第3章 词法分析

Part I 正规文法与正规式

形式文法内容回顾

- 符号→符号串→句子→语言

- 语言表示的两个途经：

  生成方式

  识别方式

一些基本概念

- 文法—推导—句型—短语—语法树—句柄

文法与自动机的关系

0型文法（短语结构文法）：其能力相当于**图灵机**，可以表征任何递归可枚举集，而且任何0型语言都是递归可枚举的

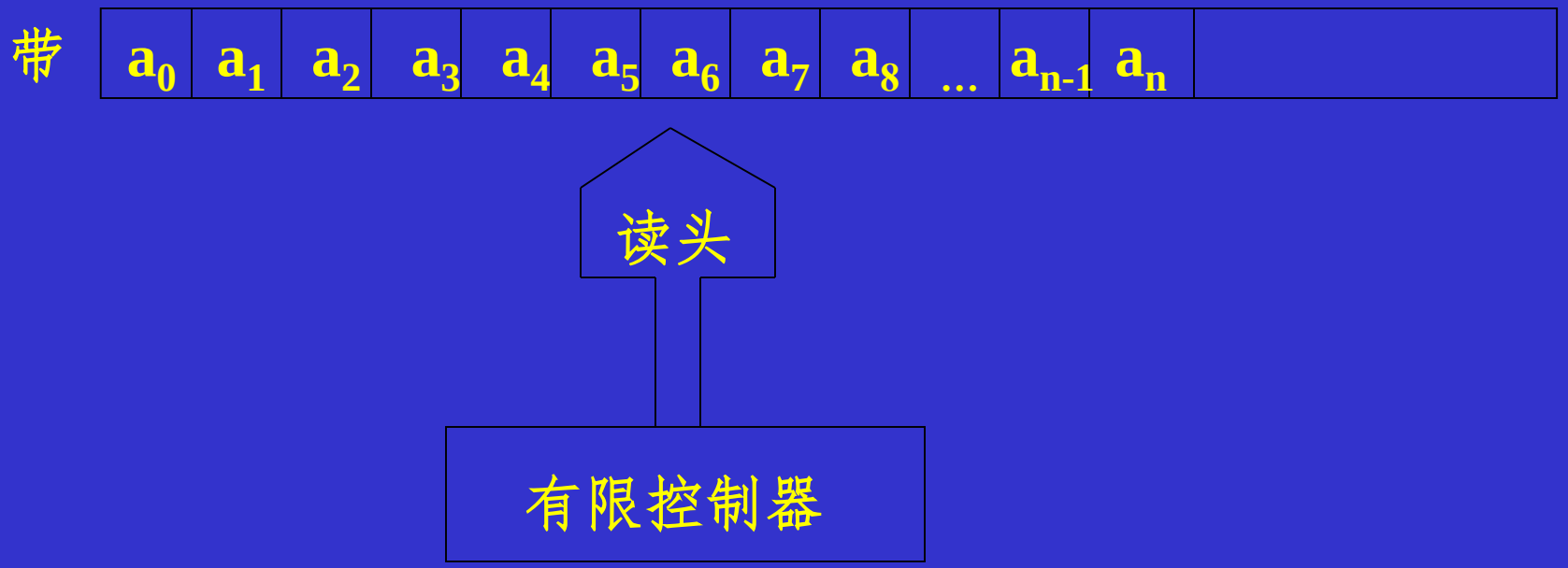
1型文法（上下文有关文法CSG）：产生式的形式为$\alpha_1 A \alpha_2 \rightarrow \alpha_1 \beta \alpha_2$，即只有A出现在$\alpha_1$和$\alpha_2$的上下文中时，才允许β取代A。其识别系统是**线性有界自动机**

2型文法（上下文无关文法CFG）：产生式的形式为A→β，β取代A时与A的上下文无关。其识别系统是不确定的**下推自动机**

3型文法（正规文法RG）：产生的语言是**有穷自动机**（FA）所接受的集合

任何能用图灵机描述的计算都能机械地实现，

任何能在现代计算机上实现的计算都能用图灵机描述



Part I 自动机

- 正规文法与正规式(Regular Expression)
- 有限自动机(Finite Automata)
  - DFA
  - NFA
  - NFA->DFA
  - ε-FA
  - FA化简
  - FA与RG, RE的等价性
- 下推自动机

正规文法与正规式

- 单词符号结构的描述方法：
  - **正规文法**（3型文法）
  - **正规式**（正则表达式）

正规式

正规式也称正则表达式

正规表达式(regular expression)是说明单词的模式(pattern)的一种重要的表示法(记号)，是定义正规集的数学工具

在编译中，用以描述单词符号

定义（正规式和它所表示的正规集）：

设字母表为Σ，辅助字母表Σ`={Φ，ε，|，•，*，(，)}。

1. ε和Φ都是Σ上的正规式，它们所表示的正规集分别为{ε}和{}；

2. 任何$a \in \Sigma$，a是Σ上的一个正规式，它所表示的正规集为{a}；
3. 假定e_1和e_2都是Σ上的正规式，它们所表示的正规集分别为$L(e_1)$和$L(e_2)$，那么，(e_1), $e_1 | e_2$, $e_1 \bullet e_2$, e_1^*也都是正规式,它们所表示的正规集分别为$L(e_1)$, $L(e_1) \cup L(e_2)$, $L(e_1)L(e_2)$和$(L(e_1))^*$。
4. 仅由有限次使用上述三步骤而定义的表达式才是Σ上的正规式，仅由这些正规式所表示的集合才是Σ上的正规集。

