Project 2

YACC Programming

Virtual Machine & Optimization Laboratory
Dept. of Electrical and Computer Engineering
Seoul National University

Plan

1. Lexical analysis
2. Yacc programming
3. Semantic analysis
4. Code generation

INTRODUCTION

YACC

Yet Another Compiler Compiler

- compiler-generator, compiler-compiler

Grammar rules의 항목들로부터 parser를 만들 수 있는 C코드를 생성
Lex와 비슷한 구조

- 실제로는 lex가 yacc을 본따서 만들었음

Bottom-up Parsing
여러가지 yacc중 GNU프로그램인 bison을 사용

- http://www.gnu.org/s/bison/

Bottom-up(Shift-Reduce) Parsing

Basic Operations

- SHIFT: push the next token onto the stack
- REDUCE: replace RHS on stack top of some production (i.e. handle) by its LHS(nonterminal)
- ACCEPT: reduction to the start nonterminal
  - Assume a unique S production
  - If not, augment the grammar S' → S

In each step we must choose

- SHIFT or REDUCE
- If REDUCE, which production

Example of Bottom-Up Paring

S → aABe

A → Abc | b

B → d

SHIFT/REDUCE Parsing

a **b** b c d e

a **A b c** d e

a A **d** e

a A B e

S

▒ : handle

Rightmost Derivation

S => a A B e

=> a A d e

=> a A b c d e

=> a b b c d e

How Lex & YACC Works

Lex위에 yacc이 있는 구조

- yacc의 필요에 의해 lex가 호출

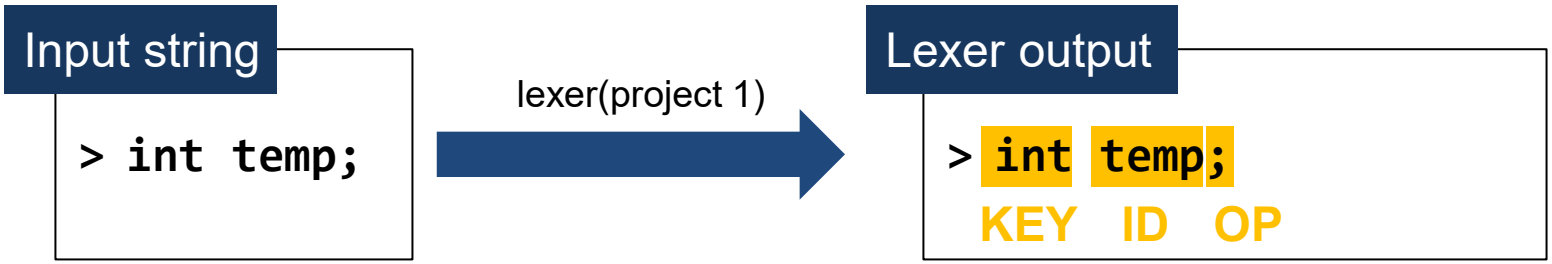
Lex

- 입력된 문자열에 대해 token을 찾아서 yacc에 넘겨준다.

