Clickseo.com

C Programming

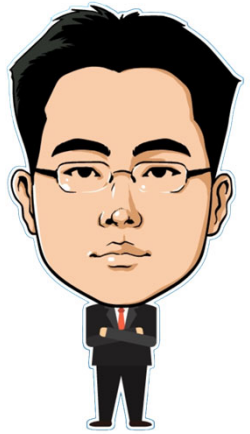
함수

(Functions)

Seo, Doo-Ok

Clickseo.com

clickseo@gmail.com



목 차

백문이불여일타(百聞而不如一打)

- 함수의 이해
- 저장 공간 분류
- 함수와 포인터
- 재귀 함수

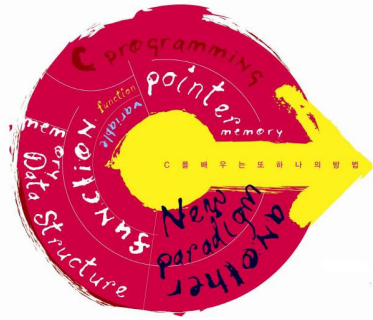
함수의 이해

- **함수의 이해**

백문이불여일타(百聞而不如一打)

  - 사용자 정의 함수

- 저장 공간 분류
- 함수와 포인터
- 재귀 함수



함수의 이해 (1/2)

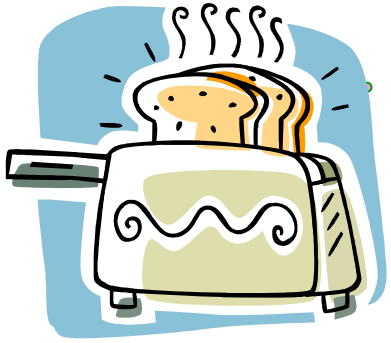
- **함수란 무엇인가?**

"함수는 필요한 데이터를 주면 정해진 행동을 하고
원하는 값을 만들어서 돌려준다"

"잘 정의된 일을 처리하는 기본 단위"

데이터만 주면,
내가 그 모든 값의 평균을
구해주지

나에게 식빵을 주면,
구운 식빵을 만들어 드리죠!!



나에게 정수 2개만 주면,
그 곱을 만들어 주겠어!!

함수의 이해 (2/2)

왜 함수를 사용하는가?

분할과 정복(Divide-and Conquer)

- 어떤 문제를 해결하기 위해 여러 개의 작은 문제로 쪼개는 것

프로그램의 작성이 용이

- 반복적인 일을 수행하는 경우 원시파일의 크기를 줄일 수 있다.

(장점) 함수 단위로 프로그램 구성 시...

- **모듈화:** 함수 호출을 통한 프로그램 간략화
  - **함수 재 사용성**을 통한 프로그램 구성의 편리성
- **표준 함수 이용**을 통한 프로그램 구현의 용이성
- **함수 단위 데이터 접근** 방법(변수의 지역성)을 통해 자료에 대한 제어의 용이성

함수의 이해

사용자 정의 함수

사용자 정의 함수 (1/5)

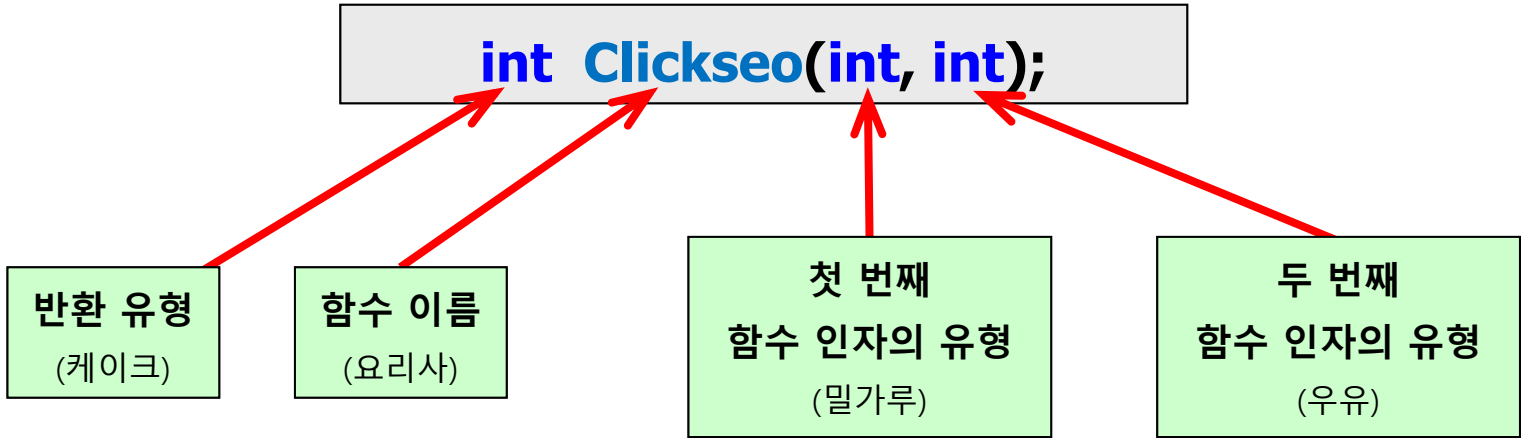
- **사용자 정의 함수:** 함수 원형 선언 및 정의

1. 함수 원형 선언

- 컴파일러에게 함수의 이름과 반환 값의 유형(Return Type) 그리고 함수 인자의 유형들을 알려준다.

2. 함수 정의

- 함수에 대한 코드를 생성하는 작업
- 함수의 구성요소(함수 헤더, 함수 몸체)



사용자 정의 함수 (2/5)

- **사용자 정의 함수:** 함수 호출

3. 함수 호출

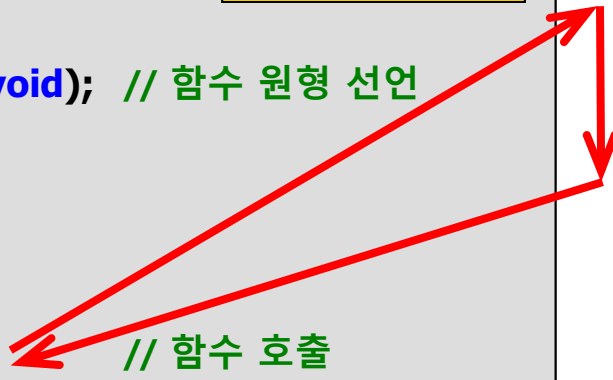
- 호출 함수와 피호출 함수

호출 함수

```
#include <stdio.h>

void  OUTPUT(void);  // 함수 원형 선언

int main(void)
{
    OUTPUT();        // 함수 호출

    return 0;
}
```

피호출 함수

```
// 함수 정의
void  OUTPUT(void)   {
    printf("Hello World!!!");
}
```



사용자 정의 함수 (3/5)

- 단일 함수로 프로그램 작성

```
#include <stdio.h>
int main(void)
{
        int         a, b, sum;

        scanf_s("%d %d", &a, &b);
        // scanf("%d %d", &a, &b);

        sum = a + b;

        printf("%d + %d = %d₩n", a, b, sum);

        return 0;
}
```

a, b의 두 정수를 더하는 명령행을 하나의 함수로 작성

사용자 정의 함수 (4/5)

- 여러 개의 함수로 프로그램 작성

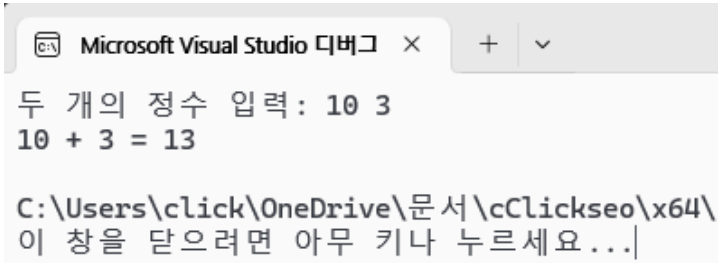
```
#include <stdio.h>
int  ADD( int,  int );

int main(void)
{
        int         a, b, sum;

        scanf_s("%d %d", &a, &b);
        // scanf("%d %d", &a, &b);

        sum = ADD(a, b);

        printf("%d + %d = %d₩n", a, b, sum);

        return 0;
}
```

```
int ADD(int a, int b)  {
        int         sum;
        sum = a + b;
        return sum;
}
```

사용자 정의 함수 (5/5)