正规式中的符号

其中的“|”读为“或”（也有使用“+”代替“|”的）；

“•”读为“连接”；

“*”读为“闭包”（即，任意有限次的自重复连接）。

在不致混淆时，括号可省去，但规定算符的优先顺序为“*”、“•”、“|”。连接符“•”一般可省略不写。“*”、“•”和“|”都是左结合的。

例子

令Σ={a，b}， Σ上的正规式和相应的正规集的例子有：

正规式	正规集
a	{a}
a|b	{a,b}
ab	{ab}
(a|b)(a|b)	{aa,ab,ba,bb}
a^*	{ε ,a,a, ……任意个a的串}

正规式	正规集
$(a\|b)^*$	{ε,a,b,aa,ab ……所有由a和b组成的串}
$(a\|b)^*(aa\|bb)(a\|b)^*$	{Σ^*上所有含有两个相继的a或两个相继的b组成的串}

例

令Σ={l，d}，则Σ上的正规式 r=l(l｜d) *定义的正规集为:{l,ll,ld,ldd,……}, 其中l代表字母, d代表数字, 正规式即是 字母(字母|数字) *, 它表示的正规集中的每个元素的模式是“字母打头的字母数字串”, 就是Pascal和多数程序设计语言允许的的标识符的词法规则

例

Σ={d，●，e，+，-},

则Σ上的正规式dd*(●dd *｜ε)(e(+｜- ｜ε)dd* ｜ε)表示的是无符号数的集合。其中d为0~9的数字

程序设计语言的单词都能用正规式来定义

正规式等价

若两个正规式e_1和e_2所表示的正规集相同,则说e_1和e_2等价,写作$e_1=e_2$。

例如：　$e_1=(a|b)$，　$e_2=b|a$

又如：　$e_1=b(ab)^*$，　$e_2=(ba)^*b$

$e_1=(a|b)^*$，　$e_2=(a^*|b^*)^*$

正规式等价变换规则

设r,s,t为正规式，正规式服从的代数规律有：

1. r|s=s|r　　“或”服从交换律
2. r|(s|t)=(r|s)|t　　“或”的可结合律
3. (rs)t=r(st)　　“连接”的可结合律
4. r(s|t)=rs|rt
   (s|t)r=sr|tr　　分配律

5. $\varepsilon r = r,\ r\varepsilon = r$　　ε是“连接”的恒等元素

零一律

6. $r|r = r$

$r^* = \varepsilon | r | rr | \ldots$　　“或”的抽取律

正规文法和正规式

- 例：标识符的文法描述
  - **G =({ DIGIT, LETTER }, {idn}, P, idn)**
  - **idn → LETTER**
  - **idn → idn DIGIT**
  - **idn → idn LETTER**

- 正则式：**LETTER(LETTER|DIGIT)***

正规式到正规文法

对∑上的正规式r ,存在一个RG=(V_N,V_T,P,S)：

L(G)=L(r)

初始，$V_T=\Sigma$, $S \in V_N$, 生成正规产生式：$S \rightarrow r$

(R.1) 对形如 $A \rightarrow r_1 r_2$的正规产生式：$A \rightarrow r_1 B$

$B \rightarrow r_2 \quad B \in V_N$

(R 2)对形如$A \rightarrow r^* r_1$的正规产生式：$A \rightarrow rB$

$A \rightarrow r_1$

$B \rightarrow rB$

$B \rightarrow r_1 \quad B \in V_N$

(R 3)对形如$A \rightarrow r_1 \mid r_2$的正规产生式：$A \rightarrow r_1$

$A \rightarrow r_2$

不断应用R做变换，直到每个产生式右端至多有一个V_N

例　r=a(a|d)*

S→a(a|d)*

S→aA　　A→(a|d)*

A→(a|d)B

A→ε

B→(a|d)B

B→ε

G[S]:

S→aA

A→ε

A→aB

A→dB

B→aB

B→dB

B→ε

V_T={a,d}

V_N={S,A,B}

例：标识符定义的转换

- 引入 id

  $id \rightarrow let\ (let \mid dig)^*$

- 引入 rid 消除连接

  $rid \rightarrow (\ let \mid dig\ )^*$

  $\rightarrow \varepsilon \mid (let|dig)B$

  $B \rightarrow (let|dig)B$

  $B \rightarrow \varepsilon$

$id \rightarrow let\ rid$

$rid \rightarrow \varepsilon \mid let\ B \mid dig\ B$

$B \rightarrow let\ B \mid dig\ B$

$B \rightarrow \varepsilon$

正规文法到正规式

对$G=(V_N,V_T,P,S)$,存在一个$\Sigma=V_T$上的正规式r : $L(r)=L(G)$

$A\rightarrow xB,\quad B\rightarrow y \quad \approx \quad A=xy$

$A\rightarrow xA \mid y \quad \approx \quad A=x^*y$

$A\rightarrow x \mid y \quad \approx \quad A=x \mid y$

例子

G[s]:S→aA|a

A→aA | a | dA | d

A→(a | d)A | (a | d)

A→(a | d)*(a | d)

S=a(a | d)*(a | d) | a

=a((a | d)*(a | d) | ε)

=a((a | d)+ | ε)

R=a(a | d)*

请指出下列哪些字符串包含在正规式ab*c*(a|b)c所对应的正规集合中：

acac　acbbc　abbcac　abc　acc

作业

- 通读3.1
- 8