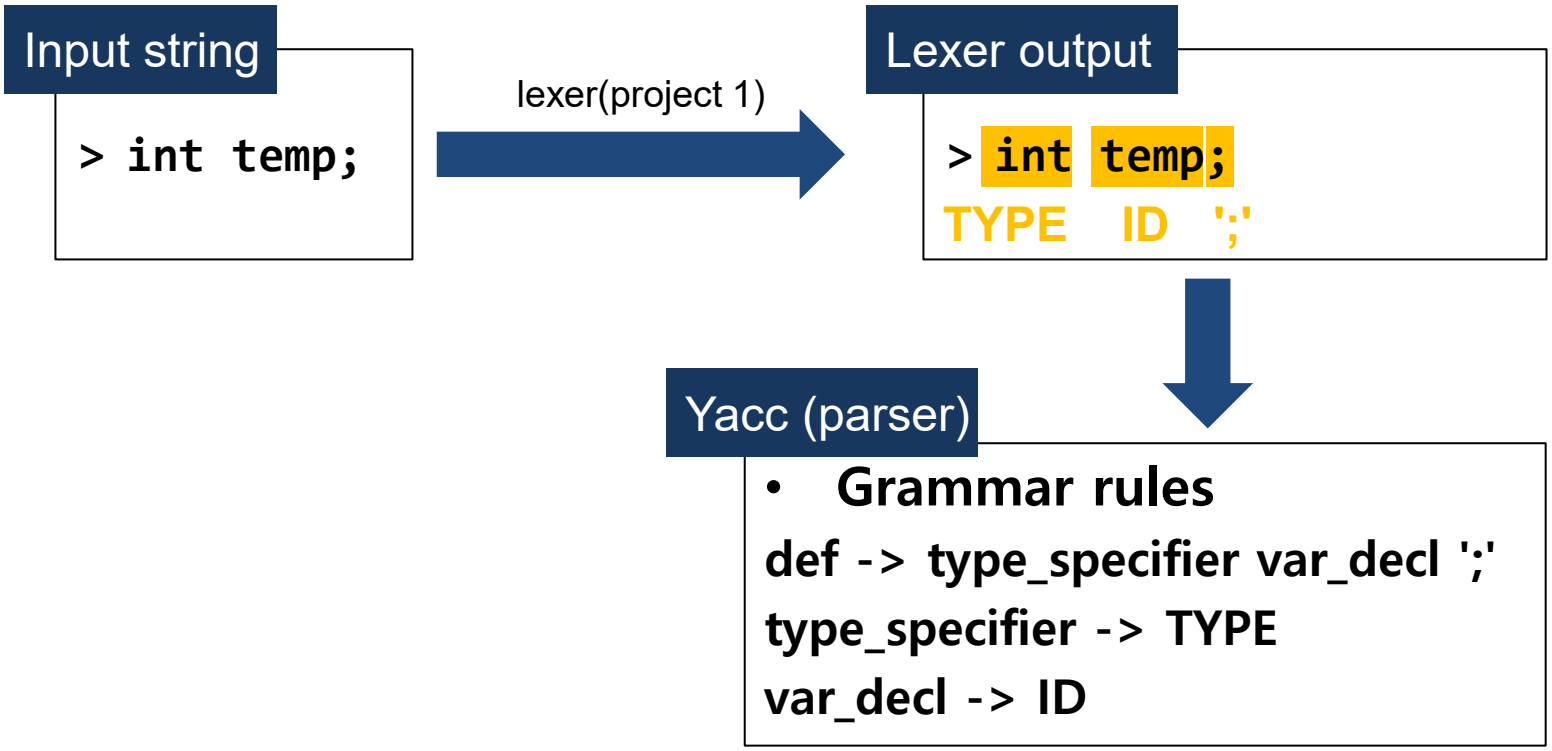
Yacc

- main함수의 yyparse()함수에 의해 시작
- token이 필요한 경우 lex의 yylex()함수를 호출해서 token 하나를 받는다.
- 입력받은 token에 대해서 문법 체크를 하고 조건에 맞는 실행을 한다.

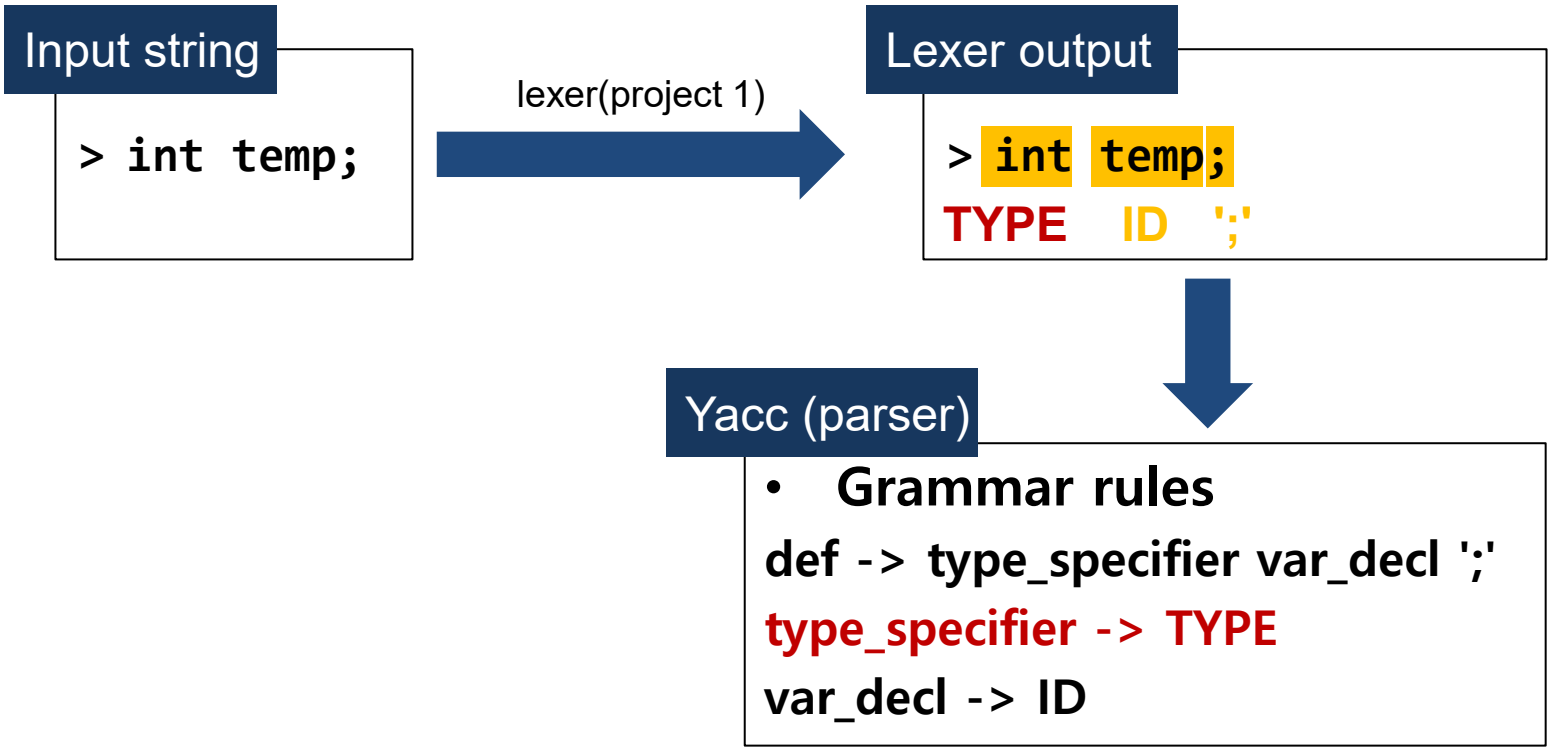
How Lex & YACC Works (Example)



