

C 언어 EXPRESS(개정3판)



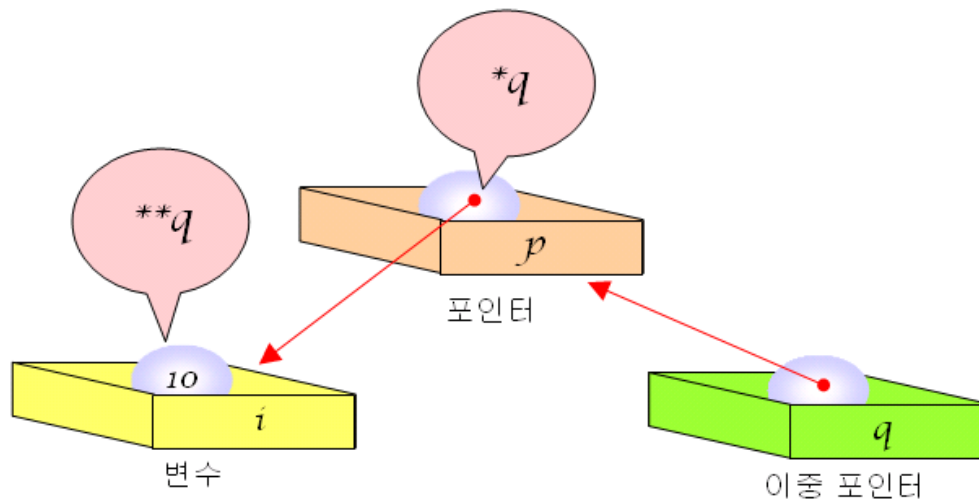
제 14장 포인터 활용



이중 포인터

- 이중 포인터(double pointer) : 포인터를 가리키는 포인터

```
int i = 10;           // i는 int형 변수  
int *p = &i;          // p는 i를 가리키는 포인터  
int **q = &p;         // q는 포인터 p를 가리키는 이중 포인터
```

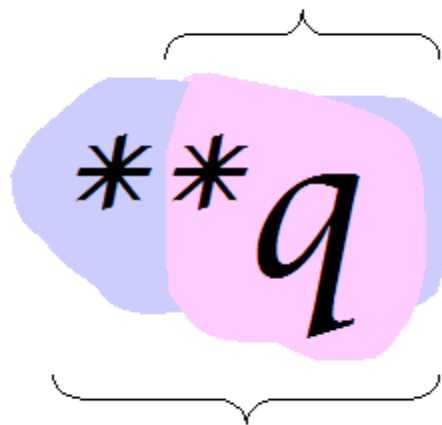




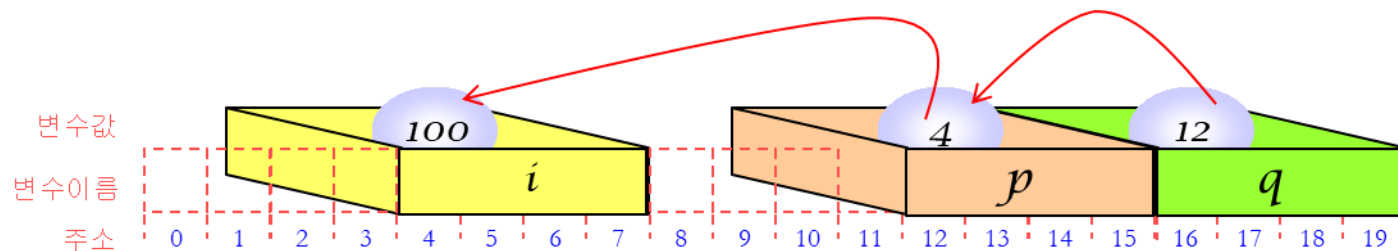
이중 포인터

- 이중 포인터의 해석

q가 가리키는 위치의 내용



*q가 가리키는 위치의 내용





이중 포인터

// 이중 포인터 프로그램

#include <stdio.h>

int main(void)

{

int i = 100;

int* p = &i;

int** q = &p;

*p = 200;

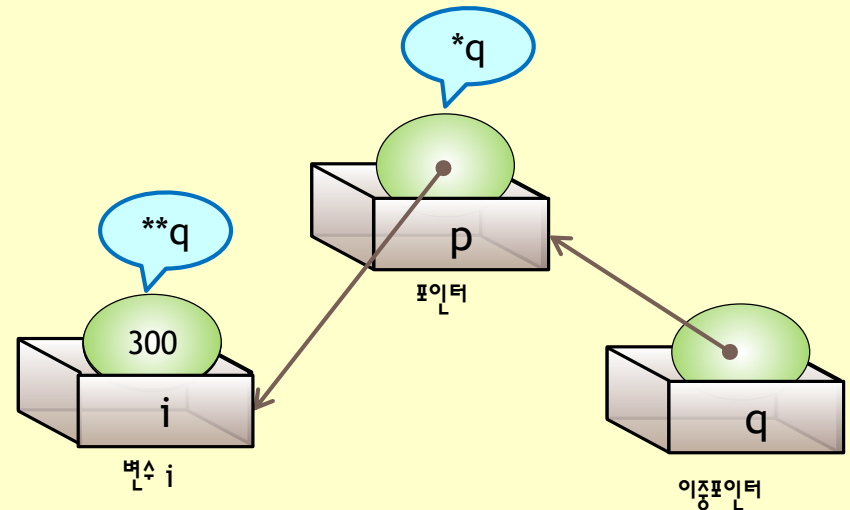
printf("i=%d\n", i);

**q = 300;

printf("i=%d\n", i);

return 0;

}



i=200

i=300



예제 #2

```
#include <stdio.h>
```

```
void set_pointer(char** q);
```

```
int main(void)
```

```
{
```

```
    char* p;
```

```
    set_pointer(&p);
```

```
    printf("오늘의 격언: %s \n", p);
```

```
    return 0;
```

```
}
```

```
void set_pointer(char** q)
```

```
{
```

```
    *q = "All that glitters is not gold.";
```

```
}
```

포인터 p의 값을 함수
에서 변경하려면 주소
를 보내야 한다.

오늘의 격언: All that glitters is not gold



중간 점검

1. double형 포인터를 가리키는 이중 포인터 dp를 선언하여 보자.
2. char c; char *p; char **dp; p = &c; dp = &p;와 같이 정의되었을 때 **dp은 무엇을 가리키는가?





포인터 배열

- *포인터 배열(array of pointers)*: 포인터를 모아서 배열로 만든것

① [] 연산자가 * 연산자보다 우선 순위가 높으므로 ap는 먼저 배열이 된다.

