

Joint Bilateral Upsample

Alexandra Camargo Alves
Processamento de Imagens
Prof. Luiz Velho
Impa - 2009

Joint Bilateral Upsample

Johannes Kopf

Michael Cohen

Dani Lischinski

Matt Uyttendaele

SIGGRAPH 2007

Joint Bilateral Upsample

- **Idéia principal:** utilizar o joint bilateral para auxiliar na realização de uma variedade de análises e processamentos em imagens gigapixel utilizando técnicas de downsample e upsample.

Joint Bilateral Upsample

- **Justificativa:** devido ao grande interesse em imagens gigapixel, os atuais métodos de análise e processamento de imagens não apresentam soluções ideais uma vez que levam muito tempo e exigem uma grande quantidade de memória.

Joint Bilateral Upsample

- **Proposta:** uma vez que se tenha um processamento ou análise para uma imagem reduzida, aplicar este resultado à imagem original.

Joint Bilateral Upsample

- **Proposta:** uma vez que se tenha um processamento ou análise para uma imagem reduzida, aplicar este resultado à imagem original.
- Para evitar o borramento das arestas no processo de upsample, aplicar o JBU para produzir resultados melhores.

O filtro Gaussiano

- Também muito utilizado para suavização de imagens, mas não preserva as arestas uma vez que não considera a diferença das intensidades.

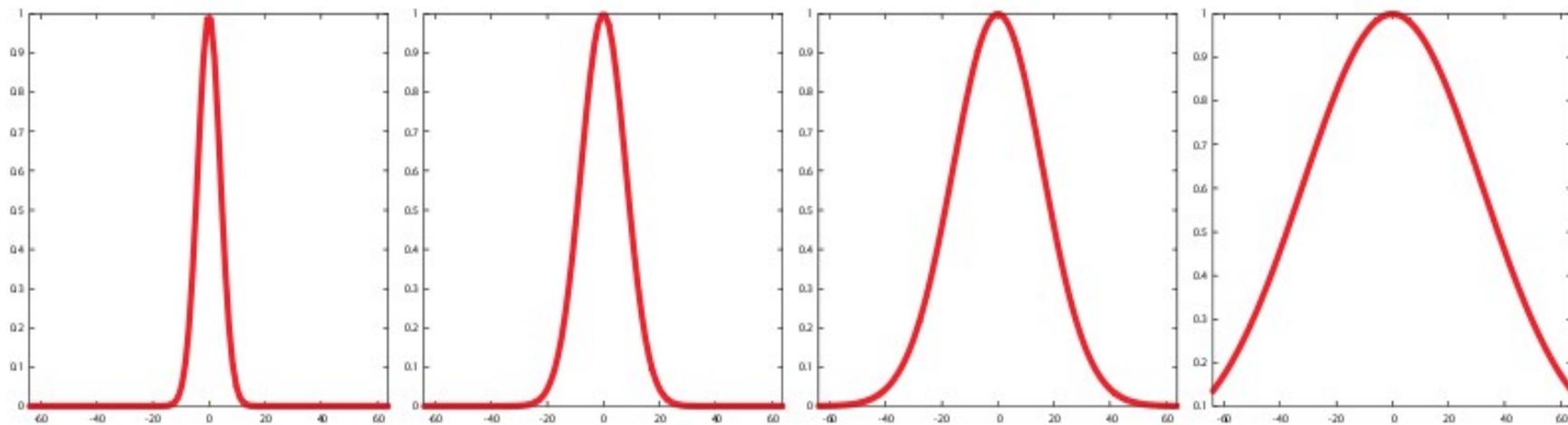
O filtro Gaussiano

- Também muito utilizado para suavização de imagens, mas não preservar as arestas uma vez que não considera a diferença das intensidades.
- Ele possui dois parâmetros, a dimensão da janela e um valor para o desvio padrão máximo sigma.

O filtro Gaussiano

- Também muito utilizado para suavização de imagens, mas não preservar as arestas uma vez que não considera a diferença das intensidades.
- Ele possui dois parâmetros, a dimensão da janela e um valor para o desvio padrão máximo sigma.
- Quanto maior o sigma, mais a imagem é suavizada, não dependendo muito do parâmetro referente a dimensão da janela.

