프로그래밍 언어론

Simple Subprogram의 구현

컴퓨터공학과
이만호

충남대학교
CHUNGNAM NATIONAL UNIVERSITY

Simple Subprogram 의 구현

학습목표

- Nested subprogram을 허용하지 않는 언어에서 subprogram의 구현 방법에 대해서 학습한다.

학습내용

- Subprogram의 호출과 복귀의 의미
- Simple Subprogram의 구현
- Run-Time Stack(실행시간스택)을 이용한 Subprogram의 구현

목 차

- **들어가기**
- **학습하기**
  - Subprogram 호출과 복귀의 의미
  - Simple Subprogram 구현하기
  - Run-time stack을 이용한 Subprogram의 구현
- **평가하기**
- **정리하기**

알고가기 1

Subprogram을 호출하는 호출자(caller)가 호출될 subprogram에게 전달할 수 있는 것이 아닌 것은?

a. Actual parameter의 값(value)/주소(address)
b. Actual parameter의 type
c. Return address(복귀주소)
d. 호출될 subprogram의 지역변수(local variables)

확인

Subprogram 호출(Call)과 Return(복귀)의 의미

Subprogram의 Call과 Return 작업 : Subprogram linkage(연결)라고 부른다.

Subprogram을 Call한다는 것의 의미

- Parameter passing(Parameter 전달)
- 지역변수(local variable)가 사용할 기억장소 할당
- 호출자(caller)의 실행 상태 저장 (register, CPU 상태, 실행 환경 등)
- Return(복귀)할 수 있는 방법을 알려 주어야 함
- 비지역변수(non-local variable)에 접근할 수 있는 방법을 알려 주어야 함
- 제어(control)를 subprogram 진입 지점(entry point)으로 넘김

Subprogram에서 Return한다는 것의 의미

- Out mode 또는 Inout mode의 parameter 값을 actual parameter에 전달
- 지역변수에 할당된 기억장소를 반납
- 호출자(caller)의 실행 상태를 복원(restore)
- 제어를 호출자의 return(복귀) 지점으로 넘김
- Subprogram이 함수이면, 호출자가 받을 수 있는 공간에 결과 값을 전달

Simple Subprogram 구현하기

Simple Subprogram이란

- Subprogram이 중첩되지 않음(not nested)
- 모든 지역변수는 static(정적)임
- 초기의 Fortran

Simple Subprogram을 호출하기

- 호출자의 실행상태를 저장 (기억 공간 필요)
- Actual parameter를 Formal parameter로 전달 (기억 공간 필요)
- Return할 주소를 피호출자(callee)에게 전달 (기억 공간 필요)
- 제어를 피호출자(callee)에게 넘김

Simple Subprogram에서 Return하기

- Parameter가 out mode나 inout mode이면, 그 값을 actual parameter로 전달
- Subprogram이 함수이면, 함수 값을 호출자(caller)에게 전달 (기억 공간 필요)
- 호출자(caller)의 실행상태를 복원
- 제어를 호출자(caller)에게 넘김