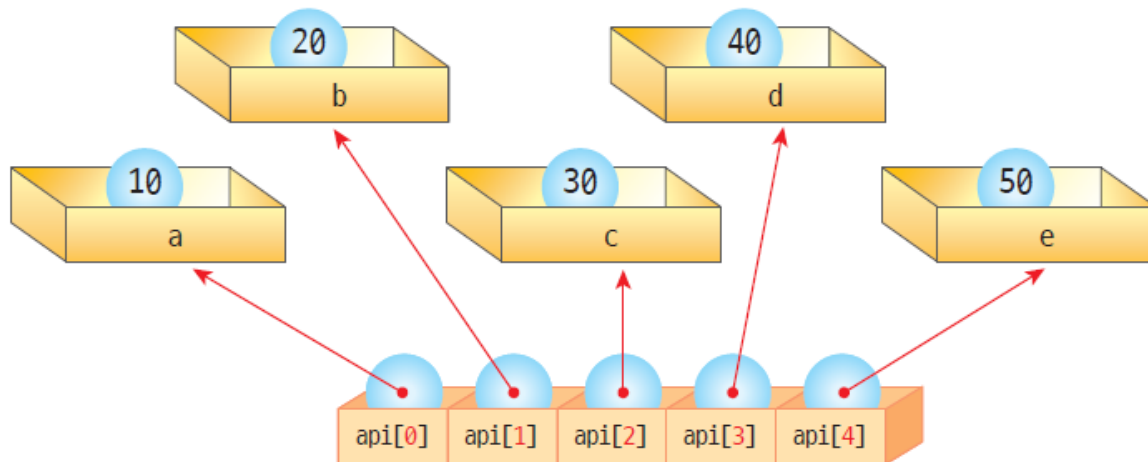
int * *ap* [10];

② 어떤 배열이냐 하면 int *(포인터)들의 배열이 된다.



정수형 포인터 배열

```
int a = 10, b = 20, c = 30, d = 40, e = 50;  
int *pa[5] = { &a, &b, &c, &d, &e };
```





2차원 배열에 문자열을 저장

```
char fruits[4 ][10] = {  
    "apple",  
    "blueberry",  
    "orange",  
    "melon"  
};
```

a p p l e \0

b l u e b e r r y \0

o r a n g e \0

m e l o n \0

낭비되는 공간!

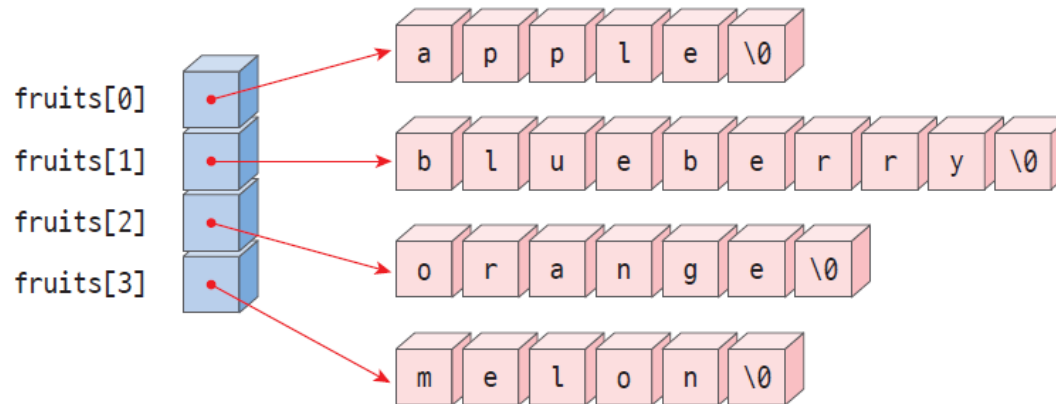
2차원 배열을 사용하면
낭비되는 공간이 생성되죠.





문자형 포인터 배열

```
char *fruits[ ] = {  
    "apple",  
    "blueberry",  
    "orange",  
    "melon"  
};
```





문자열 배열

```
// 문자열 배열
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    int i, n;
    char *fruits[ ] = {
        "apple",
        "blueberry",
        "orange",
        "melon"
    };

    n = sizeof(fruits)/sizeof(fruits[0]); // 배열 원소 개수 계산

    for(i = 0; i < n; i++)
        printf("%s \n", fruits[i]);

    return 0;
}
```

```
apple
blueberry
orange
melon
```



장점 점검

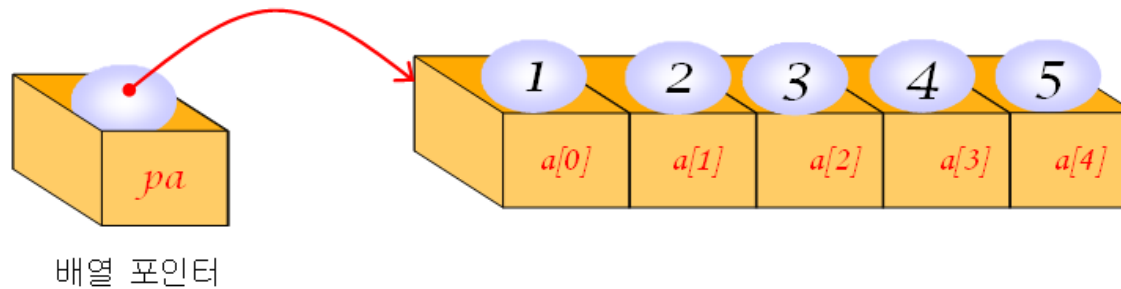
1. double형의 포인터 10개를 가지는 배열을 정의하여 보자.
2. 래그드 배열이 일반적인 2차원 배열보다 좋은 점은 무엇인가?





배열 포인터

- 배열 포인터(a pointer to an array)는 배열을 가리키는 포인터



① 괄호가 있으므로 `pa`는
먼저 포인터가 된다.

`int (*pa)[10];`

② 어떤 포인터냐 하면 `int [10]`
을 가리키는 포인터가 된다.



예제

```
#include <stdio.h>
```

```
int main(void)
```

```
{
```

```
    int a[5] = { 1, 2, 3, 4, 5 };
```

```
    int (*pa)[5];
```

```
    int i;
```

```
    pa = &a;
```

```
    for(i=0 ; i<5 ; i++)
```

```
        printf("%d \n", (*pa)[i]);
```

```
    return 0;
```

```
}
```

배열 포인터

1
2
3
4
5



참고

포인터 배열과 배열 포인터의 비교

상당히 복잡하다. 그러나 원리를 이해하면 쉽다.

```
int *ap[10];
```

포인터의 배열이다. 배열을 나타내는 [] 연산자는 포인터를 나타내는 * 연산자보다 우선 순위가 높다. 따라서 ap는 먼저 배열이 된다. 그리고 어떤 배열이냐 하면 포인터들의 배열이 된다.

```
int (*pa)[10];
```

이번에는 괄호에 의하여 우선 순위가 바뀌었다. 괄호 때문에 * 연산자가 먼저 적용되어서 pa는 먼저 포인터가 된다. 그리고 어떤 포인터냐 하면 int [10]을 가리키는 포인터가 된다.

