

Computação Musical – 2º Trabalho Maior

Prof. Marcelo Queiroz

Data de entrega: **19/6/2013**

Instruções: Os trabalhos devem ser feitos individualmente. A entrega será feita pelo PACA até 23h55 do dia 19/6/2013.

Player com Equalizador e Espacializador

Neste trabalho vamos desenvolver um tocador de áudio em Pd acoplado a um equalizador IIR de 10 faixas e a um espacializador FIR, que poderá ser usado tanto para adicionar reverberação quanto para dar direcionalidade ao áudio da entrada. Aspectos técnicos de implementação são detalhados nas seções a seguir.

Leitura da Entrada

Usaremos neste trabalho entradas armazenadas em um arquivo de áudio estéreo. Use o objeto [openpanel] para permitir ao usuário selecionar arquivos, e [readsf~] (ou [soundfiler] e [tabplay~]) para reproduzir o conteúdo.

Equalizador IIR

Cada sinal (canal esquerdo + canal direito) lido do arquivo deve ser enviado para um módulo de equalização, que será controlado por 10 sliders diferentes associados a 10 frequências centrais pré-fixadas (valores em Hz): 31.25, 62.5, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 e 16000. Cada slider $k = 0, \dots, 9$ produzirá um valor $\gamma_k \in [0, 1]$ que controlará o ganho de um filtro passa-faixa (normalizado) de dois Pólos e dois Zeros, sendo os dois pólos associados à frequência angular $\omega_k = \frac{2\pi}{R} \cdot 31.25 \cdot 2^k$ e os dois zeros associados às frequências D.C. e Nyquist.

No filtro k , o par de Pólos será posicionado em $\alpha_k e^{\pm i\omega_k}$, onde $\alpha_k = \max\{\frac{1}{2}, 1 - \tan(\omega_k/2)\}$ (isso vai tornar as larguras de faixa mais estreitas para as frequências mais baixas), e a saída deste filtro será normalizada pelo fator $\beta_k = \frac{1}{2}\gamma_k(1 - \alpha_k)\sqrt{\frac{1+\alpha_k^2-2\alpha_k \cos(2\omega_k)}{2-2\cos(2\omega_k)}}$ (observe que, a menos do controle γ_k associado ao slider, esse é o fator de normalização que confere ganho unitário na frequência central ω_k).

Para computar a saída do equalizador, faremos uma conexão em paralelo dos 10 filtros passa-faixa acima. Mais especificamente, vamos usar uma composição de 11 instâncias do objeto [fexpr~], uma para o filtro de dois zeros (cuja equação é $y(n) = x(n) - x(n-2)$ ou [fexpr~ \$x[0]-\$x[-2]]), que será compartilhado (ligado em série na entrada), e uma para cada um dos filtros normalizados com dois pólos (cuja equação é $y(n) = \beta_k x(n) + 2\alpha_k \cos(\omega_k)y(n-1) - \alpha_k^2 y(n-2)$ ou [fexpr~ $\beta_k * $x[0] + 2\alpha_k \cos(\omega_k) * $y[-1] - \alpha_k^2 * $y[-2]$]), que serão ligados em paralelo.

Para facilitar sua implementação, use [send~] e [receive~] para enviar o sinal a ser processado pelos objetos [fexpr~], e use [throw~] e [catch~] para somar as saídas correspondentes a cada filtro passa-faixa diferente. Com isso, seu trabalho de implementação será essencialmente o de implementar um único filtro passa-faixa parametrizado em k , definindo a frequência central e a conexão com o slider correto em função deste parâmetro.

Espacializador FIR

Neste módulo, cada sinal (esquerdo/direito) será convoluído com uma resposta impulsiva armazenada em um arquivo, usando o objeto [FIR~], cuja sintaxe é [FIR~ NomeDaTabela TamanhoDaTabela]. Não há nenhum truque ou pegadinha aqui, a implementação é essencialmente esta. O nosso interesse estará em encontrar respostas impulsivas interessantes, a fim de obter efeitos de espacialização do som processado pelo equalizador.

Vários sites oferecem gravações de respostas impulsivas de salas de concerto, basta fazer buscas como “concert hall impulse response” ou “free download impulse response”. Estas gravações são obtidas através da produção de um estímulo impulsivo em um certo ponto de um teatro e da captação em um outro ponto; quando convoluídas com um sinal musical, produzirão o efeito correspondente a tocar o sinal na posição onde foi produzido o impulso e escutar na posição onde o impulso foi registrado. Quando a resposta impulsiva é obtida de forma binaural (ou seja, quando a captação é feita com dois microfones distanciados como os nossos dois tímpanos), podemos convoluir independentemente o canal esquerdo do sinal musical com a resposta impulsiva esquerda e o canal direito do sinal musical com a resposta impulsiva direita, aumentando o realismo do efeito de reverberação correspondente à sala mensurada.

Outras respostas impulsivas binaurais podem ser encontradas na web (google “free HRTF download”) correspondendo a HRTFs (Head-Related Transfer Functions), que também são registros binaurais de estímulos impulsivos, mas normalmente relacionados a direções distintas de posicionamento da fonte impulsiva em relação à cabeça do ouvinte. Ouvir através de fones-de-ouvido a convolução de um sinal musical com um par de respostas impulsivas do tipo HRTF terá como efeito a impressão de que aquele sinal se origina de uma direção específica (a direção correspondente à HRTF).

Busque ao menos uma resposta impulsiva estéreo que corresponda à reverberação de um ambiente acústico específico, e outra resposta impulsiva estéreo que corresponda a uma HRTF em alguma direção oblíqua em relação ao plano que divide os hemisférios esquerdo e direito em relação à cabeça do ouvinte, e experimente o seu espacializador com estas respostas.

Atenção: alguns arquivos na internet são desnecessariamente grandes, e contêm silêncio antes e depois do trecho impulsivo de interesse. Se você observar algo assim, edite as respostas para produzir tabelas com uma quantidade razoável de pontos (entre 256 e 4096). Tabelas grandes demais possivelmente não possam ser processadas em tempo real (você ouvirá o Pd “engasgar”).

Interface com o Usuário

Como já foi dito, o usuário poderá escolher um arquivo de entrada estéreo qualquer. Os efeitos de equalização e espacialização devem possuir controles do tipo liga-desliga, e você deve modularizar a implementação para permitir que o processamento DSP seja desligado no subpatch correspondente (você pode observar a economia de CPU com o objeto [dsp]).

Os 10 sliders do equalizador devem estar visíveis no patch principal, assim como um controle de volume geral (use [output~]). Também devem estar visíveis acionadores para carregar no módulo de espacialização cada um dos arquivos de respostas impulsivas selecionadas (entregue-os juntamente com o trabalho).

Este trabalho não é nada complicado. Aproveite isso para caprichar na interface e na documentação.

Bom Trabalho!

P.S.1: Material adicional sobre espacialização, inclusive sobre criação de respostas impulsivas a partir de modelos geométricos de salas, pode ser encontrado no capítulo 4 do livro do Moore.

P.S.2: Um exemplo interessante de uso de HRTFs, para quem não conhece, é o “Virtual Barber Shop Hair Cut” (<http://www.youtube.com/watch?v=8IXm6SuUigI>). Aqui as HRTFs são variantes no tempo, para permitir a representação de uma fonte sonora em movimento.