예제 5-1: 사용자 정의 함수 -- ADD 함수

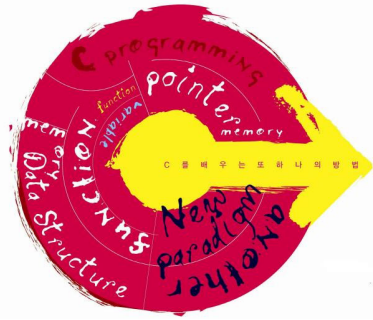
```c
#include <stdio.h>

// 함수 원형 선언
int  ADD(int, int);

int main(void)
{
        int     a, b, sum;

        printf("두 개의 정수 입력: ");
        scanf_s("%d %d", &a, &b);              // scanf("%d %d", &a, &b);

        // 함수 호출: ADD 함수
        sum = ADD(a, b);
        printf("%d + %d = %d\n", a, b, sum);

        return 0;
}

// 함수 정의: ADD 함수
int ADD(int a, int b)       {
        int       sum = a + b;
        return sum;                  // return a + b;
}
```



저장 공간 분류

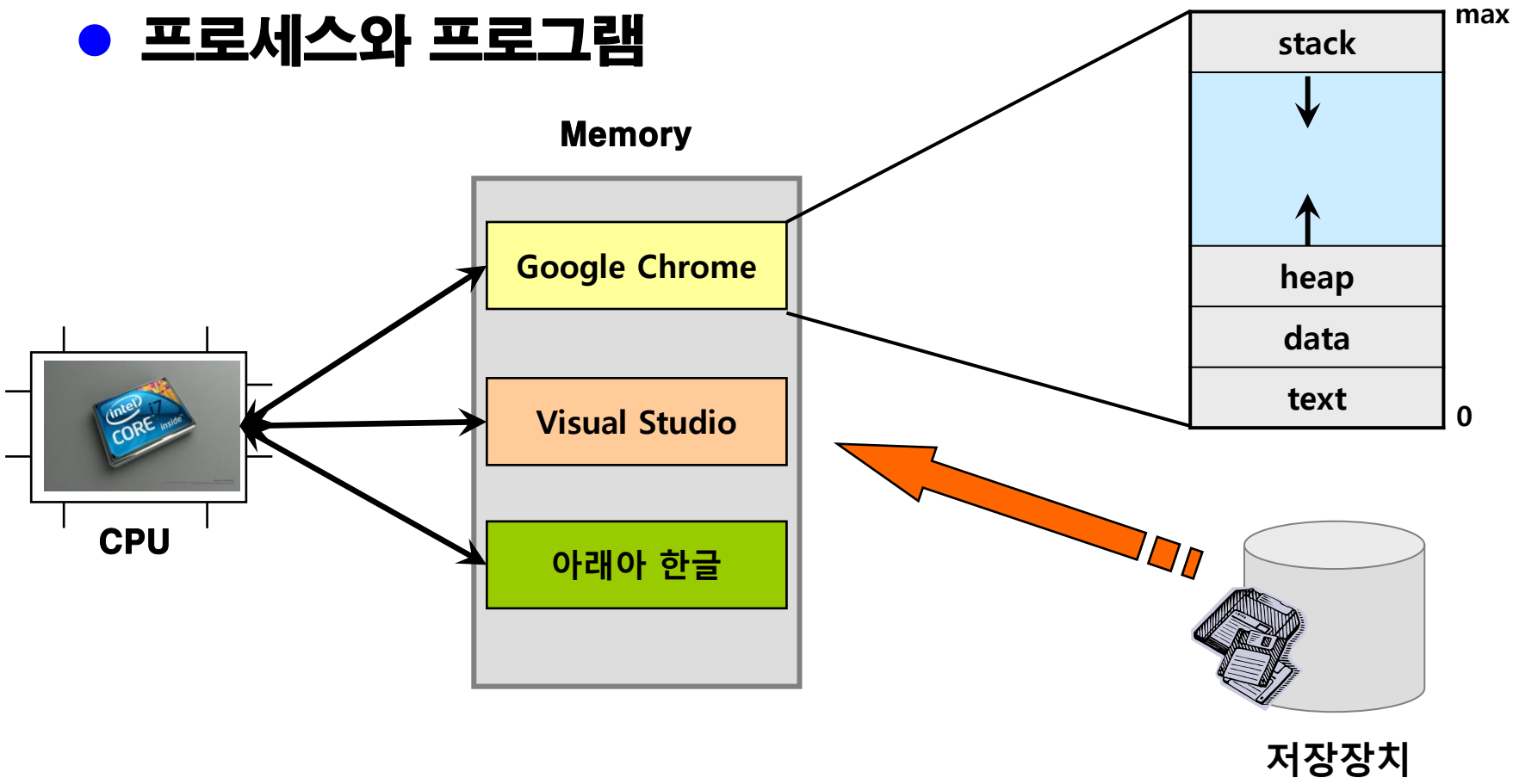
- 함수의 이해
- **저장 공간 분류**
  - 지역 변수와 전역 변수
  - 자동 변수와 정적 변수
  - 외부 변수
  - 레지스터 변수
- 함수와 포인터
- 재귀 함수

백문이불여일타(百聞而不如一打)



저장 공간 분류 (1/2)

- 프로세스와 프로그램



프로세스: 운영체제에서 프로세스는 **"실행중인 프로그램"**

프로그램: 컴퓨터를 실행시키기 위해 차례대로 작성된 **"명령어 집합"**

저장 공간 분류 (2/2)

- 기억 장소 활용에 따른 변수의 종류

변수의 종류	예약어	생존 기간	유효 범위	초기화	초기화 값
자동 변수	(auto)	일시적	지역적	수행 시	임의 값
레지스터 변수	register				
(내부) 정적 변수	static	영구적	지역적	컴파일 시	0
(외부) 정적 변수			전역적		
외부 변수	(extern)				

저장 공간 분류

지역 변수, 전역 변수

지역 변수와 전역 변수 (1/5)

● 지역 변수(Local Variable)

❍ 함수 또는 블록 안에 정의된 변수

- 사용 범위가 함수 내부로 제한(블록 안에서만 참조 가능)
- **함수 호출 시 생성**(메모리 할당)**되고, 함수 종료 시 소멸**(메모리 반납)
  - 자동변수(automatic variable)
- **서로 다른 함수에 같은 변수 이름 사용 가능**
- 예: **auto**, **register**, 함수 내부에서 선언 된 **static**

❍ 지역 변수의 초기화

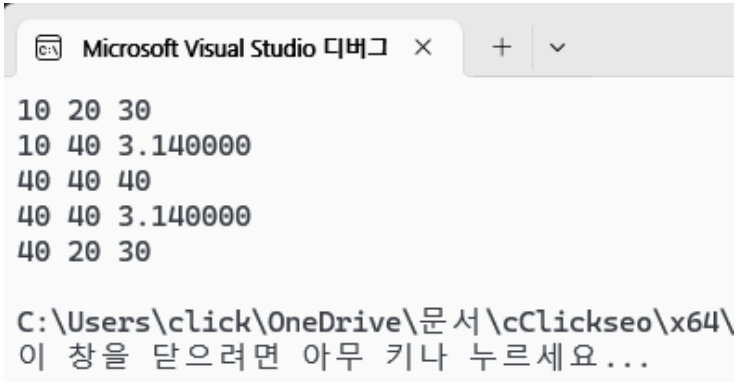
- **함수가 호출될 때마다 메모리를 할당 받고, 종료 시 메모리 반납**
  - 초기화를 하지 않은 지역 변수는 임의의 값을 가진다.

"지역 변수는 함수가 호출될 때 메모리 상에 올라갔다가(메모리 할당),
함수가 종료되면 메모리상에서 사라진다(메모리 반납)."