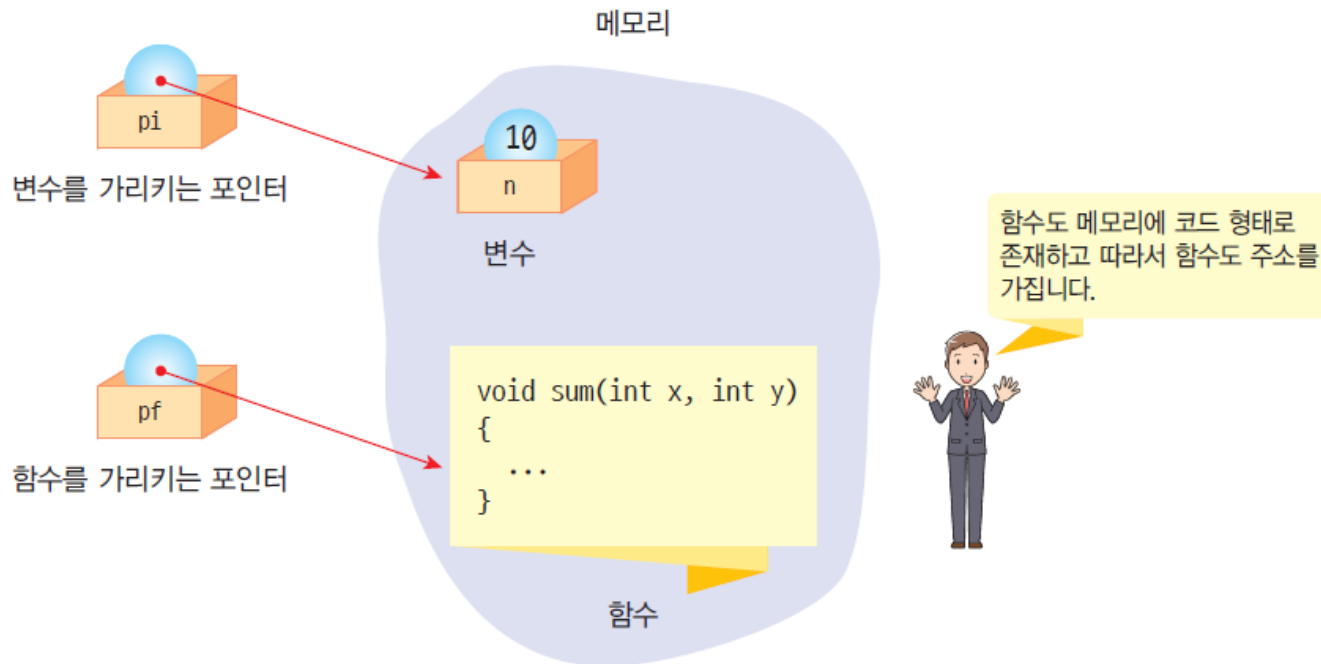
복잡하지만 실전에서는 포인터의 배열이 훨씬 많이 나온다. 따라서 괄호없이 사용하면 별 문제가 없다. 사실 전문적인 프로그래머도 배열 포인터(즉 배열에 대한 포인터)는 잘 사용하지 않는다.





함수 포인터

- 함수 포인터(function pointer): 함수를 가리키는 포인터





함수 포인터 정의

Syntax: 함수 포인터 정의

예

```
int (*pf)(int, int);
```

함수를 가리키는
포인터를 선언한다.

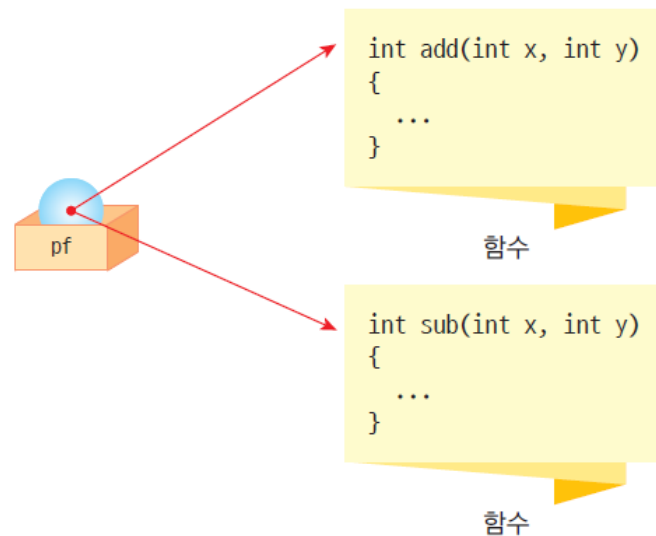
반드시 괄호가 필요하다. 왜냐하면 괄호에
의하여 pf가 먼저 포인터가 되어야 한다.

포인터가 가리키는 함수의 매개 변수



함수 포인터의 사용

```
int sub(int, int);           // 함수 원형 정의
int (*pf)(int, int);         // 함수 포인터 정의
...
pf = sub;                    // 함수의 이름을 함수 포인터에 대입
result = pf( 10, 20);        // 함수 포인터를 통하여 함수 호출
```





fp1.c

```
#include <stdio.h>

// 함수 원형 정의
int add(int, int);
int sub(int, int);

int main(void)
{
    int result;
    int (*pf)(int, int);           // 함수 포인터 정의

    pf = add;                     // 함수 포인터에 함수 add()의 주소 대입
    result = pf(10, 20);          // 함수 포인터를 통한 함수 add() 호출
    printf("10+20은 %d\n", result);

    pf = sub;                     // 함수 포인터에 함수 sub()의 주소 대입
    result = pf(10, 20);          // 함수 포인터를 통한 함수 sub() 호출
    printf("10-20은 %d\n", result);

    return 0;
}
```



fp1.c

```
int add(int x, int y)
{
    return x+y;
}

int sub(int x, int y)
{
    return x-y;
}
```

10+20은 30
10-20은 -10



함수 포인터의 배열

```
int (*pf[5]) (int, int);
```

① [] 연산자가 * 연산자보다 우선 순위가 높으므로 pf는 먼저 배열이 된다.

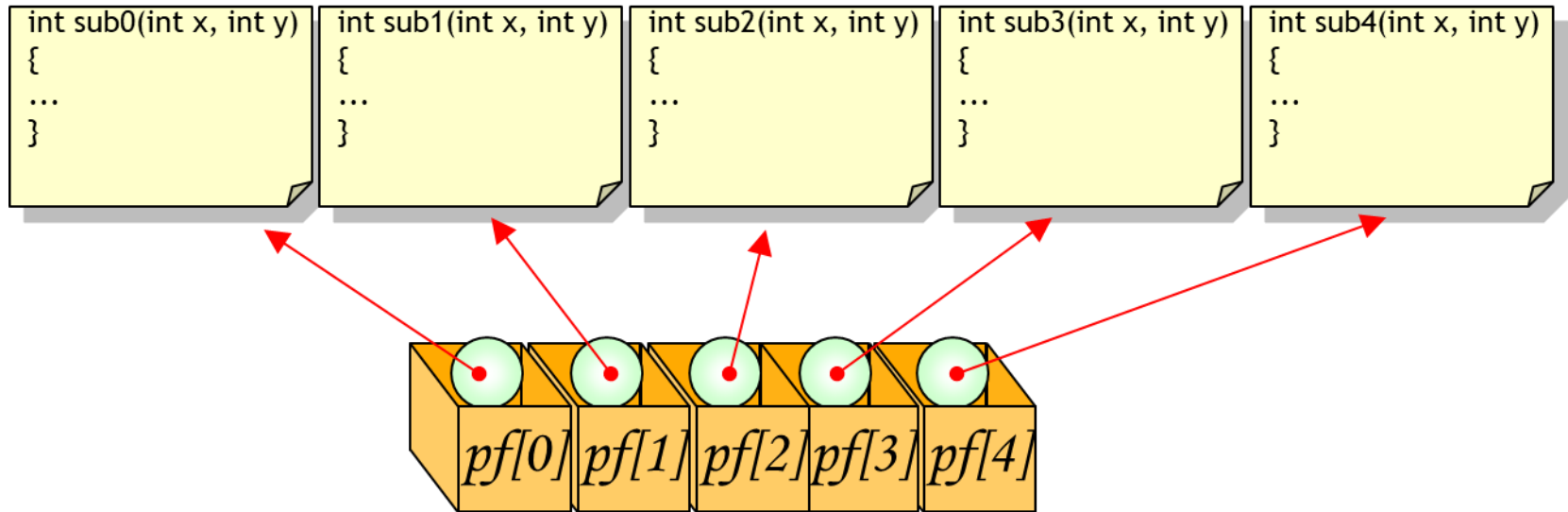
*int (*pf[5]) (int, int);*

② 어떤 배열이냐 하면 i포인터들의 배열이 된다.

