2009 Spring

Computer Engineering Programming 1

Lesson 14

- 제17장 동적 메모리와 연결 리스트

- 제14장 포인터 활용

Lecturer: JUNBEOM YOO
jbyoo@konkuk.ac.kr

이번 장에서 학습할 내용

- 동적 할당 메모리
- 연결 리스트

- 이중 포인터
- 포인터 배열
- 다차원 배열과 포인터
- main 함수의 인수

동적 할당 메모리의 개념

- 프로그램이 메모리를 할당 받는 방법
  - 정적(static)
  - 동적(dynamic)

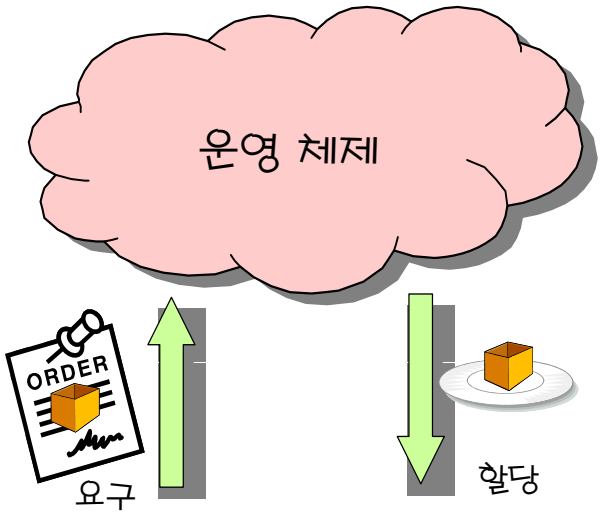
- 정적 메모리 할당
  - 프로그램이 시작되기 전에 미리 정해진 크기의 메모리를 할당받는 것
  - 메모리의 크기는 프로그램이 시작하기 전에 결정

```
int i, j;
int buffer[80];
char name[] = “data structure";
```

  - 처음에 결정된 크기보다 더 큰 입력이 들어온다면 처리하지 못함
  - 더 작은 입력이 들어온다면 남은 메모리 공간은 낭비

동적 메모리

- **동적 메모리**
  - 실행 도중에 동적으로 메모리를 할당 받는 것
  - 사용이 끝나면 시스템에 메모리를 반납
  - 필요한 만큼만 할당을 받고 메모리를 매우 효율적으로 사용
  - malloc() 계열의 라이브러리 함수를 사용

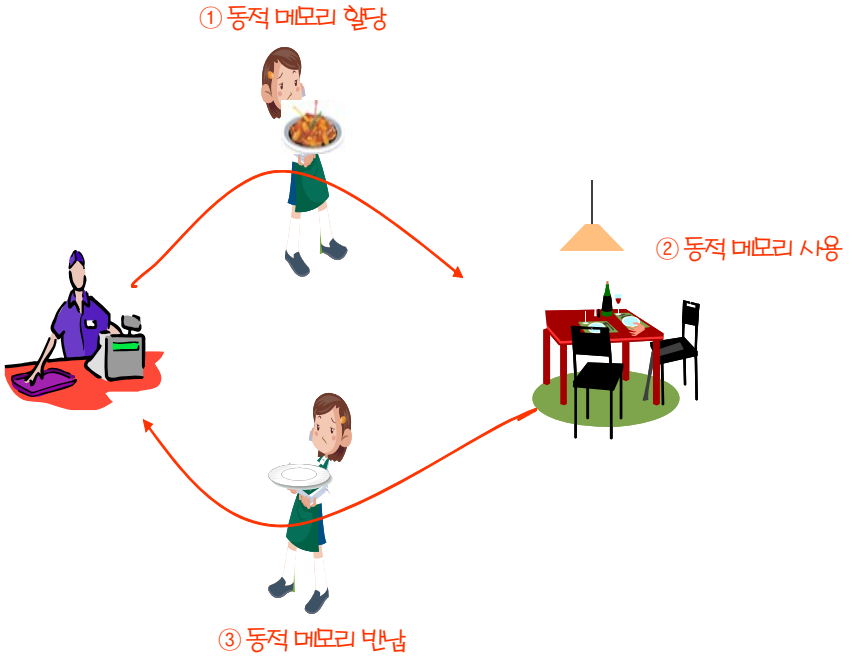



```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main(void)
{
 int *p;
 p = (int *)malloc( sizeof(int) );
 ...
}
```

프로그램

동적 메모리 할당의 과정

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

int main(void)
{
  int *pi;      // 동적 메모리를 가리키는 포인터

  pi = (int *)malloc(sizeof(int)); // ① 동적 메모리 할당

  if( pi == NULL )          // 반환값이 NULL인지 검사
  {
    printf("동적 메모리 할당 오류\n");
    exit(1);
  }

  *pi = 100;   // ② 동적 메모리 사용
  printf("%d\n", *pi);

  free(pi);    // ③ 동적 메모리 반납

  return 0;
}
```



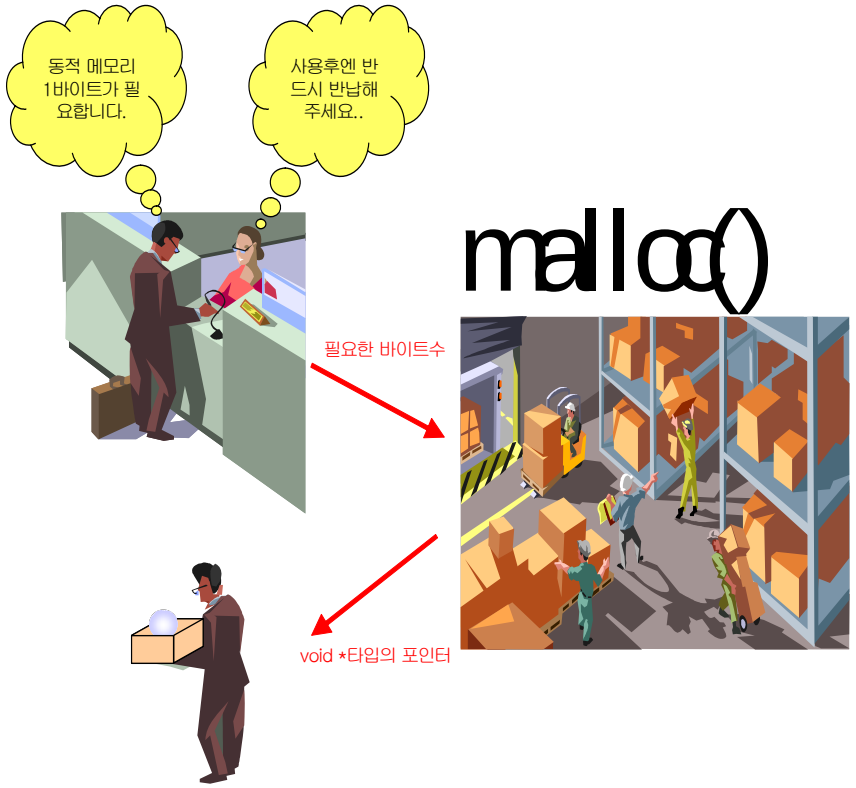
malloc()과 free()

```
void *malloc(size_t size);
```

- malloc()은 바이트 단위로 메모리를 할당
- size는 바이트의 수
- malloc()함수는 메모리 블럭의 첫 번째 바이트에 대한 주소를 반환
- 만약 요청한 메모리 공간을 할당할 수 없는 경우에는 NULL값을 반환

```
void free(void *ptr);
```

- free()는 동적으로 할당되었던 메모리 블록을 시스템에 반납
- ptr은 malloc()을 이용하여 동적 할당된 메모리를 가리키는 포인터



malloc1.c

```
1.  #include <stdio.h>
2.  #include <stdlib.h>
3.
4.  int main( void )
5.  {
6.          char *pc = NULL;
7.
8.          pc = (char *)malloc( sizeof(char) );
9.          if( pc == NULL )
10.         {
11.                 printf( "메모리 할당 오류\n" );
12.                 exit(1);
13.         }
14.         *pc = 'm';
15.         printf( "*pc = %c\n", *pc );
16.         free( pc );
17.
18.         return 0;
19. }
```

