

Radiosidade

1

Marcelo Walter

Radiosidade

- Parcela de Iluminação Indireta é grande em cenas reais (indoor)



Observe as sombras suaves, variação progressiva das cores

2

Marcelo Walter

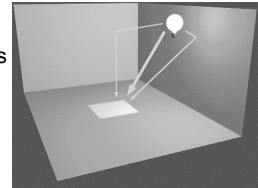


3

Marcelo Walter

Iluminação Direta e Indireta

- Luz recebida diretamente e indiretamente através de inter-reflexões no ambiente

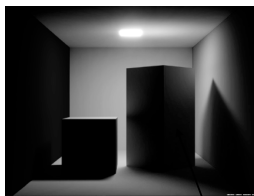


4

Marcelo Walter

Color Bleeding

a cor do objeto é transmitida



Duas reflexões difusas consecutivas

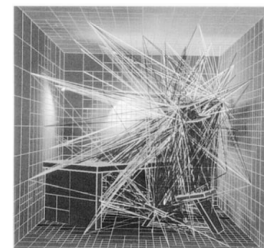
5

Marcelo Walter

Parcela Difusa em RT

Como RT pode tentar aproximar as interreflexões difusas?

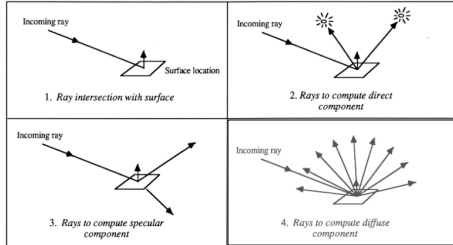
Para cada raio, disparar um número N de raios difusos no ambiente em direções aleatórias ao redor da normal



6

Marcelo Walter

Parcela Difusa em RT

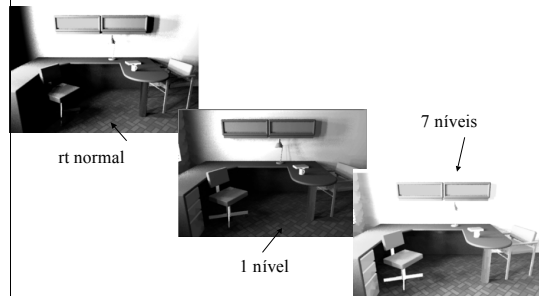


A Ray Tracing Solution to Diffuse Interreflection
by Greg Ward, Francis Rubinstein and Robert Clear
SIGGRAPH 1988

7

Marcelo Walter

Parcela Difusa em RT



8

Marcelo Walter

Parcela Difusa em RT

- Vantagem: aumento do realismo
- Desvantagens
 - Alto Custo Computacional
 - Explosão de Raios

9

Marcelo Walter

Porque Radiosidade?

- Abordagem inspirada na troca de energia termal entre superfícies
- Resolve a iluminação difusa ausente do TR
- Analogia entre energia termal e luminosa
- Iniciou em 1984 (Goral, Torrance, Greenberg & Battaile - Cornell University)



Como a energia se espalha no espaço?

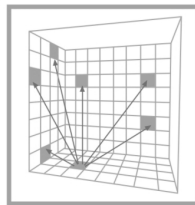


10

Marcelo Walter

Visão Geral de Radiosidade

- Cena dividida em *patches* (pedaços)
- Superfícies são refletores difusos perfeitos
- Radiosidade é a taxa que a energia luminosa deixa a superfície
- Dois termos
 - Taxa de emissão de energia gerada pela própria superfície
 - Taxa de energia recebida indiretamente e refletida



11

Marcelo Walter

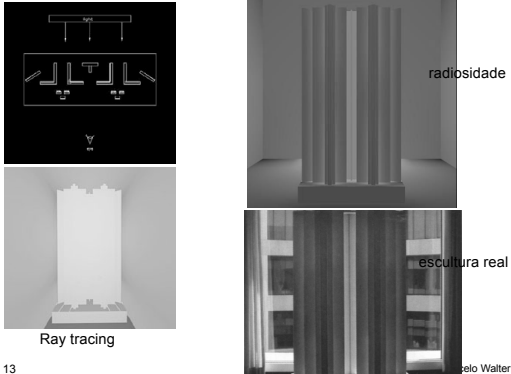
Radiosidade x Traçado de Raios

- TR é uma abordagem *image-space*
 - Moveu a câmera precisamos recalcular
- Radiosidade é uma abordagem *object-space*
 - Valores podem ser pré-calculados e movimento de câmera não implica recálculo (a não ser que...)