지역 변수와 전역 변수 (2/5)

예제 5-2: 지역 변수

```c
#include <stdio.h>
int main(void)
{
        int     a = 10, b = 20, c = 30;

        printf("%d %d %d\n", a, b, c);
        {
                int     b = 40;
                double  c = 3.14;
                printf("%d %d %f\n", a, b, c);

                a = b;
                {
                        int     c;
                        c = b;
                        printf("%d %d %d\n", a, b, c);
                }
                printf("%d %d %f\n", a, b, c);
        }
        printf("%d %d %d\n", a, b, c);
        return 0;
}
```



지역 변수와 전역 변수 (3/5)

● 전역 변수(Global Variable)

❍ 모든 함수가 함께 사용(공유)하는 변수

- 함수 외부에서 선언
- **프로그램 시작 시 생성**(메모리 할당)**되고, 프로그램 종료 시 소멸**(메모리 반납)
- **같은 이름의 전역 변수는 하나 이상 사용할 수 없다.**
- 예: **extern**, 함수 외부에서 선언 된 **static**

❍ 전역 변수의 초기화

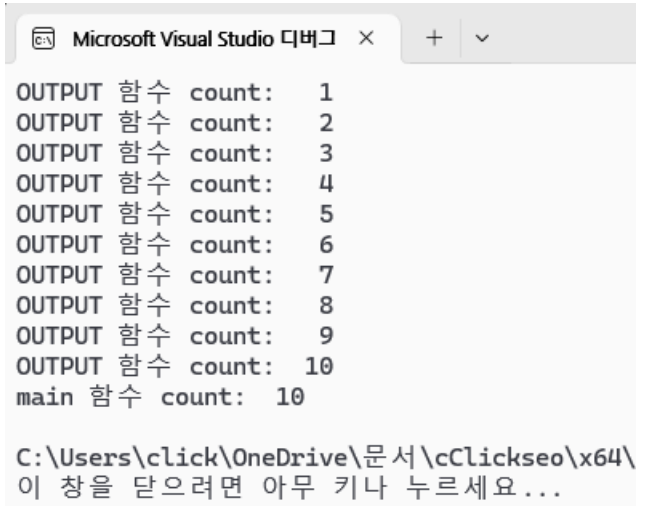
- **프로그램 시작 시 초기화되고, 프로그램 종료 시까지 값을 유지한다.**
  - **초기값을 지정하지 않은 경우 0 으로 자동 초기화된다.**

"전역 변수와 정적 변수의 사용은 최대한 피해야 한다"

지역 변수와 전역 변수 (4/5)

예제 5-3: 전역 변수

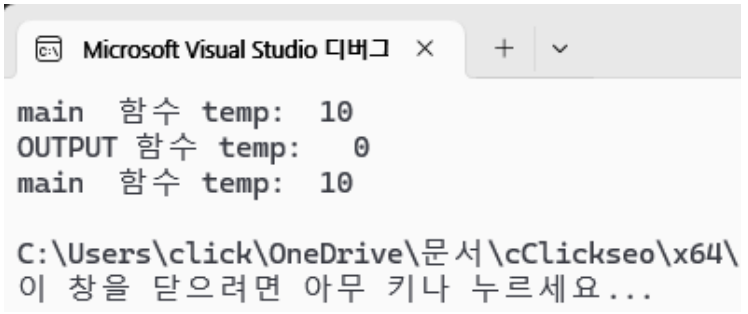
```c
#include <stdio.h>
void OUTPUT(void);

// 전역변수
int     count;
int main(void)
{
        for(int i=0; i<10; ++i)
                OUTPUT();
        printf("main 함수 count: %3d\n", count);
        return 0;
}

void OUTPUT(void)       {
        count++;
        printf("OUTPUT 함수 count: %3d\n", count);
}
```



지역 변수와 전역 변수 (5/5)

예제 5-4: 동일한 이름의 전역 변수와 지역 변수

```c
#include <stdio.h>
void OUTPUT(void);

// 전역변수: temp
int     temp;

int main(void)
{
        // 지역변수: temp
        int     temp = 10;

        printf("main 함수 temp: %3d\n", temp);
        OUTPUT();
        printf("main 함수 temp: %3d\n", temp);
        return 0;
}

void OUTPUT(void)       {
        printf("OUTPUT 함수 temp: %3d\n", temp);
}
```



"지역 내에서는 지역 변수가 전역 변수보다 우선 시 된다."

저장 공간 분류

자동 변수, 정적 변수

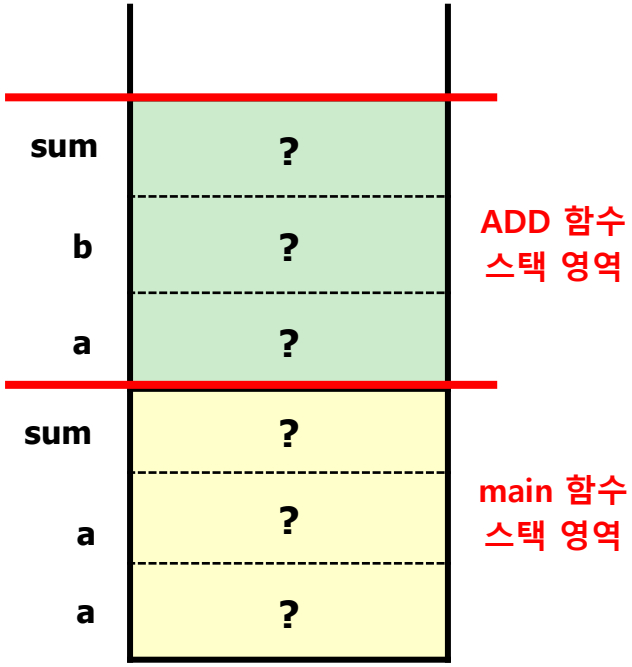
자동 변수와 정적 변수 (1/3)

● 자동 변수(Auto Variable)

```
auto  자료형  변수명;
```

- ❍ 선언된 블록 범위 안에서 자동 생성되고 자동 반납된다.
  - 지역 변수의 또 다른 표현
    - 예: 함수 내부에서 선언되는 지역변수, 매개변수
  - **스택 사용:** 선언만 하고 초기화 하지 않으면 임의의 값을 갖는다.

```
#include <stdio.h>
int ADD(int a, int b);
int main(void)
{
        auto  int     a=10,  b=20, sum;
        sum  = ADD(a, b);
        return 0;
}

int ADD(int a, int b)     {
        int           sum;
        sum  = a + b;
        return sum;
}
```



자동 변수와 정적 변수 (2/3)

● 정적 변수(Static Variable)

```
static 자료형 변수명;
```

❍ 프로그램 종료 전까지 할당 받은 메모리 공간을 유지한다.

- 정적 변수의 초기화
  - 프로그램 시작 시 초기화되며, 프로그램 종료 시 까지 유지된다.
  - 초기값을 지정하지 않을 경우 자동 초기화 된다.

❍ 지역 정적 변수

- **함수 내부에서 선언되며, 해당 함수 안에서 사용 되는 지역변수**
  - **지역 변수의 값을 프로그램 종료 시 까지 유지하기 위해 사용**
  - 함수 종료 후에도 소멸(메모리 반납)되지 않으며, 다시 함수 호출 시 그 직전의 값을 참조

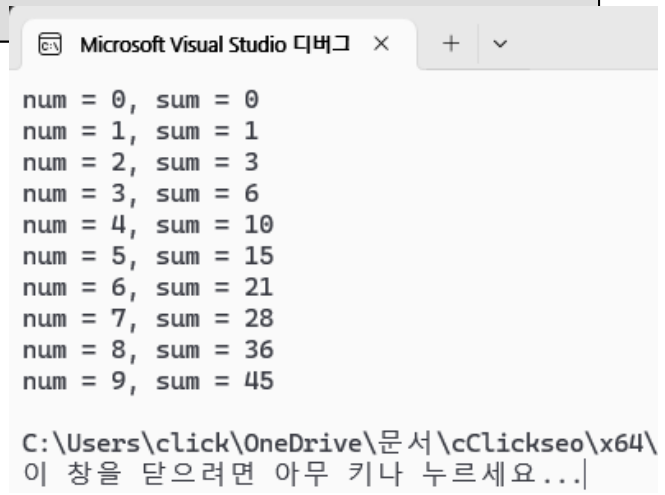
❍ 전역 정적 변수

- 함수 외부에서 선언되며, 전역변수로 사용 되는 정적 변수
  - **정적 변수를 전역 변수로 사용하는 경우 다른 파일에서 접근 불가**

자동 변수와 정적 변수 (3/3)

예제 5-5: 정적 변수

```c
#include <stdio.h>

void SUM(int);

int main(void)
{
        for(int i=0; i<10; ++i)
                SUM(i);

        // Error : 'sum' : undeclared identifier
        // printf("i = %d, sum = %d \n", i, sum);
        return 0;
}

void SUM(int num)       {
        // (지역)정적변수: 처음 함수 호출 시 한 번만 초기화
        static int      sum = 0;
        sum += num;
        printf("num = %d, sum = %d \n", num, sum);
}
```



저장 공간 분류

외부 변수, 레지스터 변수

외부 변수

● 외부 변수(Extern Variable)

❍ 다른 파일에 정의 된 전역변수를 선언만 하고 사용

- **별도의 기억 장소 할당 없이 기존의 변수와 기억 장소 공유**
  - 변수의 영향력이 가장 넓다: **남용은 금물!!!**

- **외부 변수의 장점**
  - 매개 변수처럼 전달이 불필요하며, 시간이 소비되지 않으므로 보다 효율적이다.
  - 변수들의 종류 중에서 통용 범위가 가장 넓고 생존기간이 영구적이다(모든 파일).

