Bài 9.
Phương pháp đệ quy trên xuống

Đặc điểm của phương pháp

- Sử dụng để phân tích cú pháp cho các văn phạm LL(1)
- Có thể mở rộng cho văn phạm LL(k), nhưng việc tính toán phức tạp
- Sử dụng để phân tích văn phạm khác có thể dẫn đến lặp vô hạn

Bộ phân tích cú pháp

- Bao gồm một tập thủ tục, mỗi thủ tục ứng với một ký hiệu không kết thúc (một sơ đồ cú pháp)
- Các thủ tục đệ quy : khi triển khai một ký hiệu không kết thúc có thể gặp các ký hiệu không kết thúc khác, dẫn đến các thủ tục gọi lẫn nhau, và có thể gọi trực tiếp hoặc gián tiếp đến chính nó.

Mô tả chức năng

- Giả sử mỗi thủ tục hướng tới một đích ứng với một ký hiệu không kết thúc hoặc một sơ đồ cú pháp
- Tại mỗi thời điểm luôn có một đích được triển khai, kiểm tra cú pháp hết một đoạn nào đó trong văn bản nguồn

Thủ tục triển khai một đích

- Đối chiếu văn bản nguồn với một vế phải hoặc một đường trên sơ đồ cú pháp
- Đọc từ tố tiếp
- Đối chiếu với ký hiệu tiếp theo trên vế phải hoặc nút tiếp theo trên sơ đồ
  - Nếu là ký hiệu kết thúc (nút tròn) thì từ tố vừa đọc phải phù hợp với từ tố trong nút
  - Nếu là ký hiệu không kết thúc hoặc nút chữ nhật nhãn A, từ tố vừa đọc phải thuộc FIRST (A) $\Rightarrow$ tiếp tục triển khai đích A
- Ngược lại, thông báo một lỗi cú pháp tại điểm đang xét

Từ mỗi tập luật cùng vế trái hoặc mỗi sơ đồ chuyển thành thủ tục

- Mỗi ký hiệu không kết thúc hoặc một sơ đồ ứng với một thủ tục
- Các nút xuất hiện tuần tự chuyển thành các câu lệnh kế tiếp nhau.
- Các điểm rẽ nhánh chuyển thành câu lệnh lựa chọn (if, case)
- Chu trình chuyển thành câu lệnh lặp (while, do while, repeat. . .)
- Ký hiệu kết thúc (nút tròn) chuyển thành đoạn đối chiếu từ tố
- Ký hiệu không kết thúc (nút chữ nhật) chuyển thành lời gọi tới thủ tục ứng với nút đó.

Chú ý

- Bộ phân tích cú pháp luôn đọc trước một từ tố
- Xem trước một từ tố cho phép chọn đúng đường đi khi gặp nhiều lựa chọn cho một vế trái hoặc điểm rẽ nhánh trên sơ đồ cú pháp
- Khi thoát khỏi thủ tục triển khai một đích, có một từ tố đã được đọc dôi ra

Bộ phân tích cú pháp KPL

- `void error(ErrorCode err, int lineNo, int colNo)`
- `void eat(TokenType tokenType)//` (kiểm tra từ tố hiện hành có thuộc loại được chỉ ra không?)
- Một số hàm phân tích cú pháp quan trọng ứng với các ký hiệu không kết thúc (hoặc sơ đồ cú pháp)

  - `void compileFactor(void);//phân tích nhân tử`
  - `void compileTerm(void);//phân tích số hạng`
  - `void compileExpression(void); // phân tích biểu thức`
  - `void CompileCondition(void); // phân tích điều kiện`
  - `void CompileStatement(void); // phân tích câu lệnh`
  - `void compileBlock(void); // phân tích các khối câu lệnh`
  - `void compileBasictype(void); // các kiểu biến cơ bản`
  - `void compileProgram();`

Hàm eat

So sánh k/h đỉnh stack và k/h đang xét (xem trước)

```
void eat(TokenType tokenType) {
  if (lookAhead->tokenType == tokenType) {
    printToken(lookAhead);
    scan();
  } else missingToken(tokenType, lookAhead->lineNo,
 lookAhead->colNo);
}
```