③ 어떤 포인터냐 하면 함수를 가리키는 포인터가 된다.



함수 포인터의 배열





함수 포인터를 이용하여 다음 프로그램을 작성해보자.

=====

- 0. 덧셈
- 1. 뺄셈
- 2. 곱셈
- 3. 나눗셈
- 4. 종료

=====

메뉴를 선택하시오:2
2개의 정수를 입력하시오:10 20
연산 결과 = 200

=====

- 0. 덧셈
- 1. 뺄셈
- 2. 곱셈
- 3. 나눗셈
- 4. 종료

=====

메뉴를 선택하시오:



함수 포인터 배열

```
// 함수 포인터 배열
#include <stdio.h>

// 함수 원형 정의
void menu(void);
int add(int x, int y);
int sub(int x, int y);
int mul(int x, int y);
int div(int x, int y);

void menu(void)
{
    printf("=====\\n");
    printf("0. 덧셈\\n");
    printf("1. 뺄셈\\n");
    printf("2. 곱셈\\n");
    printf("3. 나눗셈\\n");
    printf("4. 종료\\n");
    printf("=====\\n");
}
```




하스 포인터 배열

```
int main(void)
{
    int choice, result, x, y;
    // 함수 포인터 배열을 선언하고 초기화한다.
    int (*pf[4])(int, int) = { add, sub, mul, div };

    while(1)
    {
        menu();
        printf("메뉴를 선택하시오:");
        scanf("%d", &choice);

        if( choice < 0 || choice >=4 )
            break;
        printf("2개의 정수를 입력하시오:");
        scanf("%d %d", &x, &y);

        result = pf[choice](x, y);    // 함수 포인터를 이용한 함수 호출
        printf("연산 결과 = %d\n", result);
    }
    return 0;
}
```



함수 포인터 배열

```
int add(int x, int y)
{
    return x + y;
}

int sub(int x, int y)
{
    return x - y;
}

int mul(int x, int y)
{
    return x * y;
}

int div(int x, int y)
{
    return x / y;
}
```

=====

- 0. 덧셈
- 1. 뺄셈
- 2. 곱셈
- 3. 나눗셈
- 4. 종료

=====

메뉴를 선택하시오:2
2개의 정수를 입력하시오:10 20
연산 결과 = 200

=====

- 0. 덧셈
- 1. 뺄셈
- 2. 곱셈
- 3. 나눗셈
- 4. 종료

=====

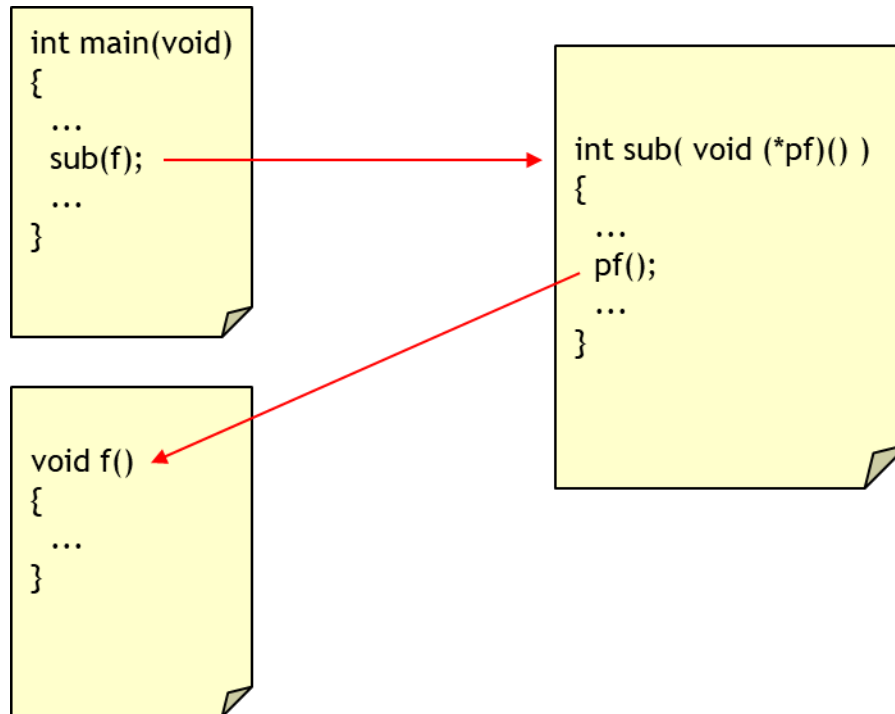
메뉴를 선택하시오:



함수 인수로서의 함수 포인터

- 함수 포인터도 인수로 전달이 가능하다.

특정 함수를 호출하게
할 수 있어요.





예제

- 다음과 같은 수식을 계산하는 프로그램을 작성하여 보자.

$$\sum_1^n (f^2(k) + f(k) + 1)$$

- 여기서 $f(k)$ 는 다음과 같은 함수들이 될 수 있다.

$$f(k) = \frac{1}{k} \quad \text{또는} \quad f(k) = \cos(k)$$



예제

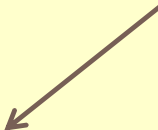
```
#include <stdio.h>
#include <math.h>

double f1(double k);
double f2(double k);
double formula(double (*pf)(double), int n);

int main(void)
{
    printf("%f\n", formula(f1, 10));
    printf("%f\n", formula(f2, 10));
}

double formula(double (*pf)(double), int n)
{
    int i;
    double sum = 0.0;

    for(i = 1; i < n; i++)
        sum += pf(i) * pf(i) + pf(i) + 1;
    return sum;
}
```

$$\sum_{k=1}^n (f^2(k) + f(k) + 1)$$




예제

```
double f1(double k)
{
    return 1.0 / k;
}

double f2(double k)
{
    return cos(k);
}
```

