

Orquestrador MIDI Sinfônico

OSMAN GIUSEPPE GIOIA
Laboratório de Processamento Espectral
Departamento de Ciência da Computação
Universidade de Brasília
Brasília - D F - CEP 70.910-900

Resumo

A Orquestra Sinfônica moderna representa atualmente o estado da arte na execução musical em conjunto e podemos considerá-la como uma máquina sonora multitimbral constituída por várias unidades harmônicas espectralmente diversas - os instrumentistas e seus instrumentos - que, atuando em naipes e seções constituem uma estrutura espectralmente finita. Por outro lado, nas composições algorítmicas que utilizam a síntese aditiva como meio expressivo, são utilizadas unidades harmônicas senoidais que possibilitam a elaboração de estruturas espectrais potencialmente infinitas. O trabalho aqui apresentado tem como objetivo realizar um mapeamento entre os instrumentos algorítmicos e os sinfônicos que, utilizando preceitos definidos a partir de atributos psico-acústicos previamente levantados, gere uma orquestração para execução por orquestra sinfônica ou através de módulos de som digitais que estejam enquadrados no padrão General MIDI.

Introdução

Os sistemas de composição algorítmica e síntese aditiva em geral, baseiam-se nos conceitos de "instrumentos" e "orquestra" na geração e reprodução dos timbres espectrais e portanto, um dos caminhos naturais de execução por outros meios de reprodução sonora constitui-se no mapeamento das características espectrais geradas pelos instrumentos da orquestra algorítmica para a sua contrapartida nos instrumentos de uma orquestra sinfônica ou na falta desta, em seu correlato digital utilizando-se as seções instrumentais sinfônicas do padrão General MIDI. O Orquestrador MIDI Sinfônico aqui apresentado foi portanto implementado com o intuito de mapear as cartas espectrais geradas pelo CARBON (Arcela, A., 1989) para o domínio dos instrumentos sinfônicos. Este mapeamento tornará viável não só a execução sinfônica através da impressão de partituras no sistema NOTACOR (Meireles, A., 1994), quanto digital, através de seqüências GM executadas pelo sistema MAESTRO (Pereira, A., 1994), programas estes que junto ao trabalho em questão compõem parte do Projeto DECIBÉIS (Arcela, A., 1993).

Instrumentos Sinfônicos

Para que possamos realizar uma orquestração correta, precisamos de alguns dados básicos sobre cada um dos instrumentos com os quais trabalharemos. Entre eles podemos destacar a extensão, o tempo de ataque, o centro da banda passante espectral e a duração de sua envoltória de amplitude no caso dos instrumentos percussivos. Para o levantamento destes dados, além de utilizarmos pesquisas previamente realizadas. (Fonte principal: Luce, D. & Clark, M., 1965), estamos em fase de realização de experimentos paralelos tanto para a checagem final dos dados quanto para o preenchimento daqueles não disponíveis. Como o nosso objetivo é o de orquestrar também para módulos digitais, além de trabalharmos somente com os instrumentos comuns aos dois

sistemas, estamos utilizando para o levantamento dos dados a biblioteca de sons da Roland Corporation (Roland Sound Library) como fonte principal das amostras digitalizadas.

Instrumentos de Corda

Através da comparativamente curta história da orquestração, o grupo de instrumentos de cordas - violinos, violas, violoncelos e contrabaixos - manteve a sua posição de elemento dominante na orquestra sinfônica e são os instrumentos com o maior tempo de ataque (Piston, Walter, 1955; Beauchamp, J.W., 1974; Carleen, M.H., 1973; Luce, D. & Clark, M., 1967).

Tabela 1 - Cordas

	Extensão	Centro	Transientes de Ataque:			Duração
			Solo	Grupo	Pizzicato	
Violinos	G3 - C7	E5	0.080 s	0.071 s	0.032 s	0.683 s
Violas	C3 - D6	G4	0.056 s	0.071 s	0.053 s	0.726 s
Violoncelos	C2 - C5	F#3	0.085 s	0.071 s	0.019 s	0.675 s
Contrabaixos	E1 - G3	F#2	0.062 s	0.071 s	0.039 s	0.725 s

Instrumentos de Sopro

Sopros de Madeira

Um definição lógica e convincente da categoria conhecida como madeiras é difícil de ser proposta pois os corpos de seus instrumentos são construídos de diversos materiais. Porém na orquestra os instrumentos assim classificados são de embocadura livre, palheta simples ou dupla, e a flauta é, junto às cordas, o instrumento de ataque mais longo (Berlioz, H. & Strauss, R., 1948; Fletcher, N.H., 1975; Luce, D. & Clark, M., 1967).

