
Inhaltsverzeichnis

Teil I Grundlagen

1	Technische Grundlagen	13
1.1	Einführung	13
1.2	Licht	14
1.2.1	Physikalische Grundlagen	14
1.2.2	Leuchtmittel	18
1.2.3	Beleuchtungstechniken	21
1.2.4	Zusammenfassung und Anmerkungen	27
1.3	Optik	29
1.3.1	Anschluss	29
1.3.2	Format	31
1.3.3	Brennweite	31
1.3.4	Blende	33
1.3.5	Fokus	34
1.3.6	Bildwinkel	34
1.3.7	Minimale Objektdistanz	35
1.3.8	Schärfentiefe	36
1.3.9	Auflösung	37
1.3.10	Zusammenfassung und Anmerkungen	40
1.4	Bildaufnehmer	43
1.4.1	Physikalische Grundlagen	43
1.4.2	CCD	43
1.4.3	CMOS	45
1.4.4	Farbverarbeitung	49
1.4.5	Zusammenfassung und Anmerkungen	51
1.5	Bildübertragung	53
1.5.1	Analog	53
1.5.2	USB	55
1.5.3	IEEE 1394	55

1.5.4	Camera Link	56
1.5.5	Gigabit-Ethernet	57
1.5.6	GenICam	58
1.5.7	Bandbreitenbedarf	58
1.5.8	Treiberkapselung	59
1.5.9	Kameras am Notebook	60
1.6	Systembeispiele	61
1.6.1	Humanoider Roboterkopf	61
1.6.2	Stereoendoskop	62
1.6.3	Intelligentes Haus	64
1.6.4	Qualitätskontrolle in der Industrie	66
1.7	Quellen	68
2	Einführung in die Algorithmik	73
2.1	Einführung	73
2.2	Kameramodell und Kamerakalibrierung	73
2.2.1	Lochkameramodell	74
2.2.2	Erweitertes Kameramodell	75
2.2.3	Kamerakalibrierung	78
2.2.4	Berücksichtigung von Linsenverzerrungen	84
2.2.5	Zusammenfassung des Kalibrierverfahrens	87
2.3	Bildrepräsentation und Farbmodelle	89
2.3.1	Repräsentation eines 2D-Bildes im Speicher	90
2.3.2	Repräsentation von Graustufenbildern	90
2.3.3	Repräsentation von Farbbildern	91
2.3.4	Bildfunktionen	95
2.3.5	Konvertierung zwischen Graustufenbildern und Farbbildern	95
2.4	Homogene Punktoperatoren	96
2.5	Histogramme	99
2.5.1	Grauerthistogramme	99
2.5.2	Farbhistogramme	101
2.5.3	Histogrammdehnung	102
2.5.4	Histogrammausgleich	104
2.5.5	Vergleich von Histogrammdehnung und Histogrammausgleich	105
2.6	Filter	107
2.6.1	Faltung und Filter im Ortsbereich	107
2.6.2	Filtermasken oft verwendeter Filter	109
2.6.3	Praktische Gesichtspunkte	112
2.7	Morphologische Operatoren	115
2.7.1	Allgemeine Definition	115
2.7.2	Dilatation und Erosion	116
2.7.3	Öffnen und Schließen	117
2.8	Segmentierung	119

2.8.1	Segmentierung nach Intensität	119
2.8.2	Segmentierung nach Farbe	122
2.8.3	Region Growing	126
2.8.4	Segmentierung von geometrischen Strukturen	129
2.9	Projektive Verzerrungsabbildungen	137
2.9.1	Allgemeine Definition	137
2.9.2	Bilineare Interpolation	138
2.9.3	Beispiele spezieller Abbildungen	140
2.9.4	Bestimmung der Abbildungsparameter durch Punktkorrespondenzen	142
2.10	Stereogeometrie	143
2.10.1	Stereo-Triangulation	143
2.10.2	Epipolargeometrie	145
2.10.3	Rektifizierung	147
2.11	Korrelationsverfahren	149
2.11.1	Allgemeine Definition	149
2.11.2	Nicht normalisierende Korrelationsverfahren	150
2.11.3	Normalisierende Korrelationsverfahren	150
2.11.4	Laufzeit	153
2.12	Effiziente Implementierung von Bildverarbeitungsmethoden ...	154
2.12.1	Bildzugriff bei 8 Bit-Graustufenbildern	154
2.12.2	Bildzugriff bei 24 Bit-Farbbildern	155
2.12.3	Homogene Punktoperatoren	156
2.12.4	Platzierung von if-Abfragen	157
2.12.5	Speicherzugriffe und Cache-Optimierung	157
2.12.6	Arithmetische und logische Operationen	159
2.12.7	Lookup-Tables	160
2.13	Quellen	161
3	Integrating Vision Toolkit	163
3.1	Einführung	163
3.2	Architektur	164
3.2.1	Die Klasse CByteImage	164
3.2.2	Anbindung von graphischen Benutzeroberflächen	165
3.2.3	Anbindung von Bildquellen	166
3.2.4	Anbindung der OpenCV	167
3.2.5	Anbindung von OpenGL über Qt	168
3.3	Beispielapplikationen	168
3.3.1	Verwendung von Basisfunktionalität	169
3.3.2	Verwendung einer graphischen Benutzeroberfläche	169
3.3.3	Verwendung eines Kameramoduls	169
3.3.4	Verwendung der OpenCV	169
3.3.5	Verwendung der OpenGL-Schnittstelle	170
3.4	Übersicht weiterer Funktionalität der IVT	170