```
1000 바이트가 할당되었습니다.
메모리를 반납하였습니다.
```

malloc2.c

```c
// 메모리 동적 할당
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main(void)
{
        char *pc = NULL;
        int i = 0;

        pc = (char *)malloc(100*sizeof(char));
        if( pc == NULL )
        {
                printf("메모리 할당 오류\n");
                exit(1);
        }
        for(i=0;i<26;i++)
        {
                *(pc+i) = 'a'+i;            // 알파벳 소문자를 순서대로 대입
        }
        *(pc+i) = 0;   // NULL 문자 추가

        printf("%s\n", pc);
        free(pc);

        return 0;
}
```

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

malloc3.c

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

3.  int main(void)
4.  {
5.          int *pi;

6.          pi = (int *)malloc(5 * sizeof(int));

7.          if(pi == NULL){
8.            printf("메모리 할당 오류\n") ;
9.            exit(1);
10.         }

11.         pi[0] = 100;            // *(pi+0) = 100;와 같다.
12.         pi[1] = 200;            // *(pi+1) = 200;와 같다.
13.         pi[2] = 300;            // *(pi+2) = 300;와 같다.
14.         pi[3] = 400;            // *(pi+3) = 400;와 같다.
15.         pi[4] = 500;            // *(pi+4) = 500;와 같다.

16.         free(pi);
17.         return 0;
18. }
```

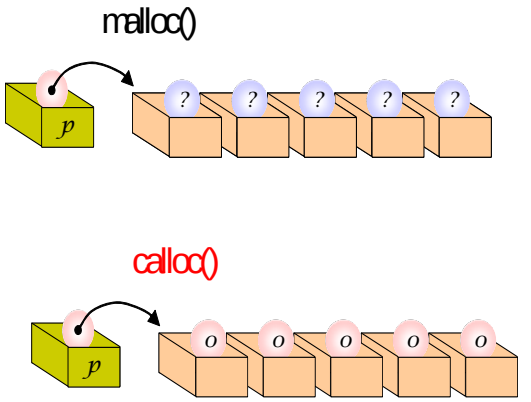
malloc4.c

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

struct Book {
        int number;
        char title[10];
};

int main(void)
{
        struct Book *p;

        p = (struct Book *)malloc(2 * sizeof(struct Book));

        if(p == NULL){
          printf("메모리 할당 오류\n") ;
          exit(1);
        }

        p->number = 1;
        strcpy(p->title,"C Programming");

        (p+1)->number = 2;
        strcpy((p+1)->title,"Data Structure");

        free(p);
        return 0;
}
```

calloc()과 realloc()

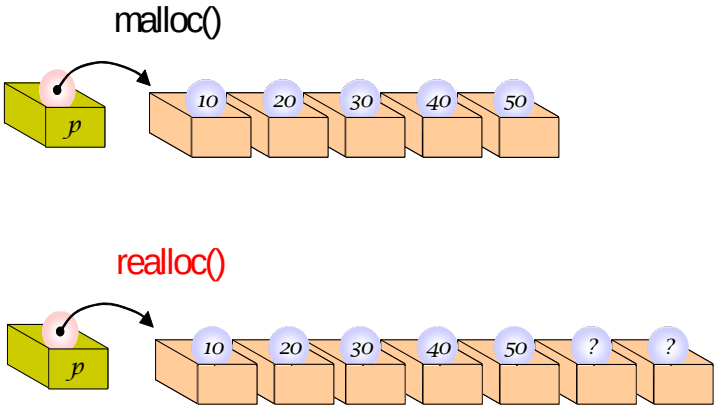
```
void *calloc(size_t n, size_t size);
```

- calloc()은 malloc()과는 다르게 0으로 초기화된 메모리 할당
- 항목 단위로 메모리를 할당
- (예)
- int *p;
- p = (int *)calloc(5, sizeof(int));



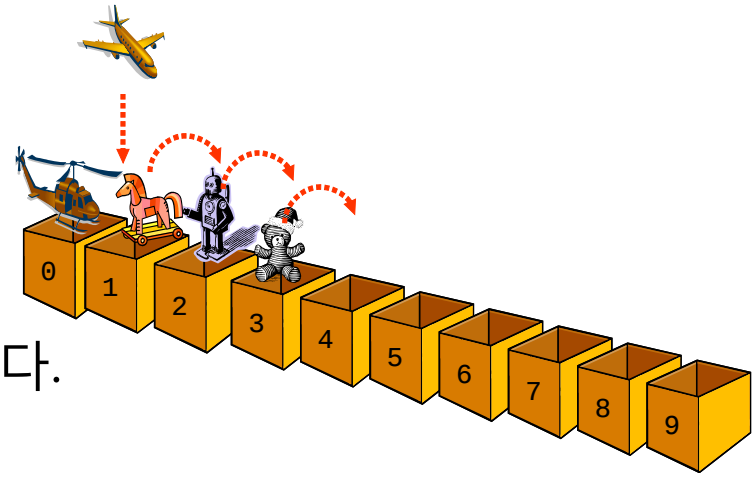

```
void *realloc(void *memblock, size_t size);
```

- realloc() 함수는 할당하였던 메모리 블록의 크기를 변경
- (예)
- int *p;
- p = (int *)malloc(5 * sizeof(int)));
- p = realloc(p, 7 * sizeof(int)));

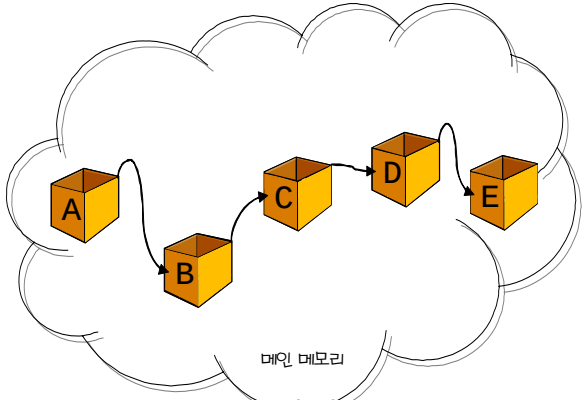


연결 리스트

- 배열(array)
  - 장점: 구현이 간단하고 빠르다
  - 단점: 크기가 고정된다.
  - 중간에서 삽입, 삭제가 어렵다.

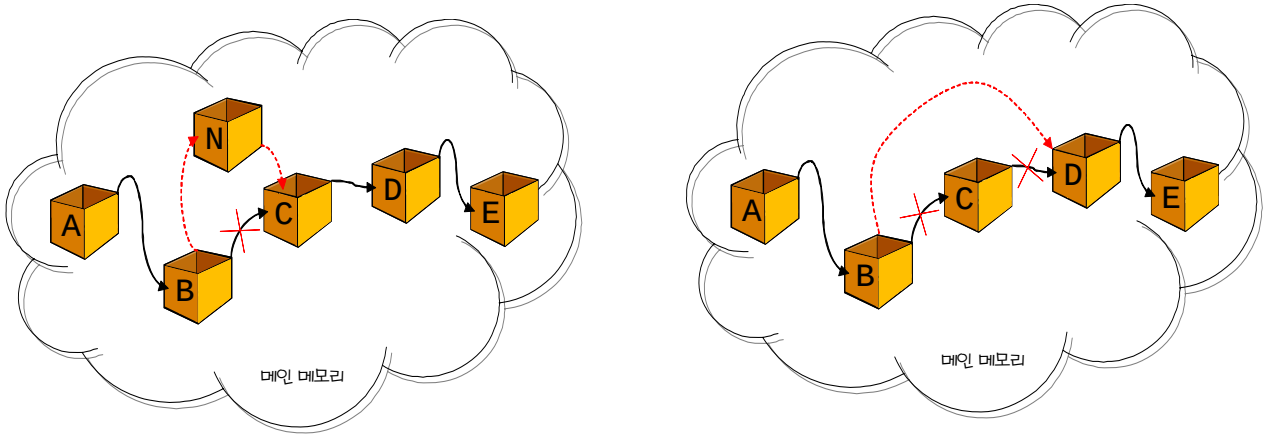


- 연결 리스트(linked list)
  - 각각의 원소가 포인터를 사용하여 다음 원소의 위치를 가리킨다.



연결 리스트의 장단점

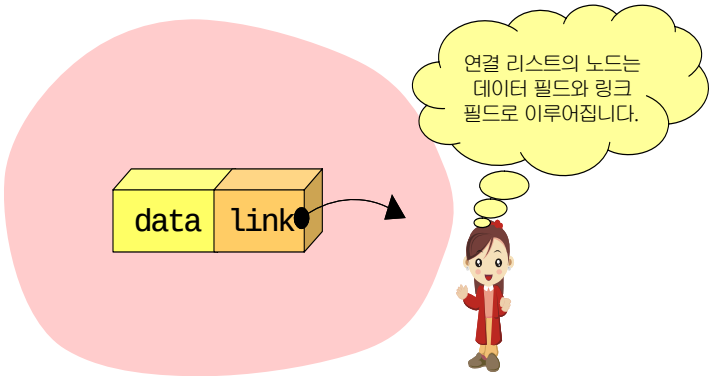
- 중간에 데이터를 삽입, 삭제하는 경우



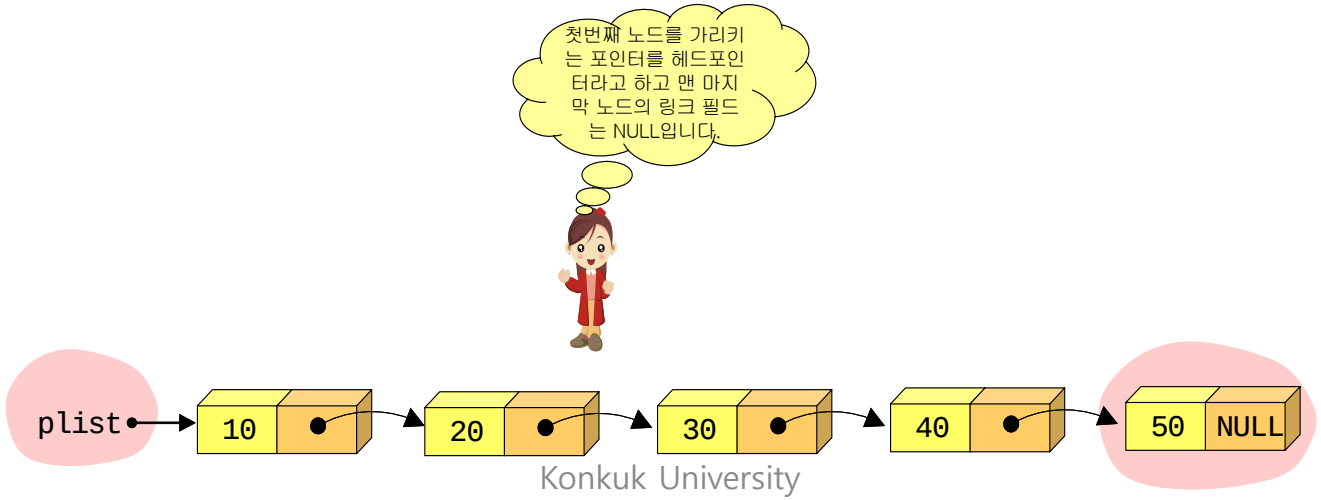
- 데이터를 저장할 공간이 필요할 때마다 동적으로 공간을 만들어서 쉽게 추가
- 구현이 어렵고 오류가 나기 쉽다.

연결 리스트의 구조

- 노드(node) = 데이터 필드(data field)+ 링크 필드(link field)



- 헤드 포인터(head pointer): 첫번째 노드를 가리키는 포인터



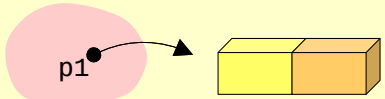
자기 참조 구조체

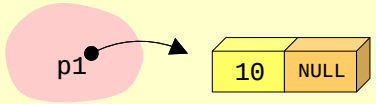
- **자기 참조 구조체(self-referential structure)**는 특별한 구조체로서 구성 멤버 중에 같은 타입의 구조체를 가리키는 포인터가 존재하는 구조체

