

EDITOR DE PRECEITOS INTERVALARES

RICARDO RIBEIRO DE FARIA CASTRO
Laboratório de Processamento Espectral
Departamento de Ciência da Computação
Universidade de Brasília
Brasília, DF, CEP. 70910-900

RESUMO

A análise do Intervalo musical, composto pela simultaneidade de dois tons puros, revela sob a ótica do Objeto Intervalar, um sistema de informações de natureza musical, organizado de forma hierárquica pelas Árvores de Tempos. O Objeto Intervalar pode ser representado por um Preceito, ou um conjunto de parâmetros que o definem como entidade euclidiana, e que possibilitam a construção da Árvore de Tempos de forma algorítmica, e a extração de seu interior de informações de natureza geométrica e temporal. As Árvores, por apresentarem uma natureza de incompletude, podem ser acasaladas de forma geométrica. Assim se caracteriza o método de composição algorítmica calcado no acoplamento de objetos intervalares. Tal acoplamento pode ocorrer sob diversas formas, dependendo do posicionamento no espaço euclidiano do Objeto Intervalar, bem como da escolha dos vértices a serem usados no acoplamento. A necessidade de um ambiente computacional que suporte a modelagem de Objetos Intervalares, e que organize de forma coerente as suas informações, possibilitando a manipulação de forma interativa e dinâmica dos parâmetros relativos ao acoplamento geométrico, motivou o projeto e implementação de um sistema Editor de Preceitos Intervalares, objeto deste trabalho.

O OBJETO INTERVALAR

O intervalo musical é constituído por um par de frequências que distam uma da outra numa razão fixa, e pode ser visto como a menor unidade de um espectro sonoro musical. A necessidade de se compreender com maior profundidade as características do fenômeno intervalar e um melhor entendimento da forma auditiva é que motivou a ampliação dos conceitos existentes através da análise mais profunda do fenômeno intervalar. Assim buscou-se através da observação da geometria da composição ortogonal de sinais senoidais harmônicos, uma representação geométrica tridimensional para o intervalo musical.

O Objeto Intervalar pode ser descrito como o modelamento do fenômeno Intervalar através da composição ortogonal de um MHS (Movimento Harmônico Simples) e de um MCU (Movimento Circular Uniforme), dado pelas seguintes equações:

$$y = a \sin((2\pi St)/\tau + \phi_0) \quad (\text{MHS})$$

$$\gamma = \gamma_0 + (2\pi st)/\tau, \quad r=b \quad (\text{MCU}),$$

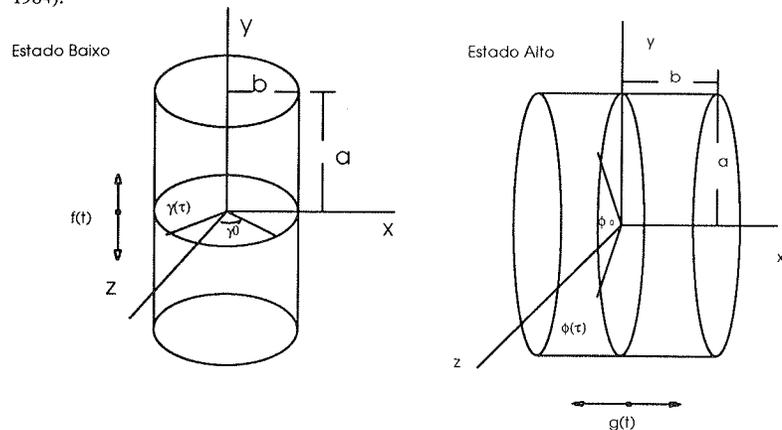
onde S e s são inteiros primos entre si correspondentes à razão entre as frequências; ϕ_0 a fase inicial de y e γ_0 a fase inicial de γ , e τ é o período do movimento intervalar. Verifica-se também que o movimento vibratório é caracterizado pela ordem de frequência associada ao MHS, tendo o MCU a função de apoio estrutural na unidade intervalar.

A trajetória descrita por um ponto cartesiano, submetido ortogonalmente a esses dois movimentos, é inscrita num cilindro, cuja altura e raio dependem das amplitudes das componentes de frequência do intervalo. Ao longo desta trajetória, vão ocorrendo auto-interseções, que dão origem a um conjunto de pontos, denominados Momentos, que demarcam os lapsos de tempo ao longo da sequência de auto-interseções (Arcela, 1984).