13.368736
12.716152



작업 점검

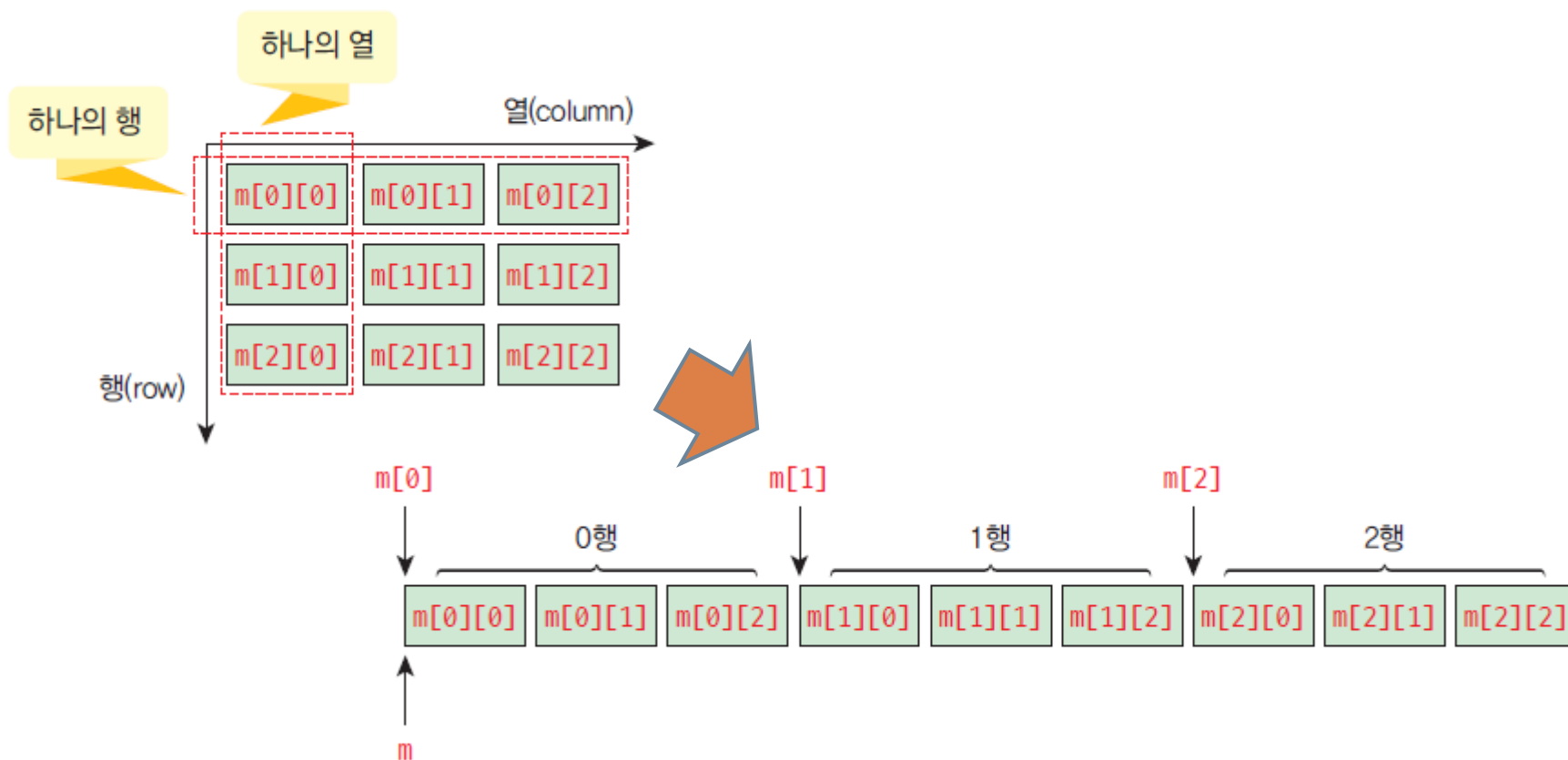
1. `int` 값을 반환하고 `double` 값을 인수로 받는 함수의 포인터 `pf`를 선언하여 보자.
2. 1번의 함수 포인터를 통하여 `3.0`을 인수로 하여 함수를 호출하는 문장을 작성하라.





다차원 배열과 포인터

- 2차원 배열 `int m[3][3]`
- 1행->2행->3행->...순으로 메모리에 저장(행우선 방법)





multi_array.c

```
#include <stdio.h>
int main(void)
{
    int m[3][3] = { 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 };

    printf("m = %p\n", m);
    printf("m[0] = %p\n", m[0]);
    printf("m[1] = %p\n", m[1]);
    printf("m[2] = %p\n", m[2]);
    printf("&m[0][0] = %p\n", &m[0][0]);
    printf("&m[1][0] = %p\n", &m[1][0]);
    printf("&m[2][0] = %p\n", &m[2][0]);

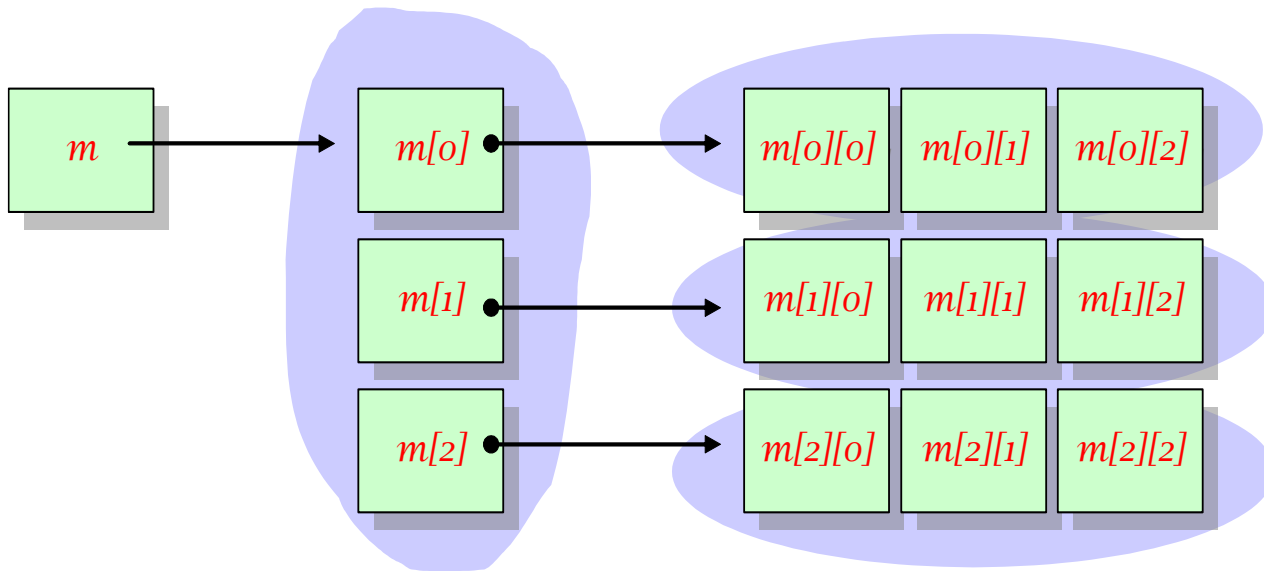
    return 0;
}
```

```
m = 1245020
m[0] = 1245020
m[1] = 1245032
m[2] = 1245044
&m[0][0] = 1245020
&m[1][0] = 1245032
&m[2][0] = 1245044
```



2차원 배열과 포인터

- 배열 이름 m 은 $\&m[0][0]$
- $m[0]$ 는 1행의 시작 주소
- $m[1]$ 은 2행의 시작 주소
- ...