```
// 데이터의 정의
typedef struct data {
        int id;
        char name[20];
        char phone[12];
} DATA;

// 노드의 정의
typedef struct NODE {
        DATA data;
        struct NODE *link;
} NODE;
```

간단한 연결 리스트 생성

```
NODE *p1;
p1 = (NODE *)malloc(sizeof(NODE));

p1->data = 10;
p1->link = NULL;

NODE *p2;
p2 = (NODE *)malloc(sizeof(NODE));
p2->data = 20;

p2->link = NULL;
p1->link = p2;

free(p1);
free(p2);
```



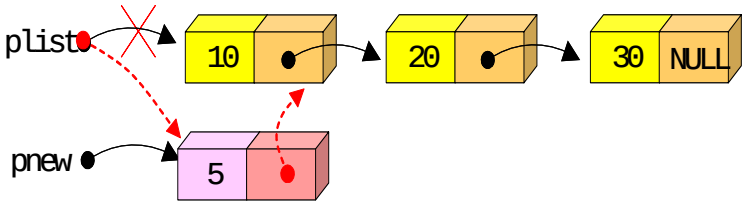


연결 리스트의 삽입 연산

```
NODE *insert_NODE(NODE *plist, NODE *pprev, DATA item);
```

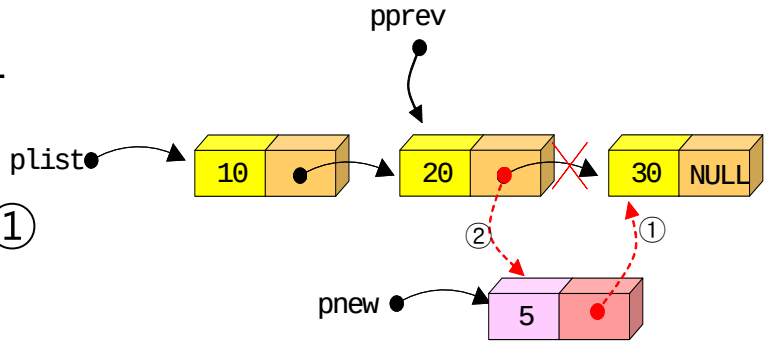
1. 리스트의 처음에 삽입하는 경우

```
pnew->link = plist;
plist = pnew;
```



2. 리스트의 중간에 삽입하는 경우

```
pnew->link = pprev->link;// ①
pprev->link = pnew;// ②
```



연결 리스트의 삽입 연산

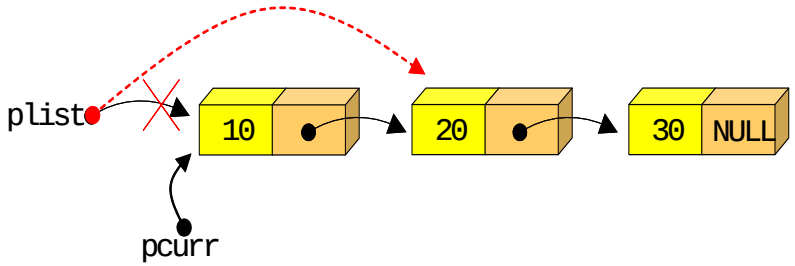
```
NODE *insert_node(NODE *plist, NODE *pprev, DATA item)
{
        NODE *pnew = NULL;

        if( !(pnew = (NODE *)malloc(sizeof(NODE))) )
        {
                printf("메모리 동적 할당 오류\n");
                exit(1);
        }

        pnew->data = data;
        if( pprev == NULL )    // 연결 리스트의 처음에 삽입
        {
                pnew->link = plist;
                plist = pnew;
        }
        else                   // 연결 리스트의 중간에 삽입
        {
                pnew->link = pprev->link;
                pprev->link = pnew;
        }
        return plist;
}
```

연결 리스트의 삭제 연산

```
NODE *delete_node(NODE *plist, NODE *pprev, NODE *pcurr);
```

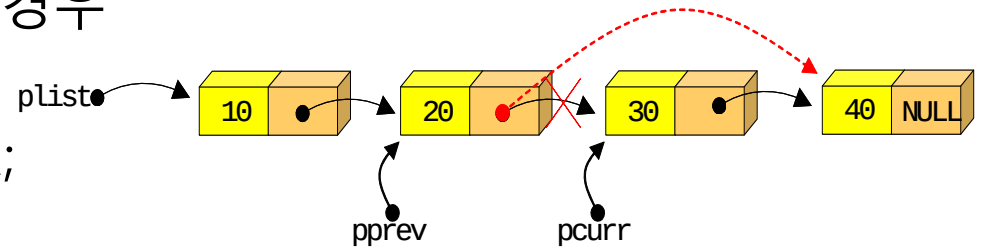
1. 리스트의 처음을 삭제하는 경우

```
plist = pcurr->link;
free(pcurr);
```



2. 리스트의 중간에 삽입하는 경우

```
pprev->link = pcurr->link;
free(pcurr);
```

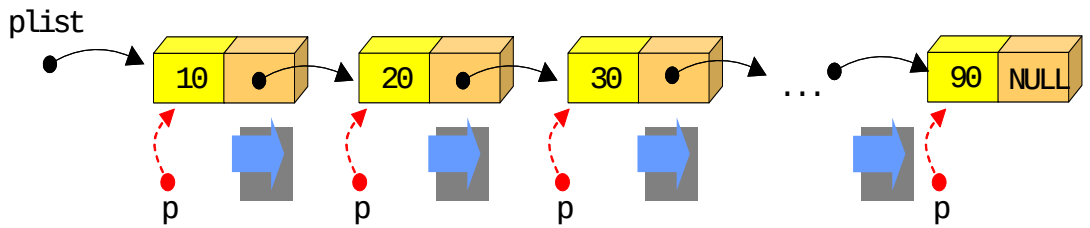


연결 리스트의 삭제 연산