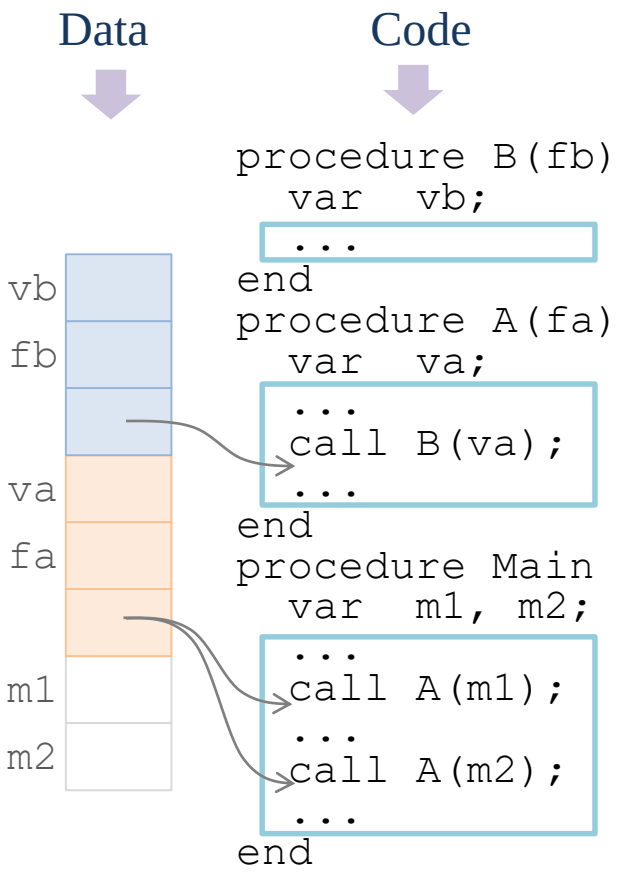
Simple Subprogram의 구성 요소

Code 부분

- Subprogram의 작업을 실행
- Subprogram 실행 과정에서 변하지 않음

Data 부분(non-code 부분)

- Formal parameter, 지역변수, Return address
- Subprogram 실행 과정에서 값이 변함
- 각 subprogram마다 하나씩 static하게 생성됨
  - Non-code 부분의 형식(format 또는 layout)을 Activation Record(활성레코드, AR)라고 함
  - Activation Record 형식에 따라 실제 data가 저장되는 기억장소를 Activation Record Instance(활성레코드 사례, ARI)라고 함
  - ARI의 크기는 지역변수 개수 및 parameter 개수에 따라 달라짐



AR:

Local variables
Parameters
Return address

Run-Time Stack을 이용한 Subprogram의 구현

Subprogram이 호출될 때마다 ARI를 Run-time stack(실행시간스택, RTStack)에 할당

- ARI를 RTStack에 할당해 주고, 필요한 정보를 ARI에 저장해 주는 code를 compiler가 생성해 주어야 한다.
- Subprogram의 Recursive call(재귀호출)이 가능해진다.
  - Subprogram code는 하나
  - Subprogram code가 실행되면서 사용하는 ARI는 여러 개

AR(활성레코드)에 필요한 정보

- 지역변수(local variables)
- Formal parameters
- **Static link(정적링크)**
- **Dynamic link(동적링크)**
- Return address(복귀주소)

AR:

Local variables
Parameters
Static link
Dynamic link
Return address

※ **Static link는 block 구조를 지원하는 언어에서만 필요**

Run-Time Stack(RTStack)의 구조

Top pointer

- RTStack의 가장 꼭대기 주소

Environment Pointer(환경포인터, EP)

- 현재 실행중인 subprogram이 사용하고 있는 ARI의 밑바닥 주소

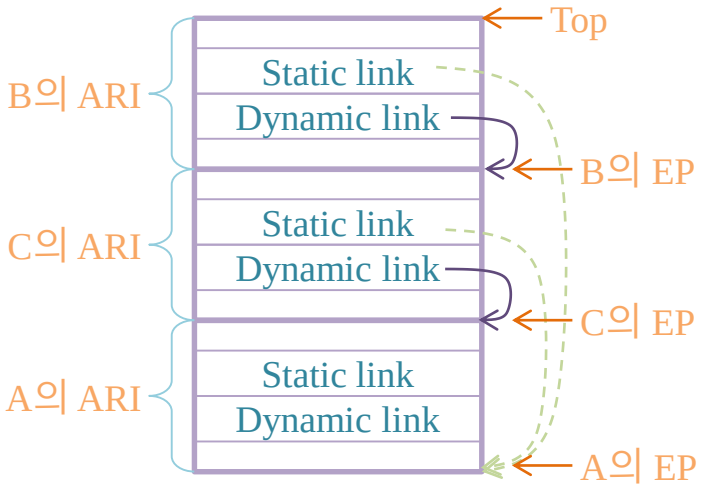
Static Link(정적링크)

- 해당 ARI를 사용하고 있는 subprogram의 static parent(정적부모)가 사용하고 있는 ARI의 밑바닥 주소

Dynamic Link(동적링크)

- 해당 ARI를 사용하고 있는 subprogram을 호출한 subprogram이 사용하고 있는 ARI의 꼭대기 주소
- Dynamic chain(동적체인, 호출체인, call chain)을 구성한다.

