

ÍNDICE GENERAL

1	Introducción: Graficación por computador	1
1.1	Algunas aplicaciones de la graficación por computador	1
1.2	Breve historia de la graficación por computador	7
1.2.1	Tecnología de salida	9
1.2.2	Tecnología de entrada	13
1.2.3	Transportabilidad de software y estándares para gráficos	13
1.3	Ventajas de la graficación interactiva	15
1.4	Marco conceptual para la graficación interactiva	17
1.4.1	Modelado de aplicaciones	18
1.4.2	Presentación del modelo	19
1.4.3	Manejo de la interacción	20
	RESUMEN	21
	Ejercicios	22
2	Programación en el paquete SRGP	25
2.1	Dibujo con SRGP	26
2.1.1	Especificación de primitivas gráficas	26
2.1.2	Atributos	32
2.1.3	Primitivas rellenas y sus atributos	34
2.1.4	Almacenamiento y recuperación de atributos	39
2.1.5	Texto	39

2.2 Manejo básico de la interacción 42

- 2.2.1 Factores humanos 42
- 2.2.2 Dispositivos lógicos de entrada 43
- 2.2.3 Muestreo y procesamiento dirigido por eventos 44
- 2.2.4 Modo de muestreo 47
- 2.2.5 Modo de eventos 48
- 2.2.6 Correlación de selección para el manejo de interacción 53
- 2.2.7 Determinación de medidas y atributos de dispositivos 54

2.3 Características de los gráficos de barrido 57

- 2.3.1 Lienzos 57
- 2.3.2 Rectángulos de recorte 60
- 2.3.3 La operación SRGP_copyPixel 61
- 2.3.4 Modo de escritura u operación de barrido 63

2.4 Limitaciones de SRGP 67

- 2.4.1 Sistema de coordenadas de aplicación 68
- 2.4.2 Almacenamiento de primitivas para reespecificación 68

RESUMEN 70**Ejercicios 71****Proyectos de programación 73****3 Algoritmos básicos de gráficos de barrido para dibujar primitivas bidimensionales****75****3.1 Esquema general 76**

- 3.1.1 Implicaciones de la arquitectura del sistema de presentación 76
- 3.1.2 El ducto de salida en software 80

3.2 Discretización de líneas 81

- 3.2.1 Algoritmo incremental básico 82
- 3.2.2 Algoritmo de línea de punto medio 84
- 3.2.3 Aspectos adicionales 89

3.3 Discretización de círculos 92

- 3.3.1 Simetría de ocho lados 92
- 3.3.2 Algoritmo de círculo de punto medio 93

3.4 Rellenado de rectángulos 98**3.5 Rellenado de polígonos 99**

- 3.5.1 Aristas horizontales 102
- 3.5.2 Astillas 103
- 3.5.3 Coherencia de aristas y algoritmo de línea de rastreo 103

- 3.6 Rellenado con patrones 107**
 - 3.6.1 Rellenado con patrones usando discretización 108
 - 3.6.2 Rellenado con patrones sin discretización repetida 109
- 3.7 Primitivas gruesas 112**
 - 3.7.1 Duplicación de píxeles 112
 - 3.7.2 El pincel móvil 113
- 3.8 Recortes en un mundo de barrido de trama 114**
- 3.9 Recorte de líneas 116**
 - 3.9.1 Recorte de puntos extremos 117
 - 3.9.2 Recorte de líneas mediante la resolución de ecuaciones simultáneas 117
 - 3.9.3 Algoritmo de recorte de líneas de Cohen-Sutherland 118
 - 3.9.4 Algoritmo paramétrico de recorte de líneas 123
- 3.10 Recorte de círculos 128**
- 3.11 Recorte de polígonos 128**
 - 3.11.1 Algoritmo de recorte de polígonos de Sutherland-Hodgman 128
- 3.12 Generación de caracteres 132**
 - 3.12.1 Definición y recorte de caracteres 132
 - 3.12.2 Implantación de una primitiva de salida de texto 135
- 3.13 SRGP__copyPixel 136**
- 3.14 Eliminación de artefactos de discretización (*antialiasing*) 137**
 - 3.14.1 Aumento de la resolución 137
 - 3.14.2 Muestreo de área no ponderada 137
 - 3.14.3 Muestreo de área ponderada 140
- 3.15 Temas avanzados 143**
 - RESUMEN 144**
 - Ejercicios 145**