```
NODE *delete_node(NODE *plist, NODE *pprev, NODE *pcurr)
{
        if( pprev == NULL )
                plist = pcurr->link;
        else
                pprev->link = pcurr->link;

        free(pcurr);
        return plist;
}
```

연결 리스트의 순회 연산

```
void print_list(NODE *plist)
{
        NODE *p;

        p = plist;
        printf("( ");

        while( p )
        {
                printf("%d ", p->data);
                p = p->link;
        }
        printf(")\n");
}
```



노드의 개수 세기

```
1.  int get_length(NODE *plist)
2.  {
3.          NODE *p;
4.          int length = 0;

5.          p = plist;

6.          while( p )
7.          {
8.                  length++;
9.                  p = p->link;
10.         }
11.         printf("리스트의 길이는 %d\n", length);
12.         return length;
13. }
```

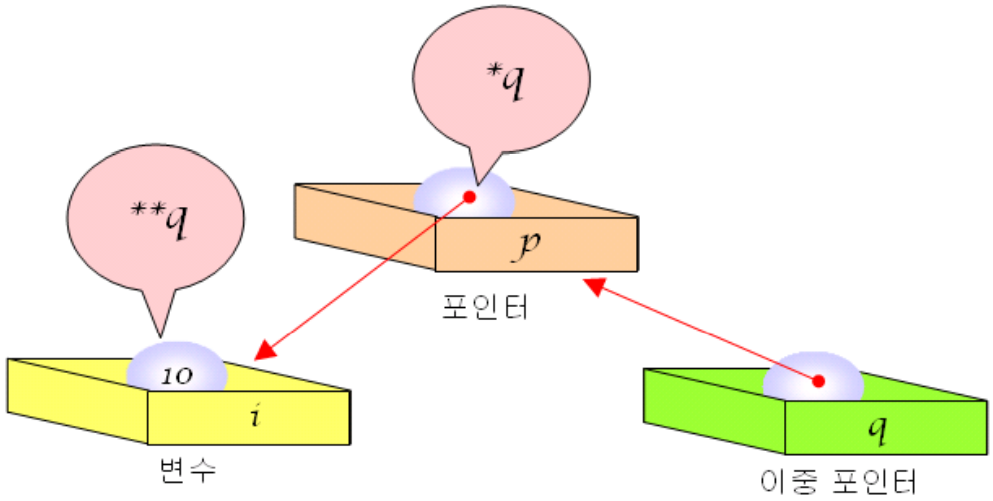
합계 구하기

```
1.  int get_sum(NODE *plist)
2.  {
3.          NODE *p;
4.          int sum = 0;

5.          p = plist;

6.          while( p )
7.          {
8.                  sum += p->data;
9.                  p = p->link;
10.         }
11.         printf("리스트의 합계는 %d\n", sum);
12.         return sum;
13. }
```

이중 포인터

- *이중 포인터(double pointer)*: 포인터를 가리키는 포인터

```
int i = 100;          // i는 int형 변수
int *p = &i;          // p는 i를 가리키는 포인터
int **q = &p;         // q는 포인터 p를 가리키는 이중 포인터
```



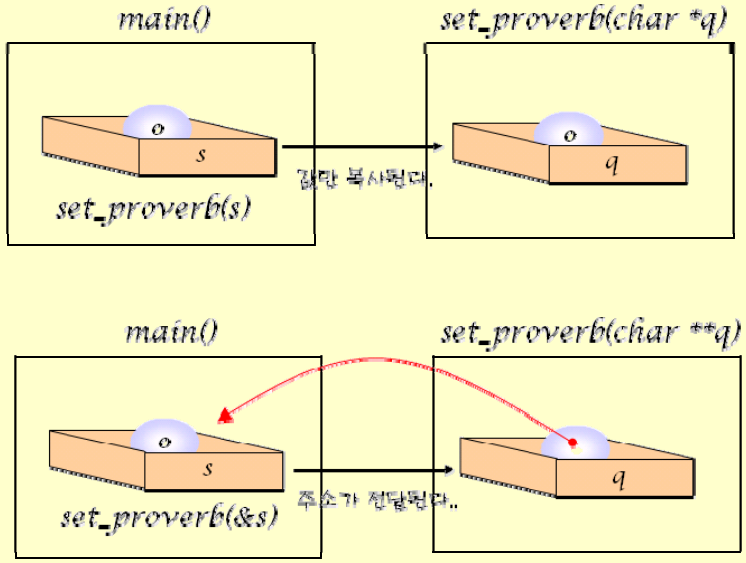
이중 포인터

```c
// 이중 포인터 프로그램
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    int i = 100;
    int *p = &i;
    int **q = &p;

    *p = 200;
    printf("i=%d   *p=%d    **q=%d \n", i, *p, **q);

    **q = 300;
    printf("i=%d   *p=%d    **q=%d \n", i, *p, **q);

    return 0;
}
```

```
i=200   *p=200    **q=200
i=300   *p=300    **q=300
```

예제 #2

```
// 이중 포인터 프로그램
#include <stdio.h>

void set_proverb(char **q);

int main(void)
{
        char *s = NULL;

        set_proverb(&s);
        printf("selected proverb = %s\n",s);

        return 0;
}

void set_proverb(char **q)
{
        static char *str1="A friend in need is a friend indeed";
        static char *str2="A little knowledge is a dangerous thing";

