

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation und Kontext	1
1.2	Modellierungssprachen	4
1.3	Der NESTML-Ansatz	6
1.4	Wichtigste Resultate	8
1.5	Aufbau der Arbeit	9
2	Mathematische Modellierung von biologischen Neuronen	11
2.1	Neuronen als Teil des Nervensystems	11
2.2	Mathematische Spezifikation der Neuronendynamik	14
2.3	Charakteristische Neuronendynamiken	16
2.4	Zusammenfassung	21
3	Nutzungsszenarien und Anforderungen für eine Neuronen-Modellierungssprache	23
3.1	Nutzungsszenarien mit ihren Rollen	23
3.2	Anforderungen an die Neuronenbeschreibungssprache	27
3.3	Verwandte Arbeiten	32
3.3.1	Network Interchange for Neuroscience Modeling Language (NineML)	32
3.3.2	Low Entropy Model Specification	36
3.3.3	NeuroML	39
3.3.4	XML als konkrete Syntax	44
3.3.5	Simulator-spezifische Modellierungssprachen	45
3.4	Evaluierung der existieren Ansätze	49
4	Die MontiCore Language Workbench	53
4.1	Domänenspezifische Sprachen	53
4.2	MontiCore	55
4.3	Integriertes MontiCore-Grammatikformat	57
4.4	Wiederverwendung der Grammatikdefinition	61
4.5	Symboltabelle	62
4.6	Visitoren zum Traversieren der ASTs	67
4.7	Kontextbedingungen	68
4.8	Codegenerierung	70
4.9	Zusammenfassung	73

5	NESTML: eine domänenspezifische Sprache für die Spezifikation von Punkt-neuronen	75
5.1	Exemplarisches NESTML-Neuron	75
5.2	NEST Modeling Language	78
5.2.1	Neuronen- und Komponentendefinition	78
5.2.2	Variablenblöcke	80
5.2.3	Ein- und ausgehende Ports	82
5.2.4	Spezifikation von Differenzialgleichungen	84
5.2.5	Spezifikation des Verhaltens	85
5.3	ProceduralDSL: Aktionssprache für die imperative Spezifikation	86
5.4	EquationsDSL für die Beschreibung der Differenzialgleichungen	93
5.5	Ausdruckssprache ExpressionsDSL	94
5.6	UnitsDSL: Sprache für der physikalischen Einheiten	95
5.7	Zusammenfassung	98
6	Umsetzung von NESTML mit der MontiCore Workbench	99
6.1	Grammatiküberblick	99
6.1.1	NESTML-Grammatik	101
6.1.2	Procedural-Grammatik	104
6.1.3	Equations-Grammatik	106
6.1.4	Expressions-Grammatik	106
6.1.5	Units-Grammatik	108
6.2	Symboltabelle von NESTML	108
7	Methodik für die Entwicklung neuer Neuronen mit NESTML	117
7.1	Developing biological neuron models with NESTML	117
7.1.1	Derivation of a mathematical model for biological neurons	117
7.1.2	NEST Modeling Language	120
7.2	Installation and usage of the NESTML environment	124
7.3	Semantic checks of NESTML neurons and components	128
7.3.1	Parse errors	128
7.3.2	Semantic errors in the <i>ProceduralDSL</i>	129
7.3.3	Semantic errors in the neuron specification	131
7.3.4	Semantic errors in the equation specification	136
8	Ein Codegenerator für den NEST-Simulator	137
8.1	Generierung des Simulationscodes für den NEST-Simulator	137
8.1.1	Abbildung der Neuronendeklaration	141
8.1.2	Abbildung des Datenzustandes	142
8.1.3	Abbildung von Ports	146
8.1.4	Abbildung von <code>update</code> - und <code>function</code> -Blöcken	149

8.1.5	Abbildung des <code>equations</code> -Blockes	150
8.1.6	Das Analyseframework für Differenzialgleichungen	152
8.1.7	Integration von handgeschriebenem Code	156
8.2	Generierung des Modulintegrationscodes	157
8.3	Konsolen-basierte Schnittstelle für das NESTML-Frontend	159
8.4	Zusammenfassung	160
9	Evaluierung von NESTML	161
9.1	NESTML-Workshops	161
9.2	Validität von der Evaluierung	165
10	Diskussion und Zusammenfassung	169
10.1	Evaluierung der Sprachanforderungen	169
10.2	Zusammenfassung	171
	Literaturverzeichnis	175
A	Abkürzungsverzeichnis	193
B	Tags	195
C	Tutorialevaluierung	197
C.1	Fragebogen	197
C.2	Praktische Aufgabe	198
D	Grammatiken von NESTML	199
D.1	Units-Grammatik	199
D.2	Commons-Grammatik	200
D.3	Equations-Grammatik	202
D.4	Procedural-Grammatik	203
D.5	NESTML-Grammatik	205
E	Modelle für Tutorial	209
E.1	<code>rc_neuron</code>	209
E.2	<code>alpha-shaped postsynaptic response</code>	210
E.3	<code>shapes</code>	211
E.4	<code>Izhikevich neuron</code>	212
F	Curriculum Vitae	213
	Tabellenverzeichnis	215
	Abbildungsverzeichnis	217