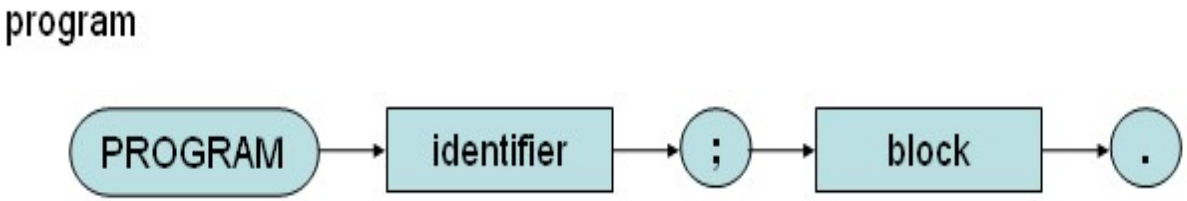
Ví dụ đơn giản: Phân tích program

- Luật cho ký hiệu đầu <Progr>

  <Prog> ::= KW_PROGRAM Ident SB_SEMICOLON Block SB_PERIOD

- Theo giải thuật phân tích đệ quy trên xuống, hàm phân tích cho <Progr> như sau:

```
void compileProgram(void)
{  eat(KW_PROGRAM);
   eat(TK_IDENT);
   eat(SB_SEMICOLON);
   compileBlock();
   eat(SB_PERIOD);
}
```



- Đối chiếu với phương pháp phân tích cho sơ đồ cú pháp, hàm **compileProgram** cũng không thay đổi.
- Hàm này được gọi khi bộ phân tích cú pháp được khởi tạo.

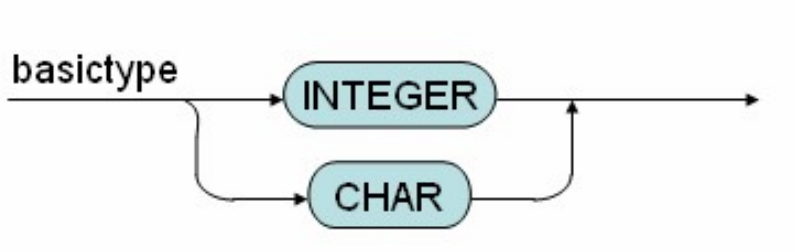
Rẽ nhánh đơn giản nhất : Phân tích basic type

- Khi một vế trái có nhiều hơn 1 vế phải, các vế phải trước hết phải thỏa điều kiện LL(1) , đảm bảo sinh ra các tập FIRST không giao nhau
- Ta cần xem trước một ký hiệu (từ tố) ở xâu vào để biết cần đi theo nhánh nào. Với <BasicType>, có 2 luật (Sơ đồ cú pháp tương tự)

```
35. <BasicType> ::= KW_INTEGER
36. <BasicType> ::= KW_CHAR
```

- Chỉ chấp nhận **KW_INTEGER, KW_CHAR** là điểm bắt đầu các nhánh, ngoài ra báo lỗi

```
void compileBasicType(void) {
  switch (lookAhead->tokenType) {
  case KW_INTEGER:
    eat(KW_INTEGER);
    break;
  case KW_CHAR:
    eat(KW_CHAR);
    break;
  default:
    error(ERR_INVALIDBASICTYPE, lookAhead->lineNo, lookAhead->colNo);
    break;  }}
```



Khi một nhánh có vế phải ε

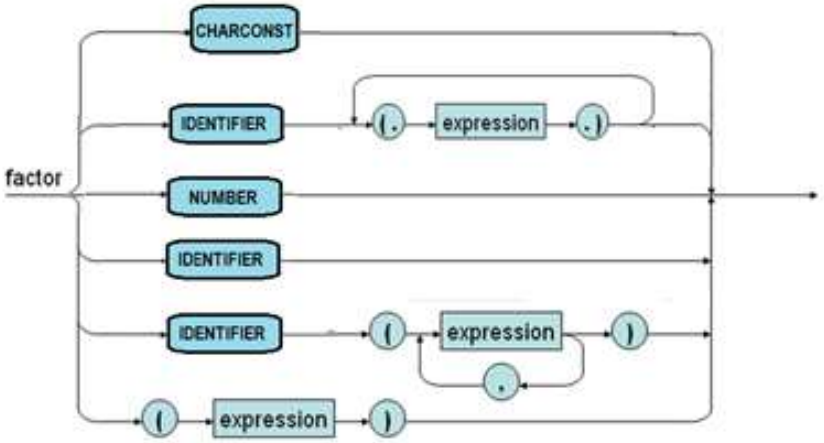
```
/* Bảng phân tích cho Statement*/
   Các tập First/Follow              Sản xuất
-------------------------------------------------
TK_IDENT                        49) <Statement> ::= <AssignSt>
KW_CALL                         50) <Statement> ::= <CallSt>
KW_BEGIN                        51) <Statement> ::= <GroupSt>
KW_IF                           52) <Statement> ::= <IfSt>
KW_WHILE                        53) <Statement> ::= <Whilst>
KW_FOR                          54) <Statement> ::= <ForSt>
-------------------------------------------------
SB_SEMICOLON                    55) <Statement> ::= ε
KW_END                          55) <Statement> ::= ε
KW_ELSE                         55) <Statement> ::= ε
-------------------------------------------------
Khác              Error
```

