Máquinas de estados finitos de Mealy e Moore

Roberta C. de Brito[1], Diogo M. Martendal[2], Henrique Eduardo M. de Oliveira[3]

[1,] Ciências da Computação, Sexta Fase, 2003
[2,] Ciências da Computação, Sexta Fase, 2003
[3,] Ciências da Computação, Oitava Fase, 2003
Departamento de Informática e Estatística – INE
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil, 88040-970
Fone: (048) 231-9739 Fax: (048) 231-9770
roberta@inf.ufsc.br, dmm@inf.ufsc.br, bokao@inf.ufsc.br

Resumo:

Neste artigo serão abordadas as máquinas de estados finitos de Mealy e de Moore, suas definições, principais características, semelhanças, diferenças e aplicações.

Palavras-chave: Mealy, Moore, máquinas de estados finitos, autômatos finitos.

Abstract:

In this paper will be presented the Moore and Mealy finite state machines, their definitions, main characteristics, similarity, differences and its applications.

Keywords: Mealy, Moore, Finite state machines, Finite automata.

Introdução

As máquinas de estado finito são sistemas algébricos que podem ser divididos em duas categorias: as **tradutoras** ou *Autômatos Finitos com Saída* e as **reconhecedores** de linguagens, também conhecidas como *Autômatos Finitos*. As máquinas de estado finito tradutoras possuem uma única entrada e uma única saída. Já as reconhecedoras de linguagens são máquinas onde, para cada entrada, existem duas saídas possíveis, uma para as sentenças válidas e outra para as sentenças inválidas da linguagem em questão, que devem ambas ser geradas a partir de gramáticas regulares. Todas as máquinas de estado finito têm memória finita e baseada no conceito de "estados".

O conceito básico de Autômatos Finitos possui aplicações restritas, pois a informação de saída é limitada à lógica binária aceita/rejeita. Sem alterar a classe de linguagens reconhecidas, é possível estender a definição de Autômato Finito incluindo a geração de uma palavra de saída. As saídas podem ser associadas às transições (Máquina de Mealy) ou aos estados (Máquina de Moore). Em ambos os casos a saída não pode ser lida, ou seja, não pode ser usada como memória auxiliar, e suas características são:

- é definida sobre um alfabeto especial, denominado Alfabeto de Saída (pode ser igual ao alfabeto de entrada);

- a saída é armazenada em uma fita independente da fita de entrada;

- a cabeça da fita de saída move uma célula para direita a cada símbolo gravado;

- o resultado do processamento do Autômato Finito é o seu estado final (condição de aceita/rejeita) e a informação contida na fita de saída.

Os Autômatos Finitos reconhecedores de linguagens regulares são divididos em dois tipos: Autômato Finito Determinístico (A.F.D) e Autômato Finito Não Determinístico (A.F.N.D) onde as máquinas de Mealy e Moore abordadas neste trabalho são modificações sobre o Autômato Finito Determinístico e serão explicadas a seguir.

Máquinas de Moore e de Mealy

A Máquina de Moore possui uma função que gera uma palavra de saída (que pode ser vazia) para cada **estado** da máquina. Esta saída só depende do estado atual da máquina.

Já a Máquina de Mealy é um Autômato Finito modificado de forma a gerar uma palavra de saída para cada **transição** entre os estados. Neste tipo de máquina de estados estas palavras de saída dependem do estado atual e do valor das entradas.

Definições formais:

Uma *Máquina de Mealy* **M** é autômato finito determinístico com saídas associadas às transições e pode ser representada formalmente pela sêxtupla **M** = (Σ, **Q**, δ, **q0**, **F**, Δ), onde:

Σ é um alfabeto de símbolos de entrada.

Q é um conjunto de estados possíveis do autômato, o qual é finito.

δ é a função programa ou de transição δ: $Q x \Sigma \rightarrow Q x \Delta^*$

q0 é o estado inicial do autômato, tal que q0 é elemento de Q

F é um conjunto de estados finais tal que F está contido em Q.

Δ é um alfabeto de símbolos de saída.