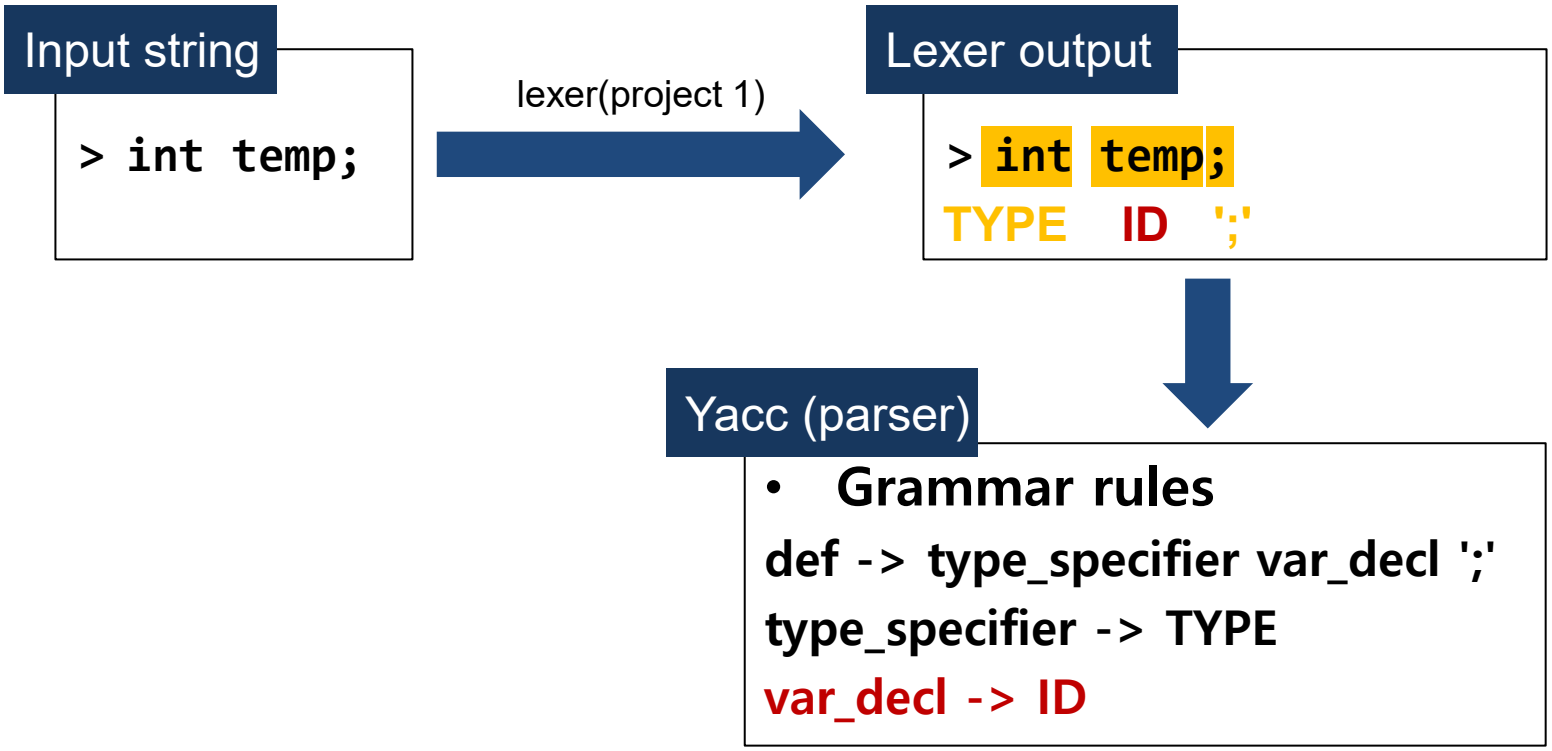
How Lex & YACC Works (Example)



