2. 구문 중심 컴파일

충북대학교

이 재 성

LaKE LAB

학습내용

- 프로그램 언어의 구문 정의 방법
- 파싱 방법 및 관련된 문제
- 구문 중심 컴파일 기법

파싱: 데이터를 특정한 형식이나 구조로 분석하여 필요한 정보를 추출하는 과정

어떤 문장에서 트리 형태나 다양한 구조로 분석하는 기법이 파싱인 느낌.

구문 정의

컴퓨터 언어의 정의

CFG = BNF

- 언어 구문
  - 일반적으로 문맥자유문법(CFG: context free grammar)이나 BNF(Backus-Naur Form)으로 표현
- 언어 의미
  - 표현의 어려움: 설명 및 예제 사용

문맥 자유 문법의 구성요소

트리에서 말단 노드를 leaf node or terminal node 라 하고, 그 외에는 non-terminal node 라 한다.

- CFG = < Σ, N, S, P>
- Σ: 단말 기호들(토큰의 집합) terminal
- N: 비단말 의 집합 non-terminal
- P: 생성규칙들
- S: 출발기호(비단말의 특수한 경우)

문법 예

- 예: 한자리 숫자의 더하기 빼기 문법
- CFG = < Σ, N, S, P>
  - 단말기호 Σ

    +, -, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
  - 비단말기호 N

    list, digit
  - 시작기호 S start-symbol

    list
  - 생성규칙 P

    list -> list + digit

    list -> list – digit

    list -> digit

    digit -> 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9

생성규칙

생성 규칙(production rule)

e.g) x = 10 + 5
LHS: x
RHS: 10 + 5

- 왼쪽 문법 기호(LHS: Left Hand Side)는 오른쪽 문자열 (RHS: Right Hand Side)을 생성한다. -> LHS는 RHS를 생성한다.
- 예: stmt -> if (expr) stmt else stmt
  - if (표현식) 문장 else 문장 stmt: statement

생성 규칙 예

- 한자리수 숫자들의 더하기 빼기 연산
- list -> list + digit
- list -> list – digit
- list -> digit

or

list -> list + digit | list – digit | digit

- digit -> 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9

언어

언어

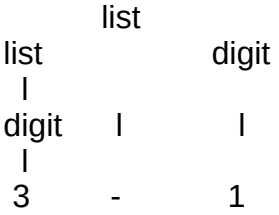
- 생성 규칙에 따라 만들어진 토큰 열
- 언어 예

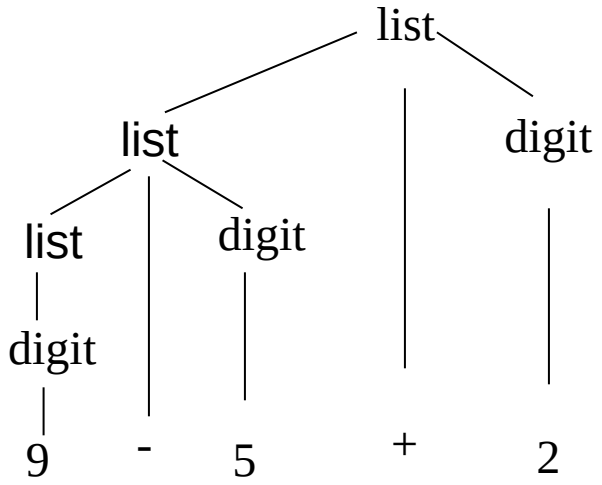
  9-5+2, 3-1

list -> list + digit | list – digit | digit

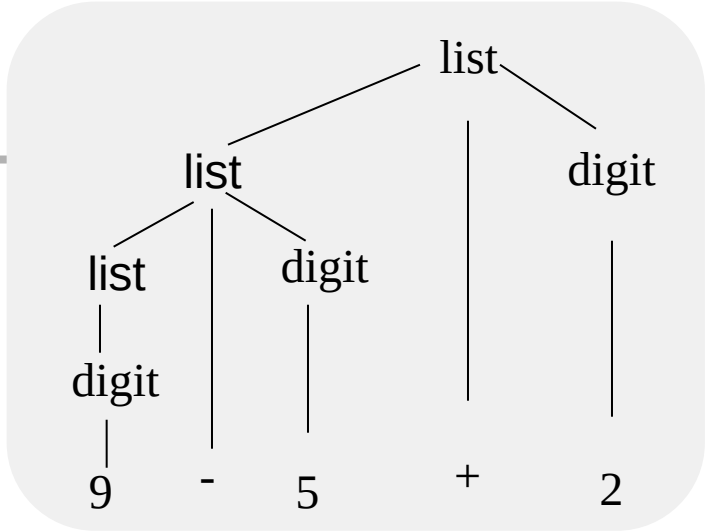
digit -> 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9