O processamento de uma Máquina de Mealy para uma dada entrada w consiste na aplicação sucessiva da função programa para cada símbolo de w (da esquerda para a direita), até ocorrer uma condição de parada. Caso a saída da função programa seja uma palavra vazia, nenhuma gravação é realizada, ou seja, a cabeça da fita não se move. Porém se todas as transições de uma determinada máquina de Mealy gerarem saídas vazias, então esta se comporta como um Autômato Finito.

Já uma *Máquina de Moore* **M**, como dito anteriormente, é um Autômato Finito Determinístico com suas saídas associadas aos estados. É representada formalmente por uma septupla **M** = (Σ, **Q**, δ, **q0**, **F**, Δ, δ**S**), onde:

Σ é um alfabeto de símbolos de entrada.

Q é um conjunto de estados possíveis do autômato, o qual é finito.

δ é a função programa ou de transição δ: $Q \times \Sigma \rightarrow Q$

q0 é o estado inicial do autômato, tal que q0 é elemento de Q

F é um conjunto de estados finais tal que F está contido em Q.

Δ é um alfabeto de símbolos de saída.

δS é a função de saída δS: $Q \rightarrow \Delta^*$ a qual é uma função total.

O processamento de uma Máquina de Moore ocorre da mesma forma que na máquina de Mealy, assim como o tratamento de saídas vazias. Assim como a Máquina de Mealy, se todos os seus estados gerarem saída vazia, ela também se comporta como um Autômato Finito.

Exemplos

Máquina de Mealy

Uma aplicação comum e freqüentemente recomendada para os autômatos com saída é o projeto de diálogo entre um programa (de computador) e o seu usuário. Neste caso, o diálogo poderia se dar de duas maneiras: ser comandado pelo programa ou pelo usuário.

Máquina de Moore

Um exemplo comum de aplicação do conceito de Máquina de Moore é o desenvolvimento de Analisadores Léxicos de compiladores ou tradutores de linguagens em geral. Basicamente, um analisador léxico é um Autômato Finito (em geral, determinístico) que identifica os componentes básicos da linguagem como, por exemplo, números, identificadores, separadores, etc. Uma Máquina de Moore como um Analisador Léxico é como segue:

- um estado final é associado a cada unidade léxica;
- cada estado final possui uma saída (definida pela Função de Saída) que descreve ou codifica a unidade léxica identificada;
- para os demais estados (não-finais) a saída gerada é a palavra vazia.

Equivalência entre máquinas de Mealy e Moore

A equivalência dos dois modelos de Autômato Finito com Saída não é válida para a entrada vazia. Neste caso, enquanto a Máquina de Moore gera a palavra correspondente ao estado inicial, a Máquina de Mealy não gera qualquer saída, pois não executa transição alguma. Entretanto, para os demais casos, a equivalência pode ser facilmente mostrada. Assim, toda Máquina de Moore pode ser simulada por uma Máquina de Mealy, para entradas não vazias, e Toda Máquina de Mealy pode ser simulada por uma Máquina de Moore. No caso de saídas vazias, o que ocorre é que enquanto a Máquina de Moore gera a palavra correspondente ao estado inicial, a Máquina de Mealy não gera qualquer saída, pois não executa transição alguma, tornando assim as duas incompatíveis.

Conclusões

Foram apresentadas as máquinas de estados finitos de Mealy e de Moore e suas características. A equivalência dos dois modelos de Autômato Finito com Saída abordadas não é válida para a entrada vazia. Neste caso, enquanto a Máquina de Moore gera a palavra correspondente ao estado inicial, a Máquina de Mealy não gera qualquer saída, pois não executa transição alguma. Entretanto, para os demais casos, a equivalência pode ser facilmente mostrada.

Bibliografia

[1] FURTADO, Olinto J. Varela, ***Apostila de Linguagens Formais e Compiladores.*** Florianópolis: UFSC, 1992. 19p.

[2] PALAZZO, Luiz A M., ***Propriedades das Linguagens Regulares e Autômatos com Saída***. Pelotas: Universidade Católica de Pelotas - Escola de informática. Abril de 2002. 6p.

[3] ***Página do Laboratório de Fundamentos da Computação***, UFRGS. Disponível em: http://teia.inf.ufrgs.br/index.php. Acessado em 8/02/2003.

[4] VIEIRA, Newton J., ***Fundamentos Teóricos da Computação.*** Belo Horizonte: UFMG, 2002. 114p.