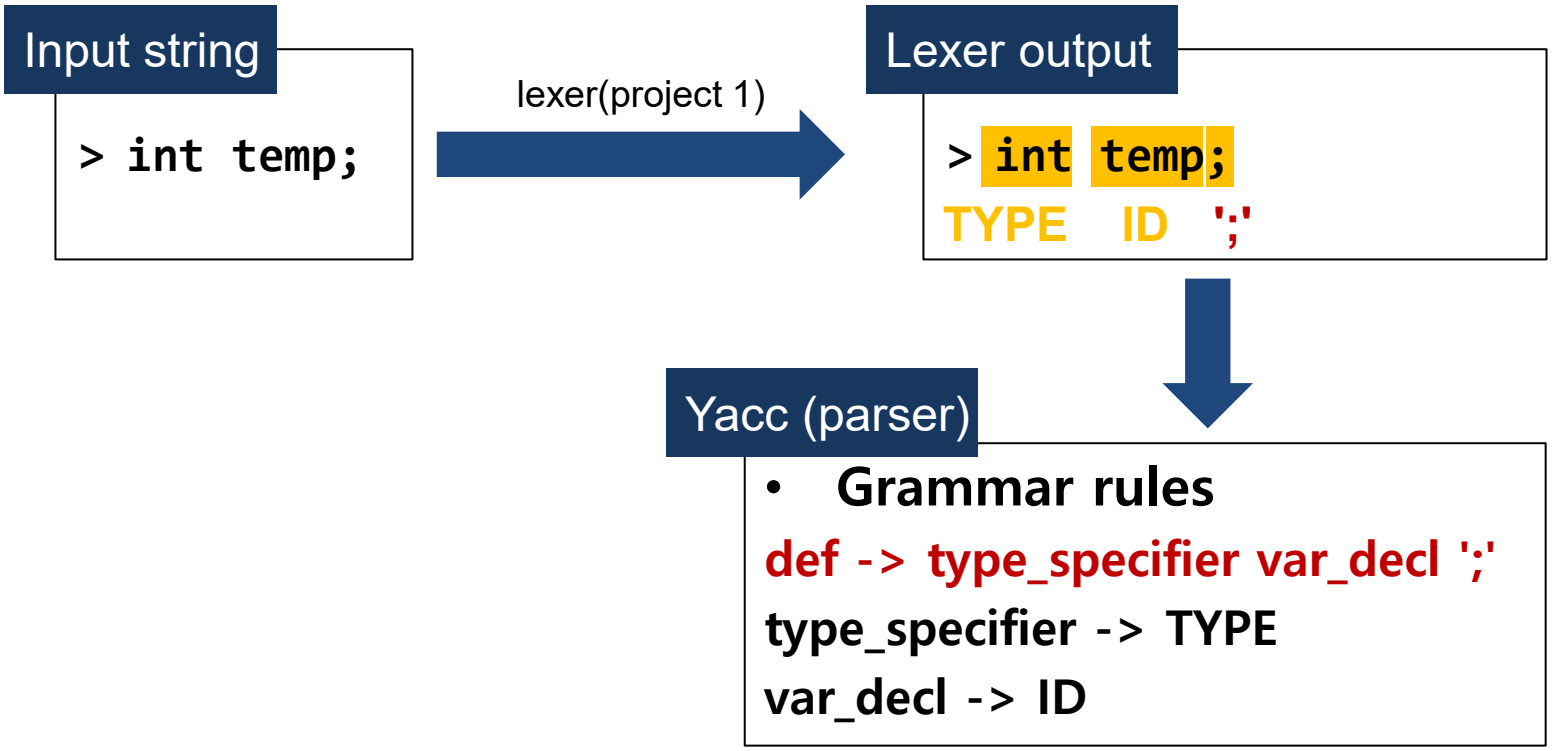
How Lex & YACC Works (Example)