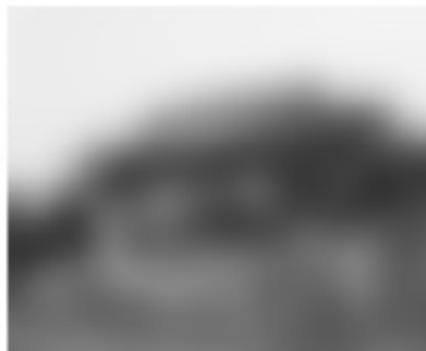
O filtro Gaussiano



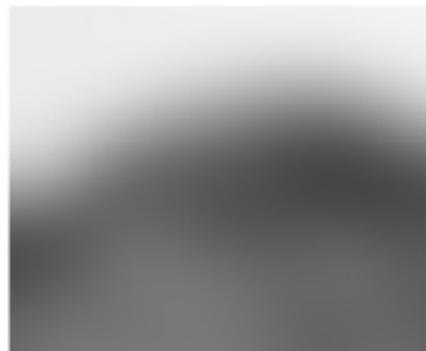
$\sigma = 4$



$\sigma = 8$



$\sigma = 16$



$\sigma = 32$

O filtro Bilateral

- Trata-se de um filtro não-linear para suavização de imagens com preservação de arestas (inicialmente introduzido por Tomasi e Manduchi, 1998).

O filtro Bilateral

- Trata-se de um filtro não-linear para suavização de imagens com preservação de arestas (inicialmente introduzido por Tomasi e Manduchi, 1998).
- Difere do filtro gaussiano porque ele considera a variação das intensidades para a preservação das arestas.

O filtro Gaussiano x filtro Bilateral

$$GB[I]_{\mathbf{p}} = \sum_{\mathbf{q} \in \mathcal{S}} G_{\sigma}(\|\mathbf{p} - \mathbf{q}\|) I_{\mathbf{q}},$$

$$BF[I]_{\mathbf{p}} = \frac{1}{W_{\mathbf{p}}} \sum_{\mathbf{q} \in \mathcal{S}} G_{\sigma_s}(\|\mathbf{p} - \mathbf{q}\|) G_{\sigma_r}(I_{\mathbf{p}} - I_{\mathbf{q}}) I_{\mathbf{q}}$$

O filtro Bilateral

- Parâmetros
 - Dois parâmetros σ_s e σ_r

O filtro Bilateral

- Parâmetros
 - Dois parâmetros σ_s e σ_r
 - G_{σ_s} é uma gaussiana espacial que decresce de acordo com a distância entre p e q.