Hàm compileStatement (dùng luật BNF)

```
void compileStatement(void) {
  switch (lookAhead->tokenType) {
  case TK_IDENT:
    compileAssignSt();
    break;
  case KW_CALL:
    compileCallSt();
    break;
  case KW_BEGIN:
    compileGroupSt();
    break;
  case KW_IF:
    compileIfSt();
    break;
  case KW_WHILE:
    compileWhileSt();
    break;
  case KW_FOR:
    compileForSt();
    break;
  // EmptySt needs to check FOLLOW tokens
  case SB_SEMICOLON:
   case KW_END:
   case KW_ELSE:
     break;
     // Error occurs
  default:
     error(ERR_INVALIDSTATEMENT, lookAhead->lineNo, lookAhead->colNo);
     break;
  }
}
```

Phân tích factor

```
void compileFactor(void) {
  switch (lookAhead->tokenType) {
  case TK_NUMBER:
    eat(TK_NUMBER);
    break;
  case TK_CHAR:
    eat(TK_CHAR);
    break;
  case TK_IDENT:
    eat(TK_IDENT);
    switch (lookAhead->tokenType) {
    case SB_LSEL:
      compileIndexes();
      break;
    case SB_LPAR:
      compileArguments();
      break;
    default: break;
    }
    break;
```




```
case SB_LPAR:
    eat(SB_LPAR);
    compileExpression();
    eat(SB_RPAR);
    break;
  default:
    error(ERR_INVALIDFACTOR,
lookAhead->lineNo, lookAhead->colNo);
  }
}
```

Luật cú pháp cho <Term> và <Term2>

```
82) <Term> ::= <Factor> <Term2>

83) <Term2> ::= SB_TIMES <Factor> <Term2>
84) <Term2> ::= SB_SLASH <Factor> <Term2>
85) <Term2> ::= ε
```

- Các luật 82 đến 85 thực chất để sinh ra dãy các <Factor> liên kết nhau bằng các dấu * và /. Dãy không rỗng và ký hiệu <Term2> là để lặp lại các đoạn *<Factor> hoặc /<Factor>

Phân tích Term dùng luật, tính follow set ở Term2

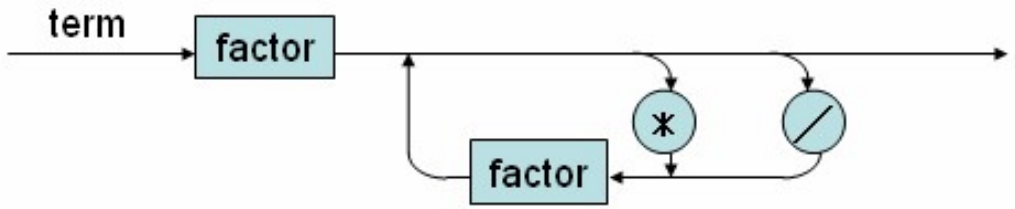
```
void compileTerm(void)
{ compileFactor();
  compileTerm2();}
void compileTerm2(void)
{switch (lookAhead->tokenType)
{case SB_TIMES:
    eat(SB_TIMES);
    compileFactor();
    compileTerm2();
    break;
 case SB_SLASH:
    eat(SB_SLASH);
    compileFactor();
    compileTerm2();
    break;
```

```
// check the FOLLOW set
 case SB_PLUS:  case SB_MINUS:
 case KW_TO:   case KW_DO:
 case SB_RPAR:
 case SB_COMMA:
 case SB_EQ:
 case SB_NEQ:
 case SB_LE:
 case SB_LT:
 case SB_GE:
 case SB_GT:
 case SB_RSEL:
 case SB_SEMICOLON:
 case KW_END:
 case KW_ELSE:
 case KW_THEN:
   break;
 default:
   error(ERR_INVALIDTERM,
lookAhead->lineNo, lookAhead-
>colNo);
 }
```