2차원 배열의 해석

m은 세개의 원소를
가지는 배열이다.

```
int m[3][3];
```

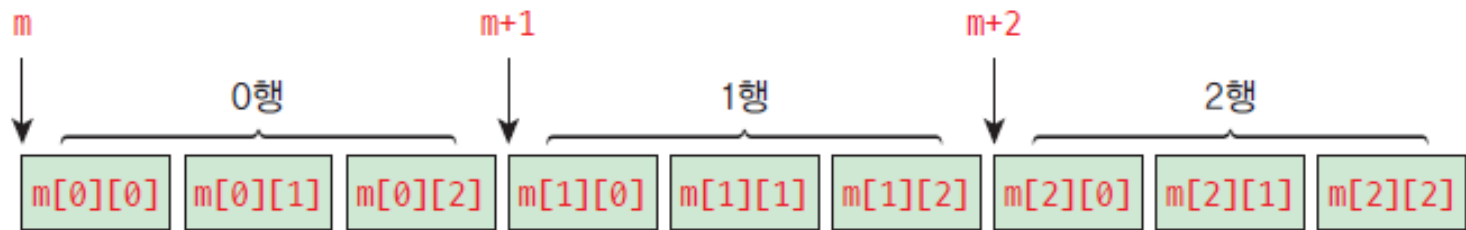
해석의 방향

그 원소들은 다시 세
개의 원소로 되어 있
다.



2차원 배열과 포인터 연산

- 2차원 배열 `m[][]`에서 `m`에 1을 더하거나 빼면 어떤 의미일까?





포인터를 이용한 배열 요소 방문

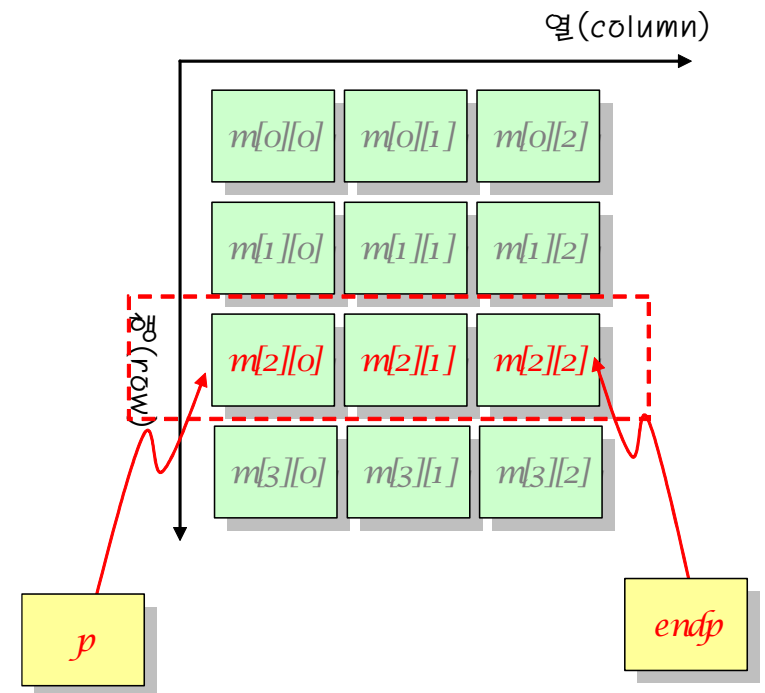
- 행의 평균을 구하는 경우

```
double get_row_avg(int m[][COLS], int r)
{
    int *p, *endp;
    double sum = 0.0;

    p = &m[r][0];
    endp = &m[r][COLS];

    while( p < endp )
        sum += *p++;

    sum /= COLS;
    return sum;
}
```





포인터를 이용한 배열 원소 방문

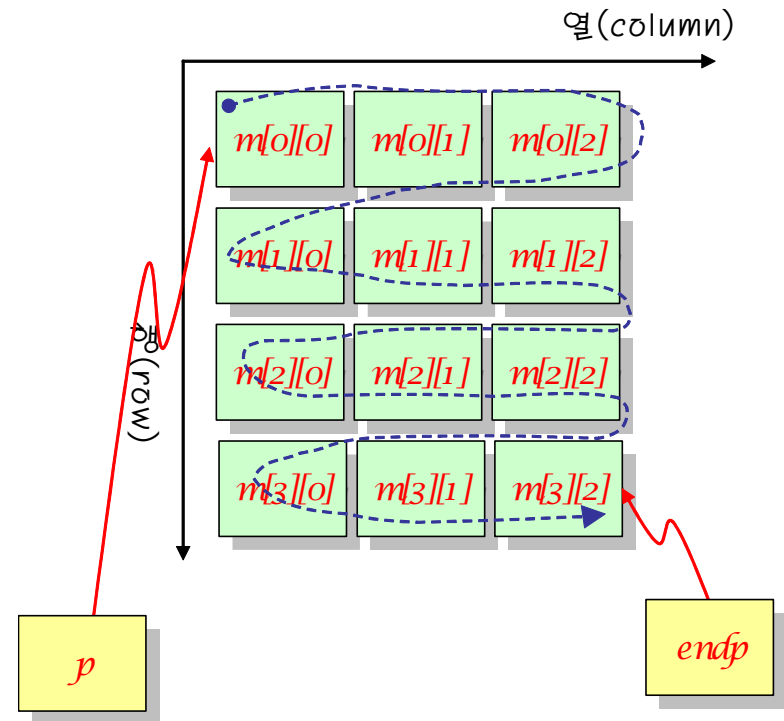
- 전체 원소의 평균을 구하는 경우

```
double get_total_avg(int m[][COLS])
{
    int *p, *endp;
    double sum = 0.0;

    p = &m[0][0];
    endp = &m[ROWS-1][COLS];

    while( p < endp )
        sum += *p++;

    sum /= ROWS * COLS;
    return sum;
}
```





중간 점검

1. $m[10][10]$ 에서 $m[0]$ 의 의미는 무엇인가?
2. $m[10][10]$ 에서 $(m+1)$ 의 의미는 무엇인가?





const 포인터

- const를 붙이는 위치에 따라서 의미가 달라진다.

p가 가리키는 내용이 변경되지 않음을 나타낸다.

*const char *p;*

포인터 p가 변경되지 않음을 나타낸다.

*char *const p;*



예제

```
#include <stdio.h>
int main(void)
{
    char s[] = "Barking dogs seldom bite.";
    char t[] = "A bad workman blames his tools";
    const char * p=s;
    char * const q=s;

    //p[3] = 'a';
    p = t;
    q[3] = 'a';
    //q = t;

    return 0;
}
```

p가 가리키는 곳의 내용을 변경할 수 없다.

하지만 p는 변경이 가능하다.

q가 가리키는 곳의 내용은 변경할 수 있다.

하지만 q는 변경이 불가능하다.



volatile 포인터

- **volatile**은 다른 프로세스나 스레드가 값을 항상 변경할 수 있으니 값을 사용할 때마다 다시 메모리에서 읽으라는 것을 의미

p가 가리키는 내용이 수시로 변경되니 사용할 때마다 다시 로드하라는 의미이다.



```
volatile char *p;
```



void 포인터

- 순수하게 메모리의 주소만 가지고 있는 포인터
- 가리키는 대상물은 아직 정해지지 않음
(예) `void *vp;`
- 다음과 같은 연산은 모두 오류이다.

```
*vp;           // 오류
*(int *)vp;    // void형 포인터를 int형 포인터로 변환한다.
vp++;          // 오류
vp--;          // 오류
```



void 포인터는 어디에 사용하는가?

