프로그래밍 언어론

13 함수형언어 개요
(Introduction to Functional Languages)

컴퓨터공학과
이만호

충남대학교
CHUNGNAM NATIONAL UNIVERSITY

함수형언어 개요

학습목표

수학에 기반을 두고 있는 함수형언어의
일반적 특성에 대해서 학습한다.

학습내용

- 수학적 함수
- Functional Form
- 함수형언어의 특성
- Tail Recursion
- 함수형언어의 예

목 차

- 들어가기
- 학습하기
  - 수학적 함수
  - Functional Form
  - 함수형언어의 특성
  - Tail Recursion
  - 함수형언어의 예
- 평가하기
- 정리하기

알고가기

수학에서 어떤 함수의 domain(정의역)과 range(치역)에 관한 설명으로 맞지 않는 것은?

a. 함수는 domain의 원소를 range의 원소로 mapping하는 것이다.
b. 함수의 domain과 range는 항상 다르다.
c. 함수의 domain의 원소들이 함수일 수 있다.
d. 함수의 range의 원소들이 함수일 수 있다.

확인

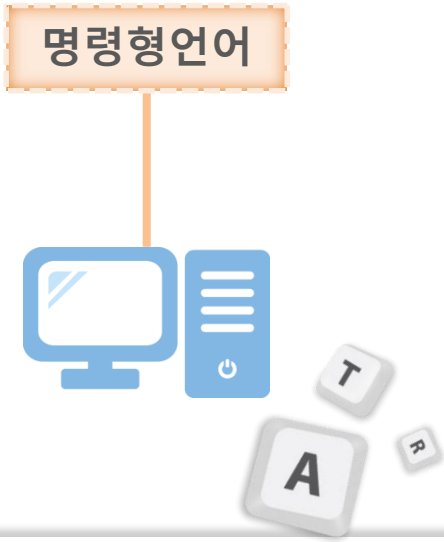
| 명령형언어 vs. 함수형언어

명령형언어(Imperative Language)

- von Neumann 구조에 기반을 두고 있음
- 프로그램 실행의 효율성이 가장 중요하게 생각됨
- Software를 자연스럽게 개발하기에는 제약이 많음
  - 언어 설계 개념이 문제나 사람 중심이 아니라, hardware 중심
- Syntax와 semantics가 복잡함

함수형언어(Functional Language)

- 수학적 함수에 기반을 두고 있음
  - 철저히 이론에 근거하므로, 사용자가 쉽게 사용할 수 있다.
- 프로그래밍 실행될 컴퓨터 구조(architecture)와는 상관이 없다.
  - 프로그램 실행이 효율적이지 않다.
- Syntax와 semantics가 간단함



수학적 함수

함수(function)

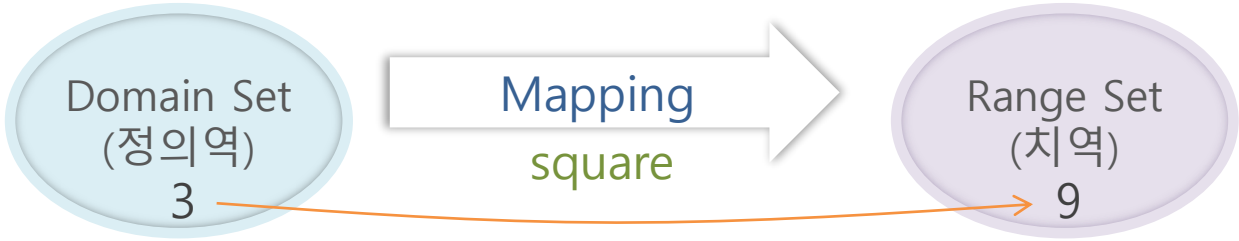
Mapping : D → R (D : Domain set (정의역), R : Range set (치역))

수학적 함수

- 함수의 한 표현 방법으로 함수 이름이 있다.
- 함수 정의: `square(x) = x * x`
- 함수값 계산(application): `square(3) = 3 * 3`

Lambda Expression

- 함수의 한 표현 방법으로 함수 이름이 없다.
- 함수 정의: `λ(x) x * x`
- 함수값 계산(application) : `(λ(x) x * x)(3) = 3 * 3`



Functional Form

Higher-order function 이라고도 한다.