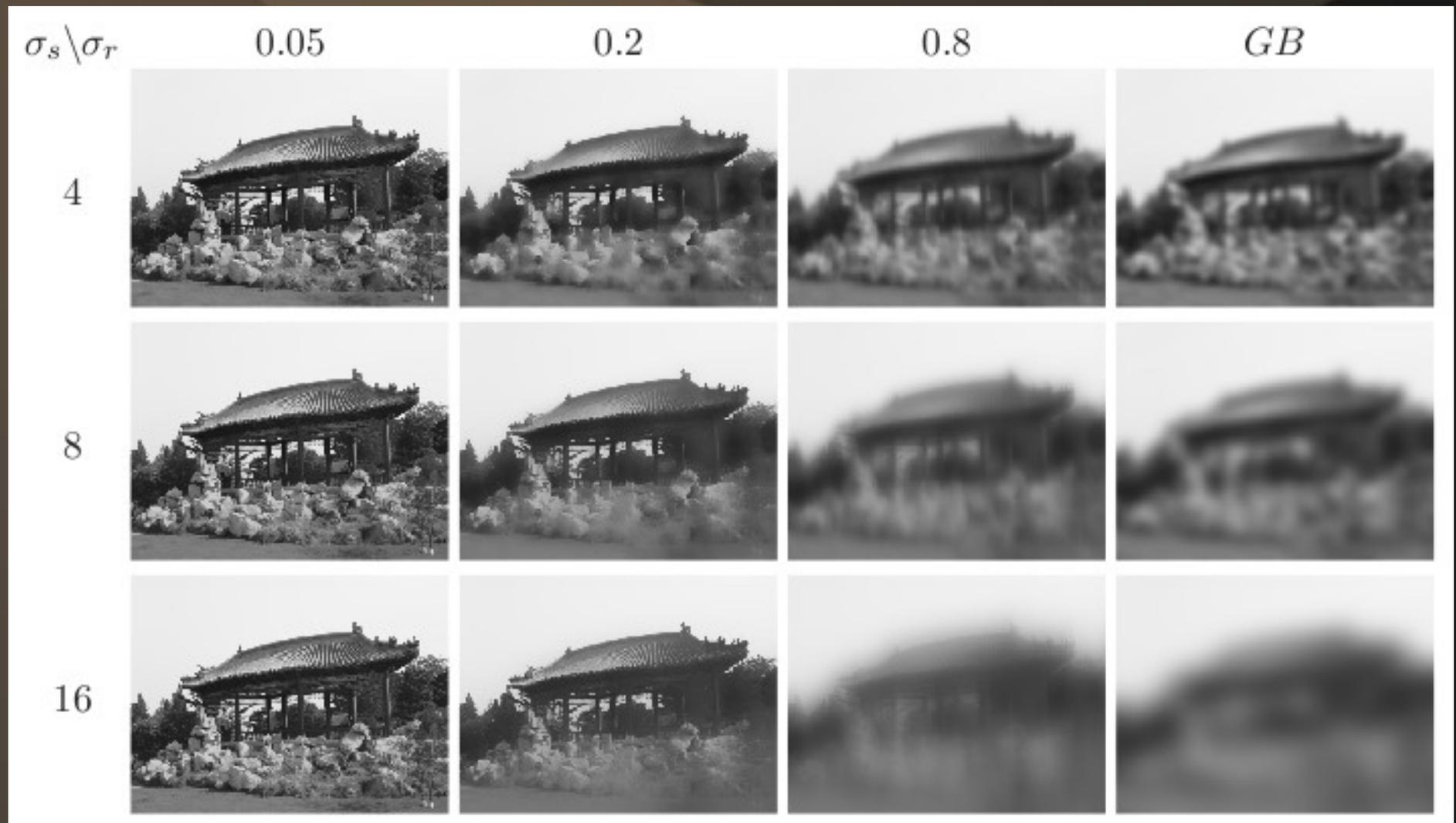
O filtro Bilateral

- Parâmetros
 - Dois parâmetros σ_s e σ_r
 - G_{σ_s} é uma gaussiana espacial que decresce de acordo com a distância entre p e q .
 - G_{σ_r} é uma gaussiana no range que usa a diferença das intensidades entre I_p e I_q .

O filtro Bilateral

- Uma importante característica do filtro bilateral é que os pesos são multiplicados, o que implica que quanto mais próximo de zero é o peso, nenhuma suavização acontece.

O filtro Bilateral



Joint Bilateral

- Eisemann e Durand [2004] e Petschnigg et al. [2004] introduziram simultaneamente o cross bilateral filter, também conhecido como o joint bilateral filter.

Joint Bilateral

- Eisemann e Durand [2004] e Petschnigg et al. [2004] introduziram simultaneamente o cross bilateral filter, também conhecido como o joint bilateral filter.
- Trata-se de uma variação do filtro bilateral que separa a noção de preservação de arestas da suavização da imagem. Dada uma imagem I , o filtro joint bilateral suaviza I enquanto preserva as arestas a partir de uma segunda imagem E . Na prática, o peso do range é calculado usando E ao invés de I .

Bilateal x Joint Bilateral

$$BF[I]_{\mathbf{p}} = \frac{1}{W_{\mathbf{p}}} \sum_{\mathbf{q} \in \mathcal{S}} G_{\sigma_s}(\|\mathbf{p} - \mathbf{q}\|) G_{\sigma_r}(I_{\mathbf{p}} - I_{\mathbf{q}}) I_{\mathbf{q}}$$

$$CBF[I, E]_{\mathbf{p}} = \frac{1}{W_{\mathbf{p}}} \sum_{\mathbf{q} \in \mathcal{S}} G_{\sigma_s}(\|\mathbf{p} - \mathbf{q}\|) G_{\sigma_r}(E_{\mathbf{p}} - E_{\mathbf{q}}) I_{\mathbf{q}},$$

$$\text{with } W_{\mathbf{p}} = \sum_{\mathbf{q} \in \mathcal{S}} G_{\sigma_s}(\|\mathbf{p} - \mathbf{q}\|) G_{\sigma_r}(E_{\mathbf{p}} - E_{\mathbf{q}}).$$