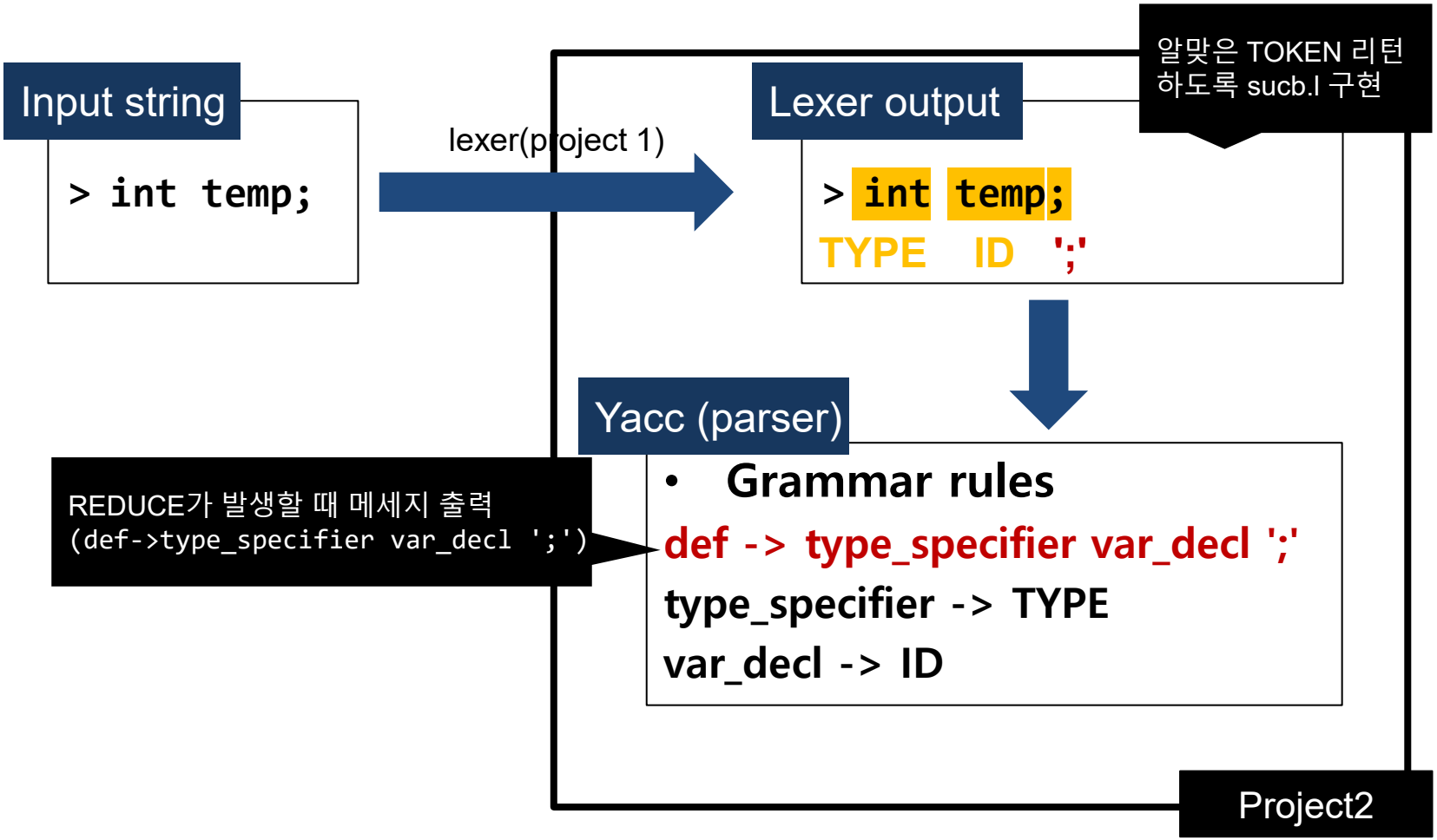
How Lex & YACC Works (Example)



How Lex & YACC Works (Example)



How Lex & YACC Works (Example)



