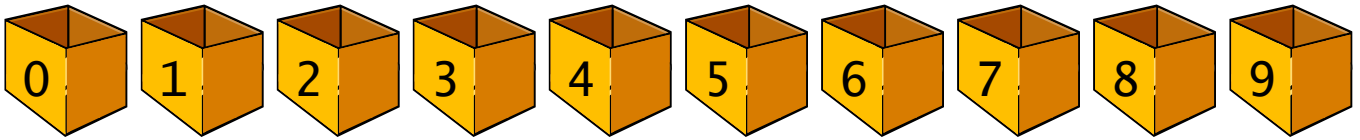
CHAP 3:
배열, 구조체, 포인터

배열이란?

- 같은 형의 변수를 여러 개 만드는 경우에 사용
  - int A0, A1, A2, A3, …,A9;
  - **int A[10];**



- 반복 코드 등에서 배열을 사용하면 효율적인 프로그래밍이 가능
  - 예) 최대값을 구하는 프로그램: 만약 배열이 없었다면?

```
tmp=score[0];
for(i=1;i<n;i++) {
        if( score[i] > tmp )
                tmp = score[i];
}
```

배열 ADT

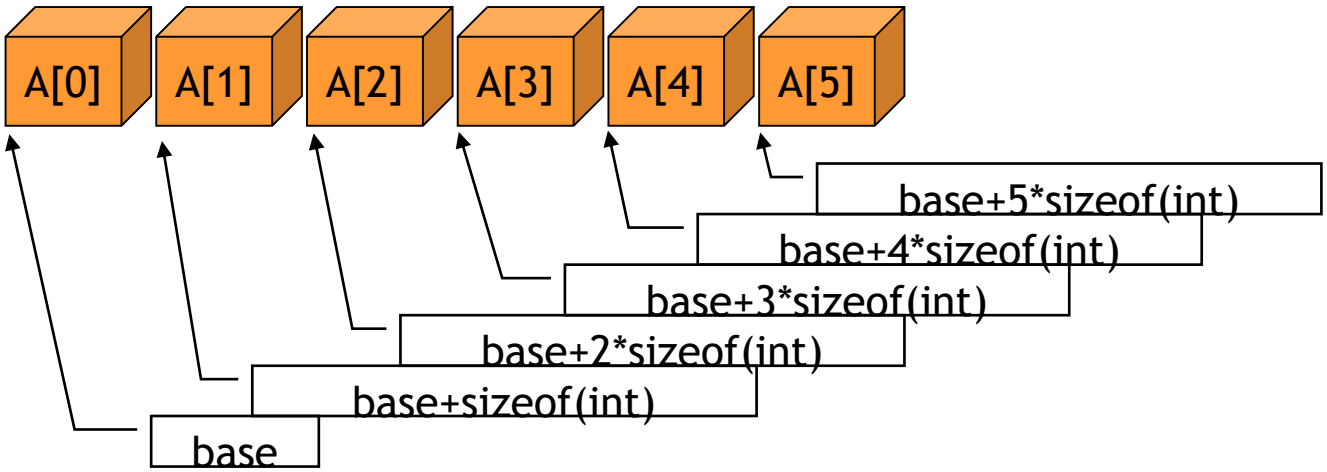
- 배열: <인덱스, 요소> 쌍의 집합
- 인덱스가 주어지면 해당되는 요소가 대응되는 구조

배열 ADT

객체: <인덱스, 요소> 쌍의 집합
연산:
- create(n) ::= n개의 요소를 가진 배열의 생성.
- retrieve(A, i) ::= 배열 A의 i번째 요소 반환.
- store(A, i, item) ::= 배열 A의 i번째 위치에 item 저장.