Aplicações



(a) input



(b) noisy image



(c) "surface blur" filter

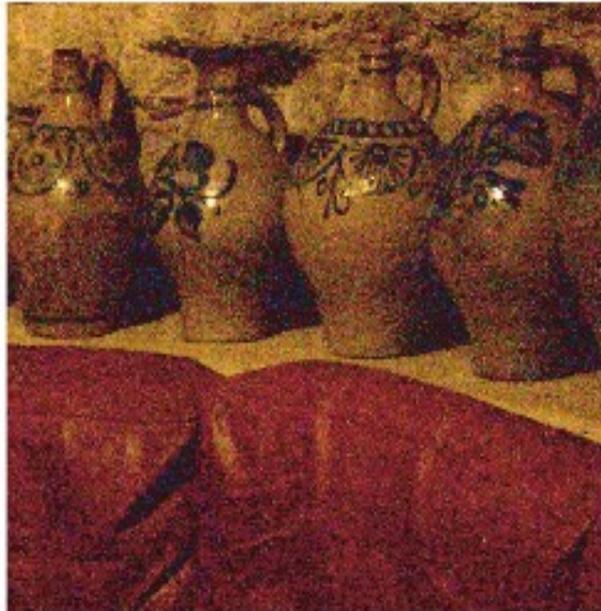
Remoção de ruído

Aplicações

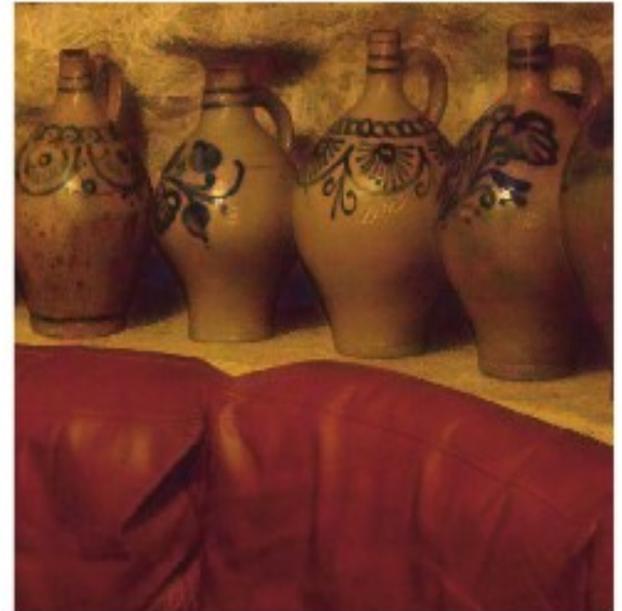
(a) flash picture



(b) no-flash picture



(c) output of [Petschnigg *et al.*, 2004]



Flash and no-flash picture

Aplicações



(a) input



(b) naive compression



(c) compression after Gaussian decomposition



(d) output of [Durand and Dorsey, 2002]

Joint Bilateral Upsample

- Dada uma imagem em alta resolução \tilde{I} , e uma solução em baixa resolução S , calculada para uma versão reduzida da imagem, é proposto um método que aplica um filtro bilateral durante o processo de upsample.

Joint Bilateral Upsample

- Dada uma imagem em alta resolução \tilde{I} , e uma solução em baixa resolução S , calculada para uma versão reduzida da imagem, é proposto um método que aplica um filtro bilateral durante o processo de upsample.
- A idéia é aplicar um filtro espacial para a solução em baixa resolução enquanto um filtro semelhante é aplicado no espaço de cores (range) da imagem original.

Joint Bilateral Upsample

- A solução upsampled \check{S} é então obtida como:

$$\tilde{S}_p = \frac{1}{k_p} \sum_{q_{\downarrow} \in \Omega} S_{q_{\downarrow}} f(\|p_{\downarrow} - q_{\downarrow}\|) g(\|\tilde{I}_p - \tilde{I}_q\|)$$

Joint Bilateral Upsample

- A solução upsampled \tilde{S} é então obtida como:

$$\tilde{S}_p = \frac{1}{k_p} \sum_{q \downarrow \in \Omega} S_{q \downarrow} f(\|p \downarrow - q \downarrow\|) g(\|\tilde{I}_p - \tilde{I}_q\|)$$

- Com esta equação estamos construindo uma solução de alta resolução em oposição a uma imagem, e operando em duas resoluções diferentes simultaneamente.