How Lex & YACC Works

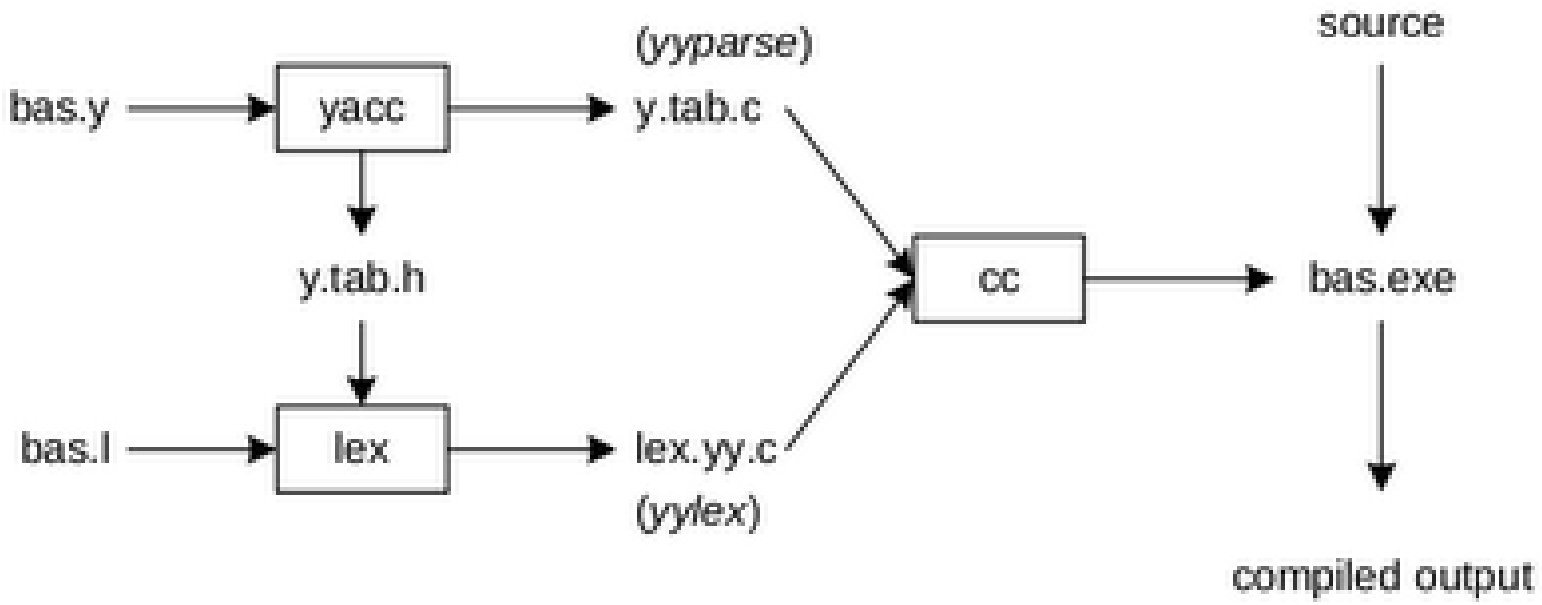


Figure 2: Building a Compiler with Lex/Yacc

Structure of Bison

Prologue

- #include, function declaration, typedef
- Literally copied into the generated parser.

Bison declarations

- Terminal (tokens) and nonterminal symbols
- Associativity & Precedence
- union 선언

Grammar rules

- Parser에서 사용할 grammar를 선언

Epilogue

- Auxiliary C codes
- Literally copied into the generated parser.

```
%{

/* Prologue */

%}

/* Bison declarations */

%%

/* Grammar rules */

%%

/* Epilogue */
```

BISON SYMBOLS

Token

Lexer 는 bison 에게 token (terminal symbol) 을 전달

- Token 은 lex action 의 리턴 값이다.
- 내부적으로는 정수 값으로 인코딩됨.
- 예시의 lex action 은 token "INTEGER_CONST" 를 bison 에게 전달한다.

```
<normal>{integer_const} {
        yylval.intVal = atoi(yytext);
        return INTEGER_CONST;
}
```

Value of a Token

yylval

- 각 token 은 yylval 이라는 변수로 참조 가능한 값을 가질 수 있음.
- 예시의 lex action 은 실제로 읽은 정수의 값을 token "INTEGER_CONST" 의 값으로 지정하여 bison 에게 전달한다.

```
<normal>{integer_const} {
    yylval.intVal = atoi(yytext);
    return INTEGER_CONST;
}
```

Union

- Yylval 을 union type 으로 선언하면 다양한 타입의 값을 가질 수 있음.
- Union 은 bison declarations 에 선언함.

```
%union {
    int     intVal;
    char    *stringVal;
}
```

Symbols

Token(terminal) 과 nonterminal 은 각자의 값을 가진다.

- 둘을 합쳐서 symbol 이라고 칭함.
- Terminal : Lexer 가 pattern matching 시 yylval 에 넣은 값을 가짐.
- nonterminal : Bison 의 reduce 과정에서 nonterminal 에 넣은 값을 가짐.

