

Técnicas para síntese e efeitos de áudio baseadas em decomposição AM/FM

Antonio José Homsí Goulart

Grupo de Pesquisa em Computação Musical - IME/USP - Brasil
Sound and Digital Music Technology Group - NUIM - Ireland

antonio.goulart@usp.br

Seminários CompMus - 2015/08/26

Síntese de sinais ressonantes

Motivação inicial: analisar sinais musicais ressonantes

Análise => Ressíntese

Análise => Smoothing => Ressíntese

Avaliação do impacto em parâmetros psicoacústicos

SMC 2015

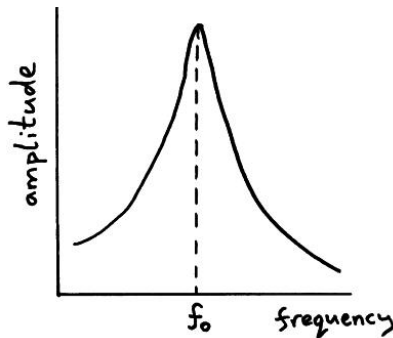
Efeitos de áudio

decomposição => processamento => ressíntese

Diferentes possibilidades neste domínio

DAFX 2015

tendência do sistema oscilar preferencialmente na frequência natural



FOF, VOSIM, ModFM, Distorção de fase

Análise / ressíntese

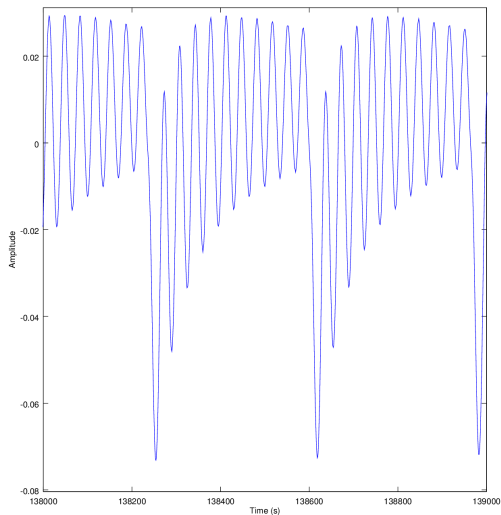
Vocoder muito famoso; vamos explorar AM/FM

Pensado para guitarristas; explorado na dance music
Filtros 24 db / oitava (Tim Stinchcombe)



Resonance	Env Mod	Decay	Amostra
60%	max	min	A
60%	max	60%	B
max	75%	25%	C
max	75%	75%	D

Notar frequência de ressonância sobreposta à frequência da nota



caso monocomponente

$$x(t) = a(t) \cos(\theta(t))$$

$\dot{\theta}(t) = f(t)$, frequência instantânea
uma interpretação: se ajusta localmente

$a(t)$, amplitude instantânea, ou envelope

várias técnicas para decomposição/estimativa de $a(t)$ e $f(t)$
ressíntese

$$y(t) = \hat{a}(t) \cos\left(\int_{-\infty}^t \hat{f}(\tau) d\tau\right)$$

Transformada de Hilbert

convolução, 90° desvio de fase, quadratura => sinal analítico

$$\hat{x}(t) = x(t) * \frac{1}{\pi t} \quad \rightarrow \quad z(t) = x(t) + j\hat{x}(t)$$

$$Z(f) = 2u(f)X(f) \rightarrow z(t)$$

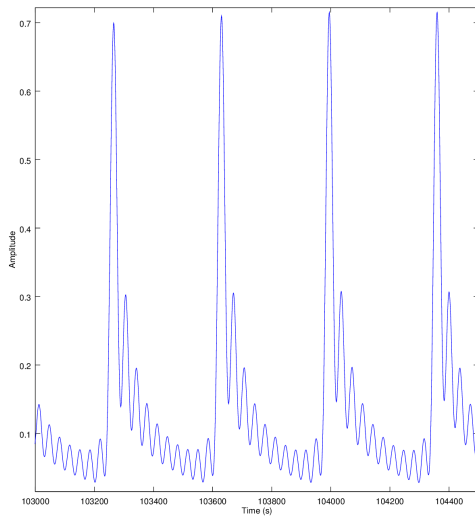
$$h(n) = \frac{1 - \cos(\pi n)}{\pi n} = \begin{cases} \frac{2}{\pi n} & \text{para } n \text{ ímpar} \\ 0 & \text{para } n \text{ par} \end{cases}$$

