PA1-B 实验报告

计 61 潘庆霖 2016011388

1、简要描述

（1）实现错误恢复

- 实现了实验要求中给出的思路，代码如下

```
private SemValue parse(int symbol, Set<Integer> follow) {
        Set<Integer> begin = beginSet(symbol);
        Set<Integer> end = followSet(symbol);
        Set<Integer> allFollow = new HashSet<>(follow);
        allFollow.addAll(end);

        if (!begin.contains(lookahead)) {
            error();
            while (!begin.contains(lookahead) &&!allFollow.contains(lookahead))
                  lookahead = lex();
              if (!begin.contains(lookahead) && allFollow.contains(lookahead))
                  return null;
          }

          Pair<Integer, List<Integer>> result = query(symbol,lookahead);
          int actionId = result.getKey();

          List<Integer> right = result.getValue();
          int length = right.size();
          SemValue[] params = new SemValue[length + 1];

          boolean isError = false;

          for (int i = 0; i < length; i++) {
              int term = right.get(i);
              params[i + 1] = isNonTerminal(term)
```

```
                    ? parse(term, allFollow)
                    : matchToken(term)
                    ;
            if (params[i + 1] == null)
                isError = true;
        }

        if (isError)
            return null;

        params[0] = new SemValue();
        act(actionId, params);
        return params[0];
    }
```

（2）添加新增语法特性

根据所需要的关键词和操作符，Parse.spec 中新增的终结符如下

```
%tokens
':'
SCOPY GUARD SEALED MOMO IN PLUSPLUS
VAR FOREACH DEFAULT LeftBra RightBra
```

其中，LeftBra、RightBra 分别代表'[|'、'|]'。

- 对象浅复制语句：
  - 语句格式：scopy(id, E)
  - 对应语法：

```
Stmt  :   VariableDef
      |   SimpleStmt ';'
      |   IfStmt
      |   WhileStmt
      |   ForStmt
      |   ReturnStmt ';'
```

```
      |   PrintStmt ';'
      |   BreakStmt ';'
      |   StmtBlock
      |   OCStmt ';'
      |  ForeachStmt
      ;
OCStmt  :  SCOPY '(' IDENTIFIER ',' Expr ')' ;
```

- sealed 关键词修饰，使类无法被继承
  - 语句格式：sealed class identifier < extends identifier > { field* }
  - 对应语法：

```
ClassDef  :  CLASS IDENTIFIER ExtendsClause '{' FieldList '}'
          |  SEALED CLASS IDENTIFIER ExtendsClause '{' FieldList'}'
          ;
```

- 串行条件卫士语句：
  - 语句格式：if {E1:S1 ||| E2:S2 ||| ...}
  - 对应语法：

```
Stmt : IfStmt | ... ;
IfStmt : IF IfHelper ;
IfHelper : Expr '(' Stmt ')' ElseClause | '{' IfBranchList '}' ;
IfBranchList : IfSubStmt IfBranches | /*empty*/ ;
IfBranches : GUARD IfSubStmt IfBranches | /*empty*/ ;
IfSubStmt : Expr : Stmt ;
```

  - 实现过程
    - 思路分析:

      对于这一特性的添加，一开始没有考虑到已经存在的 IfStmt 终结符，直接添加了 PA1-A 的对应部分，产生了错误，后来通过观察发现，关键词 IF 不能作为产生式右侧的开头，所以想到了

建立一个 IfHelper，用来综合原有的 if 语句与新添加的条件卫士特性。

- 支持简单的自动类型推导
  - 语句格式： var x = y;
  - 对应语法：
    - Stmt ::= SimpleStmt
    - SimpleStmt ::= var identifier = Expr | ...
- 数组常量表达式
  - 语句格式： 形如 [c1, c2, c3, ...]
  - 对应文法：

```
Constant : ArrayConstant | ... ;
ArrayConstant : '[' Constants ']' ;
Constants : Constant ArrConstList | /* empty */ ;
ArrConstList : ',' Constant ArrConstList | /* empty */ ;
```

- 数组常量化表达式、数组拼接表达式的实现
  - 对应的语句：
    - 常量化表达式： E %% n
    - 拼接表达式： E ++ E
  - 对应文法：
    - 常量化表达式：