조건 다음 중 한 가지 이상을 만족해야 한다.

- Parameter로 1 개 이상의 function을 받는다.
- Function의 결과가 function이다

예

Functional Form

- Function Composition
- Apply-to-all

Function Composition

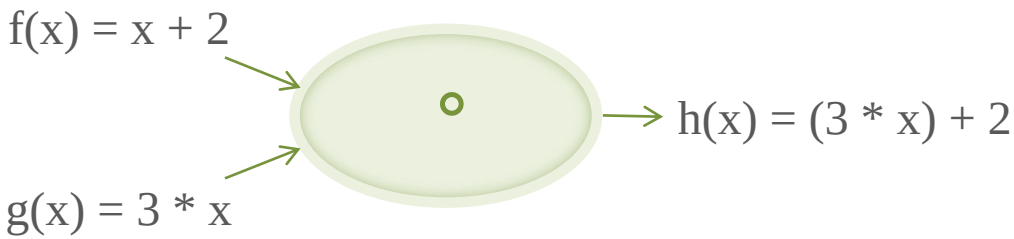
Function Composition(합성함수)

- Operator: °
- Parameter
  - 2개의 function (f와 g라고 하자)
- 결과
  - 둘째 function의 값을 먼저 구하고, 그 결과를 첫째 function에 적용하여 구한다.

예

$h = f \circ g$ where $f(x) = x + 2$, $g(x) = 3 * x$

$h(x) = f \circ g(x) = f(g(x)) = (3 * x) + 2$



Apply-to-all

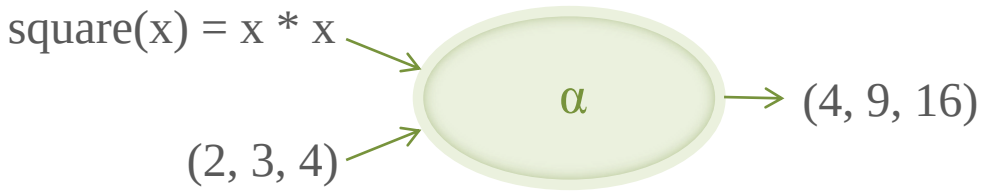
Apply-to-all

- Form: α
- Parameter
  - 1개의 function('square'라고 하자)
  - 1개의 list
- 결과
  - list의 각 element에 'square'를 적용해서 얻은 결과의 list

예

square(x) = x * x

α(square, (2,3,4)) = (4, 9, 16)



Ⅰ 함수형언어의 특성

- **함수형언어의 목적**
  - **수학적 함수와 최대한 비슷하게 흉내 내기**
- **프로그램의 형태**
  - **함수의 정의(definition)와 함수의 적용(application)으로 구성됨**
    - 한 함수의 결과는 다른 함수의 parameter로 사용됨
    - Assignment 문장을 사용하지 않음
- **함수의 결과로 return되는 값의 type에 제한이 없음**
- **변수를 전혀 사용하지 않음**
  - **반복실행(repetition, loop)이 불가능**
    - 반복실행은 반복실행을 제어하는 변수를 기반으로 하고 있음
    - Recursion을 사용해서 반복실행 효과를 얻음 → 실행시간이 오래 걸림
  - **Side-effect(부수효과)가 발생하지 않음**
    - Referential Transparency(참조투명성)가 보장됨
- **대부분의 함수형언어는 interpreter로 구현됨**
- **주로 다루는 자료구조는 list임**
- **Tail Recursion을 지원함** : 다음에 자세히 설명함

Tail Recursion

Tail Recursion의 특성

- Function이 return하는 값이 단순 값이거나 단순 recursive call인 형태
- Compiler가 iteration으로 쉽게 변환할 수 있는 recursive function
  - 함수형언어에만 해당됨

Euclidean 호제법

```
int gcd(int m, int n)
{
  if (n==0) return m;
  if (m>=n) return gcd(n, m%n);
  else      return gcd(n, m);
}
```

```
gcd(5083, 4807)
= gcd(4807, 276)
= gcd(276, 115)
= gcd(115, 46)
= gcd(46, 23)
= gcd(23, 0)
= 23
```

