

Inhaltsverzeichnis

Teil I Animationssysteme

1	Hierarchien in Szenen	3
1.1	Einleitung	4
1.2	Von Low-Level-API zur Szenen-API	5
1.3	Koordinatensysteme	8
1.4	Transformationshierarchien	20
1.4.1	Definition und Beispiele	20
1.4.2	Koordinatenwechsel	27
1.5	Diskussion und Verweise	30
1.6	Übungsaufgaben und Projekte	31
	Literatur	34
2	Szenengraphen	35
2.1	Einleitung	36
2.2	Datenstruktur	36
2.3	Auswertung	49
2.4	Erweiterungen	55
2.5	Diskussion und Verweise	59
2.6	Übungsaufgaben und Projekte	60
	Literatur	62
3	Animationssysteme	63
3.1	Einleitung	64
3.2	Simulationsobjekte	65
3.3	Simulationsdiagramme	70
3.4	Zustandsaktualisierung	77
3.5	Zeitabhängigkeit	81
3.6	Diskussion und Verweise	85
3.7	Übungsaufgaben	87
	Literatur	89

4	Zeit und Game Loop	91
4.1	Einleitung	92
4.2	Physikalische Zeit und Systemzeit	92
4.3	Simulationszeit	94
4.4	Globale und lokale Zeit	97
4.5	Frames	107
4.6	Game Loop	109
4.6.1	Elementarer Game Loop	109
4.6.2	Steuerung der Framerate	112
4.7	Diskussion und Verweise	116
4.8	Übungsaufgaben und Projekte	117
	Literatur	121

Teil II Objektanimation

5	Bewegung im Raum	125
5.1	Einleitung	126
5.2	Keyframe-Animation	126
5.3	Positionsbeschreibung durch Kurven	129
5.4	Spur und Graph von Kurven	136
5.5	Geschwindigkeit	140
5.6	Tangentialvektoren	147
5.7	Parametrische und geometrische Stetigkeit	151
5.8	Bogenlänge	155
5.9	Numerische Approximation der Bogenlänge	162
5.10	Weitere Verwendung von Kurven	168
5.11	Diskussion und Verweise	168
5.12	Übungsaufgaben und Projekte	169
	Literatur	172
6	Interpolation und Bézier-Kurven	173
6.1	Einleitung	174
6.2	Interpolation und Gewichtsfunktionen	175
6.3	Bézier-Kurven	183
6.3.1	Bézier-Kurven vom Grad 1, 2 und 3	184
6.3.2	Bézier-Kurven beliebigen Grades	188
6.3.3	Eigenschaften der Bézier-Kurven	191
6.3.4	Zusammensetzen von Bézier-Kurven	202
6.3.5	Auswertung von Bézier-Kurven	212
6.3.6	Der de Casteljau-Algorithmus	218

6.4	Diskussion und Verweise	222
6.5	Übungsaufgaben und Projekte	223
	Literatur	226
7	Steuerung von Zeit, Geschwindigkeit und Wegstrecke	227
7.1	Einleitung	228
7.2	Tempo und Zeittransformationen	230
7.3	Parametrisierung nach der Bogenlänge	236
7.4	Ease-in und ease-out	241
	7.4.1 Ease-in-ease-out mit Polynomen	242
	7.4.2 Verfahren zur Temposteuerung	244
7.5	Temposteuerung	246
7.6	Steuerung der Wegstrecke	252
7.7	Diskussion und Verweise	258
7.8	Übungsaufgaben und Projekte	259
	Literatur	261
8	Rotationen	263
8.1	Einleitung	264
8.2	Rotationsmatrizen	265
	8.2.1 Definition und Eigenschaften	265
	8.2.2 Gründe für alternative Repräsentationen	269
8.3	Axiale Rotation	270
	8.3.1 Definition	270
	8.3.2 Aktive und passive Rotation	274
	8.3.3 Animation mit axialer Rotation	276
8.4	Euler-Winkel	278
	8.4.1 Drei Rotationsmatrizen	278
	8.4.2 Intrinsische und extrinsische Rotationen	280
	8.4.3 Babylonisches Sprachgewirr	284
	8.4.4 Das Gimbal-Lock-Problem	286
	8.4.5 Interpolation von Rotationen mit drei Parametern	288
8.5	Quaternionen	292
	8.5.1 Definition und Rechenregeln	292
	8.5.2 Repräsentation von Rotationen mit Quaternionen	295
	8.5.3 Interpolation von Quaternionen	299
8.6	Diskussion und Verweise	307
8.7	Übungsaufgaben und Projekte	308
	Literatur	310