Teil II Applikationen

4 Sicherheitstechnik 177

- 4.1 Einführung 177
- 4.2 Segmentierung von Bewegung 177
- 4.3 Erweiterungen und verwandte Ansätze 180
- 4.4 Quellen und Quelltext 181

5 Barcodes und Matrixcodes 183

- 5.1 Einführung 183
- 5.2 Grundlagen 183
- 5.3 Aufbau am Beispiel des EAN13-Barcodes 185
- 5.4 Erkennung des EAN13-Barcodes 186
- 5.5 Matrixcodes 188
- 5.6 Quellen und Quelltext 190

6 Lageausgleich und Objektvermessung 195

- 6.1 Einführung 195
- 6.2 Algorithmik 196
 - 6.2.1 Momente 196
 - 6.2.2 Vermessung 198
- 6.3 Implementierung 198
- 6.4 Quellen und Quelltext 201

7 Histogrammbasierte Objekterkennung 205

- 7.1 Einführung 205
- 7.2 Implementierung 206
- 7.3 Bedienung der Software 207
- 7.4 Quellen und Quelltext 208

8 Korrelationsbasierte Objekterkennung 213

- 8.1 Einführung 213
- 8.2 Automatisierte Katzenklappe *Flo Control*[®] 214
- 8.3 Flaschensortierung 215
- 8.4 Quellen und Quelltext 216

9 Skalierungs- und rotationsinvariante Objekterkennung 219

- 9.1 Einführung 219
- 9.2 Ansichts-basierte Ansätze 219
- 9.3 Vorgehensweise 220
 - 9.3.1 Entzerrung 221
 - 9.3.2 Segmentierung 221
 - 9.3.3 Normalisierung der Form 223
 - 9.3.4 Klassifikation 224
- 9.4 Quellen und Quelltext 226

10	Das Lichtschnittverfahren	231
10.1	Einführung	231
10.2	Grundlagen	231
10.3	Auslegung der Geometrie	233
10.4	Algorithmik	235
10.5	Bedienung	239
10.5.1	Kalibriervorgang	239
10.5.2	Scanvorgang und Visualisierung	240
10.6	Genauigkeitsbetrachtungen	241
10.7	Anmerkungen und mögliche Erweiterungen	243
10.8	Quellen	245
10.8.1	Quellen zum Text	245
10.8.2	Andere interessante 3D-Scanner-Projekte	246
10.8.3	Software zur Weiterverarbeitung der 3D-Daten	247
10.9	Teileliste, CAD und Quelltext	248
11	Tiefenbildakquisition mit einem Stereokamerasystem	257
11.1	Einführung	257
11.2	Vorgehensweise	257
11.3	Quellen und Quelltext	260
12	3D-Tracking mit einem Stereokamerasystem	265
12.1	Einführung	265
12.2	Vorgehensweise	265
12.3	Quellen und Quelltext	268
13	Ausblick	273
13.1	Human Motion Capture	273
13.2	3D-Objekterkennung und -lokalisierung	274
13.3	Biometrie	275
13.3.1	Iriserkennung	275
13.3.2	Fingerabdruckerkennung	276
13.4	Optical Character Recognition	276
13.5	Quellen	277

Teil III Anhang

A	Installation von IVT, OpenCV und Qt unter Windows und Linux	281
A.1	Windows	282
A.1.1	OpenCV	282
A.1.2	Qt	284
A.1.3	CMU1394	285
A.1.4	IVT	286

- A.1.5 Zusammenfassung 290
- A.2 Linux 291
 - A.2.1 OpenCV 291
 - A.2.2 Qt 291
 - A.2.3 Firewire und libdc1394/libraw1394 292
 - A.2.4 IVT 292

- B Mathematik** 295
 - B.1 Vektorrechnung 295
 - B.1.1 Vektorprodukt 295
 - B.1.2 Invertierung einer 3×3 -Matrix 296
 - B.1.3 Geraden im \mathbb{R}^3 296
 - B.1.4 Ebenen im \mathbb{R}^3 296
 - B.1.5 Schnitt einer Geraden mit einer Ebene 297
 - B.1.6 Rotationen 297
 - B.1.7 Homogene Koordinaten 298
 - B.2 Numerik 300
 - B.2.1 Methode der kleinsten Quadrate 300
 - B.2.2 Gauß-Elimination 301
 - B.2.3 Cholesky-Verfahren 302

- C Industrielle Bildverarbeitung –**
- Ein Praxisbericht** 303
- C.1 Einführung 303
- C.2 Grundlagen zu SAC Coake 304
- C.3 Probeleauf 306
- C.4 Komponentenauswahl 311
 - C.4.1 Zeile versus Matrix 311
 - C.4.2 Prozessanbindung 312
- C.5 Projekte 313
 - C.5.1 Automatisches Brezelmesser 313
 - C.5.2 Drehteilprüfung 314
 - C.5.3 Stanzteilprüfung 315
 - C.5.4 Prüfung von Radialwellen-Dichtringen 315
- C.6 Quellen 317