

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Abbildung des Sprachsignals auf die Benutzerintention	2
1.2	Prinzipien zur Klassifikation von Sprachsignalen	4
1.3	Aufgabenstellung, eigener Beitrag zur Lösung	6
1.4	Gliederung der Arbeit	9
2	Stochastische Methoden zum Verstehen natürlicher Sprache	11
2.1	Semantische Decodierung mittels Maximum-a-posteriori-Klassifikator	12
2.2	Verwandte Arbeiten	15
2.2.1	Das System CHRONUS von AT&T	16
2.2.2	Das System TINA vom MIT	18
2.2.3	Untersuchungen von HAUENSTEIN und WEBER zur engen Koppelung eines Parsers mit einem Spracherkenner	19
2.3	Schlußfolgerungen für die Realisierung eines integrierten semantischen Decoders.	20
3	Stochastische Modellierung auf der Basis der semantischen Gliederung	23
3.1	Definition der semantischen Gliederung	23
3.2	Interdependenz von Wortkette und semantischer Gliederung	26
3.3	Das semantische Modell	27
3.3.1	Berechnung der a-priori-Wahrscheinlichkeit für eine semantische Gliederung	28
3.4	Das syntaktische Modell	28
3.4.1	Grundprinzip einer kontextfreien Grammatik	29
3.4.2	Darstellung des syntaktischen Modelles als kontextfreie Grammatik	31
3.4.3	Stochastische Bewertung der Ersetzungsregeln	32
3.4.4	Das syntaktische Modul	34
3.4.5	Berechnung der Produktionswahrscheinlichkeit für eine Wortkette	36
3.5	Beurteilung der Grammatik und des semantischen Decoders	39
4	Training der stochastischen Grammatik	41
4.1	Bereitstellung von Lern- und Teststichprobe	43
4.1.1	Sammeln von Äußerungen	43
4.1.2	Aufbereiten der Äußerungen	44
4.1.3	Auswahl der Stichproben	44
4.2	Training des semantischen Modelles	46
4.3	Training des syntaktischen Modelles	47
4.3.1	Iterative Nachschätzung der Parameter	49
4.3.2	Strategien zur Normierung der Modellparameter	51
4.3.3	Initialisierung zur Erzeugung eines Saatmodelles	52
4.4	Ergebnisse und Diskussion	54
4.4.1	Beschreibung der Modelle	54
4.4.2	Evaluierung der Modelle	56

5	Ein probabilistischer Chartparser zur Decodierung geschriebener Äußerungen	57
5.1	Grundprinzipien des aktiven Chartparsing	58
5.1.1	Die aktive Chart	59
5.1.2	Der Top-Down-Chartparser	60
5.1.3	Der Agendamechanismus zur Steuerung der Suchstrategie	62
5.2	Kriterien zur Festlegung der Kontrollstrategie	62
5.3	Das Item als Repräsentant einer Kante in der Chart	63
5.3.1	Beispielanalyse einer Wortkette	66
5.4	Elementare Methoden zur Anwendung auf Items	68
5.4.1	Methode Predict-Übergang	68
5.4.2	Methode Predict-Nachfolger	69
5.4.3	Methode Predict-Einsprung	70
5.4.4	Methode Predict-Leer	70
5.4.5	Methode Scan-B ⁻ Wort	71
5.4.6	Methode Scan-B ⁺ Wort	71
5.4.7	Methode Combine	72
5.5	Verwaltung der Items innerhalb der Chart	73
5.5.1	Strukturierung der Chart in Form von Itemlisten	73
5.5.2	Zusammenfassung äquivalenter Items durch Rekombination	74
5.6	Der inkrementelle Algorithmus zum Parsen von Wortketten	77
5.6.1	Komplexe Operationen zur Durchführung von Übergängen	77
5.6.2	Initialisierung der Chart	78
5.6.3	Algorithmische Beschreibung des probabilistischen Chartparsers	78
5.7	Aufdecken der semantischen Gliederung durch Trace-Back	83
5.8	Verwendung des Parsers zur Disambiguierung im Training	85
5.8.1	Das semantische Pseudo-Modell	85
5.8.2	Trace-Back zum Aufdecken des wahrscheinlichsten Pfades	86
5.9	Diskussion der Komplexität des Suchproblems	87
6	Probabilistisches Chartparsing gesprochener Äußerungen	89
6.1	3-Schichten-Aufbau des integrierten semantischen Decoders	89
6.1.1	Aus verwandten Arbeiten übernommene Konzepte	90
6.1.2	Architektur des semantischen Decoders	91
6.1.3	Die Strahlsuche als suboptimales Suchverfahren	93
6.1.4	Einstellung des Gleichgewichtes zwischen Grammatik und Akustik	94
6.2	Die Akustikschicht	95
6.2.1	Definition der Worthypothese	96
6.2.2	Aufbau der Wortmodelle aus Phonemmodellen und dem Pausenzustand	98
6.2.3	Die Methode Push-Wort	99
6.2.4	Die Methode Zeitschritt-Wort	99
6.2.5	Die Methode Pop-Wort	102
6.3	Die Wortgruppenschicht	102
6.3.1	Definition der Wortgruppenhypothese	102
6.3.2	Die Methode Push-WGrupp	103
6.3.3	Die Methode Zeitschritt-WGrupp	104
6.3.4	Die Methode Pop-WGrupp	105

