

Dipl.-Ing. Aleš Ude, Bonn

Rekonstruktion von Trajektorien aus Stereobildfolgen für die Programmierung von Roboterbahnen

Reihe **10**: Informatik/
Kommunikationstechnik Nr. **448**

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Problemstellung	3
1.3	Aufbau und Inhalt der Arbeit	5
2	Grundprobleme der Methode des Roboterprogrammierens durch menschliche Vorführungen	7
2.1	Aspekte der Roboterprogrammierung	7
2.2	Motivation für das Programmieren durch Vormachen	11
2.3	Analyse des Programmierens durch Vormachen	13
2.3.1	Erfassung von Benutzervorführungen	15
2.3.2	Repräsentation einer Benutzervorführung	16
2.3.3	Interpretation einer Benutzervorführung	18
2.3.4	Stand der Technik	21
2.4	Zusammenfassung	22
3	Geometrische Rekonstruktion und Bewegungsschätzung aus Stereobildern	24
3.1	Verwendung von Merkmalskorrespondenzen zur Berechnung von Objektlagen	25
3.2	Auswahl geeigneter Merkmale und Extraktionsverfahren	26
3.3	Rekonstruktion von Geradensegmenten	26
3.4	Berechnung von Objektlagen	29
3.4.1	Berechnung der Objektlage aufgrund von 3D – 3D Korrespondenzen	31
3.4.2	Berechnung der Objektlage aufgrund von 2D – 3D Korrespondenzen	33
3.5	Bewegungsschätzung aus längeren Stereobildfolgen	34
3.6	Zusammenfassung	36
4	Objektlokalisierung für die Deutung von Benutzervorführungen	37
4.1	Ansätze zur Objekterkennung	37
4.1.1	Modellierung	38
4.1.2	Hypothesenbildung und Verifikation	40
4.1.3	Perzeptuelle Organisation	44
4.1.4	Zusammenfassung	46

4.2	Von Bildmerkmalen zu signifikanten Bildgruppierungen	47
4.2.1	Ermittlung der signifikanten Relationen zwischen Bildsegmenten . . .	48
4.2.2	Einsatz analoger Repräsentationen	52
4.2.3	Berechnung von Bildgruppierungen	53
4.2.4	Bewertung von Bildgruppierungen	61
4.3	Die Korrespondenzprobleme	63
4.3.1	Rekonstruktion von Bildgruppierungen	63
4.3.2	Korrespondenzen zwischen Szenen- und Modellgruppierungen . . .	65
4.4	Verifikation von Objektlagehypothesen	66
4.4.1	Sichtbarkeitstabellen	66
4.4.2	Korrespondenzen zwischen Modell- und Bildmerkmalen	68
4.4.3	Bewertung von Lagehypothesen	70
4.5	Dynamische Anpassung von Schwellwerten	72
4.6	Objektverfolgung	73
4.7	Experimentelle Ergebnisse	74
4.8	Zusammenfassung	78
5	Rekonstruktion von Trajektorien aus diskreten Objektlagenfolgen	79
5.1	Problemstellung	79
5.1.1	Relevante Arbeiten aus der Literatur	80
5.1.2	Rekonstruktionskriterien	82
5.1.3	Berücksichtigung der kinematischen und dynamischen Roboterbeschränkungen	83
5.2	Theoretische Grundlagen zur Glättung von Trajektorien	87
5.2.1	Spline-Funktionen in der B-Spline Darstellung	87
5.2.2	Natürliche Spline-Funktionen	89
5.3	Glättung mittels vektorieller Splines	90
5.4	Bestimmung des optimalen Glättungsparameters	97
5.4.1	Schätzung des Glättungsparameters bei der bekannten Varianz . . .	98
5.4.2	Schätzung des Glättungsparameters bei der Varianz mit unbekanntem Skalierungsparameter	99
5.4.3	Verallgemeinerte Ridge-Regression	100
5.4.4	Veranschaulichung und Verallgemeinerung der vorgeschlagenen Kriterien	102
5.5	Praktische Durchführung numerischer Berechnungen	107
5.6	Segmentierung und Zusammensetzung von Trajektorien	111
5.7	Synthetische und experimentelle Ergebnisse	114
6	Systemkonzept	131
6.1	Systembeschreibung	131
6.1.1	Das Bildverarbeitungssystem	131
6.1.2	Struktur und Module	133
6.1.3	Modellierung der Objektgeometrie	136
6.2	Roboterprogrammsynthese und Programmierszenarien	137

7 Zusammenfassung und Ausblick	141
A Zur Parameterschätzung	145
B Modellierung der Kameraabbildung	147
B.1 Ein geometrisches Kameramodell	148
B.2 Stereoskopische Vermessungen von Raumpunkten	150
C Repräsentation geometrischer Objekte	153
C.1 Repräsentation der Orientierung	153
C.1.1 Nichtminimale Darstellungen	153
C.1.2 Minimale Darstellungen	155
C.2 Repräsentation geradliniger Kanten	156
C.2.1 Repräsentation zweidimensionaler Kantensegmente	157
C.2.2 Repräsentation dreidimensionaler Geraden	158
D Kronecker-Produkt	160
Literaturverzeichnis	161