语法分析

1 语法分析的任务

语法分析的主要任务是在词法分析结果的基础上，进一步得到解析树（parsing tree）。例如，下面两个算术表达式：

```
1 + x * y
```

```
(1 + x) * y
```

它们经过词法分析结果如下：

```
TOK_NAT(1) TOK_PLUS TOK_IDENT(x) TOK_MUL TOK_IDENT(y)
```

```
TOK_LEFT_PAREN TOK_NAT(1) TOK_PLUS TOK_IDENT(x)
TOK_RIGHT_PAREN TOK_MUL TOK_IDENT(y)
```

```
      *
     / \
   ( )   y
    |
    +
   / \
  1   x
```

```
      *                    *
     / \                  / \
   ( )   y              +   y
    |                  / \
    +                1   x
   / \
  1   x
```

其中，`(1 + x) * y`这个式子我们给出了两个树结构，一个是直接反应字符串内容的树结构，另一个是省去了括号这一冗余结构之后的结果，这个我们之前介绍过了，我们称其为抽象语法树。

2 上下文无关语法与解析树

本课程中将主要介绍基于上下文无关语法（Context-free grammar）的移入规约分析算法（shift-reduce parsing）。上下文无关语法从形式化与抽象语法树的语法规定是类似的，但是它也要处理括号等抽象语法树不关注的源代码信息。一套上下文无关语法包含若干条产生式（production），例如：

顺序执行　　表达式　　表达式列表

```
S -> S ; S          E -> ID          L -> E
S -> ID := E        E -> NAT         L -> L , E
S -> PRINT ( L )    E -> E + E
                    E -> ( E )
```

打印输出

```
S -> S; S
  -> ID := E; S
  -> ID := E + E; S
  -> ID := ID + E; S
  -> ID := ID + NAT; S
  -> ID := ID + NAT; PRINT(L)
  -> ID := ID + NAT; PRINT(L, E)
  -> ID := ID + NAT; PRINT(E, E)
  -> ID := ID + NAT; PRINT(ID, E)
  -> ID := ID + NAT; PRINT(ID, ID)
```

在上面例子中，`S`表示语句，`E`表示表达式，`L`表示表达式列表。在这个语言中，`PRINT`指令可以带多个参数，表达式中只允许出现加法运算，多条语句只允许顺序执行，没有条件分支与循环。

上下文无关语法（定义）

- 一个初始符号，例如上面例子中的：`S`；
- 一个终结符（terminal symbols）集合，例如上面例子中的：`ID NAT , ; ( ) + :=`；
- 一个非终结符（nonterminal symbols）集合，例如上面例子中的：`S E L`，当词法分析器和语法分析器结合使用的时候，这个非终结符集合一般就是词法分析中的标记集合；
- 一系列产生式，每个产生式的左边是一个非终结符，每个产生式的右边是一列（可以为空）终结符或非终结符。

解析树

- 根节点为上下文无关语法的初始符号；
- 每个叶子节点是一个终结符，每个内部节点是一个非终结符；
- 每一个父节点和他的子节点构成一条上下文无关语法中的产生式；

对于所有标志串，至多只有一种解析树可以生成。

3　歧义与歧义的消除

ID + ID * ID，我们想要默认先做乘法；但是可能有两种解析树。

可能有歧义：

可能有不止一种解析树

```
E -> ID      E -> E + E      E -> E * E      E -> ( E )
```

下面语法能够消除上面标记串语法分析中的歧义。

```
E -> F       E -> E + E      F -> F * F
F -> ( E )   F -> ID
```

如果考虑 ID + ID + ID, 还是有歧义

E – F, E – E + F, F – F*G, F – G, G – (E), G– ID

```
          E
        / | \                          E
       E  +  E                         -> E + E
       |     |                         -> E + F
       F     F                         -> E + F * F
       |   / | \                       -> E + F * ID
      ID   F  *  F                      -> E + ID * ID
           |     |                      -> F + ID * ID
          ID    ID                      -> ID + ID * ID
```

.

4 派生与规约

- 一个派生中，如果每次都展开最左侧的非终结符，那么这个派生就称为一个最左派生（left-most derivation）；
- 一个派生中，如果每次都展开最右侧的非终结符，那么这个派生就称为一个最右派生（right-most derivation）；
- 同一棵解析树能够唯一确定一种最左派生，同一棵解析树能够唯一确定一种最右派生；
- 如果一串标记串没有歧义，那么只有唯一的最左派生可以生成这一标记串，也只有唯一的最右派生可以生成这一标记串；
- 规约是派生反向过程：

E = ID + (ID + ID) * ID

reduction规约

```
   ID + ID + ID
-> G + ID + ID
-> F + ID + ID
-> E + ID + ID
-> E + G + ID
-> E + F + ID
-> E + ID
-> E + G
-> E + F
-> E
```

派生的顺序不唯一。

左规约对应右派生

```
E -> E + F
  -> E + G
  -> E + ID
  -> E + F + ID
  -> E + G + ID
  -> E + ID + ID
  -> F + ID + ID
  -> G + ID + ID
  -> ID + ID + ID
```

```
E = E + F
E = G + F
E = ID + F
E = ID + F * G
E = ID + G * G
E = ID + (E) * G
E = ID + (E + F) * G
E = ID + (F + F) * G
E = ID + (G + F) * G
.......
```

请大家注意，上图中的派生是最右派生，但是他对应的规约却是每次尽可能地进行左侧规约。这是因为派生与规约的方向是相反的。

5 移入规约分析

下面将要介绍的移入规约分析，是一个计算生成最左规约（或者说最右派生）的过程。移入规约分析的主要思想是：从左向右扫描标记串，从左向右进行规约。

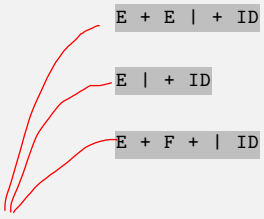
- 共有两类操作：移入、规约；
- 扫描线的右侧全部都是终结符；
- 规约操作都发生在扫描线的左侧紧贴扫描线的区域内。
- 例子

```
   | ID + ID + ID
-> ID | + ID + ID
-> G | + ID + ID
-> F | + ID + ID
-> E | + ID + ID
-> E + | ID + ID
-> E + ID | + ID
-> E + G | + ID
-> E + F | + ID
-> E | + ID
-> E + | ID
-> E + ID |
-> E + G |
-> E + F |
-> E |
```

这里进行规约

- 移入与规约的选择
  - 既能移入，又能规约的情形
  - 有多种规约方案的情形

```
   | ID + ID + ID
-> ID | + ID + ID
-> G | + ID + ID
-> F | + ID + ID
-> E | + ID + ID
-> E + | ID + ID
-> E + ID | + ID
-> E + G | + ID
-> E + F | + ID
```



三种选择

线性时间算法不允许都扫描一遍！

E + E |
E + F + | 无法完成规约！

扫描线右侧一定是Terminal Symbol（ID，可以得到额外信息）
左侧成分复杂一些。