

Utilização do Ambiente Astrha para Implementar um Dicionário de Acordes Baseado em Autômatos Finitos

Roges H. Grandi, Leandro L. Costalonga, Paulo F. B. Menezes, Rosa M. Viccari

Instituto de Informática – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Caixa Postal 15.064 – 91.501-970 – Porto Alegre – RS – Brazil

{roges, llcostalonga, blauth, rosa}@inf.ufrgs.br

Abstract. *This article proposes, essentially, to validate Astrha, an Internet multimedia interactive dynamic graphic environment based on hyper-animations and automata theory as media for implementing an guitar accords dictionary. The initial non deterministic representation of the dictionary is transformed to an equivalent deterministic form and multimedia outputs are associated to transitions. Having the dictionary model been adapted to Astrha theoretical model, the next step was translate it to Astrha/L XML language. Finally, the Astrha/L dictionary code was interpreted by an Astrha/E graphic environment implemented in Java language as an applet.*

Resumo. *Este artigo propõe-se, essencialmente, a validar o Astrha, um ambiente multimídia, gráfico, dinâmico, interativo, para Internet baseado em hiper-animações e na teoria dos autômatos, através de uma implementação de um dicionário de acordes. Descrito inicialmente através de um autômato finito não-determinístico, o dicionário é transformado em um autômato determinístico equivalente. Em seguida, saídas multimídia são associadas às transições. Tendo o modelo teórico do dicionário sido adaptado ao modelo teórico de Astrha, o passo seguinte foi traduzi-lo para Astrha/L, linguagem XML que, por fim, é interpretada pelo ambiente gráfico Astrha/E, implementado em linguagem Java através de uma applet.*

1. Introdução

O estudo apresentado neste artigo, interdisciplinar, envolve teoria dos autômatos, sistemas multimídia, computação gráfica e linguagens de programação no que se refere à ciência da computação. Na área da música, aborda-se a teoria musical empregada na formação de acordes: intervalos, escalas, harmonização e notação musical. Trata-se de um estudo de caso que valida o Astrha (acrônimo de *Automata Structured Hyper-Animation*) - um ambiente multimídia, gráfico, dinâmico, interativo, para Internet baseado em hiper-animações e na teoria dos autômatos, como tecnologia para se implementar um dicionário de acordes definido na forma de um autômato finito.

Os dicionários de acordes possuem representações populares e detalhadas de como os acordes são gerados e executados no instrumento em questão. Acordes são uma combinação de sons simultâneos ou sucessivos quando arpeados. Cifras são símbolos criados para representar acordes, sendo compostos de letras, números e sinais (Chediak 1984). Popularmente, os acordes podem ser notados por cifras, que indicam a nota fundamental, intervalos e inversão.

O cálculo de um acorde consiste, basicamente, em transformar uma cifra em um conjunto de notas. É uma aplicação comum encontrada em muitos softwares de edição de partitura e de performances musicais. Devido à generalidade de sua aplicação em sistemas legados, o cálculo de acorde foi escolhido para ser caso de uso deste trabalho.

As cifras ainda não estão mundialmente padronizadas (Chediak 1984). Entretanto, são largamente utilizadas nas notações musicais mais simples e populares. Visando um público crescente que demanda simplicidade, é usual haver uma separação dos diversos elementos musicais (West, Howel & Cross 1991). Em música popular, é comum a utilização de músicas cifradas (Sher 1991), que se concentram no componente harmônico da música, supondo o conhecimento da melodia e do ritmo por parte do músico.

Recursos multimídia, no entanto, podem ser usados para obter-se uma notação mais rica sem com isso perder muito em precisão (Roads 1996). Neste aspecto, os recursos multimídia do ambiente Astrha mostram-se especialmente úteis.

Para construção do autômato, uma gramática foi definida com os símbolos mais comuns encontrados nas notações de cifragem mais populares no Brasil, sendo que os símbolos escolhidos para compor linguagem não podem contradizer seu sentido em nenhuma situação em particular.