ESTADO E NÃO-ESTADO DO OBJETO INTERVALAR

A observação dos Objetos Intervalares demonstra que, às frequências do intervalo podem estar associados dois Objetos distintos, cujas projeções nos planos xz e yz são idênticas, implicando na necessidade de se introduzir novos conceitos. A existência simultânea de duas componentes de frequência é marcada pela

predominância de uma sobre a outra, e a que predomina impõe o seu padrão espectral. O Estado (S) de um Objeto Intervalar é caracterizado pela componente de frequência predominante, determinando o MHS do movimento intervalar. O Não-Estado (s) é dado pela ordem de frequência mascarada, e que determina o Movimento Circular. Um Objeto Intervalar se diz no Estado Baixo se a Ordem de Frequência do MHS for menor que a ordem de frequência do MCU ($S < s$). A um ciclo completo do MHS executa-se mais de um volta do MCU; e estará no Estado Alto se a ordem de frequência do MHS for maior que a ordem de frequência do MCU ($S > s$). A um ciclo completo do MCU corresponde mais de um ciclo do MHS (Arcela, 1984).

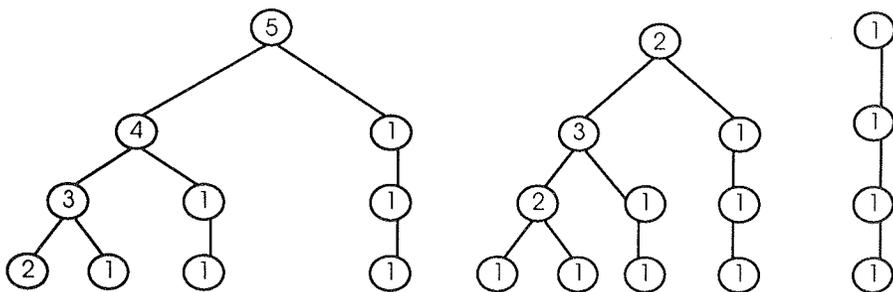


SEGMENTAÇÃO DA LISTA DE DURAÇÕES EM CICLOS DO MHS

A sequência de tempos determinada pelas auto-interseções resultantes do movimento intervalar depende fundamentalmente da razão entre as frequências do intervalo (m:n): do Estado do Intervalo, e da duração inicial do movimento dada pelo tempo gasto até a ocorrência do primeiro momento.

Mas o Objeto Intervalar encerra em seu interior mais informações do que apenas uma sequência de durações. A partir da formação do primeiro ponto, a cada ciclo completo do MHS, um novo conjunto de durações é produzido. Assim, a segmentação das durações em ciclos do MHS, desvenda uma estrutura arborescente, que apresenta na mudança de um nível para outro, a ocorrência de repetições de números ou desdobramentos em dois ou mais.

A organização do intervalo através da segmentação das sequências dá origem a seis espécies de árvores (Primordial, Telescópica, Residual, Especular, Complexa), que podem ser computadas algoritmicamente, prescindindo-se do fenômeno intervalar. As árvores são organizadas em Florestas de acordo com o Estado do objeto. Ao Estado Alto está associada a Floresta Ômega, e ao Estado Baixo a Floresta Alfa (Arcela, 1984). Por exemplo, o intervalo 4:5, no estado baixo, e primeira sequência, possui a seguinte Floresta de Tempos:



COORDENADAS DE UM MOMENTO DO OBJETO INTERVALAR

A determinação das coordenadas, no espaço tridimensional, de um momento P_0 do objeto intervalar, cujo centro está na origem do sistema de coordenadas, se baseia nas seguintes equações do movimento, para o Estado Alto e Baixo, respectivamente:

$$\begin{aligned} \text{MHS} \quad f(t) &= a \sin((2\pi mt)/\tau + \phi_0) & g(t) &= b \sin((2\pi nt)/\tau + \gamma_0) \\ \text{MCU} \quad \gamma(t) &= \gamma_0 + (2\pi nt)/\tau, R=b & \phi(t) &= \phi_0 + (2\pi mt)/\tau, R=a \end{aligned}$$

onde, t é o período do movimento, ϕ_0 e γ_0 fases iniciais. Portanto, as equações que definem as projeções de P_0 sobre os eixos x , y e z são dadas por:

Estado Baixo	$P_0x = b \sin g(t)$
	$P_0y = f(t)$
	$P_0z = b \cos g(t)$
Estado Alto	$P_0x = g(t)$
	$P_0y = a \sin f(t)$
	$P_0z = a \cos f(t)$

O caso geral, em que um objeto intervalar pode se situar em qualquer lugar do espaço tridimensional requer a aplicação de operações de translação e rotação (através de operação matricial) sobre o objeto na origem do sistema de coordenadas, conduzindo-o à sua posição destino.