Tabela 2 - Madeiras

	Extensão	Centro da Banda Passante	Transientes de Ataque
Flautas	C4 - C7	F#5	0.080 s
Flautim	D5 - C8	G6	0.024 s
Oboes	A#3 - G6	D#5	0.015 s
Corne Inglês	E3 - A5	F#4	0.014 s
Clarinetas	D3 - C5	A#4	0.030 s
Fagotes	A#1 - G6	F3	0.042 s

Sopros de Metal

Todos os instrumentos deste naipe são de metal e seu som é produzido através da vibração dos lábios em um bocal (Jachino, C., 1950; Luce, D. & Clark, M., 1967).

Tabela 3 - Metais

	Extensão	Centro da Banda Passante	Transientes de Ataque
Trompas	F2 - F5	B3	0.045 s
Trumpetes	A#3 - A#6	E5	0.030 s
Trombones	A#1 - D#5	F#3	0.033 s
Tuba	F1 - F5	F#2	0.062 s

Saxofones

Apesar de não serem parte integrante do naipe de sopros de uma orquestra sinfônica, foram incluídos no orquestrador como instrumentos opcionais. (Mancini, H., 1954).

Tabela 4 - Saxofones

	Extensão	Centro da Banda Passante	Transientes de Ataque
Soprano	F#3 - D#6	A#4	0.073 s
Alto	C#3 - G#5	E4	0.029 s
Tenor	E2 - D#5	B3	0.022 s
Barítono	C#2 - G#4	F#3	0.030 s

Instrumentos de Percussão

Podemos definir os instrumentos de percussão como aqueles nos quais o som é produzido pelo choque entre dois objetos. (Berlioz, H. & Strauss, R., 1948)

Altura Definida

Com exceção dos Tímpanos que são membranophones todos os outros são idiophones. (Christian, R. S. & Davis, R. & Tubis, A. & Anderson, C. & Mills, R. & Rossing, T., 1984).

Tabela 5 - Percussão Definida

	Extensão	Centro da Banda	Ataque	Duração
Glockenspiel	C5 - C8	F#6	0.0006 s	0.8176 s
Vibrafone	F3 - F6	B4	0.0292 s	0.9432 s
Marimba	C3 - C6	F#4	0.0007 s	0.8163 s
Xilofone	F4 - C7	G#5	0.0025 s	0.3892 s
Carrilhão	C4 - F5	A4	0.0025 s	2.6340 s
Tímpanos	C2 - A3	A#2	0.0336 s	1.3312 s

Altura Indefinida

Por não possuírem uma frequência dominante auditivamente discernível consideramos como tal, a frequência predominante no ponto máximo de sua envoltória de amplitude e por serem muito diversificados, utilizaremos somente aqueles constantes da especificação General MIDI. (Aikin, J & Marans, M. & Rule, G., 1993; Fletcher, H. & Basset, L., 1978; Rossing, T. & Bork, I. & Zhao, H. & Fristom, D., 1992).