Defining the symbols

- Bison declarations section 에 정의
- Terminal symbols 는 **%token** modifier 로 정의

```
%token<intVal> INTEGER_CONST          /* Tokens with int type */
%token         TYPE                   /* Tokens without a type */
```

- nonterminal symbols 는 **%type** modifier 로 정의

```
%type<stringVal> expr   /* nonterminal symbols with char* type */
```

BISON GRAMMAR

Grammar Rules

Example1

```
statement : NAME '=' expression
expression: NUMBER '+' NUMBER
          | NUMBER '-' NUMBER
```

Example2 - recursive grammar

```
expression: NUMBER
          | expression '+' NUMBER
          | expression '-' NUMBER
```

주어진 입력 문자열 parsing이 실패할 경우 yyerror() 함수가 호출

자세한 정보는 아래 링크 참조:

https://www.gnu.org/software/bison/manual/html_node/Rules-Syntax.html

Actions

주어진 grammar rule 을 만족해서 reduce가 일어날 때 수행하는 C코드

- Grammar rule 의 action 에서 nonterminal 의 값을 정할 수 있음
- Value of LHS: $$
- Value of RHS: terminal, nonterminal의 순서에 따라 $1, $2, $3 …

Example

```
date: month '/' date '/' year
      { printf("date found"); };
```

```
date: month '/' date '/' year
      { $$ = $1 + $3 + $5;
        printf("date %d-%d-%d found", $1, $3, $5"); };
```

이번 프로젝트에서는 어떤 grammar rule에서 reduce가 발생했는지를 화면에 출력하는 코드 삽입

Midrule Actions

Grammar rule의 중간에 C코드를 삽입할 수 있음

- 중간에 nonterminal symbol 을 하나 삽입하는 효과를 냄.

Example

- ```
  thing: A { printf("seen an A"); } B;
  ```

- ```
  thing: A fakename B;
  fakename: %empty { printf("seen an A"); };
  ```

Symbol value 값을 사용할 수 있음

- ```
  thing: A { $$ = 17; } B C { printf("%d", $2); };
  ```

자세한 정보는 아래 링크 참조:

https://www.gnu.org/software/bison/manual/html_node/Midrule-Actions.html
  ```

PRECEDENCE AND ASSOCIATIVITY

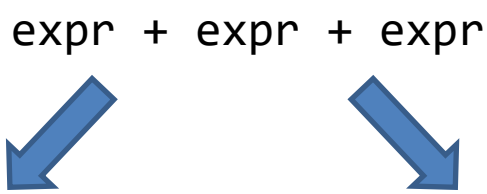
Associativity

각 operator 및 token에 대해 associativity를 설정

- Left or right associative: `%left, %right`
- Non-associative : `%nonassoc, %precedence`

```
%token NUMBER
%left '+'
%%
expr : expr '+' expr
     | NUMBER
     ;
```

```
%token NUMBER
%right '+'
%%
expr : expr '+' expr
     | NUMBER
     ;
```




```
(expr + expr) + expr
```

Left associative

```
expr + (expr + expr)
```

Right associative

Precedence

Bison declaration 에서 아래에 쓰여진 것일수록 우선순위가 증가

- `%left, %right, %nonassoc, %precedence` 만 해당
  - `%nonassoc` : run-time error (error if an operator is used in an associative way)
  - `%precedence`: compile-time error (associativity-related conflict is prohibited)

Contextual precedence

- Grammar 에 `%prec` modifier 를 활용해서 우선순위 조작 가능.

```
%token NUMBER
%left '+' '-'
%left '*'
%%
expr : expr '+' expr %prec '*'
     | expr '-' expr
     | NUMBER
     ;
```

CONFLICTS IN GRAMMAR

Conflicts

Shift-Reduce conflicts

- grammar

```
e: 'X'
   | e '+' e ;
```

- input

```
X + X + X
```

Reduce-Reduce conflicts

- grammar

```
prog:  proga | progb ;
proga: 'X' ;
progb: 'X' ;
```

- input

```
X
```

Ambiguity of grammar

```
expression      : expression '+' expression
                | expression '-' expression
                | expression '*' expression
                | expression '/' expression
                | '-' expression
                | '(' expression ')'
                | NUMBER
                ;
```

Parsing Issues

- 1 + 2 * 3
  - (1 + 2) * 3 or 1 + (2 * 3)

Ambiguity of grammar - Solution1

여러 개의 production 으로 나눠서 reduce 의 순서를 지정하기

```
expression      : expression '+' mulexp
                | expression '-' mulexp
                | mulexp
                ;

mulexp          : mulexp '*' primary
                | mulexp '/' primary
                | primary
                ;

primary         : '(' expression ')'
                | '-' primary
                | NUMBER
                ;
```

Ambiguity of grammar - Solution2

Precedence와 associativity를 활용

- Bison declaration

```
%token NUMBER
%left '-' '+'
%left '*' '/'
%nonassoc UMINUS
```

- Grammar rules

