

Spis treści

Przedmowa

XV

1. Wprowadzenie	1
1.1. Postrzeganie	2
1.2. Dziedzictwo animacji	4
1.2.1. Wczesne urządzenia	5
1.2.2. Początki tradycyjnej animacji	7
1.2.3. Disney	8
1.2.4. Wkład innych osób	10
1.2.5. Inne sposoby animowania	10
1.2.6. Zasady animacji	11
1.2.7. Zasady filmowania	13
1.3. Produkcja filmu animowanego	15
1.3.1. Dźwięk	17
1.4. Wytwarzanie filmu animowanego na komputerze	18
1.4.1. Zadania w animacji komputerowej	20
1.4.2. Cyfrowy montaż	22
1.4.3. Cyfrowe wideo	25
1.4.4. Cyfrowy dźwięk	26
1.5. Krótka historia animacji komputerowej	27
1.5.1. Wczesna działalność (przed 1980 r.)	27
1.5.2. Lata średnie (osiemdziesiąte)	31
1.5.3. Animacja dojrzewa (połowa lat osiemdziesiątych i później)	33
1.6. Podsumowanie rozdziału	37
Literatura	37
2. Wiadomości wstępne	40
2.1. Przestrzenie i przekształcenia	40
2.1.1. Potok wizualizacji	41
2.1.2. Współrzędne jednorodne i macierz przekształcenia	47
2.1.3. Przekształcenie złożone i obliczanie jego macierzy	48
2.1.4. Przekształcenia podstawowe	49
2.1.5. Reprezentowanie dowolnego położenia kąтового	51

2.1.6.	Odtwarzanie przekształcenia na podstawie macierzy	55
2.1.7.	Opis przekształceń w potoku wizualizacji	56
2.1.8.	Błędy w obliczeniach	58
2.2.	Reprezentowanie położenia kątownych	62
2.2.1.	Reprezentacja z ustalonymi osiami	64
2.2.2.	Kąty Eulera	66
2.2.3.	Kąt i oś obrotu	67
2.2.4.	Kwaterniony	68
2.2.5.	Reprezentacja wykładnicza	71
2.3.	Podsumowanie rozdziału	71
	Literatura	71
3.	Interpolacja wielkości liczbowych	73
3.1.	Interpolacja	73
3.1.1.	Użycie odpowiedniej funkcji	74
3.1.2.	Podsumowanie	77
3.2.	Sterowanie ruchem punktu wzdłuż krzywej	78
3.2.1.	Obliczanie długości łuku	79
3.2.2.	Sterowanie prędkością	94
3.2.3.	Rozpędzanie i zatrzymywanie	96
3.2.4.	Ogólne funkcje odległości i czasu	103
3.2.5.	Dopasowanie krzywej do par położenie-czas	106
3.3.	Interpolacja położenia kątownych	107
3.3.1.	Interpolacja kwaternionów	108
3.4.	Zastosowanie ścieżek	112
3.4.1.	Ruch po ścieżce	112
3.4.2.	Zorientowanie wzdłuż ścieżki	113
3.4.3.	Wyglądanie ścieżki	117
3.4.4.	Wyznaczanie ścieżki na powierzchni	123
3.4.5.	Znajdowanie ścieżek bezkolizyjnych	125
3.4.6.	Podsumowanie	126
3.5.	Podsumowanie rozdziału	126
	Literatura	126
4.	Animacja oparta na interpolacji	127
4.1.	Systemy oparte na klatkach kluczowych	127
4.2.	Języki animacji	131
4.2.1.	Języki animacji przeznaczone dla artysty	132
4.2.2.	Języki pełnoskalowego programowania animacji	133
4.2.3.	Zmienne artykulacji	134
4.2.4.	Języki graficzne	134
4.2.5.	Języki oparte na aktorach	135
4.3.	Odształcanie obiektów	136
4.3.1.	Chwytywanie i przesuwanie wierzchołków	136
4.3.2.	Odształcanie otaczającej przestrzeni	138
4.4.	Interpolacja kształtów trójwymiarowych	153
4.4.1.	Obiekty o tej samej topologii	154
4.4.2.	Wielościenny gwiazdziste	155
4.4.3.	Przekroje osiowe	155
4.4.4.	Przekształcenie na sferę	157
4.4.5.	Rekurencyjne dzielenie siatek	163