4 Hardware gráfico

149

- 4.1 Tecnologías de impresión 150**
- 4.2 Tecnologías de pantallas 155**
- 4.3 Sistemas de presentación por barrido de trama 163**
 - 4.3.1 Sistema sencillo de pantalla de barrido 163
 - 4.3.2 Sistema de presentación por barrido con procesador periférico de dibujo 167
 - 4.3.3 Funcionalidad adicional del procesador de dibujo 170

4.3.4	Sistema de dibujo de barrido con procesador de dibujo integrado	173
4.4	Controlador de vídeo	174
4.4.1	Mezclado de vídeo	176
4.5	Dispositivos de entrada para la interacción con el operador	177
4.5.1	Dispositivos localizadores	177
4.5.2	Dispositivos de teclado	180
4.5.3	Dispositivos evaluadores	181
4.5.4	Dispositivos de opciones	181
4.6	Digitalizadores de imágenes	181
	Ejercicios	183
5	Transformaciones geométricas	185
5.1	Aspectos matemáticos preliminares	185
5.1.1	Los vectores y sus propiedades	186
5.1.2	Producto punto de vectores	188
5.1.3	Propiedades del producto punto	189
5.1.4	Matrices	189
5.1.5	Multiplicación de matrices	190
5.1.6	Determinantes	190
5.1.7	Transpuesta de una matriz	191
5.1.8	Inversa de una matriz	191
5.2	Transformaciones bidimensionales	193
5.3	Coordenadas homogéneas y representación matricial de transformaciones bidimensionales	196
5.4	Composición de transformaciones bidimensionales	201
5.5	Transformación ventana-área de vista	203
5.6	Eficiencia	206
5.7	Representación matricial de transformaciones tridimensionales	206
5.8	Composición de transformaciones tridimensionales	210
5.9	Las transformaciones como un cambio en el sistema de coordenadas	215
	Ejercicios	219
6	Vista tridimensional	221
6.1	La cámara sintética y los pasos en la vista tridimensional	221
6.2	Proyecciones	224
6.2.1	Proyecciones de perspectiva	225
6.2.2	Proyecciones paralelas	227

6.3	Especificación de una vista tridimensional arbitraria	229
6.4	Ejemplos de vista tridimensional	235
6.4.1	Proyecciones de perspectiva	236
6.4.2	Proyecciones paralelas	241
6.4.3	Volúmenes de vista finitos	242
6.5	Las matemáticas de las proyecciones geométricas planas	242
6.6	Implantación de proyecciones geométricas planas	246
6.6.1	El caso de la proyección paralela	247
6.6.2	El caso de la proyección de perspectiva	253
6.6.3	Recortes con respecto a un volumen de vista canónico en tres dimensiones	258
6.6.4	Recortes en coordenadas homogéneas	260
6.6.5	Correspondencia a un área de vista	264
6.6.6	Resumen de implantación	265
6.7	Sistemas de coordenadas	266
	Ejercicios	268
7	Jerarquía de objetos y PHIGS simple (SPHIGS)	271
7.1	Modelado geométrico	273
7.1.1	Modelos geométricos	275
7.1.2	Jerarquía en modelos geométricos	275
7.1.3	Relación entre el modelo, el programa de aplicación y el sistema gráfico	279
7.2	Características de los paquetes gráficos de modo retenido	280
7.2.1	El almacenamiento central de estructuras y sus ventajas	281
7.2.2	Limitaciones de los paquetes de modo retenido	282
7.3	Definición y presentación de estructuras	283
7.3.1	Apertura y cierre de estructuras	283
7.3.2	Especificación de primitivas de salida y sus atributos	284
7.3.3	Colocación de estructuras para recorrido de presentación	287
7.3.4	Vista	288
7.3.5	Aplicaciones gráficas que comparten una pantalla a través de la administración de ventanas	292
7.4	Transformaciones de modelado	292
7.5	Redes de estructuras jerárquicas	298
7.5.1	Jerarquía de dos niveles	298
7.5.2	Jerarquía simple de tres niveles	300
7.5.3	Construcción ascendente (<i>bottom-up</i>) del robot	300
7.5.4	Programas interactivos de modelado	305