2. O Ambiente Astrha

Astrha é uma proposta de unificação de modelos formais baseados na teoria dos autômatos (Machado 2000, Accorsi 2002) que, através de seus recursos multimídia e gráficos, gera hiper-animações (Kappe 1991, p. 101) na Internet, imprimindo características de dinamismo e interatividade. O ambiente é composto de três partes:

Astrha/M (modelo teórico): define uma Máquina de Mealy (Menezes 2001). reflexiva e não-determinística especializada a fim de possibilitar a construção de estruturas de hiper-animações. **Astrha/L** (linguagem): definida a partir da metalinguagem *Extensible Markup Language* (XML), contém quatro dialetos: *style*, para definir estilos de apresentação em cascata; *hyper*, linguagem de programação hipermídia com ligações que referenciam múltiplos documentos; *mealy*, que define máquinas de Mealy reflexivas e não-determinísticas especializadas para criar hiper-animações interativas e *environment*, que utiliza os três outros dialetos para a construção de ambientes gráficos interativos. **Astrha/E** (ambiente): protótipo funcional da solução, utiliza programas escritos em Astrha/L como entrada de dados, foi descrito em *Unified Modeling Language* (UML) e traduzido para a linguagem Java, que utiliza applets para exposição dos ambientes criados.

3. O Autômato do Dicionário de Acordes

O autômato do dicionário de acordes foi formalizado, inicialmente, sendo não-determinístico e possuindo 69 estados, com a capacidade de validar várias notações, como por exemplo, a cifra C7(add11). Neste estudo de caso apresentaremos, porém, apenas sete estados desse autômato, uma vez que os mesmos são suficientes para validar a sua implementação no ambiente Astrha.

Dessa maneira, é representado pela 5-upla $N1 = (\Sigma, Q, \delta, q_0, F)$ onde:

- a) Σ é o alfabeto de símbolos de entrada, $\Sigma = \text{nota} \cup \text{alt} \cup \text{sus} \cup \text{var}$
 $\text{nota} = \{A, B, C, D, E, F, G\}$, $\text{alt} = \{\#, b\}$, $\text{var} = \{\circ, m, 5\}$, $\text{susN} = \{\text{sus2}, \text{sus4}, \text{sus9}, \text{sus11}\}$
- b) Q é conjunto de estados possíveis, $Q = \{S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7\}$
- c) δ é a função parcial de transição $\delta: Q \times \Sigma \rightarrow Q$
- d) q_0 é o estado inicial, $q_0 = S1$
- e) F é o conjunto de estados finais, $F = \{S2, S3, S4, S5, S6, S7\}$

Na Figura 1, observa-se o autômato inicial capaz de validar acordes maiores, menores, diminutos, força (duplicação da quinta justa) e suspensos. Os estados finais S2, S3, S4 e S5, no autômato original, levam a outros estados que validação cifra mais complexas.

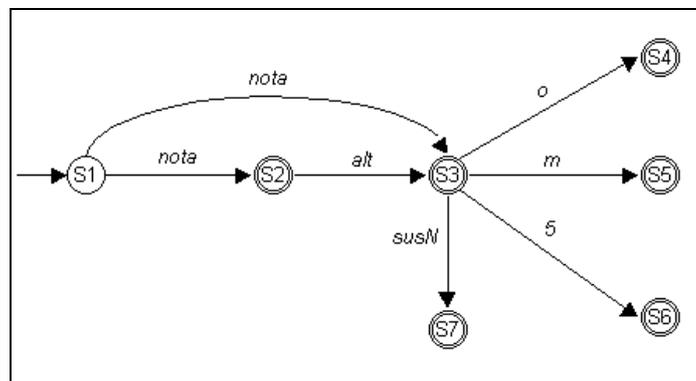


Figura 1. Autômato inicial do dicionário de acordes com sete estados

O primeiro passo no sentido de traduzir o autômato para o ambiente Astrha, como um reconhecedor de cifras, é transformá-lo de não-determinístico para determinístico, uma vez que, em Astrha, o não-determinismo possui a semântica de pseudo-aleatoriedade. Tal transformação é relativamente simples e direta, uma vez que a classe dos Autômatos Finitos Determinísticos (AFD) é equivalente à classe dos Autômatos Finitos Não-Determinísticos (AFN). Além disso, existe um algoritmo de baixa complexidade computacional que realiza a construção de um AFD a partir de um AFN (Menezes 2001, pp. 49-51). Podemos notar não determinismo no autômato N1 no estado S1, onde uma nota tem a capacidade de realizar uma transição para S2 ou S3. Aplicando o algoritmo citado por Menezes, o AFN desaparece a transição de S1 para S3, sendo acrescentadas transições diretas de S2 para S4, S5, S6 e S7, conforme mostra o autômato D1, representado pela Figura 2.