$|z(t)|$ => estimativa para envelope

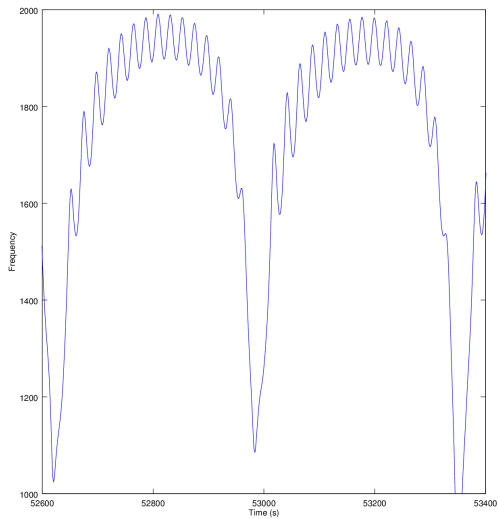
$e^{j\theta(t)}$ => estimativa para frequência instantânea

estimativa incoerente (sem informação da fundamental a priori)

Decomposição - Amostra D - Porção AM



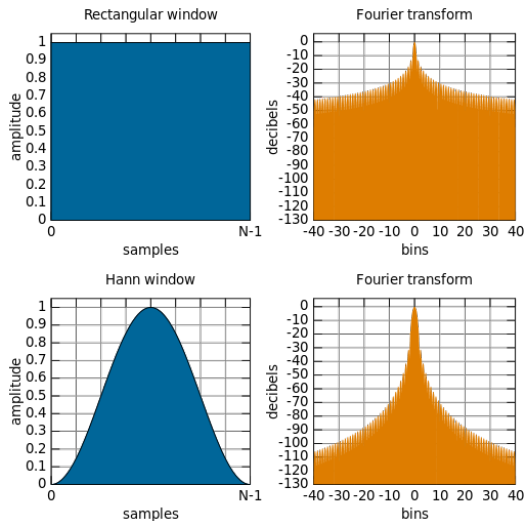
Decomposição - Amostra D - Porção FM



Transformação transparente

exemplos guitarra e sax

Smoothing



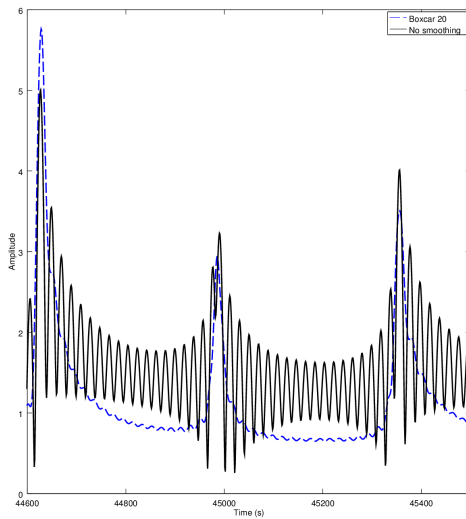
Smoothing

20 e 100 amostras

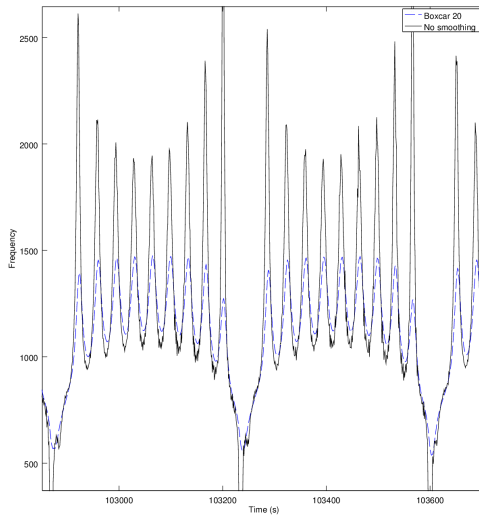
Janela $w(t)$

$$y(t) = (\hat{a} * w)(t) \cos \left(\int_{-\infty}^t (\hat{f} * w)(\tau) d\tau \right)$$