Tabela 6 - Percussão Indefinida

	Frequência	Transientes	Duração		Frequência	Transientes	Duração
Bumbo	40.000	0.011451 s	1.517891 s	Agogo Agd	1382.100	0.003288 s	0.076871 s
Caixa	233.101	0.006122 s	0.161383 s	Agogo Grv	1035.890	0.004376 s	0.102608 s
Castanholas	1612.570	0.001202 s	0.016939 s	Cabaça	10985.600	0.049297 s	0.065941 s
Pandeiro	8491.970	0.005351 s	0.151837 s	Maracas	12685.200	0.004580 s	0.052721 s
Cowbell	487.378	0.004807 s	0.120952 s	Apito Crto	2256.800	0.073447 s	0.094490 s
Pratos	5229.220	0.041814 s	1.941020 s	Apito Long	2005.300	0.281723 s	0.391361 s
Queixada	993.871	0.003946 s	0.950975 s	Reco Curto	1239.860	0.012472	0.030816 s
Prato	6091.350	0.076463 s	1.618798 s	Reco Long	2103.800	0.221134 s	0.252925 s
Bongô Agd	756.922	0.008389 s	0.059569 s	Claves	2221.100	0.001769 s	0.026145 s
Bongô Grv	373.488	0.002880 s	0.089864 s	Wblock Ag	822.152	0.001383 s	0.102041 s
Conga Mut	757.090	0.003129 s	0.030499 s	Wblock Gr	611.488	0.001088 s	0.076463 s
Conga Opn	276.168	0.009773 s	0.134286 s	Cuica Mute	720.458	0.059592 s	0.157800 s
Conga Grv	206.815	0.013039 s	0.179705 s	Cuica Opn	513.411	0.043605 s	0.198685 s
Timbal Ag	913.163	0.004671 s	0.237302 s	TriângMut	5494.230	0.000975 s	0.150635 s
Timbal Gr	691.270	0.006213 s	0.315147 s	TriângOpn	8542.810	0.000975 s	1.136304 s

Orquestração MIDI Sinfônica de Cartas Espectrais

A orquestração sinfônica ou MIDI sinfônica das cartas espectrais é realizada observando-se uma série de preceitos que norteiam o mapeamento unívoco dos instrumentos algorítmicos em instrumentos sinfônicos. Após o levantamento e sistematização destas diretrizes de acordo com as características intrínsecas de cada um dos meios de expressão espectrais envolvidos, pudemos então desenvolver o Orquestrador MIDI sinfônico.

Instrumentos Sinfônicos

O primeiro e mais importante requisito para a realização de uma orquestração musicalmente correta, é o de respeitarmos a extensão de execução orquestral de cada instrumento, além de prevenir o aparecimento de notas mapeadas para os extremos da mesma concentrando-as em torno da faixa ideal de atuação de cada instrumento, ou seja, próximas do centro de sua banda passante espectral.

Outro fator para o qual precisamos atentar são as características espectrais de cada instrumento. A informação espectral pura não nos fornece subsídios suficientes para a realização de um mapeamento determinístico, pois os espectros sônicos gerados pela síntese aditiva não encontram paralelo nos timbres obtidos a partir dos instrumentos sinfônicos e suas combinações. Além disto, vários trabalhos nos mostram (Luce & Clark, 1965, 1967; Seashore, 1967; Pierce, 1983) que uma das características mais importantes no reconhecimento da maioria dos sons são os transientes de ataque e não a porção contínua do espectro harmônico de uma determinada fonte sonora.

Instrumentos Algorítmicos

Os instrumentos algorítmicos gerados através de síntese aditiva por serem totalmente manipuláveis não encontram contrapartida espectral no mundo dos instrumentos sinfônicos. Além disso, a finalidade de uma orquestração não é a de mapear timbres que poderiam eventualmente ser assemelhados, mas sim realizar uma "transposição espectral" utilizando as características intrínsecas de cada meio de reprodução. Outro fator que torna impossível o mapeamento *ipsis literis* de um instrumento algorítmico em sua contrapartida sinfônica é o da extensão de execução. Sabemos também que um instrumento algorítmico é constituído na realidade não de um único instrumento no sentido tradicional da palavra, mas sim, representa uma família de instrumentos geneticamente interligados (Arcela & Ramalho, 1991; Arcela, 1986).

A última consideração a respeito da construção dos instrumentos algorítmicos diz respeito à temporalidade relativa e não absoluta de suas envoltórias de amplitude. Na atual implementação do programa de síntese SOM-A (Arcela, 1989), as unidades-h tem a sua envoltória de amplitude implementada de tal forma que os tempos de cada segmento da envoltória variam com a duração da nota executada e os instrumentos musicais não sofrem variação significativa destes segmentos relativa à duração da mesma.