CARTAS ESPECTRAIS

Uma nota musical é caracterizada por sua frequência, amplitude, início e duração. Os nodos da Floresta de Tempos possuem esta informação, resultado do próprio movimento intervalar (e que pode ser computada algoritmicamente). O Início da execução da nota pode ser calculado pela soma das durações dos nodos anteriores. A frequência e a amplitude dependem das coordenadas do nodo, e são calculadas por um método denominado de MHS Medidor; que produz a demarcação de dois MCU's pela projeção do vetor velocidade do momento sobre os planos XZ e YZ do sistema de coordenadas. A cada MCU está associado um MHS, cuja frequência é função da velocidade escalar, e cuja amplitude é dada pelo raio do MCU. Portanto, as informações necessárias à construção de uma partitura, composta por uma lista de notas, cada qual demarcando o seu início, duração, frequência e amplitude, são extraídas da Floresta de Tempos. A execução de cada nota é realizada por instrumentos algorítmicos também extraídos da Floresta, e cujo conteúdo espectral está diretamente relacionado com a hierarquia dos nodos. Atualmente esta operação é realizada pelo sistema CARBON, que se constitui no instrumental base para a produção de cartas espectrais

SOM-A

As Cartas Espectrais, por sua vez, servem de base para o cômputo do sinal digital, que enviado a um conversor Digital Analógico, completa o processo de composição algorítmica. Atualmente esta operação é realizada pelo sistema SOM-A, que implementa o método de Síntese Aditiva para produção de sinais amostrados. Utiliza dispositivos espectrais do tipo Oscilador a tabela e Acumulador Estéreo.

FLORESTA DE TEMPOS E O PRECEITO

As informações contidas nas Florestas de tempos são de natureza rítmica e geométrica. Rítmica, pois cada momento (que está associado a um nodo da floresta) possui uma cinemática decorrente do fenômeno intervalar, a partir da qual podem ser computadas a amplitude e frequência de cada momento. Geométrica, pois a floresta define uma hierarquia entre os nodos, que são conectados através de arestas, dando origem a estruturas poliédricas. A extração de partituras naturais computáveis do seu interior, caracteriza o Objeto Intervalar como uma unidade contendo informações de natureza musical.

Os dados necessários ao mapeamento da floresta de tempos em um conjunto de notas e instrumentos musicais são aqueles que caracterizam e unificam o Objeto Intervalar. Tais informações, que recebem o nome de Preceito, norteiam o processo de construção algorítmica do Objeto, e são as seguintes: as ordens de frequência (m,n), as amplitudes (a,b), as fases iniciais do MHS e do MCU, o Estado (alto ou baixo), os deslocamentos e as rotações do Objeto em relação aos eixos X,Y e Z (Arcela, 1984).

FORMA INACABADA E A NATUREZA GEOMÉTRICA DAS FLORESTAS

Dependendo do posicionamento da Floresta de Tempos no espaço, pode-se obter diferentes melodias, porém todas com o mesmo padrão rítmico, e a primeira impressão é que constituem melodias inacabadas, necessitando um complemento, ou acabamento da forma melódica. Por outro lado, a observação das estruturas geométricas obtidas pela conexão dos momentos do objeto intervalar por arestas de acordo com a hierarquia pai-filho, também indica uma forma com partes inacabadas, formando uma estrutura poliédrica aberta.

É através da relação hierárquica dos nodos da floresta de tempos que surge a sua natureza geométrica / poliédrica, pois os nodos da floresta que apresentam a relação pai-filho são conectados por uma aresta. Tal relação indica que podem haver diferentes tipos de vértices na floresta em função do número de arestas que a ele convergem. Uma vez que os nodos das árvores que formam a floresta podem ser desdobrados no máximo em três outros nodos, verifica-se que o número máximo de arestas que podem convergir a um vértice é três. Como consequência, pode-se classificar os vértices em completos (contendo 3 arestas não-coincidentes e não coplanares) e vértices incompletos (contendo duas ou menos arestas não coincidentes) (Ramalho, 1992).

ACABAMENTO DE UM VÉRTICE / ACOPLAMENTO GEOMÉTRICO

Baseando-se no fato de que toda floresta de tempos constitui uma estrutura poliédrica aberta (contendo vértices incompletos), define-se o acabamento de um vértice como sendo a sua passagem para a condição de vértice completo, através do acoplamento geométrico entre florestas, cujo objetivo é produzir o compartilhamento no espaço de vértices das florestas acopladas. A mudança de um vértice incompleto para a condição de vértice completo, depende da sua valência, que é o número de vértices necessários para o vértice se tornar completo.