Phân tích term

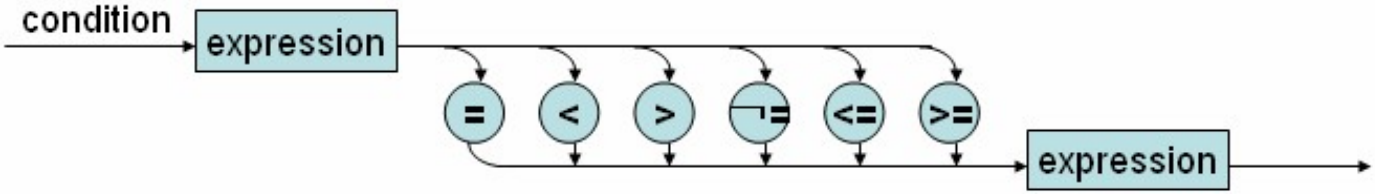
Có thể nhìn vào bản chất của cấu trúc và xử lý một chu trình như thể hiện trong sơ đồ cú pháp:

```
void compileTerm(void)
{
  compileFactor();
while (lookAhead->tokenType == SB_TIMES || lookAhead-
>tokenType == SB_SLASH) )
  switch (lookAhead->tokenType) {
if (lookAhead->tokenType == SB_TIMES)
    {eat(SB_TIMES);
    compileFactor();}
else
    {eat(SB_SLASH);
    compileFactor();}
}
```