3 - 1:





파스 트리



파스 트리의 특징

- 트리의 루트는 출발 기호를 이름으로 갖는다.
- 잎(leaf)노드는 토큰이나 ε 를 갖는다.
- 중간 노드들은 비단말 이름을 갖는다.
- 비단말 노드 A에 X_1, X_2,...X_n이 왼쪽에서 오른쪽으로 붙어있는 자식노드라면 생성규칙 A ->X_1, X_2,...X_n을 나타낸 것이다.

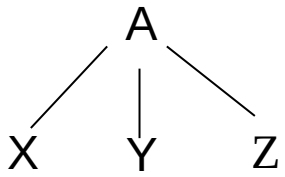
S로 시작 -> non-terminal node는 N만 가짐 -> left node는 토큰 or 시그마를 가짐

선을 잘 보면 생성 규칙 P와 똑같음. 잘 보고 파악해야함.

표시

- 생성규칙의 왼쪽에 있는 비단말을 하나의 노드로 나타내고 오른쪽의 비단말 및 단말을 그 노드의 자식으로 표현
- 예

  A -> XYZ



A -> XYZ

결국 선이 똑같이 되는거임.. 왜 이걸 이제 이해했을까?

파싱과 생성

- 파싱
  - 주어진 토큰열(언어)에 대해 적절한 파스 트리를 찾는 과정

- 생성(또는 유도)
  - 파스 트리에서 잎 노드는 루트 노드에 있는 비단말에서 곧바로 생성 혹은 유도된 문자열
  - 유도된 문자열은 왼쪽에서 오른쪽으로 읽음

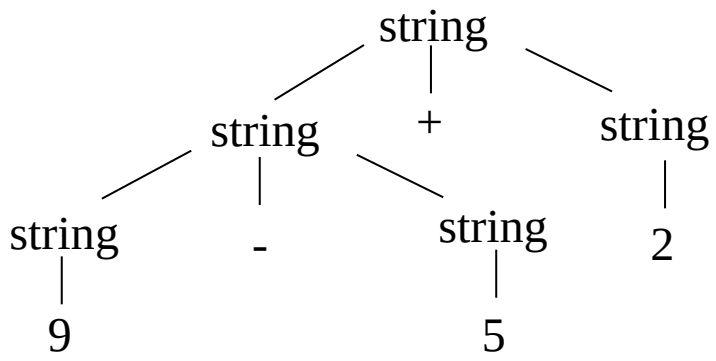
문법 모호성

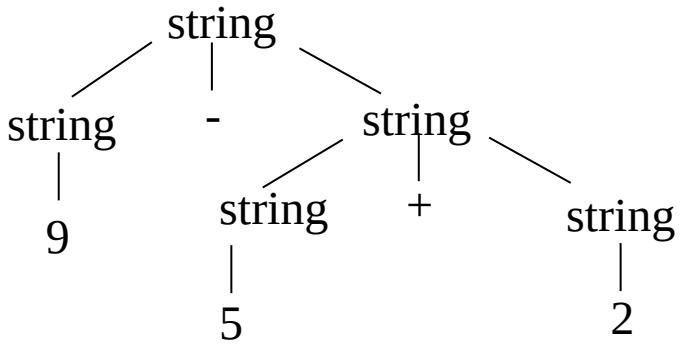
모호성(Ambiguity)

- 토큰열에 대해 파스 트리가 2개 이상 나오는 경우
- 모호성 예:

string -> string + string | string – string
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9

생성규칙 P 하나만 있어도 문법을 정의할 수 있다.





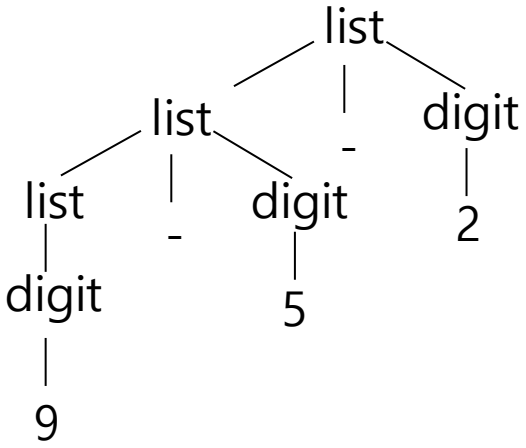
수행 순서와 문법

같은 sub-tree에서 말단 노드를 묶으면 괄호 쳐주면 됨.