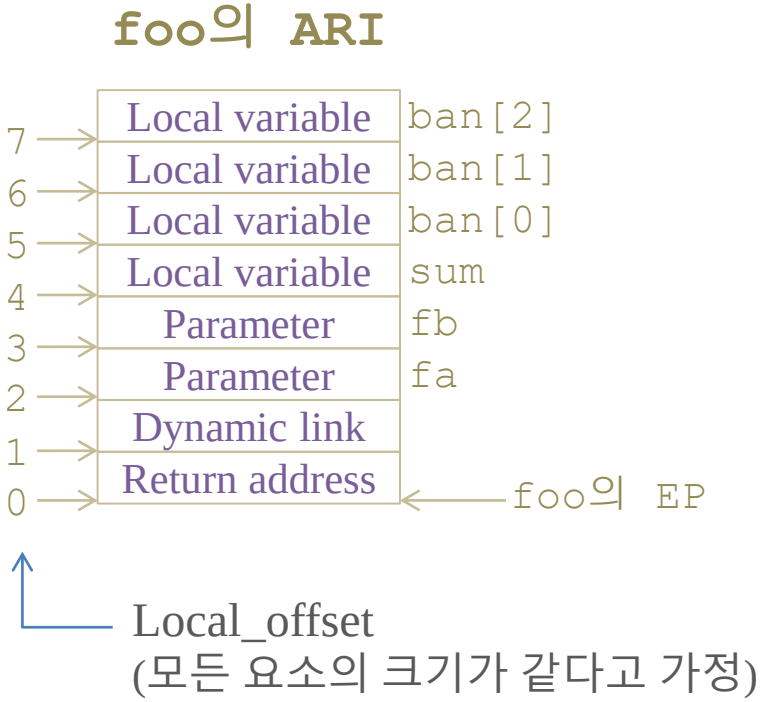
```
proc A(…)
   ...
   proc B(…)
      ...
   end
   proc C(…)
      ...
      call B(…);
      ...
   end
   ...
   call C(…);
   ...
end
```



C 함수의 ARI

```
void foo(int fa, int fb)
{
   int  sum, ban[3];
   ...
}
```

함수 foo가 호출되면
그림과 같은 ARI가
RTStack에 생성된다.



C 언어는 block 구조를 지원하지 않으므로 Static link는 필요 없다.