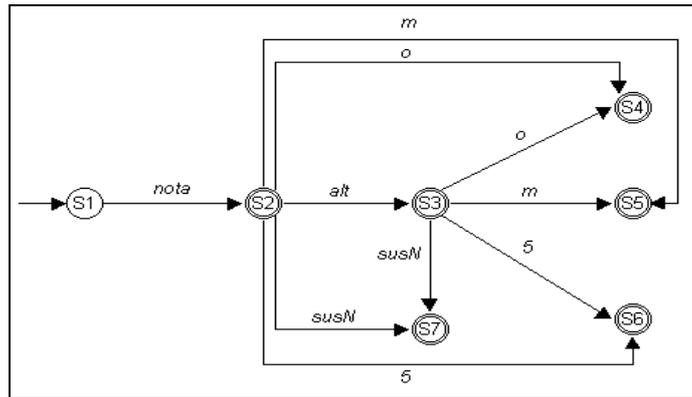


Figura 2. Autômato determinístico do dicionário de acordes com sete estados

4. Tradução do Dicionário para Astrha/L

O dialeto *Mealy*, da linguagem Astrha/L, é utilizado com a finalidade de se descrever, em XML, máquinas de Mealy com semântica multimídia, especializadas para representar hiper-animações. O poder das hiper-animações permite interações com o usuário, apresentação de animações, sons e textos, todos em uma única mídia, possuindo semântica suficiente para validar cifras, demonstrando seus respectivos acordes, executar arquivos de som para ouvi-los ou, até mesmo, apresentar uma seqüência de quadros animados que demonstram uma execução em um instrumento.

Uma vez obtido um AFD bem formalizado, e tendo a consciência da semântica desejada para cada transição do autômato, para se escrever um código no dialeto Mealy é simples. Cada símbolo de entrada válido é listado em uma marca (*tag*) *input* do alfabeto de símbolos de entrada (*input alphabet*). Os autômatos N1 e D1 possuem, ambos, 16 símbolos de entrada válidos. Símbolos de saída (*output symbols*) são listados em um conjunto de marcas de fontes de mídia (*source*). Um conjunto finito de zero ou mais símbolos de saída formam, em série, palavras de saída (*output words*). O conjunto de estados é listado em marcas *state*. Por fim, as transições são listadas em marcas *transition*, que associam um estado origem (*from*), um símbolo de entrada (*input*), um estado destino (*to*), e uma palavra de saída (*output*). Observa-se que Astrha/L especifica o estado inicial da Máquina de Mealy (neste estudo de caso, S1) no dialeto *Environment*, a fim de proporcionar uma maior flexibilidade para as aplicações genéricas a que se destina. Um trecho da tradução do autômato N1 no dialeto *Mealy* da linguagem Astrha/L é mostrado na Figura 3.

```
<!DOCTYPE mealy SYSTEM "../language/mealy.dtd">
<mealy name="Valida cifras">
<inputAlphabet>
  <input id="1" text="A"/>
  ...
  <input id="4" text="D"/>
  ...
</inputAlphabet>
<outputSymbols>
  <source id="1" model="cifras" type="hypermedia" file="A.xml"/>
  ...
  <source id="4" model="cifras" type="hypermedia" file="D.xml"/>
  ...
  <source id="23" model="cifras" type="graphic" file="D.gif" x=200/>
  ...
</outputSymbols>
```

```
<source id="56" model="cifras" type="sound" file="D.mid"/>
...
</outputSymbols>
<outputWords>
  <output id="1" sourceIds="1,21,54" meaning="A"/>
  ...
  <output id="4" sourceIds="4,23,56" meaning="D"/>
  ...
  <output id="7" sourceIds="7" meaning="G"/>
  ...
</outputWords>
<statesSet>
  <state id="1" name="inicial"/>
  ...
  <state id="7" name="susN"/>
</statesSet>
<transitionFunction>
  <transition id="1" from="1" input="1" to="2" output="1"/>
  ...
  <transition id="4" from="1" input="4" to="2" output="4"/>
  ...
</transitionFunction>
</mealy>
```

Figura 3. Trecho de código no dialeto Mealy de Astrha/L representado o autômato N1 com saídas associadas às transições.

5. Dicionário de Acordes implementado em Astrha/E

A última etapa para se expressar o autômato do dicionário de acordes no ambiente Astrha, é criar uma estrutura de diretórios em um servidor Internet (*Web server*), criando um ambiente específico para o dicionário, através de uma estrutura de diretórios cuja raiz é astrha. Nessa estrutura de dicionários, é colocada uma página HTML que irá chamar a applet de um ambiente Astrha (Astrha/E). Ao ser iniciada, a applet irá carregar o código escrito em Astrha/L que proporcionará a semântica do dicionário de acordes desejado.