Joint Bilateral Upsample

- Para todos os resultados foi usado uma Gaussian 5×5 , que é muito rápida, mas ainda tem um o suporte espacial suficiente para estender os valores da solução a partir de alguma distância. A implementação leva cerca de 2 segundos por megapixel de saída.

Joint Bilateral Upsample

- Algoritmos originais x JBU
 - HDR – 80s para uma imagem de 3,1 megapixels, enquanto o JBU levou apenas 6 segundos para fazer o upsample de uma solução pequena.

Joint Bilateral Upsample

- Algoritmos originais x JBU
 - HDR – 80s para uma imagem de 3,1 megapixels, enquanto o JBU levou apenas 6 segundos para fazer o upsample de uma solução pequena.
 - Colorização – vários minutos para uma imagem de um megapixel.

Joint Bilateral Upsample Resultados



Imagem original
552x574

Joint Bilateral Upsample Resultados



Joint Bilateral Upsample
552x574

- Range sigma: 0.05
- Range radius: 2 (5x5)
- Space sigma: 4
- Space radius: 2 (5x5)

Joint Bilateral Upsample Resultados



Razão: 1/4



Joint Bilateral Upsample

Resultados



Joint Bilateral Upsample
552x574

- Range sigma: 0.01
- Range radius: 1 (3x3)
- Space sigma: 4
- Space radius: 2 (5x5)

Joint Bilateral Upsample Resultados



Joint Bilateral Upsample
552x574

- Range sigma: 0.02
- Range radius: 4 (9x9)
- Space sigma: 4
- Space radius: 2 (5x5)

Joint Bilateral Upsample Resultados



Imagem original
1200x1600

Joint Bilateral Upsample

Resultados



Joint Bilateral Upsample
1200x1600

- Range sigma: 0.05
- Range radius: 2 (5x5)
- Space sigma: 4
- Space radius: 2 (5x5)
- average time: 9.95s

Joint Bilateral Upsample Resultados



Joint Bilateral Upsample Resultados



Joint Bilateral Upsample Resultados



Joint Bilateral Upsample Resultados



Joint Bilateral Upsample Resultados



Joint Bilateral Upsample Resultados



Joint Bilateral Upsample Resultados



Joint Bilateral Upsample Resultados



Joint Bilateral Upsample Resultados



Joint Bilateral Upsample Resultados



Joint Bilateral Upsample Resultados



Joint Bilateral Upsample Resultados



JBU
Range sigma: 0.05
Range radius: 3 (7x7)
Space sigma: 4
Space radius: 2 (5x5)

Joint Bilateral Upsample Resultados



JBU

Range sigma: 0.05

Range radius: 10 (21x21)

Space sigma: 4

Space radius: 2 (5x5)

Joint Bilateral Upsample Resultados



Tone mapping

Joint Bilateral Upsample Resultados



Bartłomiej Okonek

217x145

JBU
870x580

Joint Bilateral Upsample Resultados



Tone mapping

Joint Bilateral Upsample Resultados



217x145



JBU
870x580

Joint Bilateral Upsample Resultados



Tone mapping

Joint Bilateral Upsample Resultados



Joint Bilateral Upsample Resultados



Tone mapping

Joint Bilateral Upsample Resultados



Agradecimentos

- A todos que ajudaram neste trabalho
 - Djalma Lucio Soares da Silva
 - Leonardo Carvalho
 - Leonardo Koller
 - Marcelo Cicconet
 - Rodolfo Lima

Referências Bibliográficas

- Johannes Kopf, Michael Cohen, Dani Lischinski, Matt Uyttendaele. Joint Bilateral Upsample. SIGGRAPH 2007.
- Michael Elad. On the Origin of the Bilateral Filter and Ways to Improve It. IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, VOL. 11, NO. 10, OCTOBER 2002
- Petschnigg et al. Digital photography with flash and no-flash image pairs. ACM SIGGRAPH conference (c) 2004, Association for Computing Machinery, Inc.
- Sylvain Paris, Pierre Kornprobst, Jack Tumblin, Frédo Durand. A Gentle Introduction to Bilateral Filtering and its Applications. ACM SIGGRAPH 2007. <http://people.csail.mit.edu/sparis/bf_course/course_notes.pdf>.