        *q = str1;
}
```

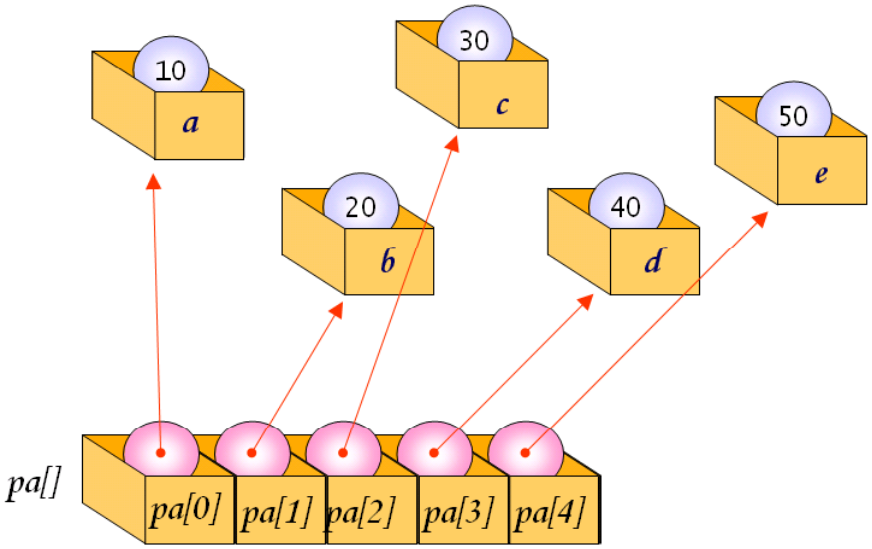



```
selected proverb = A friend in need is a friend indeed
```

포인터 배열

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

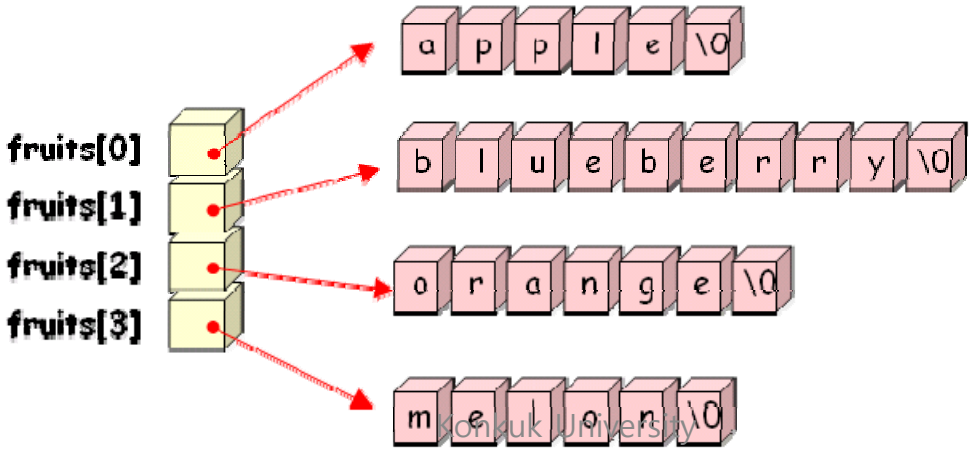
```
int a = 10, b = 20, c = 30, d = 40, e = 50;
int *pa[5] = { &a, &b, &c, &d, &e };
```



문자열 배열

- 문자열 배열
  - 가장 많이 사용되는 포인터 배열
  - 문자열들을 효율적으로 저장할 수 있다.

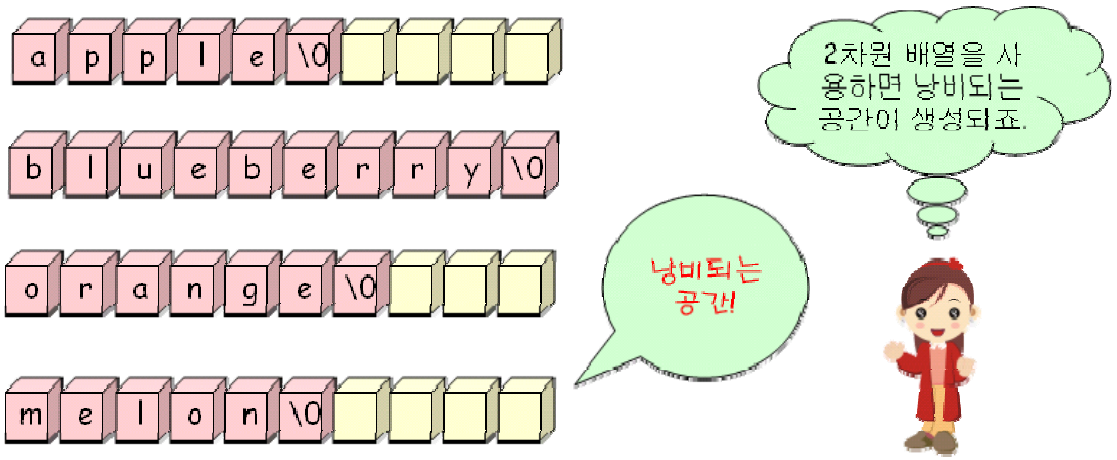
```
char *fruits[ ] = {
            "apple",
            "blueberry",
            "orange",
            "melon"
};
```



문자열 배열 vs 2차원 배열

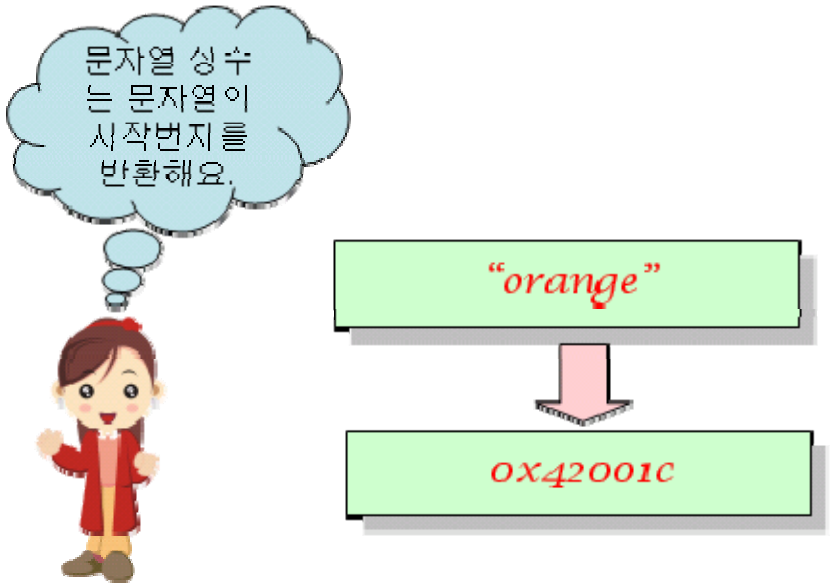
- 문자열들을 저장하는 2차원 배열
  - 공간의 낭비가 발생할 수 있다.

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



문자열 상수의 의미

- 문자열 상수는 문자열의 시작 번지를 반환한다.
- 포인터 배열의 각 원소들은 이 시작 번지로 초기화된다.



stringarray.c

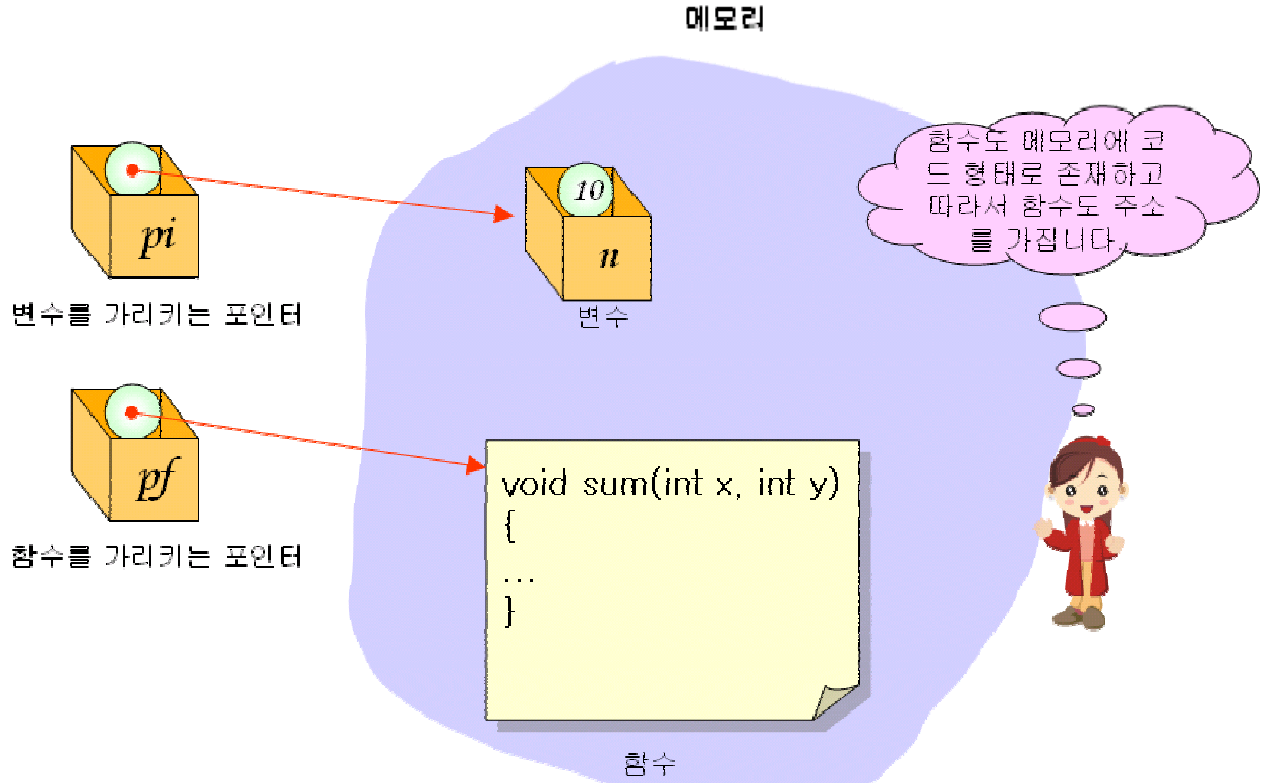
```c
// 문자열 배열
#include <stdio.h>

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
```

함수 포인터

- *함수 포인터(function pointer)*: 함수를 가리키는 포인터