Um exemplo bastante simples do ambiente Astrha/E reconhecendo uma cifra “D” como um acorde de ré maior é mostrado na Figura 4. O usuário fornece como entrada a cifra “D”, correspondente a um acorde de dó maior. O ambiente Astrha/E (uma applet) interpreta o código Astrha/L escrito conforme a Figura 3. Estando no estado inicial S1, recebendo como entrada o símbolo “D”, aciona a transição identificada pelo número 4 (`transition id="4"`) gerando a palavra de saída número 4 (`output id="4"`), formada pelos símbolos de saída números 4, 23 e 56, correspondendo, respectivamente, aos arquivos D.xml, D.gif e D.mid. Essas três mídias são disponibilizadas simultaneamente, uma vez que o ambiente Astrha/E possui mecanismos de sincronização de mídias através de um temporizador de carga de arquivos. Ao final da carga dessas três mídias, a applet dinamicamente gera o conteúdo mostrado na Figura 4 e executa o arquivo de áudio D.mid, expressando uma semântica bastante completa, reunindo texto, som e imagem. Posteriormente, o usuário poderá ouvir novamente o acorde clicando na hiperligação “[Ouvir acorde MIDI](#)”.

Cifra Db
Fundamental: D
Intervalos
Fundamental (1) Semitons: 0
Terça Maior (3) Semitons: 4
Quinta Justa (5) Semitons: 7

Acorde Ré Bemol
Fundamental: Ré
Baixo: Ré
Notas
Ré (5) MIDI: 62 Fundamental
Fá Sustenido (5) MIDI: 66 Terça Maior
Lá (5) MIDI: 69 Quinta Justa

Db F Cb Eb G Db G Cb F Ab Eb

[Ouvir acorde \(MIDI\)](#)

Reload	Stop	Pause	Run
Status	1 Valida cifra	D b	Input

Figura 4. Exemplo de execução do dicionário de acordes em um ambiente Astrha

6. Conclusões

Pudemos perceber, através da implementação realizada, que Astrha é propício para dar a semântica necessária a um dicionário de acordes. Sua manutenção é fácil, uma vez que nenhum ajuste em programa Java é necessário para se aumentar, diminuir ou corrigir o autômato, bastando, para essas atividades, simplesmente editar o código no dialeto Mealy da linguagem Astrha/L. Dessa maneira, um músico que conheça a linguagem XML e possua orientações sobre a estrutura da linguagem Astrha/L, poderá editar os arquivos XML, criando seu próprio dicionário de acordes, personalizado.

Outras vantagens do ambiente Astrha são a sua portabilidade, rodando em qualquer navegador Internet que possua Java *plug-in* versão 1.2 ou superior instalado. Além disso, o projeto de Astrha foi realizado com código aberto e gratuito, permitindo sua livre distribuição. Para conhecer mais sobre o projeto Astrha: <http://teia.inf.ufrgs.br>.

7. Bibliografia

- Menezes, Paulo B. “Linguagens Formais e Autômatos”. 4.ed. Porto Alegre: Sagra Luzzato, 2001.
- Accorsi, F. et. al. “Animação Bidimensional para World Wide Web Baseada em Autômatos Finitos.” Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre, 2002. 113pp.
- Machado, J. H. A. P.; Menezes, P. F. B. “Hyper-Automaton: Hipertextos e Cursos na Web Usando Autômatos Finitos com Saída”. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre, 2000. 149pp.
- Kappe, F. M. Aspects of a Modern Multi-Media Information System. PhD. Thesis – Institute for Foundations of Information Processing and Computer Supported New Media (IICM), Graz University of Technology. Graz, 1991. 155pp.
- Chediak, A. “Dicionário de Acordes Cifrados. Harmonia aplicada música popular.” Ed. Irmãos Vitale. São Paulo, 1984.
- Roads, C. “The Computer Music Tutorial.” Massachusetts: MIT Press, 1996.
- Sher, C. “The New Real Book”. Vols. 1 and 2. Berkeley: Sher Music, 1991.
- West, R., Howell, P.; Cross, I. “Musical Structure and Knowledge Representation.” In P. Howell, R. West, & I. Cross (Eds.), *Representing Musical Structure* (pp. 1-30). London: Academic Press, 1991