- **외부 변수의 단점**
  - 프로그램을 크고 복잡하게 만들어 부작용의 위험성
  - 함수 인수의 주고 받음이 불분명: **함수 간의 독립성 상실**
  - 외부 변수를 남용하면 모듈 간의 자료결합이 강하게 되어 프로그램의 구조를 해치게 되므로 생산성이 저하된다: **함수 간의 강결합성**

extern 자료형 변수명;

1) **프로그램 전체를 총괄하는 변수**
2) **프로그램 전체의 상황을 기억하는 변수**

와 같은 경우에 사용한다(반드시 그러해야 되는 것은 아니지만...).

레지스터 변수 (1/2)

- **레지스터 변수(Register Variable)**
  - 메모리가 아닌 CPU의 레지스터에 저장되는 변수
    - 처리 속도가 빠르지만, 사용 가능한 레지스터 개수는 제한된다.
      - 보통 2,3 개 정도만 레지스터 변수로 사용 가능하다.
      - 주의: 레지스터 변수에 주소 연산자(&)는 사용할 수 없다.
    - **자동변수**와 기능적으로 동일하다.

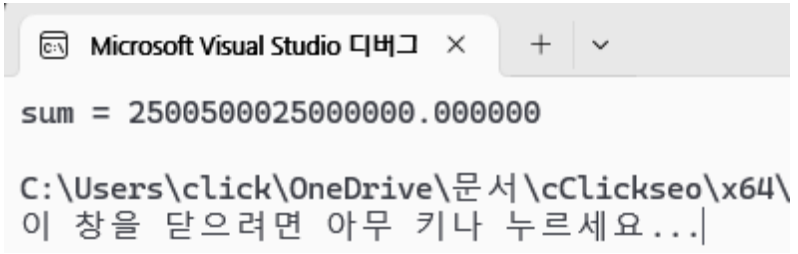
```
register  자료형  변수명;
```

  - 사용 가능한 데이터 형 또한 char, int, 포인터 형으로 제한된다.
    - 외부 변수나 정적 변수는 레지스터 변수로 정의할 수 없다.

레지스터 변수 (2/2)

예제 5-6: 레지스터 변수

```c
#include <stdio.h>
int main(void)
{
        double sum = 0;

        // 레지스터 변수
        register int      i, j;
        for(i=0; i<=10000; ++i) {
                for(j=0; j<=10000; ++j)
                        sum += i * j;
        }
        printf("sum = %f \n", sum);

        return 0;
}
```

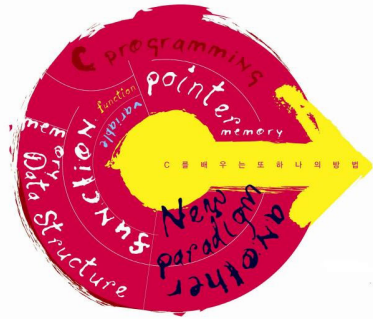


함수와 포인터

- 함수의 이해

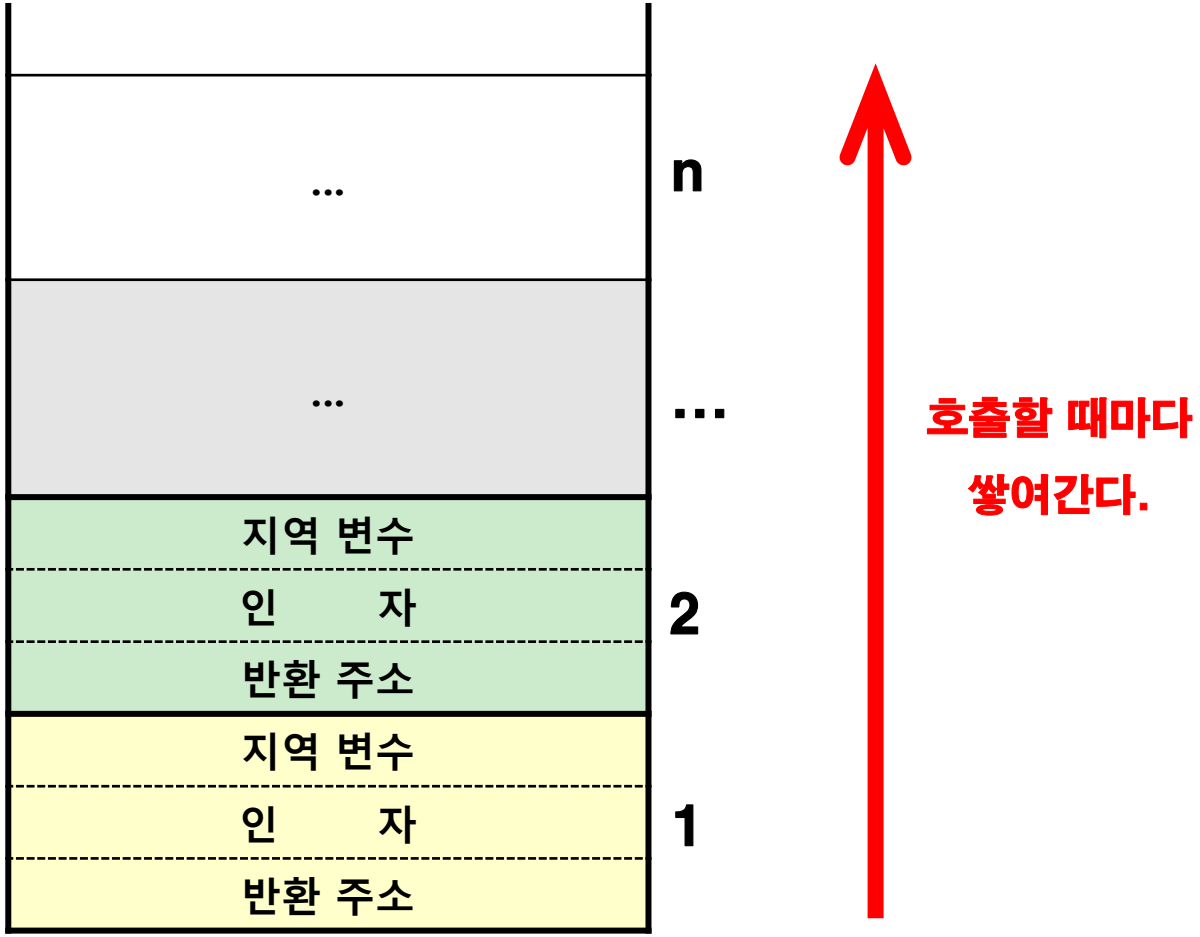
백문이불여일타(百聞而不如一打)

- 저장 공간 분류
- **함수와 포인터**
  - 함수 호출
  - 함수 포인터
- 재귀 함수



함수 호출 (1/4)

- 함수 호출 시 스택 상태

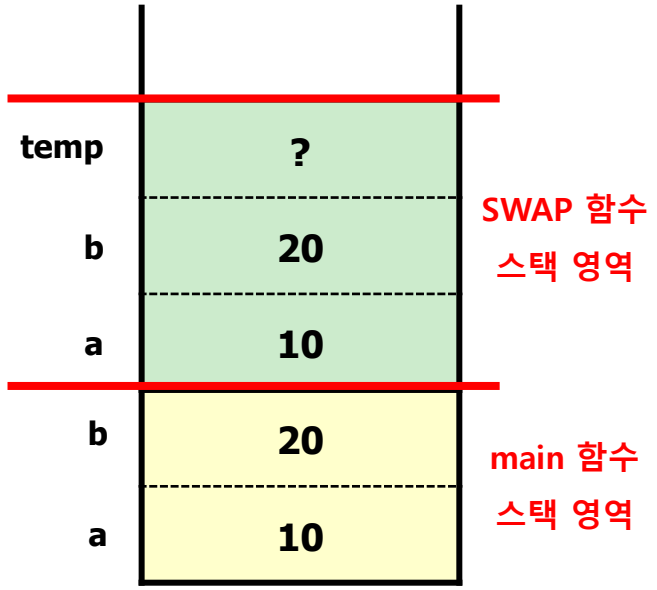


함수 호출 (2/4)

예제 5-7: 값에 의한 전달 -- pass by Value

```
#include <stdio.h>

void SWAP(int, int);

int main(void)
{
        int     a = 10, b = 20;

        printf("호출 전: a = %d, b = %d \n", a, b);
        SWAP(a, b);
        printf("호출 후: a = %d, b = %d \n", a, b);

        return 0;
}

void SWAP (int a, int b)        {
        int       temp;
        temp = a;
        a = b;
        b = temp;
}
```

```
Microsoft Visual Studio 디버그
호출 전: a = 10, b = 20
호출 후: a = 10, b = 20

C:\Users\click\OneDrive\문서\cClickseo\x64\
이 창을 닫으려면 아무 키나 누르세요...
```