```
반환형 (*함수포인터이름)(매개변수1, 매개변수2, ...);
```



fp1.c

```c
// 함수 포인터
#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;
}
```

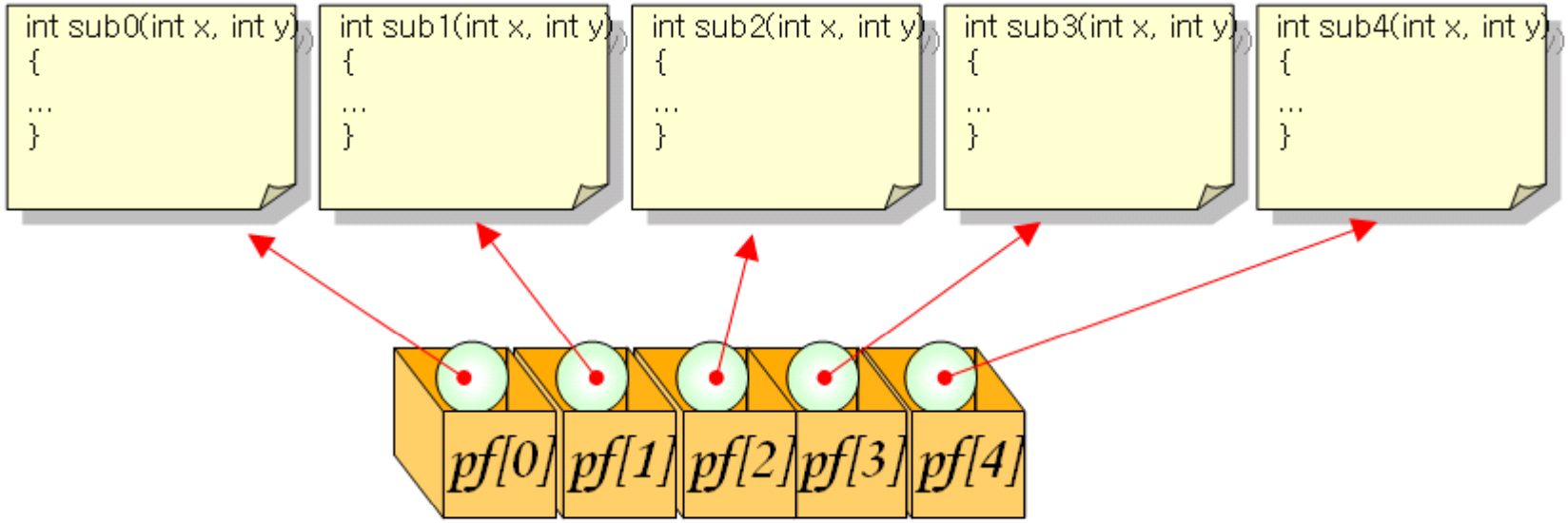
fp1.c

```
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

- 반환형 (*배열이름[배열의_크기])(매개변수목록);
  - int (*pf[5]) (int, int);



fp2.c

```c
// 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");
}
```

fp2.c

```
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 선언

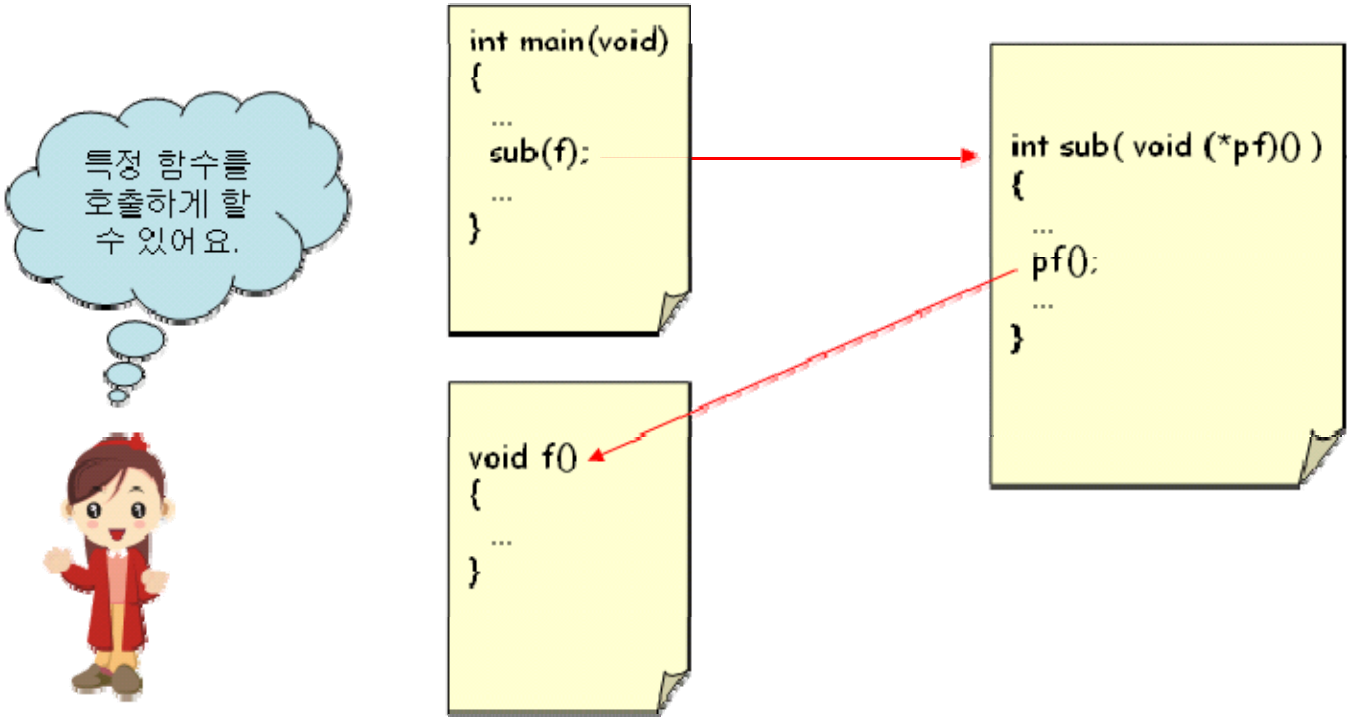
fp2.c

```
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.



fp2.c

```c
#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;
}
```

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

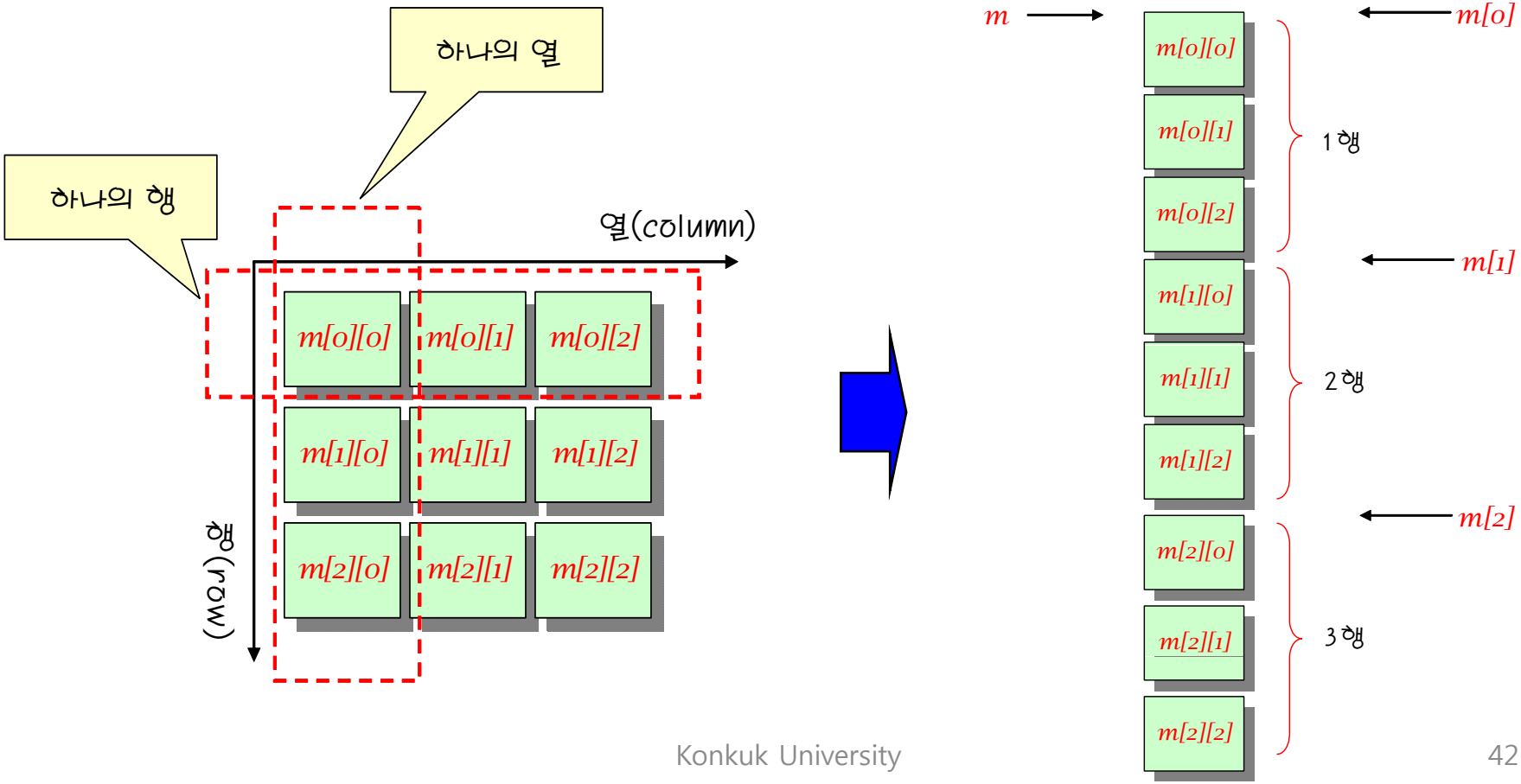
fp2.c

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

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

```
13.368736
12.716152
```