- void 포인터를 이용하면 어떤 타입의 포인터도 받을 수 있는 함수를 작성할 수 있다. 예를 들어서 전달받은 메모리를 0으로 채우는 함수를 작성해보면 다음과 같다.

```
void memzero(void* ptr, size_t len)
{
    char* p = (char*)ptr;
    for (; len > 0; len--)
        *p++ = 0;
}
```



vp.c

```
#include <stdio.h>
void memzero(void* ptr, size_t len)
{
    char* p = (char*)ptr;
    for (; len > 0; len--)
        *p++ = 0;
}

int main(void)
{
    char a[10];
    memzero(a, sizeof(a));

    int b[10];
    memzero(b, sizeof(b));

    double c[10];
    memzero(c, sizeof(c));

    return 0;
}
```



정가점검

1. void형 포인터 vp를 int형 포인터 ip로 형변환하는 문장을 작성하라.





main() 함수의 인수

- 지금까지의 main() 함수 형태

```
int main(void)
{
  ..
}
```

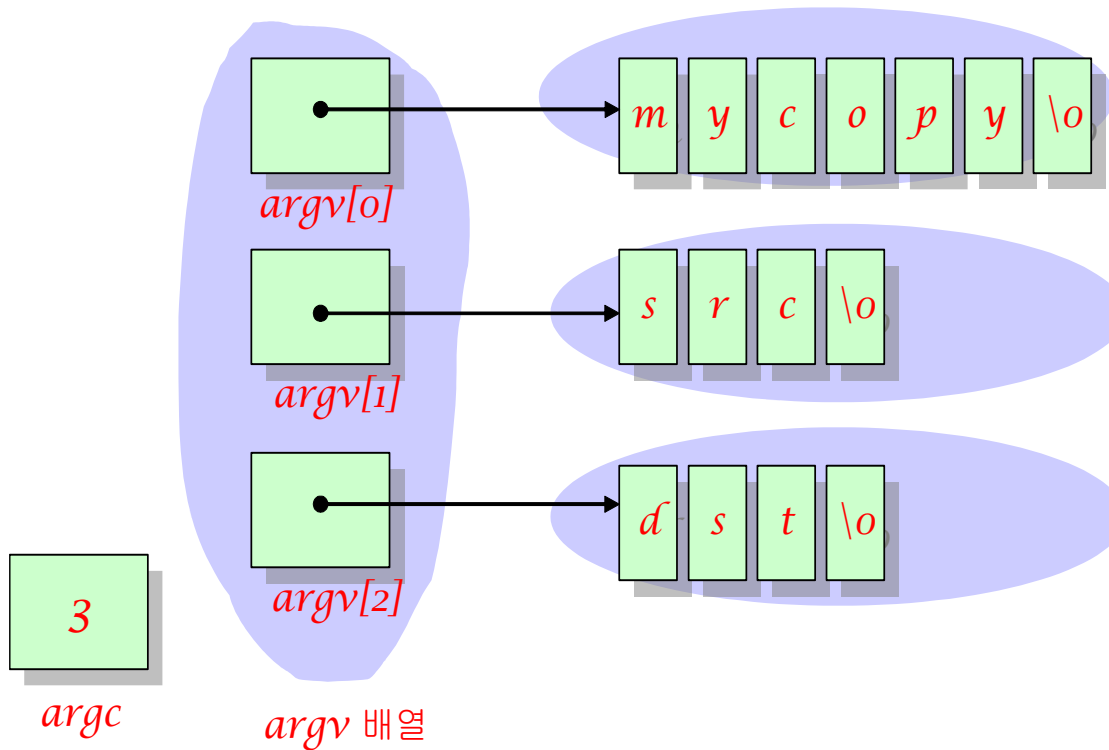
- 외부로부터 입력을 받는 main() 함수 형태

```
int main(int argc, char *argv[])
{
  ..
}
```



인수 전달 방법

```
C: \cprogram> mycopy src dst
```





main_arg.c

```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char *argv[])
{
    int i = 0;

    for(i = 0; i < argc; i++)
        printf("명령어 라인에서 %d번째 문자열 = %s\n", i, argv[i]);

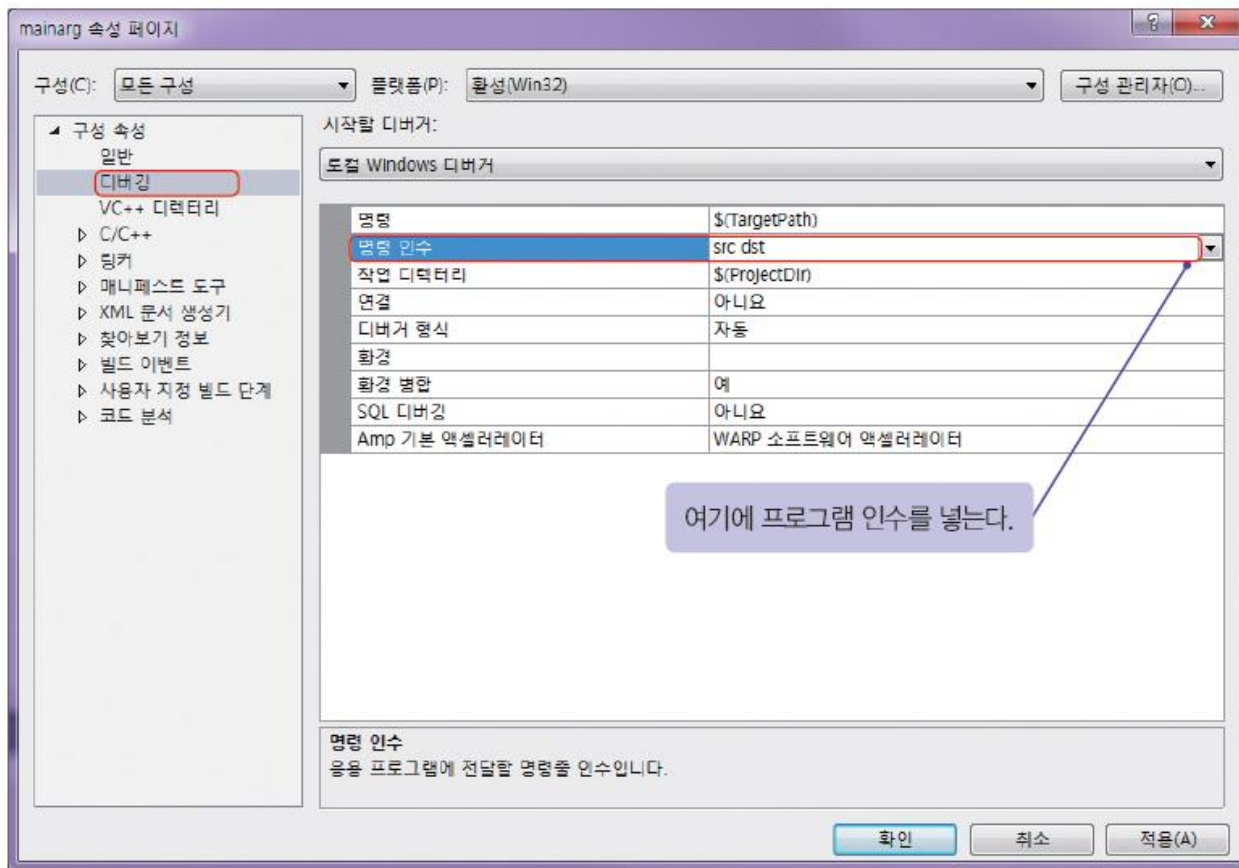
    return 0;
}
```

```
c:\cprogram\mainarg\Debug>mainarg src dst
명령어 라인에서 0번째 문자열 = mainarg
명령어 라인에서 1번째 문자열 = src
명령어 라인에서 2번째 문자열 = dst
c:\cprogram\mainarg\Debug>
```