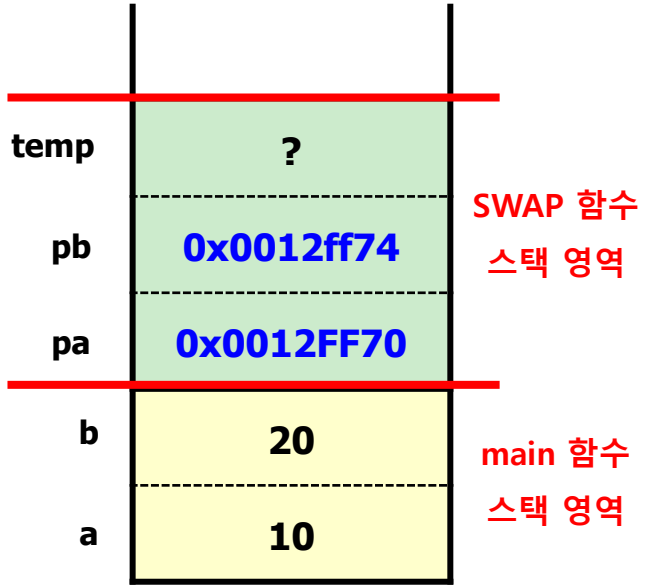


함수 호출 (3/4)

예제 5-8: 주소에 의한 전달 -- pass by Address

```
#include <stdio.h>

void SWAP(int*, int*);

int main(void)
{
        int     a = 10, b = 20;

        printf("호출 전: a = %d, b = %d \n", a, b);
        SWAP(&a, &b);
        printf("호출 후: a = %d, b = %d \n", a, b);

        return 0;
}

void SWAP (int* pa, int* pb)     {
        int       temp;
        temp = *pa;
        *pa = *pb;
        *pb = temp;
}
```

```
Microsoft Visual Studio 디버그
호출 전: a = 10, b = 20
호출 후: a = 20, b = 10

C:\Users\click\OneDrive\문서\cClickseo\x64\
이 창을 닫으려면 아무 키나 누르세요...
```

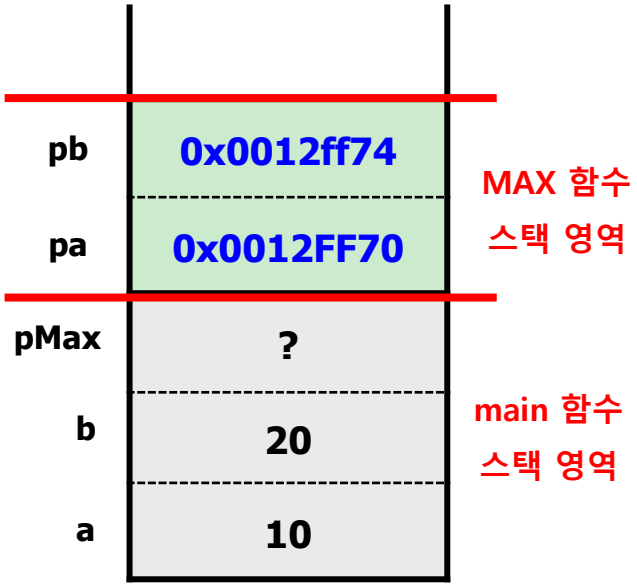


함수 호출 (4/4)

예제 5-9: 포인터(메모리 주소)를 반환 값으로 갖는 함수

```
#include <stdio.h>

int*    MAX(int*, int*);

int main(void)
{
        int     a = 10, b = 20;
        int*    pMax;

        pMax = MAX(&a, &b);

        printf("비교 데이터: %d, %d \n", a, b);
        printf("\n최대값: %d \n", *pMax );

        return 0;
}

int*    MAX(int* pa, int* pb)   {
        return  *pa > *pb ? pa : pb;
}
```

```
Microsoft Visual Studio 디버그
비교 데이터: 10, 20

최대값: 20

C:\Users\click\OneDrive\문서\cClickseo\x64\
이 창을 닫으려면 아무 키나 누르세요...
```



함수와 포인터

함수 포인터

함수 포인터 (1/3)

- **함수 포인터(Function Pointer): 간접 호출**
  - 함수를 가리킬 수 있는 포인터
    - 자주 사용되는 함수의 주소를 배열에 저장해 두고 호출하면 속도가 빨라진다.
    - 잘 쓰이지는 않지만, 수치해석이나 그래픽 같은 분야에서 사용

```
#include <stdio.h>

int ADD(int, int);

int main(void)
{
        int a = 10, b = 20, sum = 0;
        int (*p)(int, int) = ADD;     // 함수 포인터 변수 선언 및 초기화

        sum = p(a, b);     // 함수 포인터를 이용한 함수 호출(간접 호출)
        printf("%d + %d = %d \n", a, b, sum);

        return 0;
}

int ADD( int a, int b ) {
        return a + b;
}
```

함수 포인터 (2/3)

예제 5-10: 함수 포인터와 사칙 연산 계산 함수 (1/2)

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>   // exit

int     ADD(int, int);
int     SUB(int, int);
int     MUL(int, int);
int     DIV(int, int);
int     CAL(int, int, int(*)(int, int) );

int main(void)
{
        char    op;
        int     a, b, res;

        printf("수식 입력(예: 10 + 20) : ");
        scanf_s("%d %c %d", &a, &op, (int)sizeof(op), &b);
        // scanf("%d %c %d", &a, &op, &b);

        switch( op )   {
                case '+': res = CAL(a, b, ADD);         break;
                case '-': res = CAL(a, b, SUB);         break;
                case '*': res = CAL(a, b, MUL);         break;
                case '/': res = CAL(a, b, DIV);         break;
                default: printf("지원되지 않는 연산자!!!\n");
                        return 0;
        }
        printf("수식 결과: %d %c %d = %d \n", a, op, b, res);
        return 0;
}
```

```
Microsoft Visual Studio 디버그
수식 입력(예: 10 + 20) : 10 + 3
수식 결과: 10 + 3 = 13

C:\Users\click\OneDrive\문서\cClickseo\x64\
이 창을 닫으려면 아무 키나 누르세요...
```

함수 포인터 (3/3)

예제 5-10: 함수 포인터와 사칙 연산 계산 함수 (2/2)

```
int     CAL( int a, int b, int(*funcPtr)(int, int) ) {
        int     res;

        // 함수 포인터를 이용한 간접 호출
        res = funcPtr( a, b );

        return res;
}
```

```
int ADD(int a, int b) {       return a + b;         }
int SUB(int a, int b) {       return a - b;         }
int MUL(int a, int b) {       return a * b;         }

int DIV(int a, int b) {
        if(b == 0)     {
                printf("Error: 나눗셈 입력 오류!!!\n");
                printf("\t 0 으로 나눌 수 없습니다.\n");
                exit(0);
        }
        return a / b;
}
```

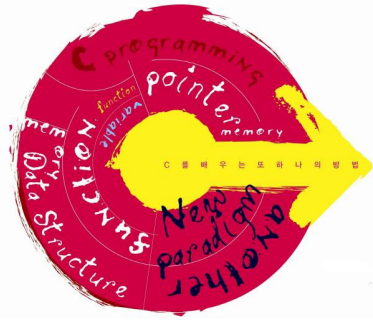
```
Microsoft Visual Studio 디버그
수식 입력(예: 10 + 20) : 10 + 3
수식 결과: 10 + 3 = 13