12

Marcelo Walter

John Ferren, Construction in Wood



radiosidade


escultura real

Ray tracing

13

Marcelo Walter


Galeria



14

Marcelo Walter


Galeria



15

Marcelo Walter


Galeria



16

Marcelo Walter

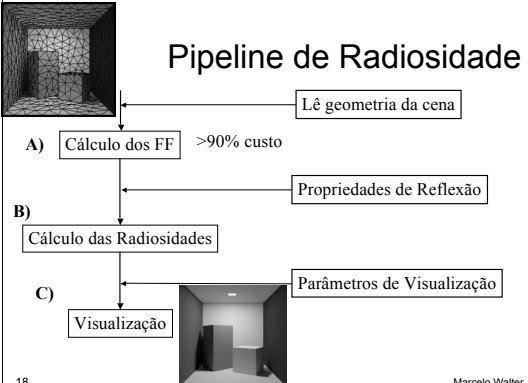
Galeria – Lightscape (Autodesk)



17

Marcelo Walter

Pipeline de Radiosidade



Lê geometria da cena

A) Cálculo dos FF >90% custo

Propriedades de Reflexão

B) Cálculo das Radiosidades

Parâmetros de Visualização

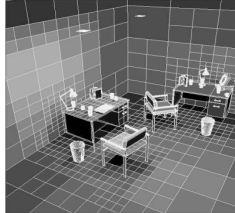
C) Visualização

18

Marcelo Walter

A) Cálculo dos Fatores de Forma

- Dividir o ambiente num número finito n de pedaços (*patches*)



19

Marcelo Walter

A) Cálculo dos Fatores de Forma

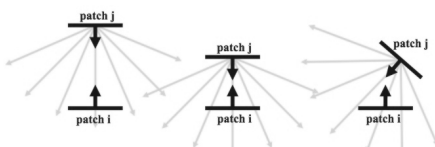
- O FF representa geometricamente como um patch "vê" o outro
- Fração de energia que deixa um patch e chega no outro
- Cálculo independente do observador ☺
- N patches para N patches ☹

20

Marcelo Walter

A) Cálculo dos Fatores de Forma

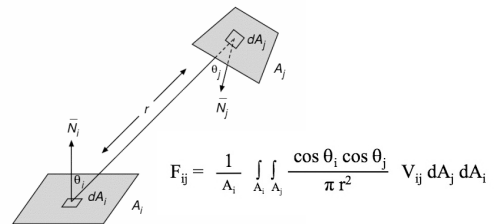
- Leva em consideração forma, orientação e visibilidade entre os *patches*



21

Marcelo Walter

Geometria dos Fatores de Forma



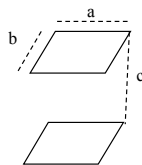
$$F_{ij} = \frac{1}{A_i} \int_{A_i} \int_{A_j} \frac{\cos \theta_i \cos \theta_j}{\pi r^2} V_{ij} dA_j dA_i$$

22

Marcelo Walter

Cálculo Analítico FF

- Para geometrias muito simples



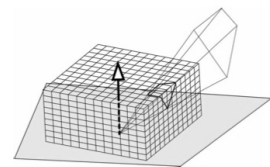
Retângulos idênticos, paralelos

23

Marcelo Walter

Cálculo Aproximado Hemicubo

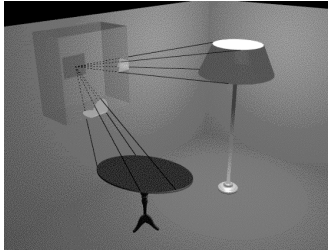
- Ao redor de cada patch definimos um hemicubo
- O FF de um patch em relação ao outro é aproximado pela área projetada nas células do hemicubo



24

Marcelo Walter

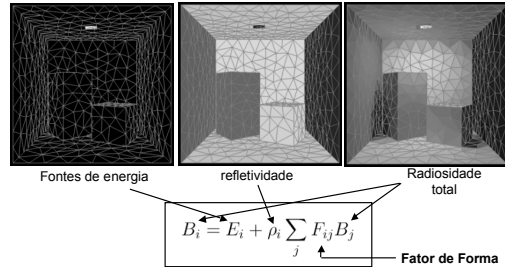
Hemicubo



25

Marcelo Walter

B) Cálculo das Radiosidades



26

Marcelo Walter

$$B_i = E_i + \rho_i \sum_{j=1}^n B_j F_{ij} \quad B_i - \rho_i \sum_{j=1}^n B_j F_{ij} = E_i$$

