	120
5.3.5	Bewertung der Evaluation des Netzwerkes und der Mo- dellimplementierung	124
5.4	Simulationsbasierte Validierung der Aktuator- und Sensornetz- werke	124
5.4.1	Simulation des Netzwerkes für homogene Strömungsbe- dingungen	126
5.4.2	Simulation des Netzwerkes für inhomogene Strömungs- bedingungen	129
5.4.3	Bewertung der Simulationen	132

5.5	Steuerung und Regelung des Aktuator-Systems	132
5.5.1	Echtzeitige Generierung und Änderung der transversalen Oberflächenwellen	132
5.5.2	Modellbasierte Entwicklung der Wellenregelung (innerer Regelkreis)	135
5.6	Ankopplung an die Strömungsregelung (Model-in-the-Loop-Simulation)	137
5.7	Zusammenfassung	139
6	Diskussion und Ausblick	141
	Literaturverzeichnis	143

**Energie & Umwelt /
Energy & Environment
Band / Volume 349
ISBN 978-3-95806-193-4**