곱셈, 나눗셈 > 덧셈, 뺄셈

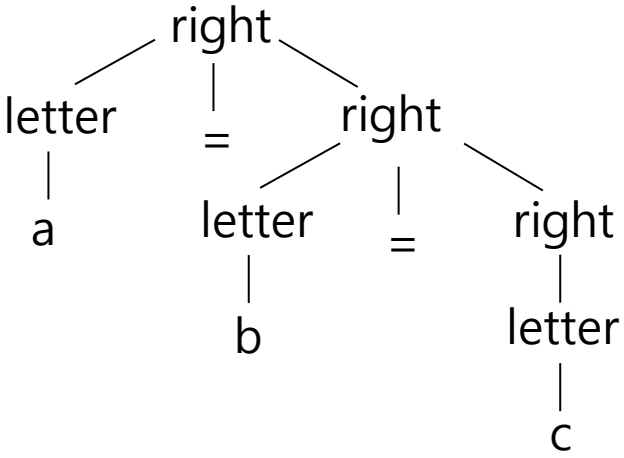
- 연산자 우선순위
  - 곱셈, 나눗셈이 덧셈, 뺄셈보다 우선
- 연산자 연관성(associativity)
  - 같은 연산의 묵시적 수행 순서
  - 왼쪽 연관: 덧셈, 뺄셈, 곱셈, 나눗셈
  - 오른쪽 연관: 지수, C언어의 =

왼쪽 연관 예: 9-5-2 -> (9-5)-2



오른쪽 연관 예: a=b=c -> a=(b=c)

오른쪽 연관 문법 예
right-> letter = right | letter
letter -> a | b | ... | z



2. 구문중심 컴파일

우선순위를 고려한 수식 문법

우선순위

- 왼쪽 연관성 + -
- 왼쪽 연관성 * /

기본 단위

factor -> digit | (expr)

곱셈/나눗셈

term -> term * factor
| term / factor
| factor

덧셈/뺄셈

expr -> expr + term
| expr – term
| term

구문 중심 변환

- 구문 중심 변환(syntax-directed translation)
  - 컴파일러 전반부(분석부분)을 주로 사용하여 변환하는 기술
  - 컴파일러 전반부: 어휘분석, 구문분석, 의미분석, 중간코드 생성

- 2가지 구현 방법
  - 애노테이티드 파스 트리
  - 번역 계획

구문 중심 변환 컴파일러 예제

예제 컴파일러

- 1 패스 컴파일러
- 중위표기를 후위표기로 변환

1 패스

- 입력파일을 처음부터 끝까지 1번만 읽고 필요한 출력파일을 생성
- 어휘분석, 구문분석, 의미분석, 중간코드 생성을 하나로 통합

후의표기의 귀납적 정의

- E가 변수이거나 상수이면 후위표기는 E
- "E1 연산자 E2"의 후위 표기는 "E1'E2'연산자"
  (여기에서 E1', E2' 는 E1, E2의 후위표기)
- E가 "(E1)"형태의 수식이면 후위 표기는 E1 그대로

애노테이티드 파스 트리

애노테이티드 파스 트리

- 각 노드의 속성들의 값이 쓰여 있는 파스 트리
- 문법기호 X에 대한 속성 a를 X.a로 표시

X.a: X안에 속한 a 참조

속성

- 생성에 관련된 타입, 문자열, 할당된 메모리 등

합성 속성 (Synthesized Attributes)