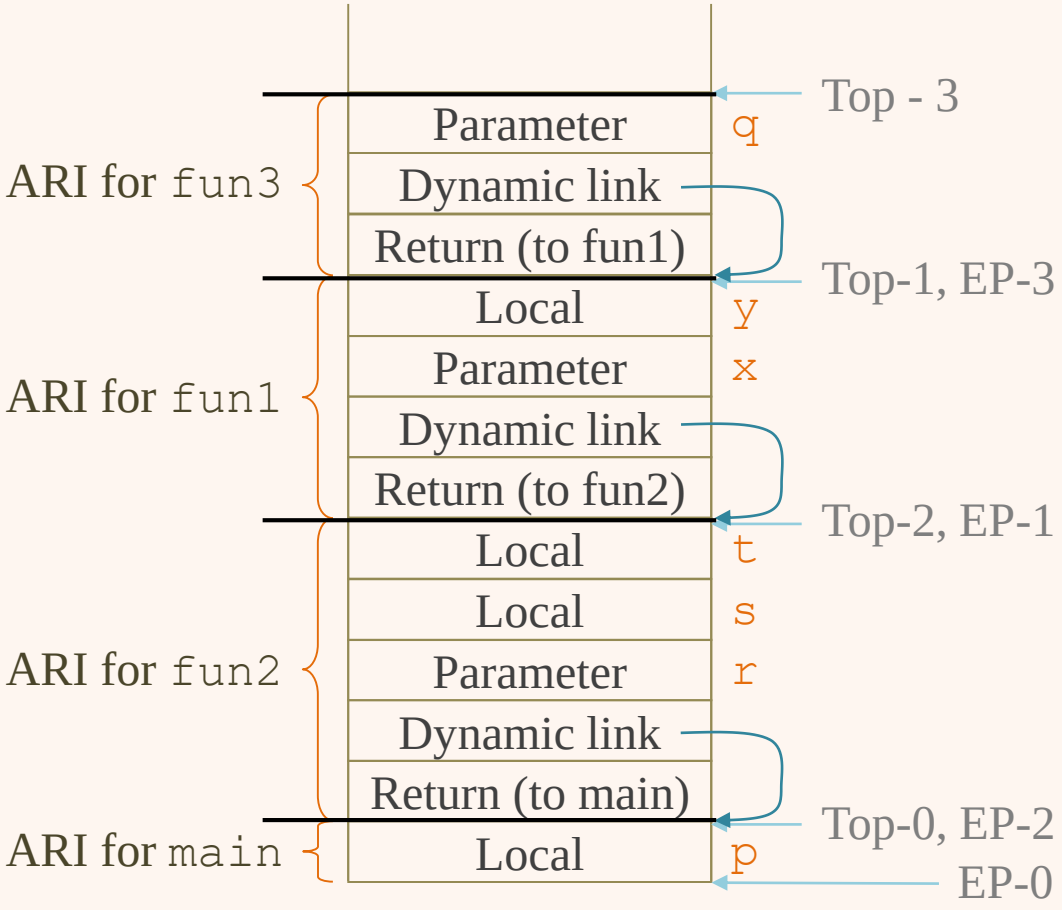
Recursive Call이 없는 경우의 RTStack

```
void fun1(int x) {
  int y;
  ...          <-- 1
  fun3(y);
  ...
}

void fun2(float r) {
  int s, t;
  ...          <-- 2
  fun1(s);
  ...
}

void fun3(int q) {
  ...          <-- 3
}

void main() {
  float p;
  ...          <-- 0
  fun2(p);
  ...
}
```