4.4.6. Podsumowanie	166
4.5. Morfing (dwuwymiarowy)	166
4.5.1. Podejście z siatką współrzędnych	167
4.5.2. Morfing za pomocą wyróżnionych linii	173
4.6. Podsumowanie rozdziału	178
Literatura	178
5. Łańcuchy kinematyczne	181
5.1. Modelowanie hierarchiczne	183
5.1.1. Struktury danych dla modelowania hierarchicznego	184
5.1.2. Lokalne układy współrzędnych	190
5.2. Kinematyka prosta	191
5.3. Kinematyka odwrotna	194
5.3.1. Rozwiązanie analityczne prostego zadania	194
5.3.2. Jakobian	196
5.3.3. Rozwiązywanie numeryczne zagadnień kinematyki odwrotnej	200
5.3.4. Podsumowanie	208
5.4. Podsumowanie rozdziału	208
Literatura	209
6. Rejestrowanie ruchu	210
6.1. Techniki rejestrowania ruchu	211
6.2. Przetwarzanie obrazów	212
6.3. Kalibracja kamer	214
6.4. Odtwarzanie położenia w trzech wymiarach	215
6.4.1. Użycie wielu znaczników	217
6.4.2. Użycie wielu kamer	217
6.5. Dopasowanie do szkieletu	217
6.6. Wyniki działania systemów rejestrowania ruchu	219
6.7. Przetwarzanie danych z systemów rejestrowania ruchu	221
6.7.1. Przetwarzanie sygnałów	221
6.7.2. Przekierowywanie ruchu	222
6.7.3. Łączenie ruchów	222
6.8. Podsumowanie rozdziału	223
Literatura	223
7. Animacja z wykorzystaniem modeli fizycznych	225
7.1. Podstawy fizyczne — przegląd	226
7.1.1. Symulowanie układu mas, sprężyn i tłumików	228
7.2. Siatki sprężyn	229
7.2.1. Obiekty elastyczne	229
7.2.2. Sprężyny wirtualne	233
7.3. Układy cząsteczek	233
7.3.1. Generowanie cząsteczek	234
7.3.2. Atrybuty cząsteczek	235
7.3.3. Usuwanie cząsteczek	235
7.3.4. Animowanie cząsteczek	235
7.3.5. Wizualizacja cząsteczek	236
7.3.6. Reprezentowanie układu cząsteczek	236
7.3.7. Siły działające na cząsteczki	237
7.3.8. Czas życia cząsteczki	238

7.4.	Symulacja ruchu brył sztywnych	238
7.4.1.	Swobodne spadanie ciał	239
7.4.2.	Zderzenia ciał	250
7.4.3.	Dynamika hierarchicznych układów brył	265
7.4.4.	Podsumowanie	269
7.5.	Wymuszanie miękkich i twardych więzów	269
7.5.1.	Minimalizacja energii	270
7.5.2.	Więzy przestrzenno-czasowe	272
7.6.	Podsumowanie rozdziału	275
	Literatura	275
8.	Płyny: ciecze i gazy	278
8.1.	Szczególne modele płynów	278
8.1.1.	Modele wody	279
8.1.2.	Modele chmur (opracowane przez Davida Ebarta)	291
8.1.3.	Modele ognia	302
8.1.4.	Podsumowanie	304
8.2.	Obliczeniowa dynamika płynów	304
8.2.1.	Ogólne podejścia do modelowania płynów	305
8.2.2.	Równania dynamiki płynów	307
8.3.	Podsumowanie rozdziału	312
	Literatura	312
9.	Modelowanie i animowanie postaci ludzkich	316
9.1.	Przegląd reprezentacji postaci ludzkich	317
9.1.1.	Reprezentowanie geometrii ciała	317
9.1.2.	Pozyskiwanie danych geometrycznych	320
9.1.3.	Odkształcanie ciała	320
9.1.4.	Szczegóły powierzchni	321
9.1.5.	Warstwowe podejście do modelowania postaci ludzkich	321
9.2.	Sięganie i chwytanie	324
9.2.1.	Modelowanie ręki	325
9.2.2.	Staw barkowy	328
9.2.3.	Dłoń	328
9.2.4.	Koordinacja ruchu	330
9.2.5.	Sięganie za przeszkodę	331
9.2.6.	Siła	332
9.3.	Chodzenie	333
9.3.1.	Mechanika poruszania się	334
9.3.2.	Kinematyka chodu	338
9.3.3.	Zastosowanie dynamiki w celu poprawienia realizmu ruchu	342
9.3.4.	Sterowanie za pomocą dynamiki prostej	344
9.3.5.	Podsumowanie	344
9.4.	Ubieranie	345
9.4.1.	Materiał i ubranie	345
9.4.2.	Prosty model tkaniny	346
9.4.3.	Animowanie ubrań	349
9.4.4.	Modelowanie włosów	352
9.5.	Podsumowanie rozdziału	354
	Literatura	355