C:\Users\click\OneDrive\문서\cClickseo\x64\
이 창을 닫으려면 아무 키나 누르세요...
```

재귀 함수

- 함수의 이해

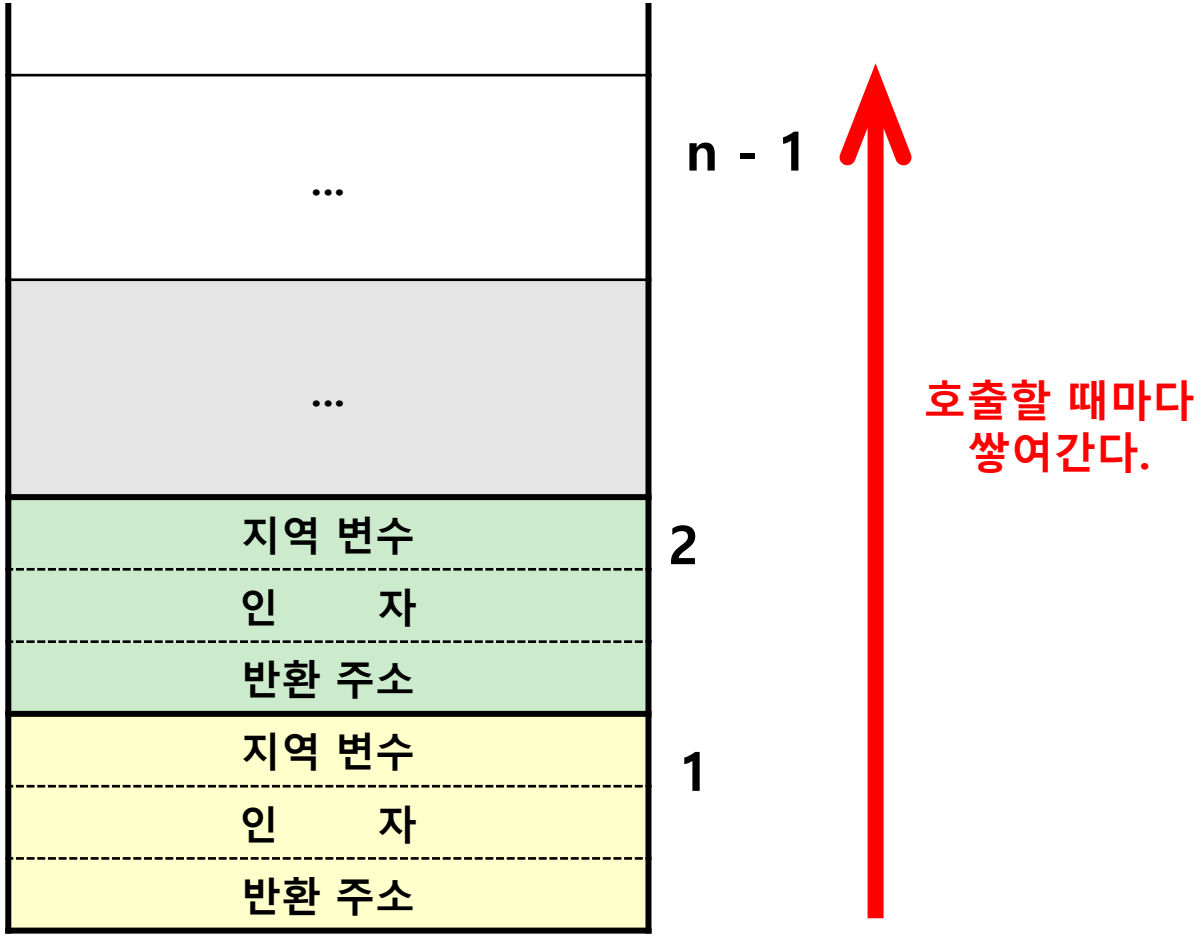
백문이불여일타(百聞而不如一打)

- 저장 공간 분류
- 함수와 포인터
- **재귀 함수**
  - 반복적.재귀적 용법
  - 피보나치 수열



재귀 함수 (1/3)

- 재귀 함수 호출 시 스택 상태



재귀 함수 (2/3)

● 재귀 함수(Recursive Function)

❍ 자기 자신의 함수를 호출 함으로써, 반복적인 처리를 하는 함수

- 재귀 함수 안에서 사용하는 변수는 **지역변수**(자동변수)
- 재귀 함수의 인수들은 **값에 의한 전달**(pass by Value) 방식으로 전달된다.

- **주의: 반드시 탈출**(종료) **조건 명시!!!**
  - **Stack Overflow 오류 발생 주의!!!**

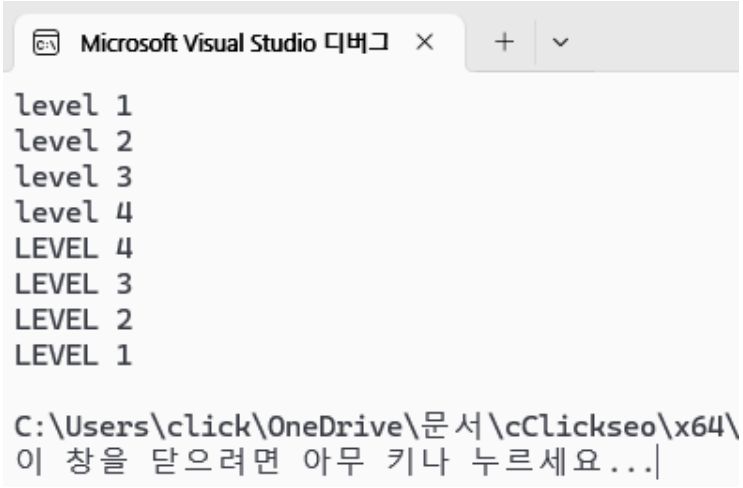
- **장점**
  - 코드가 훨씬 간결 해지며, 프로그램을 보기가 쉽다.
  - 또한 프로그램 오류 수정이 용이하다.

- **단점**
  - 코드 자체를 이해하기 어렵다.
  - 또한 메모리 공간을 많이 요구한다.

재귀 함수 (3/3)

예제 5-11: 재귀 함수

```c
#include <stdio.h>

void OUTPUT(int);

int main(void)
{
        OUTPUT(1);
        return 0;
}

// 재귀 함수
void OUTPUT(int num) {
        printf("level %d \n", num);
        if(num < 4)                    // 재귀 함수 탈출(종료) 조건
                OUTPUT(num+1);
        printf("LEVEL %d \n", num);
}
```



재귀 함수

반복적.재귀적 용법

반복적.재귀적 용법 (1/3)

- **재귀적 해법**
  - 큰 문제에 닮음 꼴의 작은 문제가 깃든다.
  - **잘 쓰면 보약, 잘못 쓰면 맹독**
    - 관계중심으로 파악함으로써 문제를 간명하게 볼 수 있다.
    - **재귀적 해법을 사용하면 심한 중복 호출이 일어나는 경우가 있다.**
  - **재귀적 해법이 바람직한 예**
    - **계승(factorial)** 구하기
    - 퀵 정렬, 병합 정렬 등의 정렬 알고리즘
    - 그래프의 깊이 우선 탐색(DFS, Depth First Search)
  - **재귀적 해법이 치명적인 예**
    - **피보나치 수** 구하기
    - 행렬 곱셈 최적순서 구하기

반복적.재귀적 용법 (2/3)

- **반복적 정의**
  - 반복 함수가 반복적으로 정의된다.
    - 함수 정의는 매개변수를 포함하나 함수 자체는 포함하지 않는다.

$$\text{factorial}(n) = \begin{cases} 1 & \text{if } n = 0 \\ n * (n-1) * (n-2) \ldots 3 * 2 * 1 & \text{if } n > 0 \end{cases}$$

$\Theta(n)$

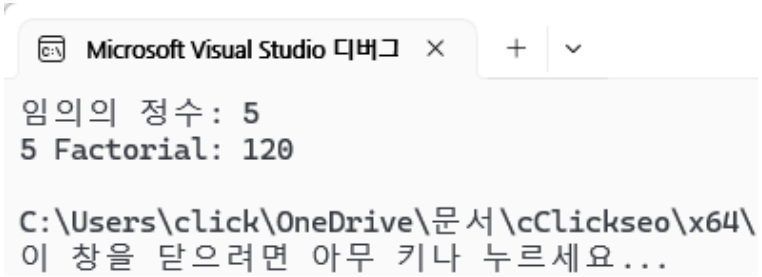
- **재귀적 정의**
  - 함수가 자기 자신을 포함한다.

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

반복적.재귀적 용법 (3/3)

예제 5-12: 계승(Factorial) 구하기

```c
#include <stdio.h>
int Factorial(int num);
int main(void)
{
        int     num;

        printf("임의의 정수: ");
        scanf_s("%d", &num);
        // scanf("%d", &num);

        printf("%d Factorial: %d \n", num, Factorial(num) );
        return 0;
}
```




```c
// 계승(Factorial) 구하기: 재귀적 용법
int Factorial(int num)   {
        if(num == 0)                    // 재귀함수 탈출(종료) 조건
                return 1;
        return num * Factorial (num - 1);
}
```

```c
// 계승(Factorial) 구하기: 반복적 용법
int Factorial(int num)          {
        int         res = 1;
        for (int i = 1; i <= num; ++i)
                res  =  res  *  i;
        return  res;
}
```

재귀 함수

반복적.재귀적 용법: 알고리즘 분석

반복적.재귀적 용법: 알고리즘 분석 (1/2)

- **수학적 알고리즘: 1부터 10까지의 합 구하기**
  - 1부터 10까지의 합을 구하는 문제를 해결하는 세 가지 알고리즘
    1. 1부터 10까지의 숫자를 직접 하나씩 더한다.

$$1 + 2 + 3 + \ldots + 10 = 55$$

    2. 두수의 합이 10이 되도록 숫자들을 그룹화하여, 그룹의 계수에 10을 곱하고 남은 숫자 5를 더한다.

$$(0 + 10) + (1 + 9) + (2 + 8) + (3 + 7) + (4 + 6) + 5 = 10 \times 5 + 5 = 55$$

    3. 공식을 이용하여 계산할 수도 있다.

$$10 \times (1 + 10) / 2 = 55$$

최선의 알고리즘은 어떻게 찾을 것인가?

반복적.재귀적 용법: 알고리즘 분석 (2/2)

예제 5-13: 1부터 n까지의 합