7.6 Composición de matrices en el recorrido de presentación	306
7.7 Manejo de atributos de apariencia en la jerarquía	310
7.7.1 Reglas de herencia	310
7.7.2 Atributos de SPHIGS y texto no afectados por las transformaciones	313
7.8 Actualización de pantalla y modos de presentación	313
7.9 Edición de redes de estructuras para obtener efectos dinámicos	315
7.9.1 Acceso a elementos por medio de índices y etiquetas	316
7.9.2 Operaciones de edición dentro de la estructura	316
7.9.3 Bloques de ejemplares para facilitar la edición	317
7.9.4 Control de la regeneración automática de la imagen en pantalla	319
7.10 Interacción	320
7.10.1 Localizador	320
7.10.2 Correlación de selección	321
7.11 Temas avanzados	328
7.11.1 Características de salida adicionales	328
7.11.2 Aspectos de implantación	329
7.11.3 Optimización de la presentación de modelos jerárquicos	331
7.11.4 Limitaciones del modelado jerárquico en PHIGS	331
7.11.5 Formas alternativas de modelado jerárquico	332
7.11.6 Otros estándares (industriales)	333
RESUMEN	334
Ejercicios	335
8 Dispositivos de entrada, técnicas de interacción y tareas de interacción	337
8.1 Hardware de interacción	338
8.1.1 Dispositivos localizadores	339
8.1.2 Dispositivos de teclado	341
8.1.3 Dispositivos valuadores	341
8.1.4 Dispositivos de opción	341
8.1.5 Otros dispositivos	342
8.1.6 Dispositivos de interacción tridimensional	342
8.2 Tareas de interacción básicas	345
8.2.1 Tarea de interacción para posicionamiento	345
8.2.2 Tarea de interacción para selección: conjunto de opciones de tamaño variable	346



8.2.3 Tarea de interacción para selección: conjunto de opciones de tamaño relativamente fijo 349

8.2.4 Tarea de interacción para texto 353

8.2.5 Tarea de interacción para cuantificación 353

8.2.6 Tareas de interacción tridimensional 354

8.3 Tareas de interacción compuestas 357

8.3.1 Recuadros de diálogo 357

8.3.2 Técnicas de construcción 358

8.3.3 Manipulación dinámica 359

8.4 Conjuntos de herramientas para técnicas de interacción 361

RESUMEN 362

Ejercicios 362

9 Representación de curvas y superficies 363

9.1 Mallas poligonales 365

9.1.1 Representación de mallas poligonales 366

9.1.2 Ecuaciones de planos 368

9.2 Curvas cúbicas paramétricas 371

9.2.1 Características básicas 372

9.2.2 Curvas de Hermite 376

9.2.3 Curvas de Bézier 380

9.2.4 *B-splines* uniformes, no racionales 387

9.2.5 *B-splines* no uniformes, no racionales 391

9.2.6 Segmentos de curva polinomial cúbica racional, no uniforme 393

9.2.7 Ajuste de curvas a puntos digitalizados 348

9.2.8 Comparación de las curvas cúbicas 394

9.3 Superficies bicúbicas paramétricas 396

9.3.1 Superficies de Hermite 397

9.3.2 Superficies de Bézier 399

9.3.3 Superficies *B-spline* 400

9.3.4 Normales a superficies 401

9.3.5 Dibujo de superficies bicúbicas 401

9.4 Superficies cuádricas 403

9.5 Técnicas de modelado especializado 404

9.5.1 Modelos fractales 405

9.5.2 Modelos gramaticales 410

RESUMEN 414

Ejercicios 415



10	Modelado de sólidos	417
10.1	Representación de sólidos	418
10.2	Operaciones regularizadas de conjuntos booleanos	419
10.3	Generación de ejemplares de primitivas	423
10.4	Representaciones de barrido	424
10.5	Representaciones de fronteras	426
10.5.1	Poliedros y fórmula de Euler	427
10.5.2	Operaciones de conjuntos booleanos	429
10.6	Representaciones de partición espacial	430
10.6.1	Descomposición en celdas	431
10.6.2	Enumeración de ocupación espacial	431
10.6.3	Árboles de octantes	432
10.6.4	Árboles binarios de partición de espacio	436
10.7	Geometría sólida constructiva	438
10.8	Comparación de representaciones	440
10.9	Interfaces con el usuario para el modelado de sólidos	443
	RESUMEN	443
	Ejercicios	444
11	Luz acromática y cromática	447
11.1	Luz acromática	447
11.1.1	Selección de intensidades	448
11.1.2	Aproximación por medios tonos	451
11.2	Luz cromática	455
11.2.1	Psicofísica	456
11.2.2	Diagrama de cromaticidad CIE	459
11.3	Modelos de colores para gráficos de trama	463
11.3.1	Modelo de colores RGB	464
11.3.2	Modelo de colores CMY	464
11.3.3	Modelo de colores YIQ	466
11.3.4	Modelo de colores HSV	467
11.3.5	Especificación interactiva del color	471
11.3.6	Interpolación en el espacio de colores	472
11.4	Utilización del color en la graficación por computador	473
	RESUMEN	476
	Ejercicios	476