- 노드의 속성값이 그 자식 노드들의 속성값으로 계산된 것

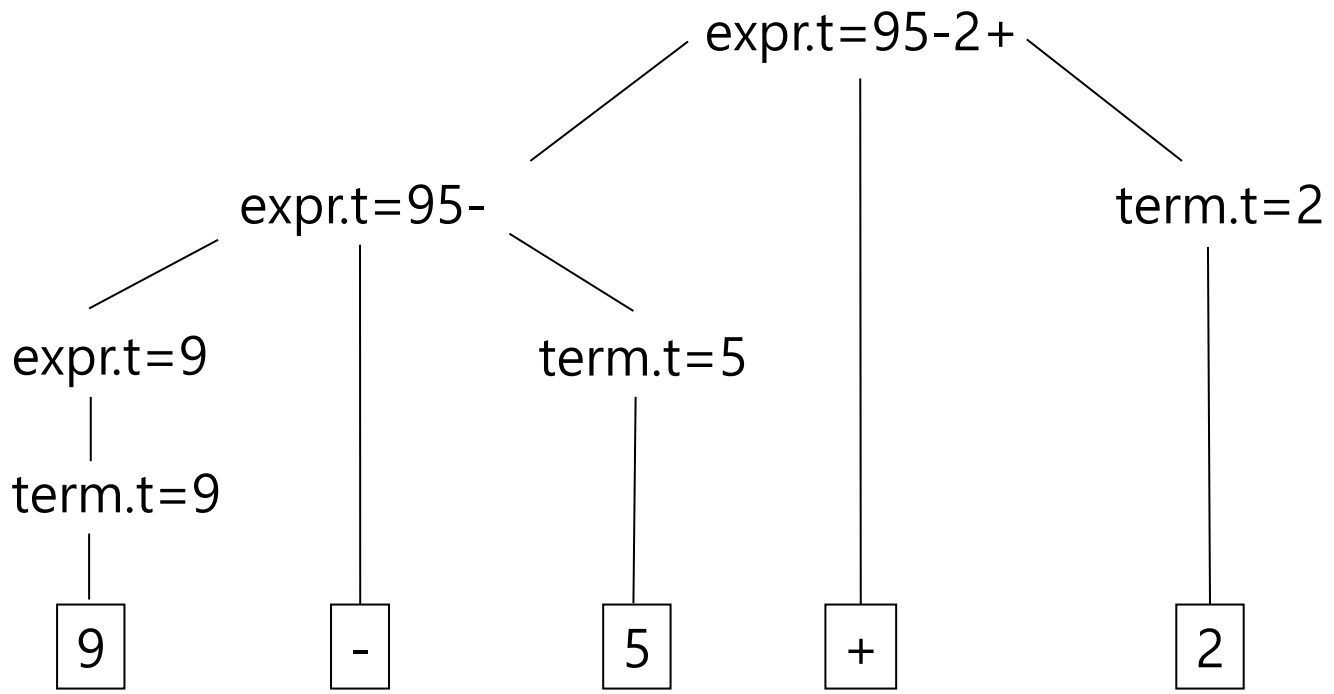
- 중위식을 후위식으로 변환하는 구문중심정의

생성규칙	의미규칙
expr -> $expr_1$ + term	expr.t := $expr_1$.t || term.t || '+'
expr -> $expr_1$ – term	expr .t := $expr_1$.t || term.t || ' –'
expr -> term	expr.t := term.t
term -> 0	term.t := '0'
term -> 1	term.t := '1'
...	...
term -> 9	term.t := '9'

||는 문자열 연결 연산자

생성규칙	의미규칙
expr -> $expr_1$ + term	expr.t := $expr_1$.t || term.t || '+'
expr -> $expr_1$ – term	expr .t := $expr_1$.t || term.t || ' –'
expr -> term	expr.t := term.t
term -> 0	term.t := '0'

- 애노테이티드 파스 트리



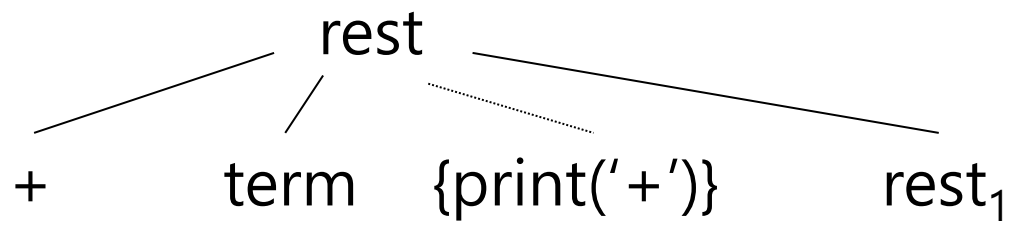
번역 계획 (translation scheme)

정의

- 생성규칙의 오른쪽(RHS)에 print 의미동작(semantic actions)을 추가한 것
- 파싱 중간에 의미동작을 실행
- 파스 트리를 구축하지 않고도 결과 출력 가능