Com isto vemos que torna-se impraticável tentarmos mapeá-los diretamente e os principais parâmetros passíveis de mapeamento a nosso ver portanto são a extensão executável de cada instrumento sinfônico e o levantamento minucioso dos transientes de ataque dos mesmos, que então seriam classificados e escalonados temporalmente em relação à sua contrapartida algorítmica no âmbito da duração de cada nota executada mapeando-os pelo critério de maior ou menor percussividade. Como ponto de partida para este levantamento usamos a definição de transientes de ataque como sendo o período de tempo a partir do início do sinal até o ponto no qual a sua magnitude esteja 3 decibéis acima do estado contínuo (Luce & Clark, 1965). Falta-nos agora definir o seu correspondente na orquestra algorítmica.

•Definição: Podemos considerar que o correspondente algorítmico de transiente de ataque de uma unidade-h, corresponde ao lapso de tempo entre o instante inicial e o ponto de quebra da envoltória com a maior amplitude e por conseguinte um instrumento com mais de uma unidade-h possuirá tempo de ataque correspondente à unidade-h com predominância acústica, sobre as demais de acordo com o Teorema do Estado de Equilíbrio (Arcela, 1984).

A partir deste teorema, podemos então extrair duas informações importantes para o nosso mapeamento:

1. O Tempo de Ataque de um instrumento será o tempo de ataque da unidade-h predominante entre as ativas para uma determinada nota com relação à duração da mesma.
2. O som de altura de uma determinada nota será a frequência especificada na mesma, multiplicada pela ordem da unidade-h predominante entre as ativas para aquela nota.

Além disso os instrumentos são mapeados com a informação ortocostereofônica constante da carta e isto significa que na realidade teremos duas orquestras que idealmente deveriam executar suas respectivas partituras ortogonalmente posicionadas (Arcela, 1984, 1986).

Em relação à amplitude, esta será o resultado da multiplicação da amplitude da nota pela maior amplitude da unidade-h ativa a ela associada, mantendo assim o escalonamento dinâmico entre as diversas notas e instrumentos que as executarão.

Quanto aos tempos de início e duração de cada nota mapeada, estes são multiplicados por uma constante que depende tanto da figura adotada como unidade de tempo quanto da resolução do sequenciador MIDI utilizado. Na atual implementação o valor de duração 1 da carta espectral corresponde à fusa e a resolução empregada é de 120 divisões por semínima.

A partir destas conclusões podemos agora definir um algoritmo de orquestração sinfônica das cartas espectrais. Foram implementados três modelos de orquestração, em um crescendo de complexidade interpretativa que acreditamos poderão gerar resultados matemática e musicalmente acabados.

Modelo 1

A partir da análise dos dados contidos em cada nota individualmente relacionados ao instrumento que a executa, extraímos as informações necessárias ao mapeamento da mesma para um e somente um instrumento sinfônico da seguinte forma:

1. Som de altura: Temperamento da frequência da nota multiplicada pela ordem da unidade-h com predominância acústica sobre as demais ativas para aquela nota multiplicada pela transposição constante do cabeçalho da carta espectral.

2. Mapeamento: A partir do som de altura são selecionados entre os instrumentos que possuam extensão compatível aqueles com o tempo de ataque mais próximo do tempo de ataque do instrumento algorítmico, caso o tempo de ataque da nota seja maior do que o maior tempo de ataque dos instrumentos não-percussivos, a nota é mapeada para flauta ou cordas pois são os instrumentos com o maior tempo de ataque como nos mostram as tabelas 1 e 2. Caso o tempo de ataque da nota seja menor do que o menor tempo de ataque dos instrumentos percussivos a nota é mapeada para um instrumento de percussão com altura indefinida de acordo com a tabela 6. Finalmente é mapeado aquele que tenha o seu centro de banda passante espectral mais próximo do som de altura. No caso dos instrumentos percussivos ainda levamos em conta a proximidade entre a duração da nota e as durações totais de suas envoltórias de amplitude de acordo com a tabela 6.

