

Dipl.-Ing. Michael Scholles, Dresden

Modellierung, Realisierung und Anwendungen der Biologie-nahen Signalverarbeitung

Reihe **10**: Informatik/
Kommunikationstechnik Nr. **473**

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen und Formelzeichen	VII
1. Einleitung	1
2. Grundlagen der biologischen Signalverarbeitung	6
2.1 Arbeitsweise von Einzelneuronen und ihre Verschaltung	7
2.2 Pulscodierung neuronaler Signale	11
2.3 Biologische Lernmechanismen	13
3. Modellierung Neuronaler Netze	15
3.1 Aspekte der Modellierung von Neuronalen Netzen	16
3.2 Konnektionistische Modellierung	18
3.2.1 Neuronale Netze zur Funktionsapproximation	20
3.2.2 Neuronale Netze zur Klassifizierung und Clusterung	22
3.2.3 Assoziativ-Netzwerke	24
3.2.4 Netzwerke zur Verarbeitung zeitlicher und räumlicher Muster	25
3.3 Physiologische Modelle	28
3.4 Schlußfolgerungen	31
4. Mathematische biologie-nahe Modellierung Neuronaler Netze	32
4.1 Modellherleitung	32
4.2 Herleitung und Verifikation von Lernalgorithmen	50
4.3 Netztopologien und Stabilität	64
4.4 Modelldiskussion	66
5. Anwendungen des biologie-nahen Neuronenmodells	71
5.1 Adaptives fehlertolerantes Beamforming	71
5.1.1 Beamforming mit klassischen signaltheoretischen Methoden	77
5.1.2 Schallortung als biologisches Vorbild für Beamforming	80
5.1.3 Neuronal basiertes System für adaptives fehlertolerantes Beamforming	82
5.2 Zeitliche Normalisierung von Signalen	94
5.3 Weitere mögliche Anwendungen	99
6. Multiprozessorsystem für die biologie-nahe Signalverarbeitung	105
6.1 Existierende Hardware zur Emulation biologie-naher Neuronaler Netze	106

6.2	Systemkonzept des Neuro-Emulators	108
6.2.1	Topologien und Kommunikationsverfahren für parallele Systeme . . .	109
6.2.2	Auswahl eines geeigneten Prozessors	116
6.3	Realisierung der Kommunikationseinheit	118
6.3.1	Architektur der Kommunikationseinheit	118
6.3.2	Methodik des Chip-Designs	119
6.3.3	Komponenten für die Datenvermittlung	122
6.3.4	Schnittstelle zwischen Recheneinheit und Kommunikationseinheit . . .	124
6.3.5	Entwurf des Timer-Blocks	125
6.3.6	Integration der Einzelkomponenten	126
6.4	Systemrealisierung	130
6.4.1	Systemaufbau	130
6.4.2	Betriebssoftware	133
6.4.3	Einsatz des Emulators	134
6.4.4	Bewertung und mögliche Verbesserungen	139
Zusammenfassung		141
Anhang		145
A. Hodgkin-Huxley-Neuronenmodell		145
A.1	Mathematische Formulierung des Hodgkin-Huxley-Modells	145
A.2	Implementierung des Modells in spezielle Simulationsprogramme	147
A.3	Beispielsimulationen	149
B. Erläuterungen zur Analyse des biologie-nahen Neuronenmodells		154
B.1	Methoden zur Approximation zeitlicher Ableitungen	154
B.2	Berechnung des Membranpotentials im Zeitbereich	156
B.3	Fouriertransformation des pulsphasenmodulierten Eingangssignals	158
C. Adaptive Routingalgorithmen		159
D. Komponenten des Neural Network Chip		161
D.1	Beschreibung der DSP-Schnittstelle des Neural Network Chip	161
D.2	Beschreibung der Timer des Neural Network Chip	164
E. Betriebssoftware des Neuro-Emulators		167
Literatur		171