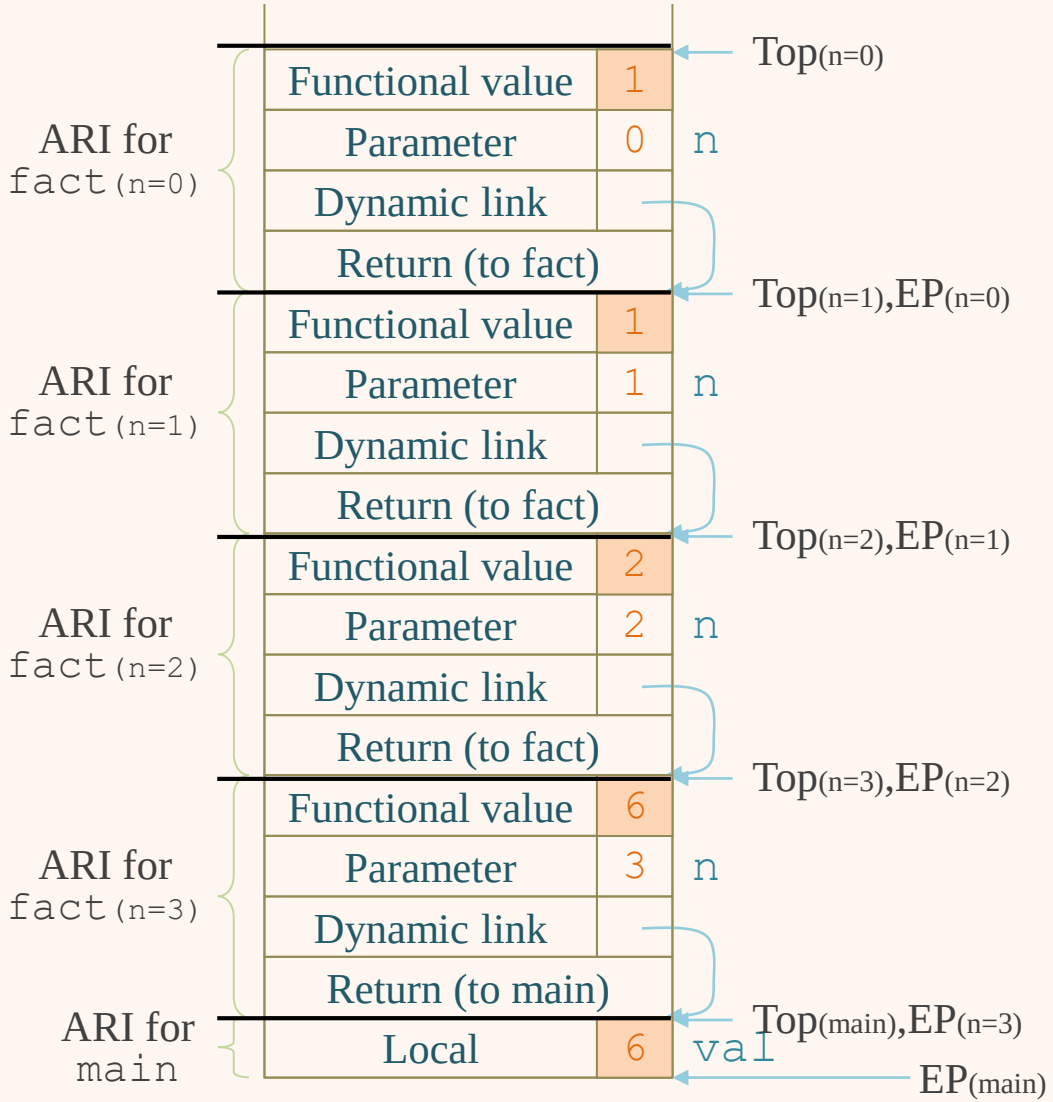


Recursive Call이 있는 경우의 RTStack

$$n! = \begin{cases} 1 & \text{if } n=0 \\ n * (n-1)! \end{cases}$$

```
int fact(int n) {
    <---------------1
  if (n == 0)
    return 1;
  else
    return n*fact(n-1);
    <---------------2
}
void main() {
  int val;
  val = fact(3);
    <---------------3
}
```

함수는 결과값 하나를 return해야 하므로 ARI에 결과값을 위한 장소 하나가 추가된다.



평가하기

마지막으로 내가 얼마나 이해했는지를 한번 확인해 볼까요?

총 2문제가 있습니다.

START

평가하기 1

1. Subprogram의 중첩(nesting)을 허용하지 않는 언어에서, subprogram의 activation record(활성레코드, AR)에 포함되지 않는 것은?

a. Subprogram의 지역변수 (local variables)

b. Subprogram의 formal parameters

c. Static link(정적링크)

d. 호출한 subprogram으로의 return address(복귀주소)

확인

평가하기 2

2. Activation record instance(활성레코드사례, ARI)에 관한 설명으로 맞지 않는 것은?

a. 한 subprogram이 실행될 때마다 생성되는 ARI의 형식은 항상 같다.

b. 한 subprogram이 실행될 때마다 생성되는 ARI의 내용은 다를 수 있다.

c. Procedure에 대응되는 ARI의 구성요소와 함수에 대응되는 ARI의 구성요소는 같다.

d. 한 subprogram에 대해서 한 시점에 여러 개의 ARI가 존재할 수 있다.

확인

정리하기

Subprogram 호출과 Return의 의미

- Subprogram을 호출할 때 이루어지는 작업
- Subprogram에서 복귀할 때 이루어지는 작업

Simple Subprogram

- Subprogram 중첩(nested)이 허용되지 않음
- 모든 지역변수는 Static(정적)임

Activation Record(AR)와 Activation Record Instance(ARI)

- AR은 형식(format)
- ARI는 subprogram이 실행될 때 AR 형식으로 생성됨

Top과 Environment Pointer(EP)

- Top: Run-Time Stack의 꼭대기 주소
- EP: Subprogram이 실행될 때 사용하는 ARI의 밑바닥 주소

Dynamic link(동적링크)

- ARI를 사용하는 subprogram의 호출자의 ARI의 꼭대기 주소

"강의를 마치겠습니다. 수고하셨습니다."