```c
#include <stdio.h>
int SUM(int num);
int main(void)
{
        int     num;

        printf("임의의 정수 입력: ");
        scanf_s("%d", &num);          // scanf("%d", &num);

        printf("1부터 %d까지의 합: %d\n", num, SUM(num));
        return 0;
}
```

```
Microsoft Visual Studio 디버그
임의의 정수 입력: 10
1부터 10까지의 합: 55

C:\Users\click\OneDrive\문서\cClickseo\x64\
이 창을 닫으려면 아무 키나 누르세요...
```

```c
// 1부터 n까지의 합: 재귀적 용법

int SUM(int num) {
        if(num < 0)
                return 0;
        return num + SUM(num - 1);
}
```

알고리즘 분석

$$sum(n) = 1 + 2 + 3 + \cdots + (n-1) + n$$

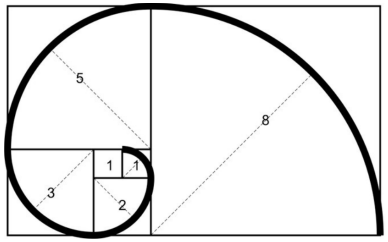
```c
// 1부터 n까지의 합: 반복적 용법
int SUM(int num) {
        int         tot = 0;
        for (int i = 1; i < num + 1; ++i)
                tot += i;
        return tot;                          # O(n)
        // return num * (num+1) / 2          # O(1)
}
```

재귀 함수

피보나치 수열

피보나치 수열 (1/3)

- **피보나치 수열(Fibonacci Sequence)**
  - 피보나치(Fibonacci)
    - 1,200년 경에 활동한 이탈리아 수학자



"토끼 한 마리가 매년 새끼 한 마리를 낳는다.
새끼는 한 달 후부터 새끼를 낳기 시작한다.
최초 토끼 한 마리가 있다고 하면...
한 달 후에 토끼는 두 마리가 되고 두 달 후에는 세 마리가 되고..."

```
// 재귀적 용법: 피보나치 수열
Fibonacci(num)
{
        if (num = 1 or num = 2)
                then  return  1;
        else
                return (Fibonacci(num - 1) + Fibonacci(num - 2));
}
```

$$f_n = f_{n-1} + f_{n-2} (n \geq 3)$$
$$f_1 = f_2 = 1 (n = 1,2)$$

"아주 간단한 문제지만...
동적 프로그래밍의 동기와 구현이 다 포함되어 있다."

피보나치 수열 (2/3)

연습문제 5-14: 피보나치 수열 -- 재귀적 용법

```c
#include <stdio.h>
int Fibo(int num);
int main(void)
{
        int     num;

        printf("### 피보나치 수열 구하기 ### \n\n");
        printf("몇 번째 수열까지 출력할까요:");
        scanf_s("%d", &num);                    // scanf ("%d", &num);

        for (int i=1; i<=num; ++i) {
                if (i % 5)      printf("%8d", Fibo(i) );
                else            printf("%8d\n", Fibo(i) );
        }
        printf("\n");
        return 0;
}
```

```c
// 피보나치 수열: 재귀적 용법
int Fibo(int num) {
        // 재귀 함수: 탈출 조건
        if (num == 1 || num == 2)
                return 1;
        return Fibo(num - 1) + Fibo(num - 2);      // O(2^n)
}
```

```
Microsoft Visual Studio 디버그
### 피보나치 수열 구하기 ###

몇 번째 수열까지 출력할까요: 35
       1       1       2       3       5
       8      13      21      34      55
      89     144     233     377     610
     987    1597    2584    4181    6765
   10946   17711   28657   46368   75025
  121393  196418  317811  514229  832040
 1346269 2178309 3524578 5702887 9227465

C:\Users\click\OneDrive\문서\cppClickseo\x64\
이 창을 닫으려면 아무 키나 누르세요...
```

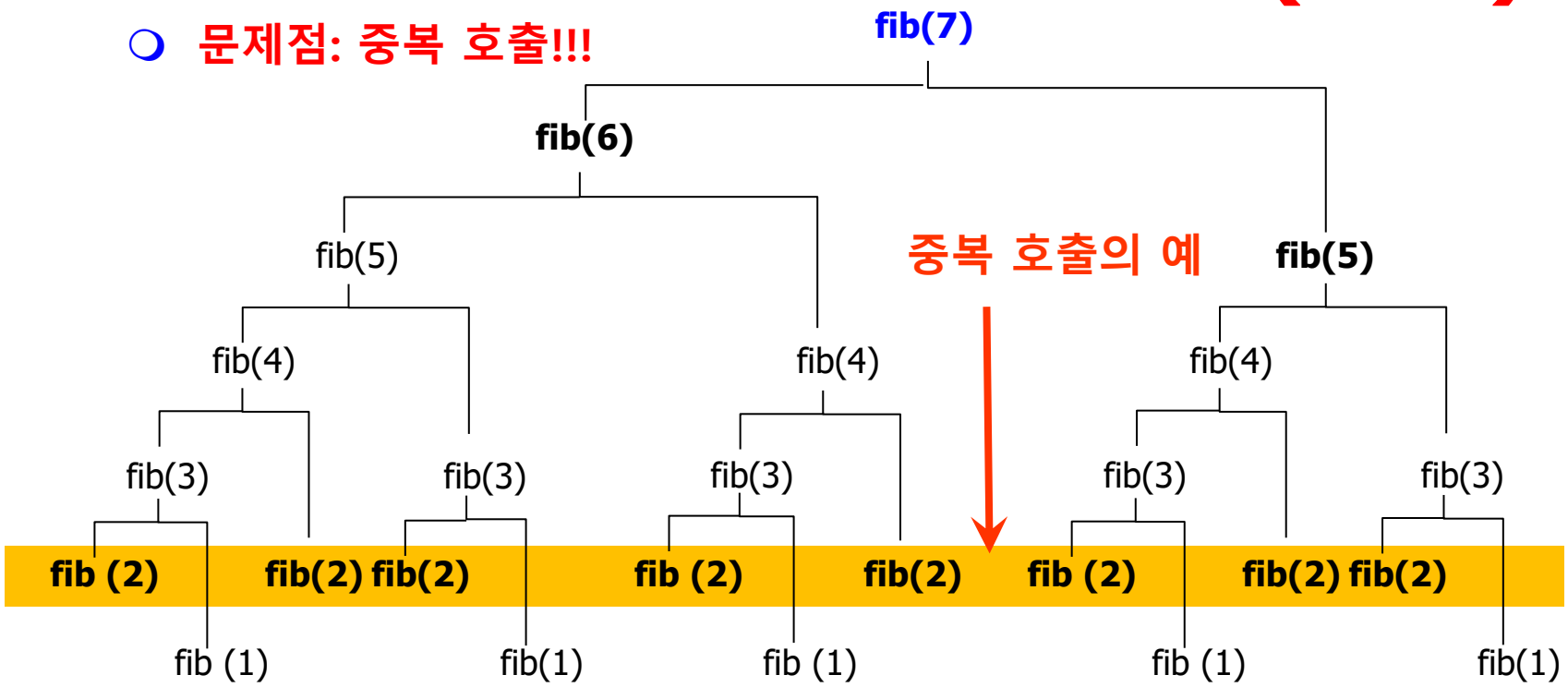
```
Microsoft Visual Studio 디버그
### 피보나치 수열 구하기 ###

몇 번째 수열까지 출력할까요: 35
       1       1       2       3       5
       8      13      21      34      55
      89     144     233     377     610
     987    1597    2584    4181    6765
   10946   17711   28657   46368   75025
  121393  196418  317811  514229  832040
 1346269 2178309 3524578 5702887 9227465
35번째 피보나치 수열 계산 시간: 0.198