비주얼 C++ 프로그램 인수 입력 방법

- [프로젝트]->[main_arg.exe 속성] 선택





Lab: 프로그램 인수 사용하기

- 사용자로부터 마일(mile)로 된 거리를 받아서 킬로미터(km)로 변환해주는 프로그램을 작성해보자.

```
Microsoft Windows [Version 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All right reserved.
e:>mile2km 10
입력된 거리는 16.090000 km입니다.
e:>
```



mile2km.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main(int argc, char *argv[])
{
    double mile, km;

    if( argc != 2 ){
        printf("사용 방법: mile2km 거리\n");
        return 1;
    }
    mile = atof(argv[1]);
    km = 1.609 * mile;
    printf("입력된 거리는 %f km입니다. \n", km);

    return 0;
}
```



주간 점검

1. C>main arg1 arg2 arg3와 같이 실행시킬 때 argv[0]가 가리키는 것은?
2. C>main arg1 arg2 arg3와 같이 실행시킬 때 argc의 값은?





Lab: qsort() 함수 사용하기

- qsort()는 데이터가 저장된 배열을 정렬하는데 사용되는 라이브러리 함수이다.

```
void qsort(void *base, size_t nitems, size_t size, int (*compar)(const void *, const void*));
```

- base — 정렬될 배열의 주소
- nitems — 원소들의 개수(배열의 크기)
- size — 각 원소들의 크기(바이트 단위)
- compar — 2개의 원소를 비교하는 함수



```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int values[] = { 98, 23, 99, 37, 16 };

int compare(const void* a, const void* b)
{
    return (*(int*)a - *(int*)b);
}

int main()
{
    int n;

    qsort(values, 5, sizeof(int), compare);

    printf("정렬한 후 배열: ");
    for (n = 0; n < 5; n++)
        printf("%d ", values[n]);
    printf("\n");

    return(0);
}
```

정렬한 후 배열: 16 23 37 98 99



정가 정거

1. 다음과 같은 형식의 구조체 2개를 비교하는 함수를 작성하여 보자.

```
struct Student
{
    int age, grade;
    char name[20];
};

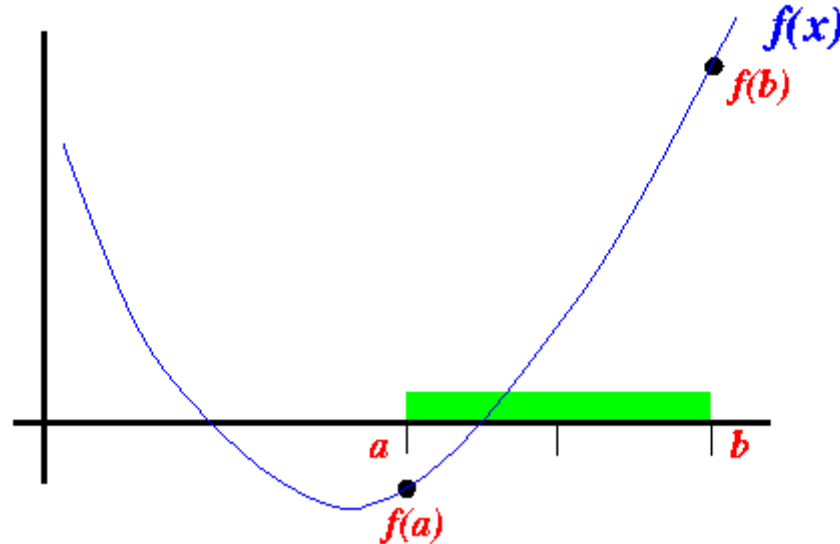
int comparator(const void *p, const void *q)
{
    int l = ((struct Student *)p)->grade;
    _____;
    return (l - r);
}
```





Mini Project: 이분법으로 근 구하기

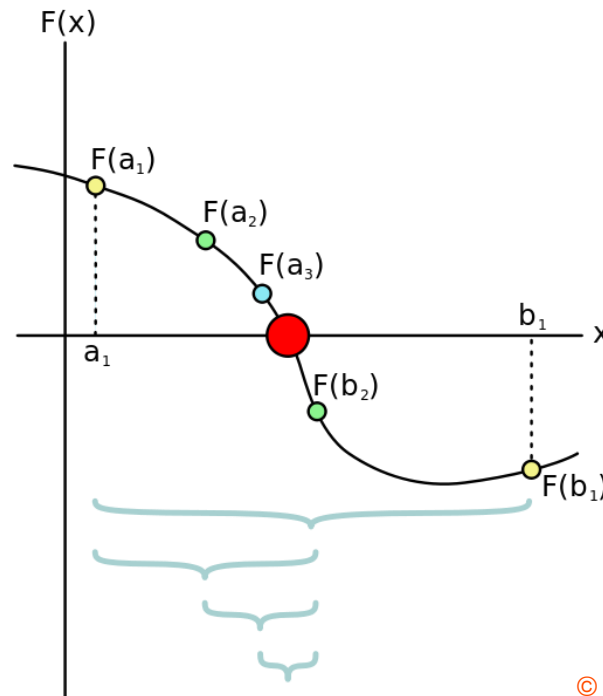
- 2차식의 경우에는 공식이 있지만 일반적인 n 차식의 경우 공식이 존재하지 않는다.
- 이때 사용할 수 있는 방법이 **이분법(bisection)**이다





이분법

- 구간 $[a, b]$ 에서 근을 가지는 것이 확실하면 구간 $[a, b]$ 의 중점 m 을 구하여 구간 $[a, m]$ 과 구간 $[m, b]$ 로 나눈다.
- 각각의 구간에서 다시 $f(a)$ 와 $f(b)$ 의 부호를 조사하여 근이 어떤 구간에 위치하는지를 결정한다. 다시 그 구간에 대하여 동일한 과정을 되풀이한다.





실행 결과

- 다음과 같은 함수에 대하여 근을 구한다.

$$f(x) = x^3 - x^2 + 2$$

a의 값을 입력하시오 -200
b의 값을 입력하시오 200
값은 -0.999928



```
#include<stdio.h>
#include <math.h>
#define EPSILON 0.0001
```

```
double func(double x)
```

```
{
    return x * x * x - x * x + 2;
}
```

```
void bisection(double a, double b)
```

```
{
    if (func(a) * func(b) >= 0) {
        printf("적절한 a와 b가 아님\n");
        return;
    }
    double c = a;
    while ((b - a) >= EPSILON)
    {
        c = (a + b) / 2;
        if (func(c) * func(a) < 0) {
            b = c;
        }
        else {
            a = c;
        }
    }
    printf("최종 근 = %lf\n", c);
}
```



예제 소스

```
int main(void)
{
    double a = -200, b = 200;
    bisection(a, b);
    return 0;
}
```



도전문제

1. 이 프로그램에서 함수 포인터를 사용하여 `bisection()` 함수를 보다 범용적으로 작성하여 보자. 함수 포인터는 `double (*fp)(double);`와 같이 선언할 수 있다.
2. 사용자로부터 3차항 계수, 2차항 계수, 1차항 계수, 상수항 계수를 입력받아서 일반적인 3차식의 근을 구하도록 변경할 수 있는가?





Q & A