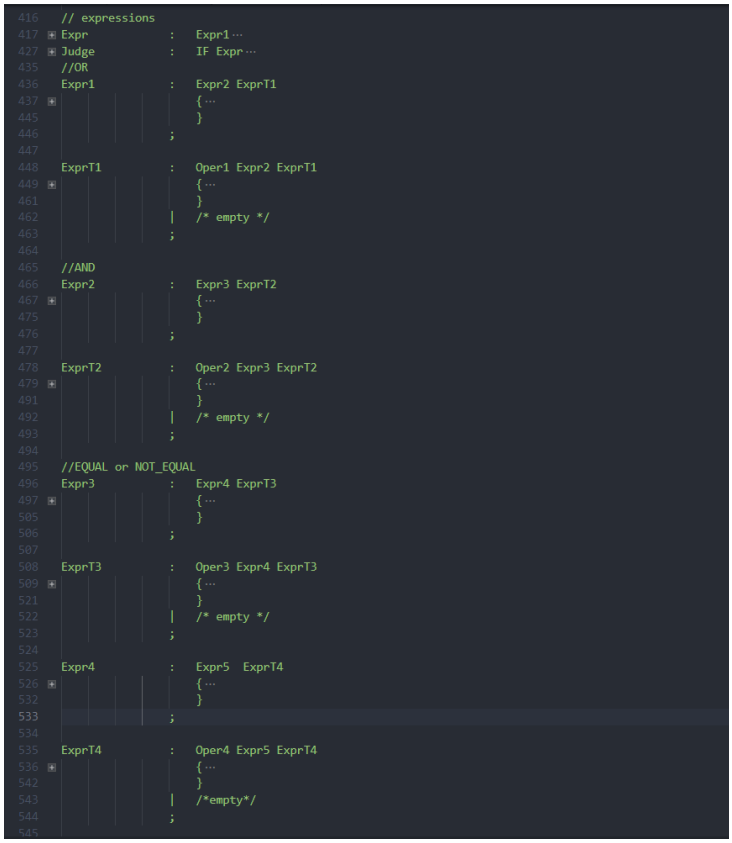
```
Expr4 : Expr5 ExprT4 ;
ExprT4 : PLUSPLUS Expr5 ExprT4 | /* empty */ ;
```

- 拼接表达式：

```
Expr5 : Expr6 ExprT5 ;
ExprT5 : MOMO Expr6 ExprT5 | /* empty */ ;
```

– 实现过程：

- 实现时将这两个操作符同时考虑，注意到的点有关于操作符优先级的差异以及结合特性的分析。
- 观察发现，本次实验与上次不同的一点在于，LL（1）文法的手动实现中，操作符优先级的前后关系体现在不同的 Expr 层次上，如下图



```
// expressions
Expr            :   Expr1…
Judge           :   IF Expr…
//OR
Expr1           :   Expr2 ExprT1
                    {…
                    }
                ;

ExprT1          :   Oper1 Expr2 ExprT1
                    {…
                    }
                |   /* empty */
                ;

//AND
Expr2           :   Expr3 ExprT2
                    {…
                    }
                ;

ExprT2          :   Oper2 Expr3 ExprT2
                    {…
                    }
                |   /* empty */
                ;

//EQUAL or NOT_EQUAL
Expr3           :   Expr4 ExprT3
                    {…
                    }
                ;

ExprT3          :   Oper3 Expr4 ExprT3
                    {…
                    }
                |   /* empty */
                ;

Expr4           :   Expr5  ExprT4
                    {…
                    }
                ;

ExprT4          :   Oper4 Expr5 ExprT4
                    {…
                    }
                |   /*empty*/
                ;
```

如上图中结构层次所示，不同优先级的操作符被有序地安插在多层的 Expr 代码结构中

通过查看 spec*new*features 中的优先级定义，我在原先定义的 Oper1-Oper7 中加入了%% ++ 两个操作符，添加的位置为原来的 Oper3 与 Oper4 之间且%%优先级高于++，重新命名得到 Oper1-Oper9。之后仿照原有的文法风格，将原有的 Expr1-Expr9、ExprT1-ExprT11，拓展为 Expr1-Expr11、ExprT1-ExprT11。

然后是关于左结合与右结合的区分与实现。对于右结合的++，正好可以从右到左依次构造语法节点，较为自然地实现了右结合的特点。而对于左结合的%%，我才用的方法是，从对应文法部分的递归过程中，由下至上返回一个有序列表，直到到达顶层，再对该列表从左到右构建语法节点，达到左结合的效果。