10. Animacja twarzy	360
10.1. Ludzka twarz	361
10.1.1. Budowa anatomiczna	361
10.1.2. System Kodowania Ruchów Twarzy	362
10.2. Modele twarzy	363
10.2.1. Tworzenie modelu z powierzchni ciągłej	365
10.2.2. Tekstury	371
10.3. Animowanie twarzy	371
10.3.1. Modele sparametryzowane	371
10.3.2. Kształty do interpolacji	373
10.3.3. Modele mięśni	373
10.3.4. Ekspresja	377
10.3.5. Podsumowanie	377
10.4. Animacja ust	377
10.4.1. Układ artykulacji	377
10.4.2. Fonemy	379
10.4.3. Koartykulacja	380
10.4.4. Prozodia	380
10.5. Podsumowanie rozdziału	380
Literatura	381
11. Modelowanie zachowań	383
11.1. Poznawanie otoczenia	384
11.1.1. Wzrok	384
11.1.2. Pamięć	385
11.2. Zachowania zespołowe	386
11.3. Zachowania proste	388
11.3.1. Zachowania stadne	388
11.3.2. Zachowania układów drapieżnik-ofiara	399
11.4. Modelowanie zachowań inteligentnych	400
11.4.1. Zachowania autonomiczne	400
11.4.2. Wyrazy twarzy i gesty	403
11.4.3. Modelowanie indywidualnych cech: osobowość i emocje	404
11.5. Sterowanie tłumem	405
11.5.1. Zachowania emergentne	406
11.5.2. Zachowania na podstawie modeli statystycznych	406
11.5.3. Struktura wewnętrzna	407
11.6. Podsumowanie rozdziału	407
Literatura	408
12. Specjalne modele dla animacji	411
12.1. Powierzchnie zadane niejawnie	411
12.1.1. Określanie powierzchni zadanych niejawnie	412
12.1.2. Animowanie obiektów zadanych niejawnie	414
12.1.3. Wykrywanie kolizji	415
12.1.4. Odształcanie powierzchni niejawnych wskutek kolizji	415
12.1.5. Metody warstw	418
12.1.6. Podsumowanie	419
12.2. Rośliny	419
12.2.1. Odrobina botaniki	420
12.2.2. L-systemy	422