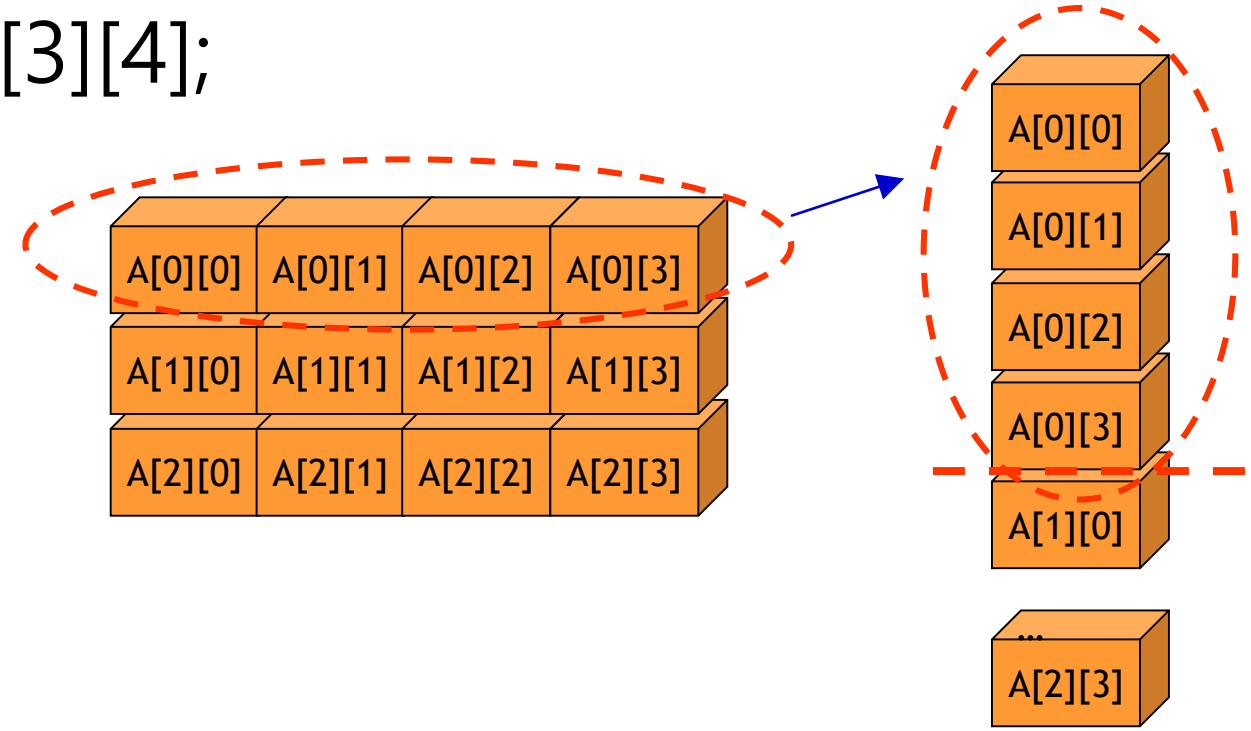
1차원 배열

- int A[6];


A[0]
A[1]
A[2]
A[3]
A[4]
A[5]
base+5*sizeof(int)
base+4*sizeof(int)
base+3*sizeof(int)
base+2*sizeof(int)
base+sizeof(int)
base

2차원 배열

- int A[3][4];



실제 메모리 안에서의 위치

배열의 응용: 다항식

- 다항식의 일반적인 형태

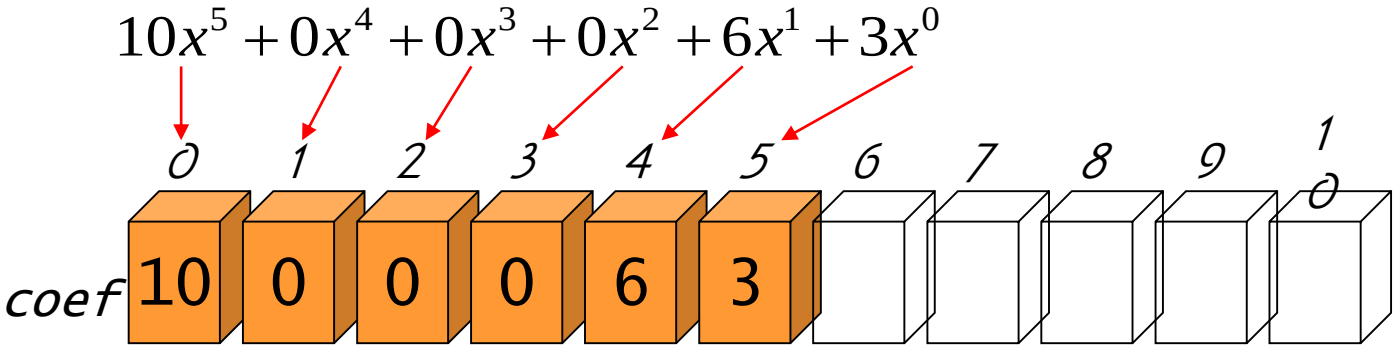
$$p(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \ldots + a_1 x + a_0$$

- 프로그램에서 다항식을 처리하려면 다항식을 위한 자료구조가 필요 → 어떤 자료구조를 사용해야 다항식의 덧셈, 뺄셈,곱셈, 나눗셈 연산을 할 때 편리하고 효율적일까?