Comparação - Porção AM - Smoothing com Boxcar 20



Comparação - Porção FM - Smoothing com Boxcar 20



centróide espectral

relaciondo com a porção mais destacada do espectro

(especialmente com sons ressonantes)

geralmente é a métrica que apresenta maior variação em estudos de timbre

$$Br = \frac{\sum_{k=1}^N ka_k}{\sum_{k=1}^N a_k}$$

apresentado como um equivalente aos atributos da visão
relaciona a percepção das cores

$$T_{r1} = \frac{a_1}{\sum_{k=1}^N a_k}$$

$$T_{r2} = \frac{(a_2 + a_3 + a_4)}{\sum_{k=1}^N a_k}$$

$$T_{r3} = \frac{\sum_{k=5}^N a_k}{\sum_{k=1}^N a_k}$$

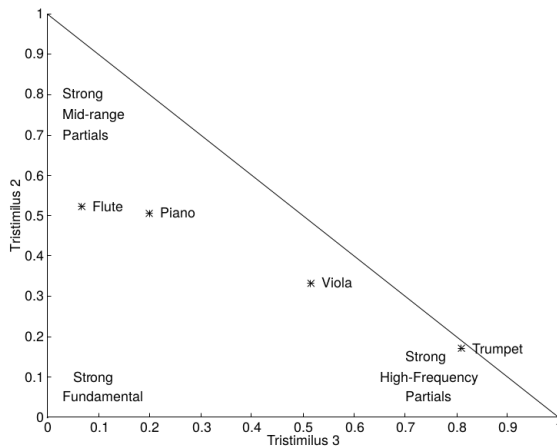
relacionado com o conceito de *warmth* (3.5)

$$T_{r1} + T_{r2} + T_{r3} = 1$$

próximo da origem => fundamental forte

próximo do canto direito => parciais altas fortes

próximo do canto superior => parciais médias fortes

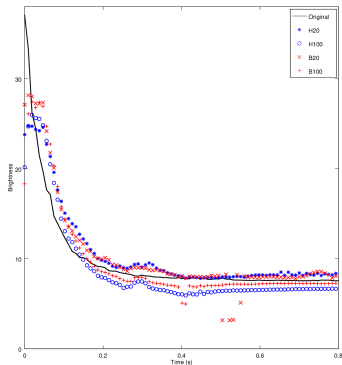
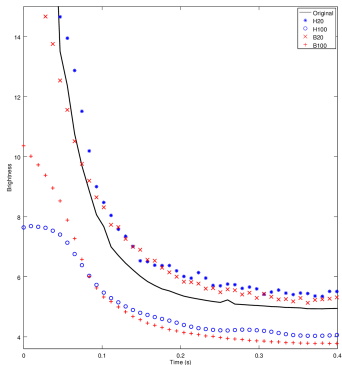


jaggedness (imperfeições no sentido de saw-like [geografia]),
oscilações

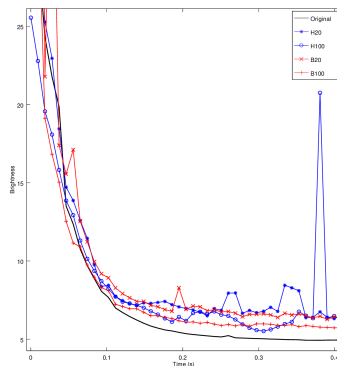
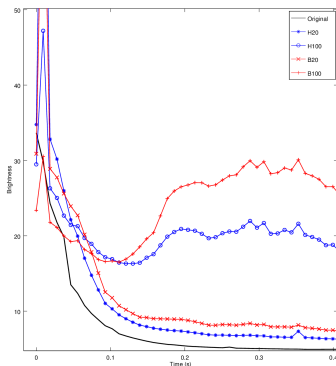
$$Ir = \frac{\sum_{k=1}^N (a_k - a_{k+1})^2}{\sum_{k=1}^N a_k^2}, \quad a_{N+1} = 0$$

onda quadrada, clarinete => irregularidade máxima => hollow
trem de impulsos => irregularidade zero => buzz

Amostras A e C - AM/FM smoothing

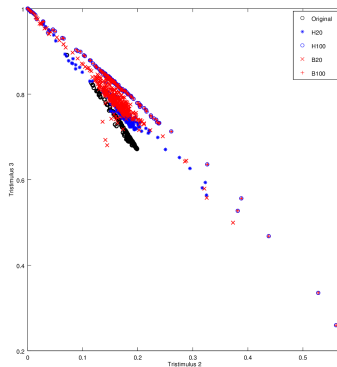
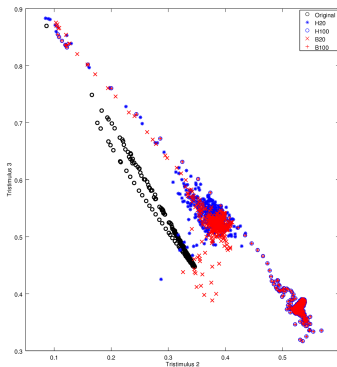