```
expression    : expression '+' expression
              | expression '-' expression
              | expression '*' expression
              | expression '/' expression
              | '-' expression %prec UMINUS
              | '(' expression ')'
              | NUMBER
              ;
```

How Precedence Works

Two types of precedence

- Token precedence
  - Defined in the 'bison declarations' section.
- Rule precedence
  - Follows the precedence of the last terminal mentioned in the production.

If Shift/Reduce conflict occurs, bison compares:

- The token precedence of current lookahead and,
- The rule precedence of the production which encountered the conflict.
- SHIFT if the token precedence is higher than the rule precedence.
- Otherwise, bison chooses REDUCE.

For more information, refer to:

- https://www.gnu.org/software/bison/manual/html_node/How-Precedence.html

PROJECT GOAL

Lexer & Parser

Lexer

- subC 의 토큰을 읽고 parser 에게 적절한 정보를 넘길 수 있는 lexer 구현
  - Token을 리턴하도록 변경
  - yylval 에 적당한 값을 전달하기
- 이전 프로젝트에 이어서 구현해도 되고, 새로 주어진 스켈레톤을 써도 됨
- 기존에 구현한 해시 테이블은 필요에 따라 직접 판단하여 사용

Parser

- Bison declarations section
  - Union type 정의하기
  - Symbol 및 operator precedence & associativity 정의하기
- Grammar rules section
  - subC 의 grammar 에 맞는 rule 작성하기
  - Reduce 발생 시 사용된 production 을 stdout 에 출력하도록 action 정의

Output Format

- Document 의 예시와 동일하게 출력
- 테스트 방법 예시) ./subc test.c > result

```
int main(){
  int a;
  char b;

  a = 10;
  b = 5;

  if (a==10 || b==5) {
    return 1;
  } else {
    return 0;
  }
}
```

```
$ ./subc ../examples/ex_format/test.c
ext_def_list->epsilon
type_specifier->TYPE
pointers->epsilon
func_decl->type_specifier pointers ID '(' ')'
def_list->epsilon
type_specifier->TYPE
pointers->epsilon
def->type_specifier pointers ID ';'
def_list->def_list def
type_specifier->TYPE
pointers->epsilon
def->type_specifier pointers ID ';'
def_list->def_list def
stmt_list->epsilon
unary->ID
unary->INTEGER_CONST
binary->unary
expr->binary
```

Input

Output

Report

subC grammar rule 은 conflict 가 발생하도록 설계됨

- 발생한 conflict를 해결하고, conflict의 종류 및 해결 방법을 **보고서**로 작성
  - Grammar 의 production 을 변경하는 것은 금지.
  - Solution 2 를 활용할 것.

- 분량은 2장 이내로, 간단하게 작성

Hint

- bison으로 subc.y 파일을 컴파일하면 subc.output 파일이 생성됨
  - bison -vd subc.y
  - subc.output 파일을 열면 conflict에 대한 정보를 얻을 수 있음

- Bison 의 –Wcounterexamples 옵션 활용

Tips

yytext

- yytext 는 현재 읽고 있는 파일의 포인터이므로 그대로 주소를 복사해서 사용한다면 Token 이후의 string도 가져오게 된다.
- yytext 를 복사할 때 malloc 을 사용해 메모리를 할당 받은 후에 strcpy 함수를 사용하여 필요한 길이 만큼을 복사하면 더 안전함.

```
{letter}* {
    printf("String %s\n",yytext);
}
{num}* {
    printf("Number %d\n",atoi(y
    ytext));
}
```

```
[Input]
Compiler12

[Output]
String Compiler12
Number 12
```

Submission

제출 기한

- Oct 26, 2025

제출 방법

- etl.snu.ac.kr을 통해서 제출

제출 파일

- 'src' directory 안의 파일들과 'report.pdf' 를 제출

- report.pdf 를 project2 디렉토리 안에 복사한 후 submit.sh 로 압축
  - project2 의 subdirectory 도 인식할 수 있으니 아무 곳에나 넣어도 됨.
  - Project container 안에서 ./submit.sh xxxx-xxxxx 실행

- Archive 의 파일 이름 확인
  - project2_학번.zip (학번 format은 20xx-xxxxx)

Notice

수업 게시판 확인

- eTL 공지 및 질문 게시판 항상 확인할 것
- 수정 또는 추가되는 사항은 항상 게시판을 통하여 공지
- 제출 마지막날까지 공지된 사항을 반영해서 제출

소스코드에 자세히 주석 달기

제출 형식 지키기 (파일 이름, 출력)

- **지키지 않을 시 감점**

Cheating 금지 (F처리, 모든 코드 철저히 검사)

TA

- 주동욱
- E-mail : donguk.red@snu.ac.kr