

目 录

前 言	i
1 光与表面的交互	1
1.1 什么是全局光照	3
1.2 辐射度量学	10
1.2.1 辐射能量	11
1.2.2 辐射通量	12
1.2.3 辐射亮度	12
1.2.4 辐射强度	13
1.2.5 辐射照度	15
1.3 物体的表面着色	17
1.3.1 几何光学模型	17
1.3.2 光与表面的交互	18
1.4 采样和反走样	26
1.4.1 采 样	26
1.4.2 重 建	37
1.4.3 重采样	41
1.4.4 全屏反走样	43
1.5 基于物理的渲染	47
1.5.1 双向反射分布函数	48
1.5.2 菲涅耳公式	53
1.5.3 微面元理论	56
1.5.4 材质模型	65
1.5.5 双向散射分布函数	70
1.6 渲染方程	77
1.6.1 光线路径表达式	79
1.7 关于离线与实时渲染	80

2	并行处理器架构	81
2.1	CPU 应用程序执行模型	82
2.1.1	缓存	83
2.1.2	预取	85
2.2	并行计算架构	86
2.2.1	指令级并行	87
2.2.2	线程级并行	94
2.2.3	处理器级并行	98
2.3	GPU 并行计算架构	103
2.3.1	为什么需要另外一个并行计算架构	104
2.3.2	内存结构	104
2.3.3	图形处理器架构	111
2.3.4	延迟隐藏	112
2.3.5	全局内存访问的合并	114
3	图形处理器接口	117
3.1	渲染管线概述	118
3.2	OpenGL 对象	121
3.3	缓存对象	126
3.3.1	缓存对象的存储分配	126
3.3.2	缓存对象数据的修改	129
3.3.3	缓存对象的流式更新	132
3.3.4	绑定缓存对象到索引目标	134
3.4	着色器和着色器程序	135
3.4.1	着色器程序的链接	136
3.4.2	接口块	138
3.4.3	接口匹配	142
3.5	纹理	144
3.5.1	纹理的创建	145
3.5.2	像素传输	147
3.5.3	压缩纹理	156
3.5.4	采样器对象	159
3.5.5	特殊纹理	163
3.6	帧缓存	166
3.7	顶点处理	171
3.7.1	顶点数据定义	172

4	着色管线	183
4.1	着色技术基础	184
4.1.1	光栅化技术	185
4.2	延迟着色	189
4.2.1	延迟光照计算	192
4.3	光源分配	195
4.3.1	分块着色	196
4.3.2	分簇着色	199
4.4	着色器管理	209
4.5	延迟着色中的反走样技术	213
4.5.1	形态反走样	215
4.5.2	时间反走样	224
4.5.3	聚集几何缓存反走样	236
5	蒙特卡洛方法	243
5.1	概率论基础	245
5.1.1	随机变量	245
5.1.2	期望与方差	247
5.1.3	大数定律	249
5.2	蒙特卡洛积分	250
5.3	对分布 $p(x)$ 进行抽样	253
5.3.1	逆变换算法	254
5.3.2	取舍算法	255
5.3.3	随机变量的变换	257
5.4	马尔可夫链蒙特卡洛方法	258
5.4.1	马尔可夫链	260
5.4.2	梅特罗波利斯算法	266
5.5	方差缩减	270
5.5.1	重要性抽样	271
5.5.2	复合重要性抽样	272
5.5.3	分层抽样	275
5.5.4	拟蒙特卡洛方法	277
6	路径追踪技术	283
6.1	全局光照算法的衡量标准	284
6.1.1	有偏性和一致性	285
6.2	光线追踪技术及其历史	288

6.3	渲染方程的路径积分形式	292
6.3.1	渲染方程的面积积分形式	294
6.3.2	路径积分形式	296
6.3.3	一个像素的颜色如何计算	298
6.4	基本路径追踪技术	300
6.4.1	俄罗斯轮盘	300
6.4.2	路径追踪算法的采样技术	302
6.4.3	双向路径追踪	306
6.5	纹理过滤	309
6.5.1	光线微分	310
6.5.2	路径微分	317
6.5.3	协方差追踪	320
6.6	降噪技术	331
6.6.1	先验方法	332
6.6.2	后验方法	341
6.7	梯度域渲染	361
6.7.1	基于梯度域的图像重建	361
6.7.2	路径积分形式的梯度场	364
6.7.3	对称梯度和重要性采样	366
6.7.4	梯度域的傅里叶分析	369
6.7.5	移位映射	373
6.8	提高光线追踪算法的效率	374
6.8.1	处理器执行模型小结	374
6.8.2	加速遍历的基元结构	377
6.8.3	加速光线遍历	383
6.8.4	着色优化	394
7	光子映射	397
7.1	数学基础	398
7.2	基本光子映射技术	400
7.2.1	光子追踪	401
7.2.2	光子的存储	405
7.2.3	辐射亮度估计	410
7.2.4	渲染	415
7.3	渐进式光子映射	417
7.3.1	基本渐进式光子映射	418
7.3.2	随机渐进式光子映射	424