C:\Users\click\OneDrive\문서\cppClickseo\x64\
이 창을 닫으려면 아무 키나 누르세요...
```

피보나치 수열 (3/3)

- **피보나치 수열:** 재귀적 용법

O(2^n)

  - 문제점: 중복 호출!!!



"엄청난 중복 호출이 존재한다."

--> 재귀적 알고리즘은 지수함수에 비례하는 시간이 든다.

재귀 함수

피보나치 수열: 동적 프로그래밍

피보나치 수열: 동적 프로그래밍 (1/5)

● 동적 프로그래밍의 적용 조건

❍ 최적 부분 구조(Optimal Substructure)

- **큰 문제의 해답에 그보다 작은 문제의 해답이 포함되어 있다.**
  - 최적 부분 구조를 가진 문제의 경우에는 재귀 호출을 이용하여 문제를 풀 수 있다.

❍ 재귀 호출 시 중복(overlapping recursive calls)

- 재귀적으로 구현했을 때 중복 호출로 심각한 비효율이 발생한다.

동적 프로그래밍이 그 해결책 !!!

❍ 위의 두 성질이 있는 문제에 대해 적절한 저장 방법으로 중복 호출의 비효율을 제거한 것을 동적 프로그래밍이라고 한다.

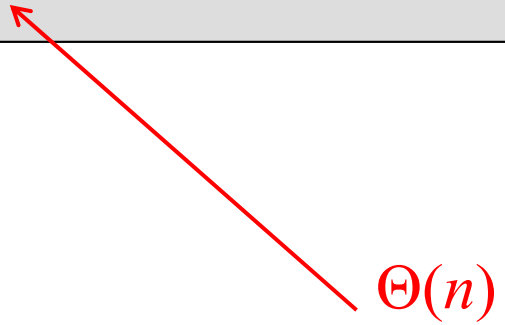
피보나치 수열: 동적 프로그래밍 (2/5)

- **피보나치 수열:** 동적 프로그래밍 알고리즘

```
Fibonacci(n)
{
    f[1] ← f[2] ← 1;
    for i ← 3 to n
        f[i] ← f[i - 1] + f[i - 2];

    return f[n];
}
```

fibo

1	1	?	?	?	?	?




```
Fibonacci(n)
{
    first ← second ← 1;
    for i ← 3 to n
        res ← first + second;
    return res;
}
```

피보나치 수열: 동적 프로그래밍 (3/5)

연습문제 5-14: 피보나치 수열 -- 동적 프로그래밍 (1/2)

```
// 피보나치 수열: 동적 프로그래밍 -- (1) 동적 배열: 동적 메모리 할당
int  Fibo(int num) {
        // 재귀 함수: 탈출 조건
        if(num == 1 || num == 2)
                return 1;

// 동적 배열: 동적 메모리 할당
// int* pArr = (int*)realloc(NULL, num * sizeof(int));
// int* pArr = (int*)malloc(num * sizeof(int));
        int* pArr = (int*)calloc(num, sizeof(int));
        if (pArr == NULL) {
                printf("메모리 할당 실패!!!\n");
                exit(100);
        }

        // pArr[0] = pArr[1] = 1;
        *pArr = *(pArr + 1) = 1;

        int     i, temp;
        for(i=2; i < num; ++i)
                *(pArr + i) = *(pArr + i - 1) + *(pArr +i - 2);
        temp = *(pArr + i - 1);
        free(pArr);

        return temp;
}
```

```
Microsoft Visual Studio 디버그
### 피보나치 수열 ###

몇 번째 수열까지 출력할까요: 35
      1       1       2       3       5
      8      13      21      34      55
     89     144     233     377     610
    987    1597    2584    4181    6765
  10946   17711   28657   46368   75025
 121393  196418  317811  514229  832040
1346269 2178309 3524578 5702887 9227465

35 번째 피보나치 수열 계산 시간: 0.004000 초

C:\Users\click\OneDrive\문서\cClickseo\x64\Debug\
이 창을 닫으려면 아무 키나 누르세요...
```

```
Fibonacci(n)
{
   f[1] ← f[2] ← 1;
   for i ← 3 to n
      f[i] ← f[i-1] +f[i-2];
   return f[n];
}
```

피보나치 수열: 동적 프로그래밍 (4/5)

연습문제 5-14: 피보나치 수열 -- 동적 프로그래밍 (2/2)

```
// 피보나치 수열: 동적 프로그래밍 -- (2) 일반 변수
int  Fibo(int  num) {
        if(num == 1 || num == 2)
                return 1;

        // 일반 변수: first, second, res
        int     first = 1, second = 1, res = 0;
        for(int i=2; i<num; ++i) {
                res  =  first  +  second;
                first = second;
                second  =  res;
        }
        return res;
}
```

```
Microsoft Visual Studio 디버그
### 피보나치 수열 ###

몇 번째 수열까지 출력할까요: 35
       1       1       2       3       5
       8      13      21      34      55
      89     144     233     377     610
     987    1597    2584    4181    6765
   10946   17711   28657   46368   75025
  121393  196418  317811  514229  832040
 1346269 2178309 3524578 5702887 9227465

35 번째 피보나치 수열 계산 시간: 0.002000 초

C:\Users\click\OneDrive\문서\cClickseo\x64\Debug\
이 창을 닫으려면 아무 키나 누르세요...
```

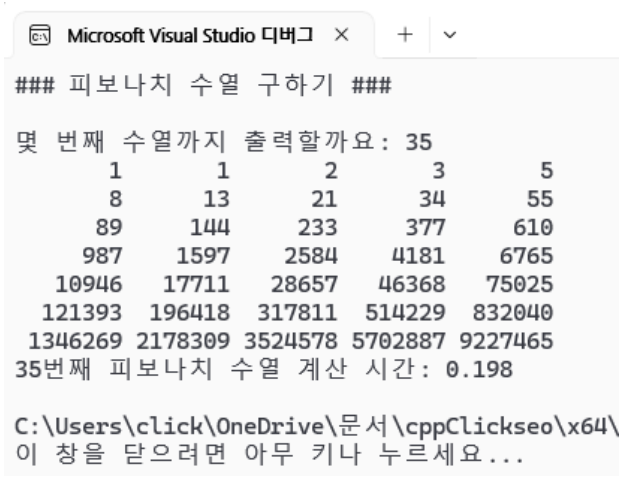
```
Fibonacci(n)
{
   first ← second ← 1;
   for i ← 3 to n
      res ← first + second;
   return res;
}
```

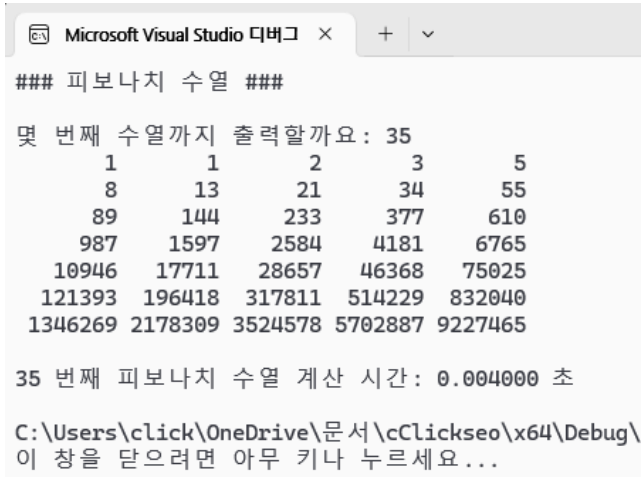
피보나치 수열: 동적 프로그래밍 (5/5)

- **피보나치 수열: 성능 평가**
  - 피보나치 수열
    - 각 수는 앞선 두 수의 합인 일련의 수열이다.
    - 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, ...

$$f_n = f_{n-1} + f_{n-2} (n \geq 3)$$
$$f_1 = f_2 = 1 (n = 1,2)$$

  - 피보나치 수열을 재귀적 용법과 비 재귀적 용법으로 각각 구현하여, 두 가지 방식의 성능을 비교하였다.





재귀적 용법 **비재귀적 용법**

참고문헌

[1] 서현우, “혼자 공부하는 C 언어: 1:1 과외 하듯 배우는 프로그래밍 자습서”, 한빛미디어, 2023.

[2] Paul Deitel, Harvey Deitel, "C How to Program", Global Edition, 8/E, Pearson, 2016.

[3] Kamran Amini, 박지윤 번역, “전문가를 위한 C : 동시성, OOP부터 최신 C, 고급 기능까지!”, 한빛미디어, 2022.

[4] 서두옥, “(열혈강의) 또 하나의 C : 프로그래밍은 셀프입니다”, 프리렉, 2012.

[5] Behrouz A. Forouzan, Richard F. Gilberg, 김진 외 7인 공역, “구조적 프로그래밍 기법을 위한 C”, 도서출판 인터비젼, 2004.

[6] Brian W. Kernighan, Dennis M. Ritchie, 김석환 외 2인 공역, “The C Programming Language”, 2/E, 대영사, 2004.

[7] "C reference", cppreference.com, 2024 of viewing the site, https://en.cppreference.com/w/c.