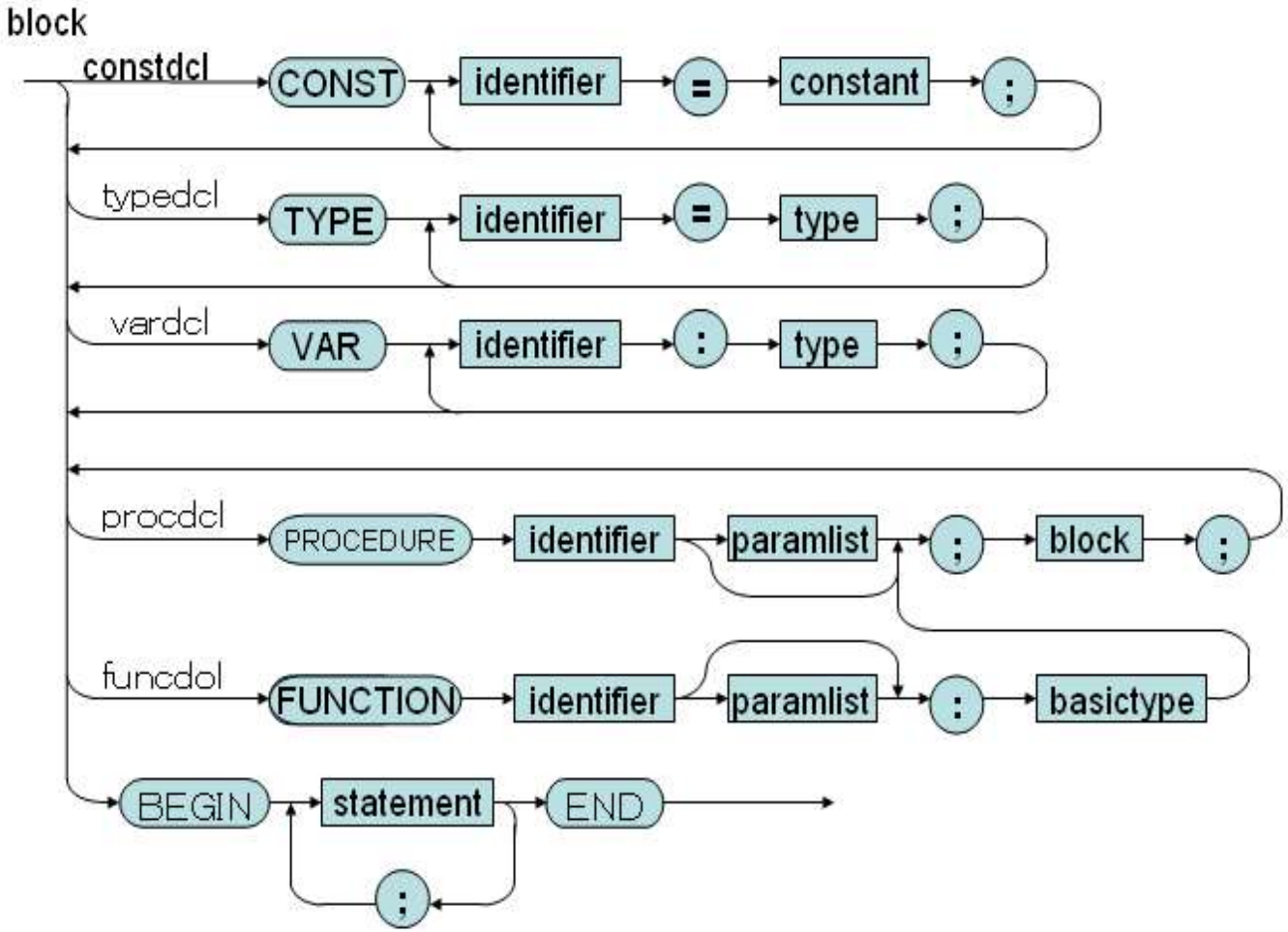
Phân tích condition

```
void compileCondition(void) {
  compileExpression();
  switch (lookAhead->tokenType) {
  case SB_EQ:
    eat(SB_EQ);
    compileExpression();
    break;
  case SB_NEQ:
    eat(SB_NEQ);
    compileExpression();
    break;
  case SB_LE:
    eat(SB_LE);
    compileExpression();
    break;
  case SB_LT:
    eat(SB_LT);
    compileExpression();
    break;
```




```
  case SB_GE:
  eat(SB_GE);
      compileExpression();
      break;
    case SB_GT:
      eat(SB_GT);
      compileExpression();
      break;
    default:
      error(ERR_INVALIDCOMPARATOR, lookAhead->lineNo,
   lookAhead->colNo);
    }
  }
```

Thử phân tích chương trình theo sơ đồ cú pháp: khối



Phân tích block theo sơ đồ cú pháp

```
void compileBlock(void)
{if (lookAhead->tokenType == KW_CONST)
   {eat(KW_CONST);
    while (lookAhead->tokenType == TK_IDENT)
   { eat(TK_IDENT);
      eat(SB_EQ);
      compileConstant();
      eat(SB_SEMICOLON); }
else
if (lookAhead->tokenType == KW_TYPE)
    {eat(KW_TYPE);
    while (lookAhead->tokenType == TK_IDENT)
     {eat(TK_IDENT);
      eat(SB_EQ);
      compileType();
      eat(SB_SEMICOLON);}
else
if (lookAhead->tokenType == KW_VAR)
  {eat(KW_VAR);
   while (lookAhead->tokenType == TK_IDENT)
   { eat(TK_IDENT);
 eat(SB_COLON);
      compileType();
      eat(SB_SEMICOLON);}
while ((lookAhead->tokenType == KW_FUNCTION) ||
(lookAhead->tokenType == KW_PROCEDURE))
       {if (lookAhead->tokenType == KW_FUNCTION)
      {eat(KW_FUNCTION);
       eat(TK_IDENT);
       compileParams();
       eat(SB_COLON);
       compileBasicType();
       eat(SB_SEMICOLON);
       compileBlock();
       eat(SB_SEMICOLON);}
    else
       {eat(KW_PROCEDURE);
       eat(TK_IDENT);
       compileParams();
       eat(SB_SEMICOLON);
       compileBlock();
       eat(SB_SEMICOLON);}}
else
 {eat(KW_BEGIN);
  compileStatement();
  while (lookAhead->tokenType == SB_SEMICOLON) {
    eat(SB_SEMICOLON);
    compileStatement();
     }
  eat(KW_END);}
}
```