Conclusão: Este mapeamento prevê que cada uma das notas executadas originalmente seja carregada para o instrumento mais apto a executá-la, tanto em relação a suas características originais de maior ou menor percussividade quanto à sua compatibilidade em altura, extensão e velocidade de articulação pois as notas mais longas naturalmente tenderão para instrumentos mais lentos de ataque e vice-versa.

Característica: A orquestra resultante torna-se viável de execução por uma orquestra tradicional ou pelo sistema General MIDI padrão, isto é, multitímbral a 16 partes e polifônico a 24 vozes no mínimo, com uma complexidade de execução orquestral moderada.

Modelo 2

A partir da análise dos dados contidos em cada nota individualmente relacionados ao instrumento que a executa, extraímos as informações necessárias ao mapeamento da mesma para um ou mais instrumentos sinfônicos passíveis de executá-la da seguinte forma:

1. Som de altura: Idem ao Modelo 1.

2. Mapeamento: Idem ao Modelo 1, só que agora, não apenas um, mas todos os instrumentos selecionados são mapeados para aquela determinada nota.

Conclusão: Este mapeamento prevê que cada uma das notas executadas originalmente seja carregada para um ou mais instrumentos aptos a executá-la, tanto em relação a suas características originais de maior ou menor percussividade quanto à sua compatibilidade em altura, extensão e velocidade de articulação.

Característica: Este método introduz a utilização da combinação instrumental em cada naipe, de maneira que agora não teremos apenas um instrumento, mas sim um grupo de instrumentos executando uma determinada nota em uníssono. Através deste sistema obteremos resultados tímbricos muito mais elaborados do

que através do primeiro, mantendo ainda uma certa portabilidade tanto em relação à execução MIDI quanto sinfônica.

Modelo 3

A partir da análise dos dados contidos em cada nota individualmente relacionados ao instrumento que a executa, extraímos as informações necessárias ao mapeamento da mesma para tantos instrumentos sinfônicos quantas sejam as unidades-h que a executam.

1. Som de altura: Temperamento da frequência da nota multiplicada pela ordem de cada unidade-h ativa multiplicada pela transposição constante do cabeçalho da carta espectral gerando assim um número de notas correspondente ao número de unidades-h ativas cada uma com sua respectiva frequência.

2. Mapeamento: Idem ao Modelo 2, só que agora ao invés de um ou mais instrumentos executando uma nota em uníssono, teremos como resultado o mapeamento de um instrumento para cada unidade-h ativa.

Conclusão: Neste Modelo utilizamos um princípio de combinação orquestral que encontra o seu máximo expoente no compositor impressionista francês Maurice Ravel, que em sua obra prima "Bolero", utilizou os instrumentos da orquestra não como entidades espectrais isoladas mas sim como se fôssem "unidades-h" de um instrumento maior, cada um executando o que seria um harmônico de um som espectral mais amplo, em uma espécie de síntese aditiva orquestral. Deste modo podemos utilizar os mais variados recursos de combinação instrumental possibilitando a obtenção de efeitos combinatórios os mais diversificados possível e levando ao extremo o que seria a essência da orquestração: a técnica da combinação instrumental.

Característica: Utilização plena dos recursos de combinação instrumental de uma orquestra sinfônica possibilitando a geração das mais diversas configurações instrumentais. Capacidade de obtenção de timbres orquestrais inéditos e instigantes perceptualmente.

O Programa

Implementado em estação SUN SparcStation na linguagem C com interface gráfica gerada pelo DevGuide, utiliza como entrada arquivos no formato *.car gerados pelo CARBON e gera um arquivo de saída no formato *.ces no qual os rótulos de instrumentos algorítmicos e/ou suas unidades-h são substituídos ao nível de cada nota pelo instrumento sinfônico e mudança de programa MIDI correspondente além de conter os outros dados necessários à execução MIDI ou sinfônica. Ao término da execução do Modelo selecionado, é aberta uma janela na qual pode-se visualizar instantaneamente quais foram os instrumentos sinfônicos mapeados. Além disso o programa conta com um visualizador gráfico das envoltórias de amplitude e gráfico de barras das ordens e amplitudes máximas de cada unidade-h correspondente aos instrumentos constantes da carta sendo trabalhada, além de possibilitar a escolha da instrumentação desejada, permitindo a definição de quais instrumentos estarão ativos para mapeamento, possibilitando assim a geração desde partituras para grande orquestra até conjuntos menores.