예

- term 과 $rest_1$의 트리 운행 중간에 의미동작 실행
- rest -> + term { print ('+')} $rest_1$



번역 계획의 예

후위식 변환을 위한 간단한 번역 계획

- RHS에 print문을 추가하여(또는 추가없이) LHS를 정의

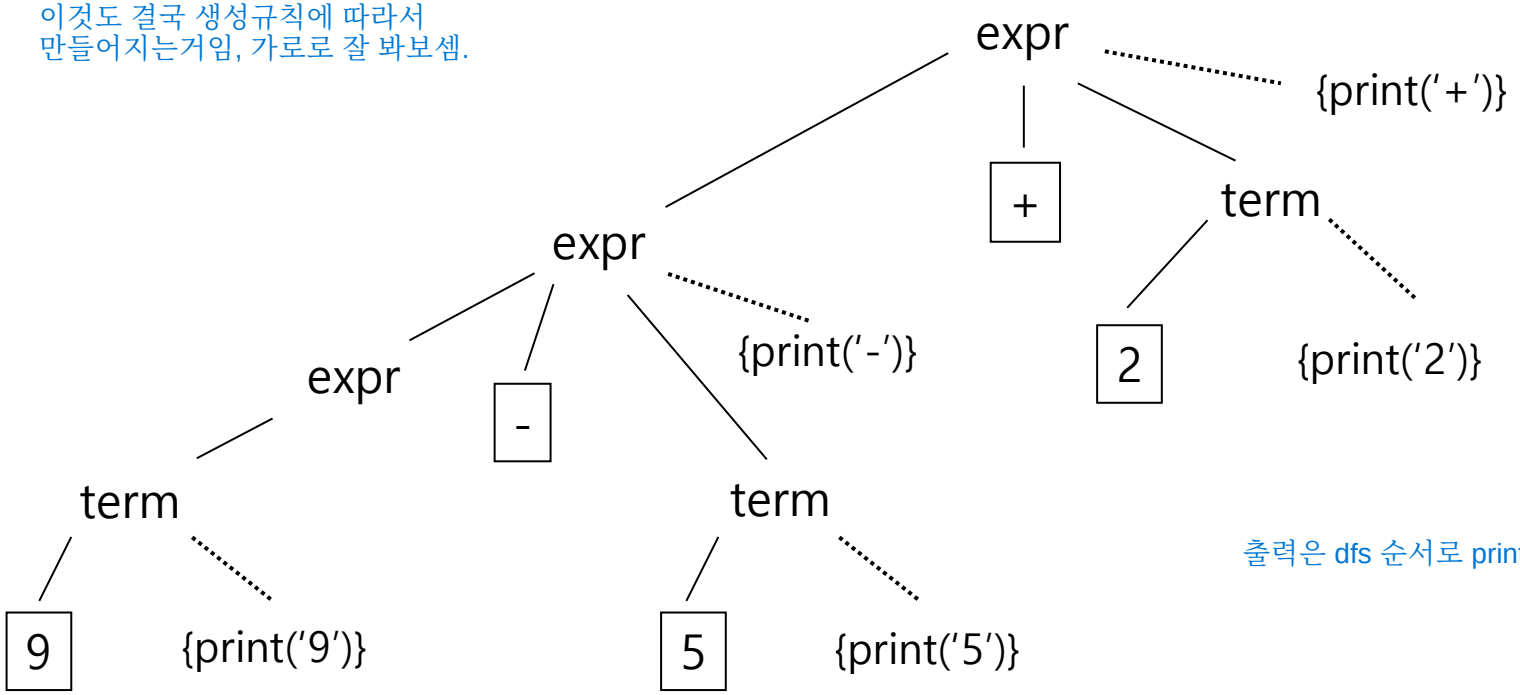
expr -> $expr_1$ + term	{ print('+') }
expr -> $expr_1$ – term	{ print('-') }
expr -> term	
term -> 0	{ print('0') }
term -> 1	{ print('1') }
…	
term -> 9	{ print('9') }

번역 계획의 탐색

expr -> $expr_1$ + term	{ print('+') }
expr -> $expr_1$ – term	{ print('-') }
expr -> term	
term -> 0	{ print('0') }

- 깊이 우선 탐색

이것도 결국 생성규칙에 따라서
만들어지는거임, 가로로 잘 봐보셈.



출력은 dfs 순서로 print 부분만 (왼쪽부터)

참고 문헌

[1] Alfred V. Aho, Ravi Sethi, Jeffrey D. Ullman, “Compilers – Principles, Techniques, and Tools,” Bell Telephone Laboratories, Incorporated, 1986.

[2] 오세만, “컴파일러 입문”, 정익사, 2004.