- 取子数组表达式、数组下标动态访问表达式
  - 语句格式：
    - 取子数组表达式：E [E1 : E2]
    - 数组下标动态访问表达式：E [E1] default E`
  - 对应语法：
    - 同时考虑这两个特性的主要原因是，如果分开实现，会影响到带 [的原有产生式，导致 LL(1)文法特性被破坏，因此应该修改原有文法，使原有文法兼容这两个新的特性，
      - 旧的文法如下:

```
Expr10 : Expr11 ExprT10 ;
ExprT10 : '[' Expr ']' ExprT10 | '.' IDENTIFIER
AfterIdentExpr ExprT10 | ;
```

      - 修改文法为：

```
Expr10 : Expr11 ExprT10 ;
ExprT10 : '[' Expr ']' ExprT10
        | '.' IDENTIFIER AfterIdentExpr ExprT10
        | DEFAULT Expr11
        |
        ;
```

- Python 风格的 comprehension 表达式、foreach 数组迭代语句：
  - 语句格式：
    - comprehension 表达式：[| E' for x in E < if B > |]
    - foreach 数组迭代： foreach (var x in E while B) 或者

      foreach (Type x in E while B)
  - 对应文法：
    - comprehension 表达式：

```
Expr : Expr1|LeftBra Expr FOR IDENTIFIER IN Expr Judge
RightBra ;
Judge : IF Expe ;
```

    - foreach 数组迭代：

```
Stmt : ForeachStmt ;
ForeachStmt : FOREACH '(' BoundVariable IN Expr WhileJudge
')' Stmt ;
BoundVariable : VAR IDENTIFIER | Type IDENTIFIER ;
```

2、 if 语句的 else 分支冲突分析

问题描述

假定有两个产生式 A——>α 和 A——>β 以这种方式产生冲突，则具体表现为：PS（A——>α)与 PS(A——>β)有交集，设这一交集为 D。那么，当某一时刻，当前栈

顶的非终结符为 A，向前查看一个非终结符得到的结果为 lookahead，当 lookahead 包含在 D 中时，将无法确定该使用哪一个产生式，因为两个产生式都是可能的。

本工具的解决方法

通过定义优先级来区分产生式。在这次实验的代码中，如上文分析 Expr 的过程可见，我们通过定义的先后顺序来确定不同产生式之间的优先级，产生式低的优先级只有当产生式高的优先级无法匹配的时候，才会被匹配，因此，就上面的例子来说，可以通过定义优先级使得：PS(A——>α) = PS（A——>β）-D。这样就可以使两个预测集合之间没有交集，预测表的表项唯一。

实例检验

构造下列实例

```
class Main{
    void test(){
        if(true)
        if(false)
            x = 0;
        else
            x = 1;
    }
}
```

得到的分析结果

```
program
    class Main <empty>
        func test voidtype
            formals
            stmtblock
                if
```

```
boolconst true
if
    boolconst false
    assign
        varref x
        intconst 0
else
    assign
        varref x
        intconst 1
```

3、comprehension 表达式的有关思考

因为在当前的文法中，Expr 可以推导得到数组常量 ArrayConstant,而数组常量的第一个非终结符即为'['，这就导致了如果想要实现这一文法：

Expr ::= [Expr FOR identifier IN Expr < if B >]

就必须处理产生式 Expr --> Expr1 ; 与 Expr --> '[' Expr FOR identifier IN Expr < if B > ']' 的冲突。这一冲突主要原因在于 Expr 最终可能推导出数组常量，所以会变成处理 Constant 和 Expr 的右侧表达式左公因子的问题，修改的复杂度较高。

4、语法错误的误报例子

例子

```
class TestClass {
    void err(){
        if(;)
        x = 0;
    }
}
```

运行结果

```
*** Error at (3,12): syntax error
*** Error at (3,13): syntax error
```

结果分析：

对于这个例子，多报了（3，13）的错误，主要是因为：

在匹配 IF '('后面的表达式的时候，拿到的 lookahead 是';',并不包含在非终结符 Expr 的 Begin 集合,却包含在 Expr 的 End 集合中，因此报（3，12）的错误之后，parse（Expr，follow）返回 null；

接下去尝试匹配的是')',终结符')'匹配';'失败又会报错一次。再然后等到开始匹配 ElseClause 的时候，才略去了';'、')'、'x'、'='、'0'、';'。