$$\underbrace{\begin{bmatrix} 1 - \rho_1 F_{11} & -\rho_1 F_{12} & \cdots & -\rho_1 F_{1n} \\ -\rho_2 F_{21} & 1 - \rho_2 F_{22} & \cdots & -\rho_2 F_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\rho_n F_{n1} & -\rho_n F_{n2} & \cdots & 1 - \rho_n F_{nn} \end{bmatrix}}_{\mathbf{M}} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_n \end{bmatrix}}_{\mathbf{B}} = \underbrace{\begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ \vdots \\ E_n \end{bmatrix}}_{\mathbf{E}}$$

$\mathbf{M} \cdot \mathbf{B} = \mathbf{E}$

27

Marcelo Walter

Simplificações na matriz

- Se objetos convexos $F_{nn} = 0$ (objeto não interage consigo mesmo), logo diagonal principal igual a 1
- Maioria dos $E_{is} = 0$ (poucos *patches* emitem energia)

28

Marcelo Walter

Solução do Sistema de Equações

- $\mathbf{MB}=\mathbf{E}$
- $\mathbf{M}^{-1}\mathbf{MB}=\mathbf{M}^{-1}\mathbf{E}$
- $\mathbf{B}=\mathbf{M}^{-1}\mathbf{E}$
- Problemas: \mathbf{M} é enorme (número de *patches*) e acarreta problemas de armazenamento
- Solução: Utilizar métodos numéricos

29

Marcelo Walter

Métodos Iterativos

- Eliminação Gaussiana muito cara computacionalmente ($O(n^3)$)
- Melhor métodos iterativos
 - "Chute inicial" para a solução
 - Calcula uma melhor aproximação a cada iteração
 - Iteração de Gauss-Seidel, Jacobi ou Southwell

30

Marcelo Walter

Medida de Convergência

- $MB = E$ (B desconhecido, radiosidades)
- $e^0 = B - B^0$
 - Como B é desconhecido, erro e não pode ser medido diretamente
- Idéia de resíduo (diferença entre estimado e correto)
 - $r^0 = MB^0 - E$ (pode ser medido)
 - Se resíduo é zero (ou muito pequeno), então o erro também é zero (ou muito pequeno)

31

Marcelo Walter

Refinamento Progressivo

- Um patch por vez emite energia na cena e os demais são atualizados
- FF calculados "on the fly"
- Imagem exibida a cada iteração

32

Marcelo Walter

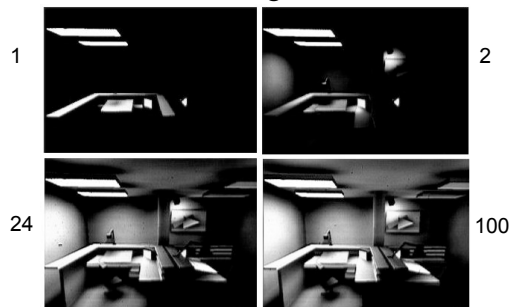
Algoritmo

- Um patch é escolhido por vez para disparar luz e calcula-se como esta luz se espalha na cena
- Disparam primeiro os patches que influenciam mais a cena (emissores de luz, energia*área do patch)
- Inicialmente $B_i = E_i$, para todo patch

33

Marcelo Walter

Radiosidade Progressiva



34

Marcelo Walter

C) Visualização

- Calculando radiosidades nos vértices

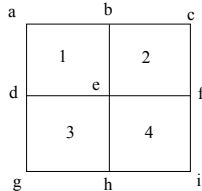
- Vértices interiores

$$B_e = (B_1 + B_2 + B_3 + B_4) / 4$$

- Vértices da borda v_b

- Encontra o vértice interno mais próximo v_i
- Encontra k faces adjacentes a v_b
- $(B_b + B_i) / 2 = \sum B_i / k$

$$(B_b + B_i) / 2 = (B_1 + B_2) / 2$$

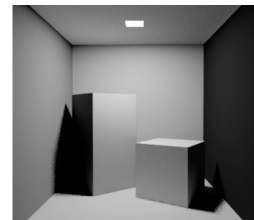
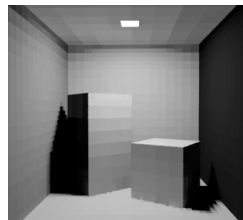


35

Marcelo Walter

Radiosidade nos patches

Interpolação nos vértices



36

Marcelo Walter

