

Erwin Paulus

Sprachsignalverarbeitung

Analyse, Erkennung, Synthese

Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg · Berlin

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Erzeugung, symbolische Beschreibung und Wahrnehmung von Sprechschall	5
2.1	Sprechorgane, Schallanregung und Artikulation . . .	5
2.2	Sprachlaute und Phoneme	11
2.3	Sprechsilben, lexikalische Betonung und Prosodie .	32
2.4	Akustik des Sprechens	44
2.5	Schallwahrnehmung	61
2.6	Aufgabenstellungen für die Sprachsignalverarbeitung	71
3	Analyse und parametrische Darstellung von Sprachsignalen	79
3.1	Allgemeines	79
3.2	Spektralanalyse	80
3.2.1	Kurzzeitspektrum	81
3.2.2	System- und Anregungsanalyse von Sprachsignalen	89
3.3	Prädiktionsanalyse	104
3.3.1	Optimaler linearer Prädiktor	107
3.3.2	Systemanalyse durch Prädiktionsanalyse . .	110
3.3.3	Analyse veränderlicher Systeme	122
3.3.4	Prädiktionsanalyse von Sprachsignalen . . .	125
3.4	Vektorquantisierung	128
3.4.1	Codierung und Decodierung	130
3.4.2	Bestimmung des Codebuches	131
3.4.3	Vektorquantisierung parametrischer Darstellungen des Sprachsignals	133
4	Analyse-Synthese-Systeme	139
4.1	Einführung	139
4.2	Kanalvocoder	141
4.3	Formantvocoder	143
4.4	Prädiktive Systeme	146
4.4.1	Anregung des Synthesators	148
4.4.2	Langzeit-Prädiktion	153
4.4.3	Ausführungsformen des Synthesators	155
4.5	Sprachqualität und Datenraten	161

5	Synthese von Sprachsignalen	165
5.1	Einführung	165
5.2	Lautschriftgeführte Synthese der Verläufe von Synthesatorparametern	170
5.2.1	Daten und Regeln	170
5.2.2	Regulierung der Lautdauer	176
5.3	Automatische phonetische Transkription	177
5.4	Synthese der Verläufe prosodischer Signalparameter	183
5.5	Grundfrequenzsynchrone Synthese	185
5.6	Probleme der Beurteilung der Qualität synthetischer Sprachsignale	191
6	Grundzüge der Mustererkennung	195
6.1	Einführung	195
6.2	Wahrscheinlichkeitstheoretische Modellierung der Quelle	200
6.2.1	Stationäre gedächtnislose Quelle	200
6.2.2	Markoff-Quelle	200
6.3	Wahrscheinlichkeitstheoretische Modellierung der Merkmalmuster	204
6.3.1	Zufallsvektor	204
6.3.2	Zufallsfolgen	204
6.4	Optimale Klassifikation	210
6.4.1	Optimale Klassifikation von Zufallsvektoren	211
6.4.2	Optimale Klassifikation von Zufallsfolgen . .	221
6.5	Klassifikationsverfahren	231
6.5.1	Klassifikation von Zufallsvektoren	233
6.5.2	Klassifikation von Zufallsfolgen	245
6.6	Auswertung von Lernstichproben	253
6.6.1	Auswertung von Zufallsvektoren	254
6.6.2	Adaptation verdeckter Markoff-Modelle . . .	283
6.6.3	Schätzung von Übergangswahrscheinlichkeiten	293
6.7	Erprobung und Beurteilung von Mustererkennungsverfahren	296
6.7.1	Beurteilung der Aufgabenstellung	296
6.7.2	Beurteilung von Klassifikationsverfahren . .	298
6.7.3	Schätzung der Fehlerwahrscheinlichkeit . . .	304

7	Spracherkennung	307
7.1	Einführung	307
7.2	Vorverarbeitung	313
7.3	Erschwerende Einsatzbedingungen	324
7.4	Allgemeine Bemerkungen zum Einsatz von verdeckten Markoff-Modellen (HMM)	332
7.5	Die Rolle von Lauten und Sprechsilben	340
	7.5.1 Laute	340
	7.5.2 Sprechsilben	353
7.6	Einzelworterkennung	356
	7.6.1 Ganzworterkennung	357
	7.6.2 Segmentweise Worterkennung	361
7.7	Wortkettenerkennung	363
7.8	Schlüsselworterkennung	368
7.9	Erkennung fließend gesprochener Äußerungen	376
7.10	Probleme der vergleichenden Beurteilung von Spracherkennungssystemen	389
	Literaturzitate	393
	Literatur	401
	Index	424