Teil III Charakteranimation

9	Kinematik	315
9.1	Einleitung	316
9.2	Kinematische Ketten	317
9.3	Gelenktypen	319
9.4	Kinematische Diagramme	322
9.5	Verbindungsgraphen	325
9.6	Skelettstruktur virtueller Charaktere	328
9.7	Freiheitsgrade und Zustandsraum	331
9.8	Animation mit direkter Kinematik	339
9.9	Inverse Kinematik	343
9.9.1	Motivation und Beispiel	343
9.9.2	Allgemeine Problemstellung	349
9.9.3	Lösungsverfahren	357
9.10	Cyclic coordinate descent	359
9.10.1	Idee des Verfahrens	359
9.10.2	Implementierung	361
9.11	Diskussion und Verweise	366
9.12	Übungsaufgaben und Projekte	367
	Literatur	372
10	Linear Blend Skinning	373
10.1	Einleitung	374
10.2	Das Prinzip des Linear Blend Skinning	374
10.3	Vorbereitungen und Notation	376
10.3.1	Erstellung eines virtuellen Charakters	376
10.3.2	Notation	378
10.4	Rigid-Binding	379
10.5	Smooth-Binding	385
10.6	Vor- und Nachteile des Linear Blend Skinning	391
10.7	Diskussion und Verweise	394
10.8	Übungsaufgaben und Projekte	396
	Literatur	397
11	Blendshapes	399
11.1	Einleitung	400
11.2	Absolutes Blendshape-Modell	400
11.2.1	Grundlegende Idee	400
11.2.2	Formale Beschreibung	401
11.3	Delta-Blendshape-Modell	404
11.4	Animation	406
11.5	Verallgemeinerung	408

11.6	Erstellung von Blendshape-Modellen	412
11.7	Diskussion und Verweise	412
11.8	Übungsaufgaben und Projekte	413
	Literatur	415
12	Motion Capture	417
12.1	Einleitung	418
12.2	Übersicht von Trackingtechnologien	419
12.2.1	Der Motion-Capture-Prozess	419
12.2.2	Klassifizierung von Trackingtechnologien	420
12.3	Produktionsprozess Motion Capture	424
12.3.1	Vorproduktion	424
12.3.2	Motion-Capture-Session	425
12.3.3	Bereinigen der Daten	426
12.3.4	Erzeugung der Animationsdaten	427
12.4	Optisches markerbasiertes Tracking	429
12.4.1	Trackingprinzip	429
12.4.2	Kameramodell	434
12.4.3	Rekonstruktion der Markerposition	438
12.5	Erzeugung von Animationsdaten aus Markerpositionen	442
12.5.1	Bestimmung eines Modell des Akteurs	442
12.5.2	Bestimmung der Bewegungsdaten	448
12.6	Dateiformate	451
12.6.1	Das BVH-Dateiformat	452
12.7	Diskussion und Verweise	456
12.8	Übungsaufgaben und Projekte	457
	Literatur	458
13	Bearbeitung von Bewegungen	461
13.1	Einleitung	462
13.2	Beschreibung von Bewegungen	463
13.3	Mischen und Überleiten von Bewegungen	466
13.3.1	Generelle Aufgabenstellung	466
13.3.2	Mischen bei Drehgelenken	469
13.3.3	Überleiten bei Drehgelenken	473
13.3.4	Überleiten der Position des Wurzelgelenks	476
13.3.5	Nichtlineare Bearbeitung	483
13.4	Überleiten vieler Bewegungen	485
13.4.1	Übergangsgraphen	485
13.4.2	Motion Graphs	487
13.5	Nebenbedingungen	494
13.5.1	Grenzen der vorgestellten Verfahren	494

13.5.2	Einführendes Beispiel	495
13.5.3	Nebenbedingungen bei virtuellen Charakteren	498
13.5.4	Pro-Frame-Methoden	502
13.6	Motion Retargetting	505
13.7	Diskussion und Verweise	507
13.8	Übungsaufgaben und Projekte	509
	Literatur	512

Teil IV Prozedurale Animation

14	Physikalisch basierte Animation	515
14.1	Einleitung	516
14.1.1	Prozedurale Animation	516
14.1.2	Physikalisch basierte Animation	518
14.2	Dynamik eines Massepunktes	518
14.2.1	Beschreibung der Bewegung eines Massepunktes	519
14.2.2	Newtonsche Gleichungen	523
14.2.3	Masse, Impuls, Kraft	526
14.2.4	Addition von Kräften	529
14.3	Simulation und numerische Lösungsmethoden	534
14.3.1	Massepunkte als Simulationsobjekte	534
14.3.2	Numerische Integration mit dem Euler-Verfahren	536
14.3.3	Einschrittverfahren	541
14.3.4	Schrittweite, Genauigkeit und Stabilität	543
14.4	Systeme von Massepunkten	550
14.4.1	Systeme mit zwei Massepunkten	550
14.4.2	Systeme mit mehreren Massepunkten	556
14.5	Diskussion und Verweise	561
14.6	Übungsaufgaben und Projekte	562
	Literatur	564
15	Partikelsysteme	567
15.1	Einleitung	568
15.2	Aufbau eines Partikelsystems	569
15.3	Partikel	570
15.3.1	Attribute	570
15.3.2	Lebenszeit	572
15.4	Initialisieren von Partikeln	573
15.4.1	Emitter	573
15.4.2	Emissionsrate	574
15.4.3	Initialisierung der Lebensdauer	576
15.4.4	Initialisierung der Position	576

15.4.5	Initialisierung der Geschwindigkeit	589
15.5	Simulation	591
15.5.1	Zustandsaktualisierung	591
15.5.2	Ein Simulationsverfahren	592
15.5.3	Aktualisierung der Beschleunigung	595
15.5.4	Aktualisierung der Position	597
15.5.5	Aktualisierung der Geschwindigkeit	599
15.6	Zustandslose Partikelsysteme	601
15.7	Datenstrukturen	603
15.8	Darstellung	604
15.9	Diskussion und Verweise	608
15.10	Übungsaufgaben und Projekte	608
	Literatur	611
Stichwortverzeichnis		613