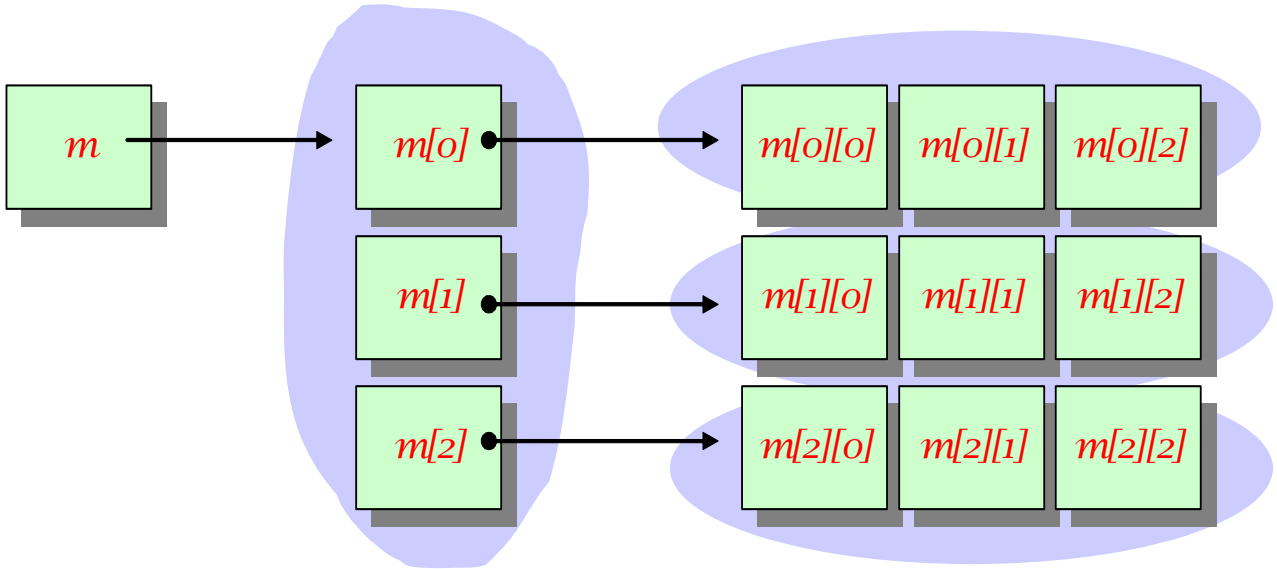
다차원 배열과 포인터

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



2차원 배열과 포인터

- 배열 이름 m은 &m[0][0]
- m[0]는 1행의 시작 주소
- m[1]은 2행의 시작 주소
- …



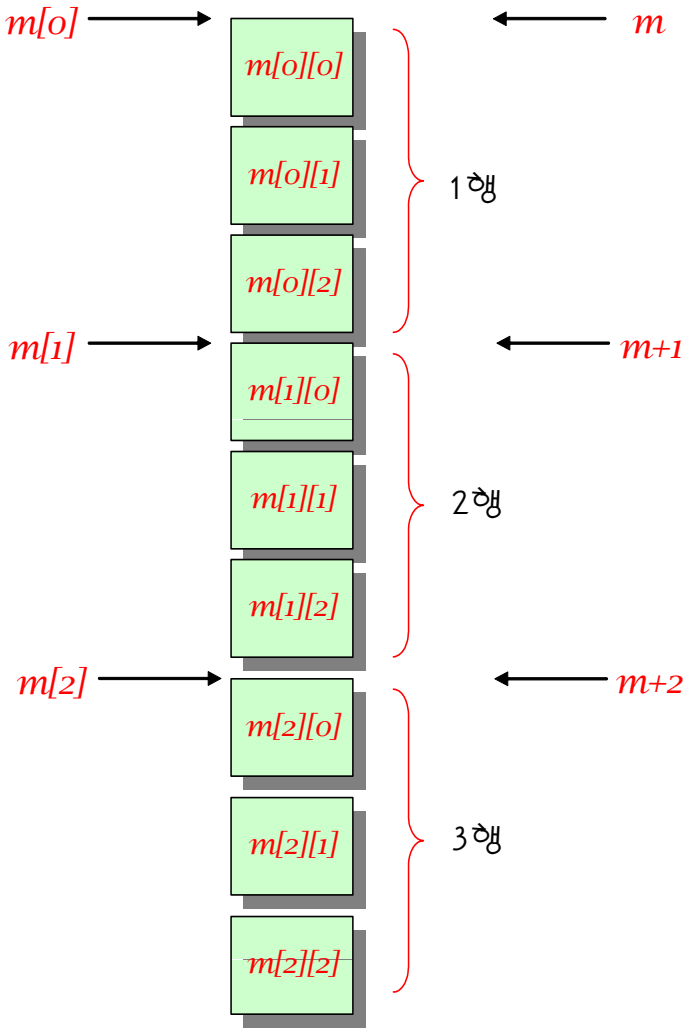
multi_array.c

```c
// 다차원 배열과 포인터
#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 연산

- m에 대한 연산의 의미
- m은 &m[0][0]
- m+1은 m[1]
- m+2은 m[2]



two_dim_array.c

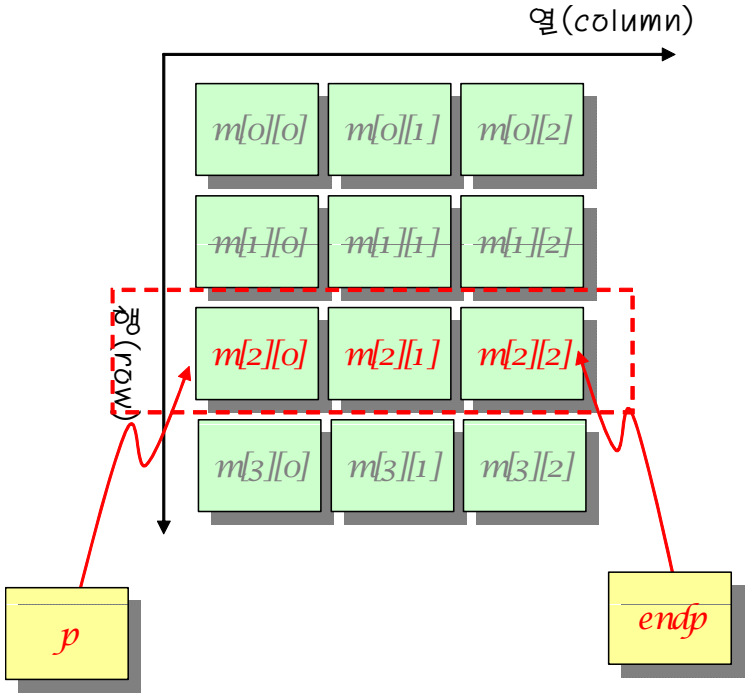
```c
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    int m[3][3] = { 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 };