6.4	Die Grammatikschicht (Chart)	106
6.4.1	Der Satzendeknoten zur Pausenmodellierung	106
6.4.2	Der inkrementelle Algorithmus zum Parsen gesprochener Äußerungen	108
6.5	Reduzierung des Rechenaufwands und des Speicherbedarfes	111
6.5.1	Diskontinuierliche Grammatikaktivität	111
6.5.2	Absolute Begrenzung der Hypothesenanzahl	112
7	Ergebnisse und Diskussion	115
7.1	Gegenüberstellung des ein- und zweistufigen Decoders	115
7.1.1	Reklassifikation (Teststichprobe aus Trainingsstichprobe)	116
7.1.2	Elementfremde Trainings- und Teststichproben	117
7.2	Optimierung der Parameter des Suchprozesses	118
7.2.1	Einfluß des Prunings auf den Rechenaufwand und die Trefferrate	120
7.2.2	Rechenaufwand und Trefferrate bei diskontinuierlicher Grammatikaktivität ..	121
7.2.3	Einstellung des Gleichgewichtes zwischen Grammatik und Akustik	122
7.2.4	Rechenaufwand und Trefferrate bei absoluter Suchraumbegrenzung	124
7.2.5	Abhängigkeit des Speicherbedarfes von der Äußerungslänge	128
8	Kurzbeschreibung der Implementierungen	129
8.1	Semantische Decodierung gesprochener Sprache	130
8.1.1	Offline-Decoder	131
8.1.2	Online-Decoder	131
8.1.3	Demonstrationssystem ‚sprachverstehender Grafikeditor‘	133
8.2	Semantische Decodierung geschriebener Sprache	135
8.3	Training des syntaktischen Modelles	135
8.3.1	Initialisierung	136
8.3.2	Iteration	136
9	Schlußbetrachtung und Ausblick	137
9.1	Mögliche Weiterentwicklungen des Systems	138
9.2	Das sprachverstehende System zur Mensch-Maschine-Kommunikation	140
	Literaturverzeichnis	141
	Anhang	151
A.1	Der Maximum-a-posteriori-Klassifikator	151
A.2	Hidden-Markov-Modellierung	152
A.2.1	Prinzip der Hidden-Markov-Modellierung	152
A.2.2	VITERBI-Strahlsuche	154
A.2.3	Kontinuierliche Emissionswahrscheinlichkeiten	156
A.2.4	Struktur der verwendeten phonembasierten Modelle	157
A.3	Merkmalsextraktion	158
A.4	Verzeichnis häufig verwendeter Abkürzungen	160
A.5	Glossar	160
A.6	Verzeichnis verwendeter Symbole	163