12.2.3. Animowanie wzrostu roślin	428
12.2.4. Podsumowanie	430
12.3. Powierzchnie określone przez zagęszczanie siatek	431
12.4. Podsumowanie rozdziału	433
Literatura	433
A. Zagadnienia syntezy obrazów	435
A.1. Podwójne buforowanie	435
A.2. Składanie obrazów	437
A.2.1. Składanie bez informacji o głębokości pikseli	438
A.2.2. Składanie z użyciem informacji o głębokości pikseli	444
A.3. Wyświetlanie poruszających się obiektów	447
A.4. Cienie	450
A.5. Billboarding i „udawacze”	455
A.6. Podsumowanie	457
Literatura	457
B. Informacje uzupełniające	459
B.1. Wektory i macierze	459
B.1.1. Odwracanie macierzy i rozwiązywanie układów równań liniowych	461
B.1.2. Rozkład względem wartości szczególnych	468
B.2. Obliczenia geometryczne	469
B.2.1. Składowe wektora	470
B.2.2. Długość wektora	470
B.2.3. Iloczyn skalarny	470
B.2.4. Iloczyn wektorowy	472
B.2.5. Procedury przetwarzania wektorów i macierzy	473
B.2.6. Najbliższe punkty na prostych w przestrzeni	476
B.2.7. Obliczanie pola	477
B.2.8. Twierdzenie kosinusów	479
B.2.9. Współrzędne barycentryczne	479
B.2.10. Wyznaczanie brył otaczających	480
B.3. Przekształcenia	493
B.3.1. Przekształcanie punktów przy użyciu mnożenia macierzy przez wektor	493
B.3.2. Przekształcanie wektorów	494
B.3.3. Obroty reprezentowane za pomocą osi i kąta	495
B.3.4. Kwaterniony	496
B.4. Reprezentacja łańcuchów kinematycznych Denavita i Hartenberga	499
B.4.1. Notacja Denavita i Hartenberga	499
B.4.2. Prosty przykład	503
B.4.3. Dołączenie przegubu kulowego	503
B.4.4. Konstruowanie lokalnego układu współrzędnych	505
B.5. Krzywe interpolacyjne i aproksymacyjne	505
B.5.1. Podstawowe terminy	506
B.5.2. Interpolacja liniowa	508
B.5.3. Parametryzacja łukowa	509
B.5.4. Obliczanie pochodnych	509
B.5.5. Interpolacja Hermite’a	510
B.5.6. Krzywe sklepane Catmulla–Roma	511
B.5.7. Krzywa interpolacyjna dla czterech punktów	514
B.5.8. Krzywe przejściowe między parabolami	515

B.5.9.	Kubiczne krzywe Béziera	517
B.5.10.	Algorytm de Casteljau dla krzywych Béziera	518
B.5.11.	Zmiany napięcia, ciągłości i skosu	518
B.5.12.	Krzywe B-sklejane	521
B.5.13.	Dobieranie krzywej do danego zbioru punktów	523
B.6.	Losowość	523
B.6.1.	Szum	523
B.6.2.	Turbulencje	527
B.6.3.	Generator liczb losowych	527
B.7.	Elementy mechaniki	529
B.7.1.	Położenie, prędkość i przyspieszenie	529
B.7.2.	Ruch po okręgu	530
B.7.3.	Prawa dynamiki Newtona	531
B.7.4.	Inercjalne układy współrzędnych	532
B.7.5.	Środek masy	532
B.7.6.	Moment siły	533
B.7.7.	Równowaga sił	533
B.7.8.	Grawitacja	533
B.7.9.	Siła dośrodkowa	534
B.7.10.	Oddziaływania między obiektami	534
B.7.11.	Siła odśrodkowa	536
B.7.12.	Praca i energia potencjalna	537
B.7.13.	Energia kinetyczna	537
B.7.14.	Zasada zachowania energii	537
B.7.15.	Zasada zachowania pędu	538
B.7.16.	Drgania harmoniczne	538
B.7.17.	Tłumienie	539
B.7.18.	Moment pędu	539
B.7.19.	Tensor bezwładności	540
B.8.	Całkowanie numeryczne	541
B.8.1.	Obliczanie długości łuku	541
B.8.2.	Całkowanie równań różniczkowych zwyczajnych	543
B.8.3.	Metody całkowania równań ruchu	546
B.9.	Standardy dla ruchomych obrazów	548
B.9.1.	Na początku był świat analogowy	548
B.9.2.	W cyfrowym świecie	553
B.10.	Kalibracja kamery	559
	Literatura	563