7.3.3	渐进式光子映射的概率分析	428
7.3.4	适应性渐进式光子映射	435
7.4	顶点连接与合并	440
7.4.1	预备知识回顾	442
7.4.2	顶点合并	445
7.5	参与介质	452
7.5.1	光线在介质中的传播	452
7.5.2	体积光子映射	458
7.5.3	光线图	461
7.5.4	基于光束的光子映射	465
7.5.5	异质介质中的透射比估计	477
7.5.6	统一光子, 光束和路径估计	487
8	梅特波利斯光照传输	495
8.1	基本算法及其原理	496
8.1.1	梅特波利斯算法回顾	497
8.1.2	MLT 基本算法	499
8.1.3	突变策略	503
8.2	原采样空间的突变策略	507
8.2.1	PSSMLT 基本算法	508
8.2.2	MMLT 算法	515
8.3	路径空间的突变策略	522
8.3.1	流形探索	522
8.3.2	半矢量空间光照传输	543
8.4	反向路径采样在 MLT 算法中的运用	559
8.4.1	问题分析	560
8.4.2	反向路径采样	562
8.4.3	RJMLT 算法	569
8.4.4	组合原采样空间和路径空间	570
8.5	组合 MC 与 MCMC 算法	572
8.5.1	平行回火	574
8.5.2	AMCMCVCN/UPS 基本算法	578
9	辐射度方法	585
9.1	基本概念	586
9.1.1	辐射度线性方程组	587
9.2	形状系数	591

9.2.1	半立方体方法	591
9.2.2	蒙特卡洛方法	593
9.3	求解线性方程组	597
9.3.1	迭代法	598
9.4	曲面细分	599
9.4.1	阶层式辐射度方法	601
9.4.2	基于小波的辐射度方法	604
9.4.3	非连续网格化	619
9.4.4	组合方法	626
9.5	Enlighten 中间件	635
9.5.1	Enlighten 概述	635
9.5.2	预处理阶段	637
9.5.3	实时计算阶段	642
9.6	实时动态辐射度方法	644
9.6.1	渐进式改进辐射度方法	644
9.6.2	增量式辐射度方法	647
9.6.3	辐射度重分配	648
9.6.4	交叉重分配辐射度方法	650
10	即时辐射度方法	655
10.1	基本算法	656
10.1.1	粒子的生成	658
10.1.2	算法实现	661
10.2	近似方法	664
10.2.1	反射阴影图	665
10.2.2	溅射法	668
10.2.3	不完全阴影图	673
10.2.4	自适应不完全阴影图	675
10.3	适应性方法	679
10.3.1	拒绝不重要的样本	680
10.3.2	双向即时辐射度方法	681
10.3.3	梅特波利斯方法	684
10.4	偏差补偿	686
10.4.1	光线追踪方法	687
10.4.2	屏幕空间方法	693
10.5	避免奇异值——光泽表面的处理	698
10.5.1	虚拟球体光源	700

10.5.2 参与介质中的方法	703
10.6 可扩展性	711
10.6.1 光源切口	712
10.6.2 矩阵行-列采样	721
11 基于预计算的实时渲染技术	729
11.1 数学基础	730
11.1.1 勒让德多项式	732
11.1.2 球谐函数	735
11.1.3 球谐函数的旋转	741
11.2 基于图像的光照技术	750
11.2.1 方向映射	751
11.2.2 预过滤	760
11.3 预计算辐射传输	777
11.3.1 漫反射表面的 PRT	778
11.3.2 一般表面的 PRT	780
11.4 基于辐射照度的预计算	788
11.4.1 光照贴图	788
11.4.2 辐射照度体积	790
11.5 基于辐射亮度的预计算	800
11.5.1 基于光线追踪的方法	803
12 基于体素的全局光照技术	807
12.1 圆锥体内的光线追踪	808
12.1.1 光线追踪的问题	809
12.1.2 工作原理	810
12.1.3 怎样采样	811
12.1.4 精确度问题	812
12.2 体积化的几何表述	812
12.2.1 基于体素的几何预过滤	813
12.2.2 基于预积分的圆锥体追踪	815
12.2.3 多级体素的预积分模型	822
12.2.4 预过滤的着色参数	825
12.2.5 实 现	831
12.3 数据结构	835
12.3.1 八叉树 + 块的联合表述	835
12.3.2 八叉树构造与更新	840

12.3.3 其它表述	843
12.4 渲染	843
12.4.1 近似的圆锥体追踪	845
12.4.2 环境遮挡	847
12.4.3 间接光照	848
13 基于距离场的全局光照技术	855
13.1 基础知识	856
13.1.1 参数化的表面	857
13.1.2 隐式表面	859
13.1.3 有符号的距离函数	862
13.2 场景的隐式表述	865
13.2.1 计算距离场	866
13.2.2 一般表面表述的距离场	867
13.2.3 距离变换	869
13.2.4 距离场的表述	871
13.3 隐式表面的渲染	875
13.3.1 表面表述与渲染	875
13.3.2 光线步进	877
13.3.3 球体追踪	880
13.3.4 增强的球体追踪	881
13.4 移位映射	884
13.4.1 什么是移位映射	885
13.4.2 浮雕映射	886
13.4.3 基于距离场的移位映射	888
13.4.4 壳形映射	889
13.4.5 一般化的移位贴图	892
13.4.6 有向的距离贴图	895
13.5 阴影和遮挡	901
13.5.1 基本定义	902
13.5.2 硬阴影技术	905
13.5.3 软阴影技术	909
13.5.4 基于距离场的软阴影	914
参考文献	942
专有名词索引	943

中文索引	943
英文索引	957