Amostra A - AM-only e FM-only smoothing

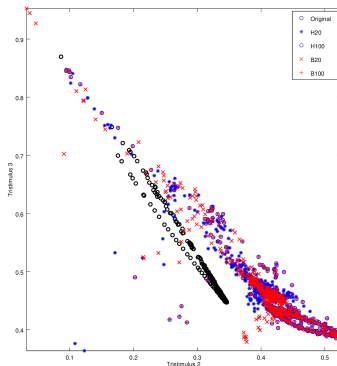
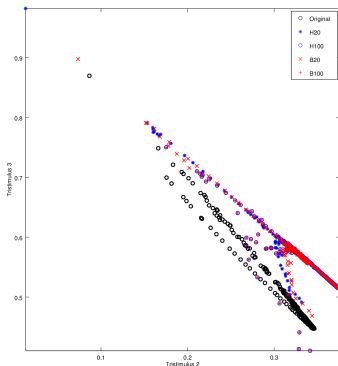


Tristímulus

Amostras A e C - AM/FM smoothing

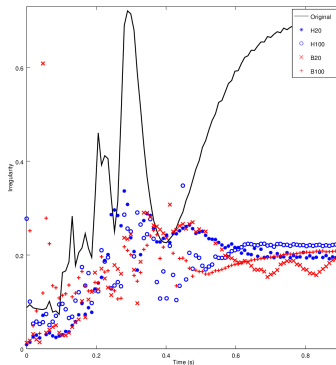
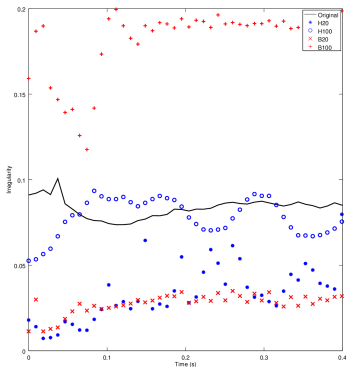


Amostra A - AM-only e FM-only smoothing



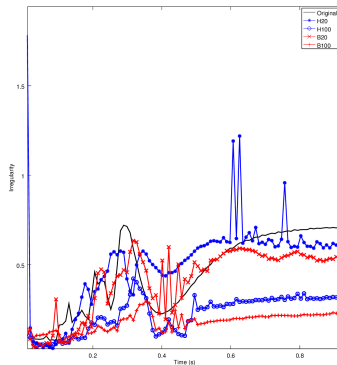
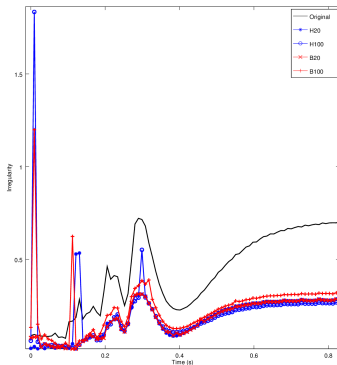
Irregularidade

Amostras A e C - AM/FM smoothing



Irregularidade

Amostra A - AM-only e FM-only smoothing



Um breve tira gosto

TransColorIFer

multiplicação da IF
AM intacta

Análise-Ressíntese de áudio

- Do ponto de vista de brightness e tristimulus, não é muito eficaz aplicar a técnica em sinais com ressonância forte (pouca alteração do número em si, mas altera bastante a sonoridade!)
- Tristimulus mais afetado pelo processamento da componente FM
- Irregularidade mais afetada pelo processamento da componente AM
- Quanto mais irregular o sinal de entrada, mais similares as métricas psicoacústicas
- Técnica apresenta enorme potencial para processamento de ressonâncias suaves/médias
- Smoothers longos, menos artefatos sonoros
- Hanning smoother, menos artefatos em comparação ao Boxcar

Efeitos de áudio

- Menor preocupação com fidelidade, no sentido de ressintetizar uma sonoridade próxima à original
=> maior abertura para explorações
- Domínio AM/FM, diferentes possibilidades para pensar e implementar efeitos
- Suite de efeitos AM/FM

Trabalhos em desenvolvimento

Aplicação de outros métodos para a decomposição AM/FM

- Teager-Kaiser (3 amostras, real-time, ruído)
- Gabor ESA
- Decomposição coerente multi-componente (mod voc)

Novos efeitos

Obrigado!
antonio.goulart@usp.br