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

    return 0;
}
```

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

포인터를 이용한 배열 원소 방문

- 행의 평균을 구하는 경우

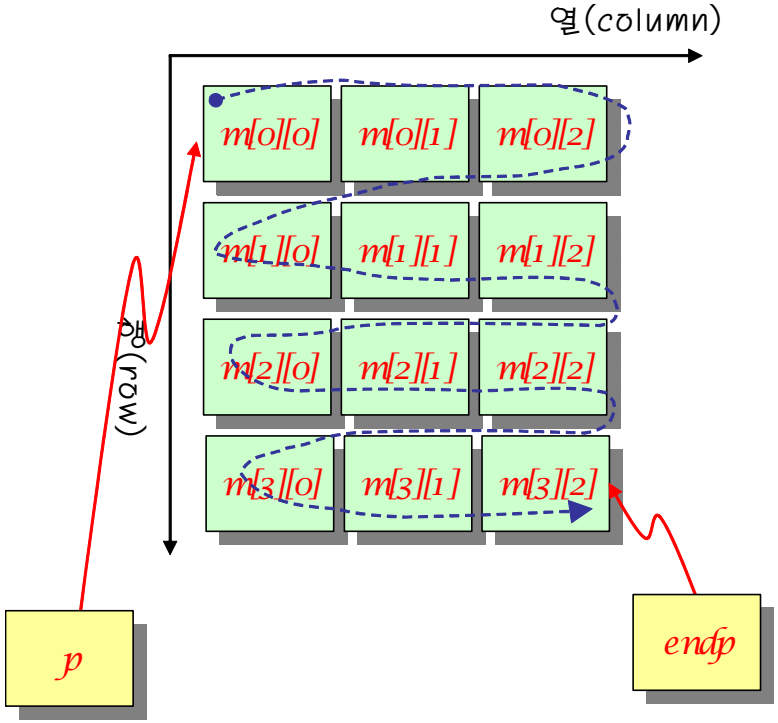
```
double get_row_avg(int m[][COLS], int r)
{
        int *p, *endp;
        double sum = 0.0;

        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;

}
```



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
```

vp.c

```c
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    int a[] = { 10, 20, 30, 40, 50 };
    void *vp;

    vp = a; // 가능
    vp = &a[2];          // 가능

    *vp = 35;            // 오류
    vp++;                // 오류

    *(int *)vp = 35;     // 가능

    return 0;
}
```

main() 함수의 인수

- 지금까지의 main() 함수 형태

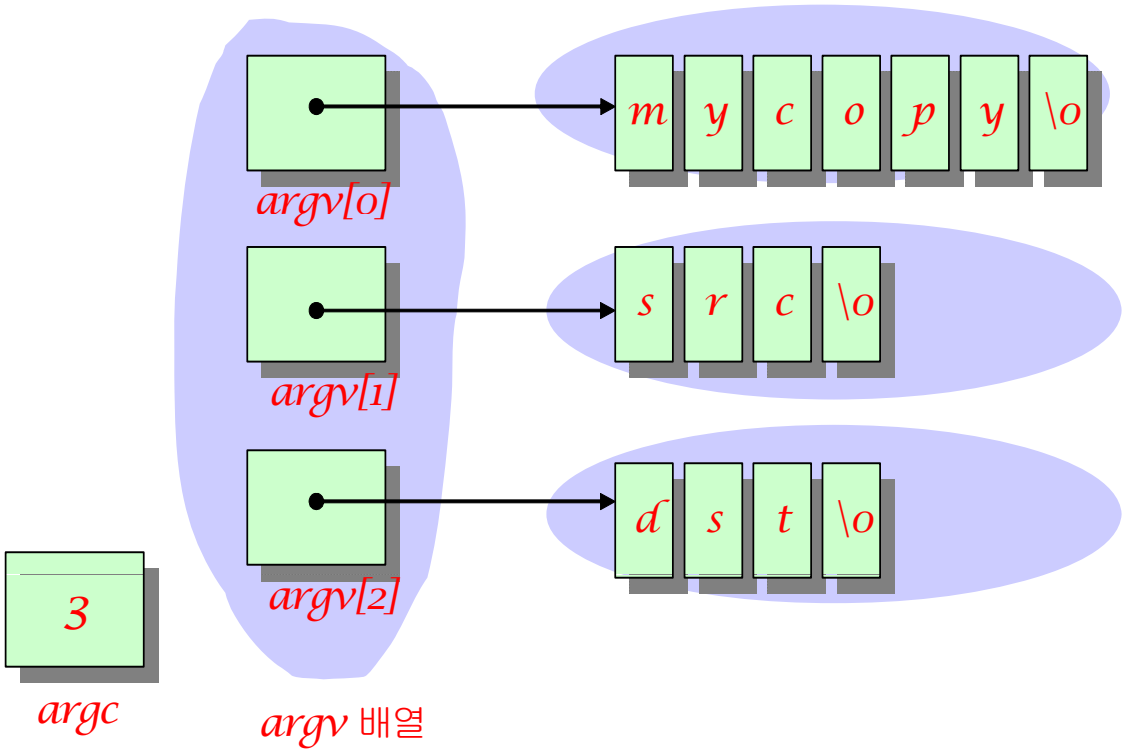
```
int main(void)
{
..
}
```

- 외부로부터 입력을 받는 main() 함수 형태

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

인수 전달 방법

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

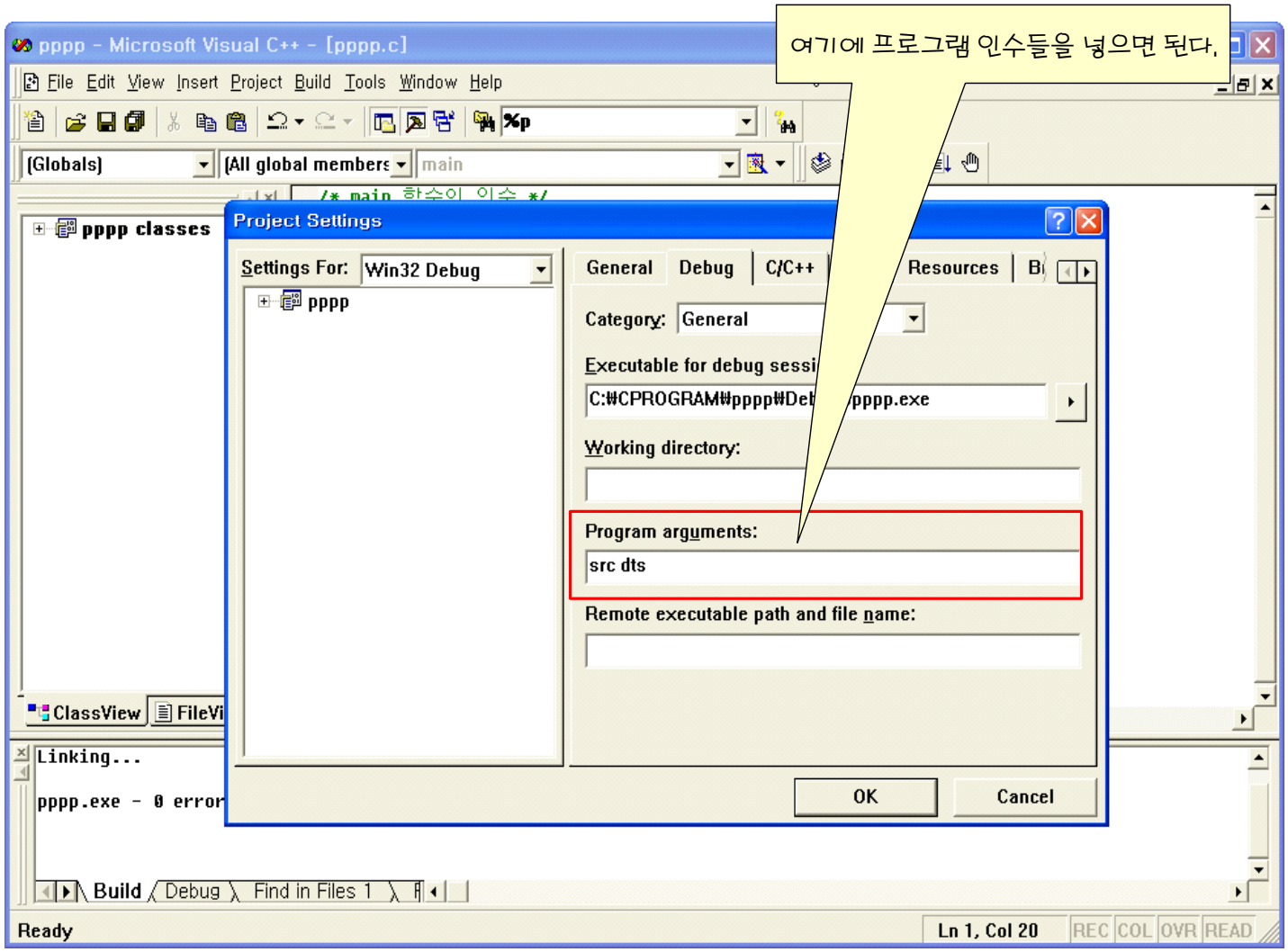


main_arg.c

```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;
}
```

```
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.
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



mile2km.c

```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;
}
```

```
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.
c:\cprogram\mainarg\Debug>mainarg 10
입력된 거리는 16.090000 km입니다.
c:\cprogram\mainarg\Debug>
```

Q & A