12	Búsqueda del realismo visual	479
12.1	¿Por qué el realismo? 480	
12.2	Dificultades fundamentales 482	
12.3	Técnicas de generación para dibujos de línea 484	
12.3.1	Vistas ortográficas múltiples 484	
12.3.2	Proyecciones de perspectiva 484	
12.3.3	Indicadores de profundidad 485	
12.3.4	Recortes de profundidad 486	
12.3.5	Textura 486	
12.3.6	Color 486	
12.3.7	Determinación de líneas visibles 487	
12.4	Técnicas de generación para imágenes sombreadas 487	
12.4.1	Determinación de superficies visibles 487	
12.4.2	Iluminación y sombreado 488	
12.4.3	Sombreado interpolado 488	
12.4.4	Propiedades materiales 489	
12.4.5	Modelado de superficies curvas 489	
12.4.6	Iluminación y sombreado mejorados 489	
12.4.7	Textura 489	
12.4.8	Sombras 489	
12.4.9	Transparencia y reflexión 490	
12.4.10	Modelos de cámara mejorados 490	
12.5	Modelos de objetos mejorados 4941	
12.6	Dinámica y animación 4941	
12.6.1	El valor del movimiento 491	
12.6.2	Animación 492	
12.7	Estereoóptica 495	
12.8	Pantallas mejoradas 496	
12.9	Interacción con nuestros otros sentidos 497	
	RESUMEN 497	
	Ejercicios 498	
13	Determinación de superficies visibles	499
13.1	Técnicas para algoritmos eficientes de superficies visibles 501	
13.1.1	Coherencia 502	
13.1.2	Transformación de perspectiva 503	
13.1.3	Extensiones y volúmenes acotantes 505	
13.1.4	Eliminación de caras posteriores 507	
13.1.5	Partición espacial 509	
13.1.6	Jerarquía 509	

13.2	Algoritmo de <i>z-buffer</i> (memoria de profundidad)	510
13.3	Algoritmos de línea de barrido	514
13.4	Traza de rayos en superficies visibles	519
13.4.1	Cálculo de intersecciones	521
13.4.2	Consideraciones de eficiencia para la traza de rayos en superficies visibles	524
13.5	Otros métodos	526
13.5.1	Algoritmos de prioridad de listas	526
13.5.2	Algoritmos de subdivisión de área	531
13.5.3	Algoritmos para superficies curvas	533
	RESUMEN	535
	Ejercicios	537
14	Iluminación y sombreado	541
14.1	Modelos de iluminación	542
14.1.1	Luz ambiental	542
14.1.2	Reflexión difusa	543
14.1.3	Atenuación atmosférica	548
14.1.4	Reflexión especular	549
14.1.5	Mejora del modelo de fuente luminosa puntual	552
14.1.6	Fuentes luminosas múltiples	554
14.1.7	Modelos de iluminación físicos	554
14.2	Modelos de sombreado para polígonos	557
14.2.1	Sombreado constante	557
14.2.2	Sombreado interpolado	558
14.2.3	Sombreado de malla poligonal	559
14.2.4	Sombreado de Gouraud	560
14.2.5	Sombreado de Phong	561
14.2.6	Problemas con el sombreado interpolado	563
14.3	Detalle de superficie	565
14.3.1	Polígonos de detalle de superficie	565
14.3.2	Correspondencia de texturas	565
14.3.3	Correspondencia de protuberancias	567
14.3.4	Otros métodos	568
14.4	Sombras	568
14.4.1	Generación de sombras por línea de barrido	569
14.4.2	Volúmenes de sombra	571
14.5	Transparencia	572
14.5.1	Transparencia no refractiva	573
14.5.2	Transparencia refractiva	575

14.6 Algoritmos de iluminación global 577

14.7 Traza de rayos recursivo 579

14.8 Métodos de radiosidad 583

14.8.1 Ecuación de radiosidad 584

14.8.2 Cálculo de factores de forma 586

14.8.3 Refinamiento progresivo 589

14.9 Ducto de generación (*rendering*) 590

14.9.1 Ductos de iluminación local 591

14.9.2 Ductos de iluminación global 594

14.9.3 Refinamiento progresivo 595

RESUMEN 595

Ejercicios 595

**Apéndice: Versión original en inglés de las codificaciones
de SRGP y PHIGS 597**

Bibliografía 607

Vocabulario técnico bilingüe 625

Índice de materias 637