Considerações Finais

O Orquestrador MIDI Sinfônico fornecerá ao LPE os meios de transcrição e conversão necessários a uma execução MIDI ou sinfônica das cartas espectrais geradas algorítmicamente e neste sentido, é um projeto voltado exclusivamente para as aplicações diretamente relacionadas com o ambiente composicional do LPE.

Agradecimentos

Sou especialmente grato ao meu orientador de mestrado Aluizio Arcela, agradecimentos esses extensivos à minha instituição de origem, Departamento de Música da UFPE e ao Departamento de Ciência da Computação da UnB por acreditarem na interdisciplinaridade acadêmica.

Referências

- Aikin, J. & Marans M. & Rule, G. (march 1993). General MIDI. *Keyboard*.
- Arcela, A. & Ramalho, G. (1991). A formal composition system based on the theory of Time-trees. *Proceedings of the ICMC*, Montreal.
- Arcela, A. (1984). As árvores de Tempos e a configuração Genética dos Intervalos Musicais. *Tese de Doutorado*, PUC, Rio de Janeiro.
- Arcela, A., (1986). Time-Trees: the inner organization of intervals. *Proceedings of the 12th International Computer Music Conference (ICMC)*, pp 87-89, Haia.
- Arcela, Aluizio (1989). CARBON, Relatório Técnico LPE8901
- Arcela, Aluizio (1994). A Linguagem SOM-A para Síntese Aditiva, *Anais do 1º Congresso Brasileiro de Computação e Música, Caxambú, MG*.
- Arcela, Aluizio (1993). DECIBÉIS, DPP - Projetos Gerais
- Beauchamp, J.W. (1974). Time-variant spectra of violin tones. *J.Acoust.Soc.Am.*, Vol.56, N.3, September pp.995-1004.
- Berlioz, H. & Strauss, R. (1948). Treatise on Instrumentation. *Kalmus*, New York, N.Y.
- Carleen, M.H. (1973). Instrumentation and Methods for Violin Testing. *Journal of the Audio Engineering Society*, September X, Volume 21, Number 7, pp.563-570.
- Christian, Richard S. & Davis, Robert E. & Tubis, Arnold & Anderson, Craig A. & Mills, Ronald I. & Rossing, Thomas D. (1984). *J. Acoust. Soc. Am.* November 76(5)
- Fletcher, H. & Basset I. (1978). Some experiments with the bass drum. *J. Acoust. Soc. Am.*, 64(6), Dec.
- Fletcher, N.H. (1975) Acoustical correlates of flute performance technique. *J.Acoust.Soc.Am.*, Vol.57, No.1, January, pp.233-237.
- Jachino, C. (1950). *Gli Strumenti D'Orchestra*, Curci, Milano.
- Luce, D. & Clark, M. (1965). Durations of Attack of Nonpercussive Orchestral Instruments. *Journal of the Audio Engineering Society*, July, volume 13, number 3, pp. 194-199.
- Luce, D. & Clark, M. (1967). Physical Correlates of Brass-Instrument Tones. *Journal of the Acoustic Society of America*, Volume 42, Number 6, pp. 1232-1243.
- Mancini, Henry (1973). *Sounds and Scores*. Northridge Music, inc. USA.
- Meireles, Alex (1994). NOTACOR, Impressão de Partituras em Cores, *Anais do 1º Congresso Brasileiro de Computação e Música, Caxambú, MG*.
- Pereira, Antônio (1994). MAESTRO, Tese de Mestrado em andamento LPE-CIC-UnB.
- Pierce, J.R. (1983). *The Science of Musical Sound*. American books, Inc., New York.
- Piston, W. (1955). *Orchestration*. W.W.Norton & Co., Inc., New York.
- Rossing, T. & Bork, I. & Zhao, H. & Fystrom, D. (1992) Acoustics os snare drums. *J. Acoust. Soc. Am.* 92(1), July.
- Seashore, C.E. (1967). *Psychology of music*. Dover Publications, Inc., New York.