1	5083	4807	17
	4807	4692	
2	276	115	2
	230	92	
2	46	23	
	46		
	0		

Non-Tail Recursion

Non-Tail Recursion의 특성

- Recursive call의 결과로 받은 값에 추가적인 연산을 수행하고 그 결과를 return한다.
- Compiler가 iteration으로 쉽게 변환할 수 없는 recursive function
- Compiler는 non-tail recursion 을 자동적으로 tail recursion으로 변환해 줄 수도 있다.
  (함수형언어에만 해당됨)

```
int fact(int n)
{
  if (n==0) return 1;
  return n * fact(n-1);
}

fact(3)
= 3 * fact(2)
      = 2 * fact(1)
            = 1 * fact(0)
            = 1 * 1 = 1
      = 2 * 1 = 2
= 3 * 2 = 6
```

```
int factR(int n, int r)
{
  if (n==0) return r;
  return factR(n-1, r*n);
}
fact(n) = factR(n,1)

fact(3) = factR(3,1)
= factR(2,1*3) = factr(2,3)
= factR(1,3*2) = factR(1,6)
= factR(0,6*1) = factR(0,6)
= 6
```

Ⅰ 함수형언어의 예 - 1

Lisp

- **최초의 함수형언어**
  - 최근 발전된 함수형언어의 개념을 반영하지 못함
- **명령형언어 형태의 프로그램을 작성할 수 있는 기능 지원**
  - 변수, assignment, 반복실행

Common Lisp

- **Lisp 계열의 모든 함수형언어가 지원하는 기능 대부분을 지원함**
  - 매우 방대하고 복잡한 언어가 됨 — Scheme과 반대
- **함수형언어 중에서 가장 널리 사용됨 (특히 인공지능 분야)**

Scheme

: 다음 강좌에서 자세히 다룰 것임

Ⅰ 함수형언어의 예 - 2

ML

- Static scope rule만 지원
- Strongly typed 언어임.
  - Type coercion(강제변환) 하지 않음
- Type이 지정되지 않은 변수에 type inferencing(type 추론) 적용
- Syntax가 명령형언어와 비슷함
  - infix 형태의 수식, `if-then-else` 구조

Haskell

: ML과 비슷함

- 함수가 polymorphic function(다형함수)일 수 있음

```
sum [] = 0
sum (h:T) = h + sum T    // h:head of a list, T:tail of a list
```

- Lazy evaluation (Eager evaluation이 아님)
  - 실제로 사용되지 않는 수식은 절대로 계산되지 않음
- Call-by-name을 구현할 수 있음
- 무한수열을 생성할 수 있음

```
positive = [0..]
evens = [2, 4..]
squares = [n * n | n <- [0..]]  ; [0, 1, 4, 9, ...]
```

평가하기

마지막으로 내가 얼마나 이해했는지를 한번 확인해 볼까요?

총 2문제가 있습니다.

START

평가하기 1

1. 함수형언어와 명령형언어를 비교한 것으로 가장 적당하지 않는 것은?

a. 함수형언어가 컴퓨터 hardware를 더 고려한다

b. 함수형언어가 수학의 특성을 더 잘 반영한다.

c. 함수형언어로 작성된 프로그램의 실행 속도가 더 느리다.

d. 함수형언어로 프로그램을 작성하기가 더 용이하다.

확인

평가하기 2

2. 함수형언어의 특성으로 적당하지 않은 것은?

a. 변수를 전혀 사용하지 않고 프로그램을 작성할 수 있다.
b. 함수의 결과로 return되는 값의 type에 제한이 없다.
c. 반복 실행이 프로그램 작성에 매우 많이 사용된다.
d. 순수한 함수형언어는 side-effect를 유발하지 않는다.

확인

정리하기

함수

- 수학적 함수
- Lambda Expression

Functional Form

- Function Composition
- Apply-to-all

함수형언어의 특성

- 수학적 함수와 최대한 비슷

Tail Recursion

- Function이 return하는 값이 단순 값이거나 단순 recursive call인 형태

함수형언어의 예

- Lisp, Common Lisp, Scheme, ML. Haskell

"강의를 마치겠습니다. 수고하셨습니다."