A possibilidade de um vértice incompleto passar à condição de vértice completo decorre do fato de que posicionados no mesmo lugar do espaço passam a compartilhar as suas arestas, implicando na mudança da valência de ambos. Através de operações algébricas de translação, rotação e escala (Foley, 1984) sobre uma das florestas a serem conectadas (floresta móvel), consegue-se promover conexões. A aceitação do acasalamento depende da não violação do critério do estado (as dimensões finais da floresta móvel não podem implicar em mudança do estado do objeto) e da submissão das florestas envolvidas na regra de crescimento (que tenta garantir um grau de convergência da abertura/fechamento da estrutura poliédrica resultante) (Ramalho, 1992).

Uma vez que cada Objeto Intervalar é caracterizado pelo seu Preceito, após o acoplamento geométrico entre Objeto distintos, o Preceito da Forma resultante é composto pelos Preceitos das Florestas que foram conectadas à forma resultante. Portanto, através do acoplamento geométrico é possível a construção de formas sônicas de rara complexidade. As diversas possibilidades de posicionamento do Objeto intervalar no espaço euclidiano abrem uma infinidade de possibilidades de padrões rítmicos, bem como diversas possibilidades de acoplamento. Assim, neste processo, a identificação da posição mais adequada para a floresta fixa, além da seleção dos vértices que farão parte das conexões, indicam a necessidade de um ambiente computacional capaz de dar suporte tanto para a construção de Objetos Intervalares a partir de Preceitos, bem como monitorar e oferecer informações que possam nortear o processo de composição algorítmica baseado no acoplamento geométrico de Objeto Intervalares.

EDITOR DE PRECEITOS INTERVALARES

O Editor de Preceitos Intervalares é um ambiente de computação gráfica projetado para manter de forma coerente e organizada o universo de informações relativas a Objetos Intervalares, bem como manter estruturas de dados capazes de suportar mais de um Objeto compartilhando o espaço euclidiano, passíveis de serem acoplados geometricamente. O sistema se propõe a dar suporte ao cômputo de informações que possam nortear a escolha do melhor posicionamento da floresta fixa, bem como orientar a escolha dos vértices que farão parte do acoplamento, possibilitando ao pesquisador investigar as possibilidades de conexão de forma ágil e interativa. Todo a funcionalidade oferecida neste processo tem como objetivo, em última análise, a

extração do Preceito resultante dos acoplamentos realizados, que constitui atualmente a entrada do sistema CARBON, que implementa o mapeamento das Florestas de Tempos em Carta Espectral.

Uma vez que o Editor realiza o cômputo da quase totalidade das informações relativas aos Objetos Intervalares, seu segundo objetivo é servir como um ambiente de apoio aos alunos de Pós-graduação, com especialização em processamento de sinais e computação sônica. A construção passo a passo de Objetos Intervalares, através da montagem das suas partes constituintes (cilindro base do Objeto, traçado da curva relativa ao movimento intervalar e suas projeções nos planos XZ e YZ, a determinação dos momentos associados às auto-interseções, a conexão dos momentos por arestas de acordo com estrutura hierárquica dada pela Floresta de Tempos; a representação gráfica da própria Floresta, e a matriz cilíndrica com as durações) possibilitará uma dinâmica maior ao processo de aprendizado da teoria das Árvores de Tempos.

Um terceiro aspecto do sistema é a capacidade de se verificar a representação auditiva dos Objetos Intervalares selecionados, uma vez que o sistema SOM-A será parte integrante do Editor, funcionando como um subsistema gerador de sinais amostrados. Esta integração poderá ser realizada pelo acoplamento de algumas das funções de mapeamento de Florestas de Tempos em cartas espectrais contempladas pelo sistema CARBON. Desta forma, o editor se constituirá num ambiente integrado capaz de oferecer suporte às diversas operações sobre Objetos Intervalares (construção, visualização da representação tridimensional, simulação do movimento intervalar, verificação do sinal correspondente, acoplamento geométrico monitorado e extração do Preceito relativo à forma resultante).

O ambiente operacional selecionado para a versão atual é a plataforma Windows, uma vez que o sistema necessita de suporte a interfaces gráficas para usuário (GUI). Além disso, o ambiente orientado a janelas possibilita a organização mais racional das diversas visões que se pretende oferecer, bem como permitir um grau de liberdade na criação das janelas pelo usuário. E um fator relevante na escolha deste ambiente está associado à característica de orientação a objetos da programação sobre o Windows, propício à implementação de problemas de alta complexidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCELA, A. As Árvores de Tempos e a Configuração Genética dos Intervalos Musicais. *Tese de Doutorado*, PUC, Rio de Janeiro, 1984.
- RAMALHO, G. L. Um Sistema de Geração de Teoremas Musicais baseado na Geometria das Árvores de Tempos. *Tese de Mestrado*, CIC-UnB, Brasília, 1992.
- FOLEY, J. D. *Fundamentals of interactive computer graphics*, New York, 1984.