- 배열을 사용한 2가지 방법
  1) 다항식의 모든 항을 배열에 저장
  2) 다항식의 0이 아닌 항만을 배열에 저장

다항식 표현 방법 #1

- 모든 차수에 대한 계수값을 배열로 저장
- 하나의 다항식을 하나의 배열로 표현




```
typedef struct {
        int degree;
        float coef[MAX_DEGREE];
} polynomial;
polynomial a = { 5, {10, 0, 0, 0, 6, 3} };
```

다항식 표현 방법 #1(계속)

- 장점: 다항식의 각종 연산이 간단해짐
- 단점: 대부분의 항의 계수가 0이면 공간의 낭비가 심함.

- 예) 다항식의 덧셈 연산

```
#include <stdio.h>
#define MAX(a,b) (((a)>(b))?(a):(b))
#define MAX_DEGREE 101
typedef struct {                        // 다항식 구조체 타입 선언
        int degree;                     // 다항식의 차수
        float coef[MAX_DEGREE];         // 다항식의 계수
} polynomial;
```

다항식 표현 방법 #1(계속)

```
// C = A+B 여기서 A와 B는 다항식이다.
polynomial poly_add1(polynomial A, polynomial B) {
        polynomial C;                       // 결과 다항식
        int Apos=0, Bpos=0, Cpos=0;         // 배열 인덱스 변수
        int degree_a=A.degree;
        int degree_b=B.degree;
        C.degree = MAX(A.degree, B.degree); // 결과 다항식 차수
        while( Apos<=A.degree && Bpos<=B.degree ){
                if( degree_a > degree_b ) { // A항 > B항
                 C.coef[Cpos++]= A.coef[Apos++];
                 degree_a--;
                }
```

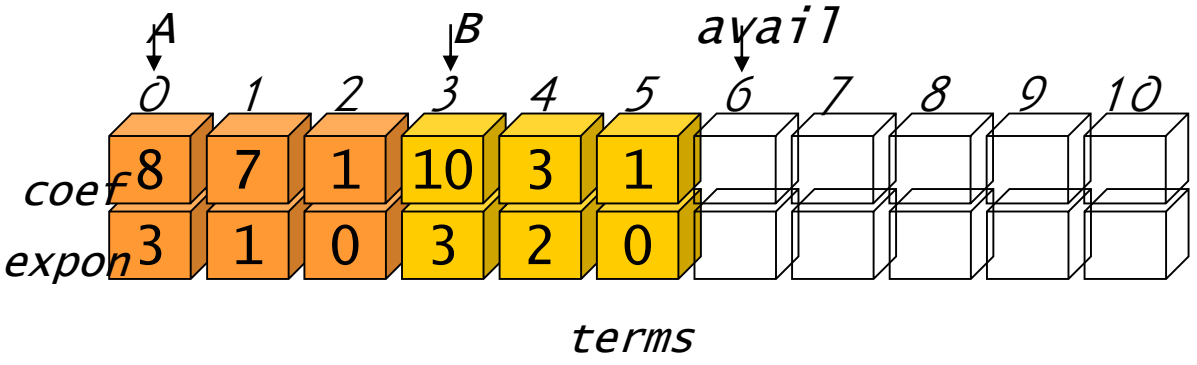
```
        else if( degree_a == degree_b ){ // A항 == B항
                C.coef[Cpos++]=A.coef[Apos++]+B.coef[Bpos++];
                degree_a--; degree_b--;
               }
        else {                                  // B항 > A항
                C.coef[Cpos++]= B.coef[Bpos++];
                degree_b--;
               }
        }
        return C;
}
// 주함수
void main()  {
        polynomial a = { 5, {3, 6, 0, 0, 0, 10} };
        polynomial b = { 4, {7, 0, 5, 0, 1} };
        polynomial c;
        c = poly_add1(a, b);
}
```

다항식 표현 방법 #2

- 다항식에서 0이 아닌 항만을 배열에 저장
- (계수, 차수) 형식으로 배열에 저장
  - (예) $10x^5+6x+3$ -> ((10,5), (6,1), (3,0))

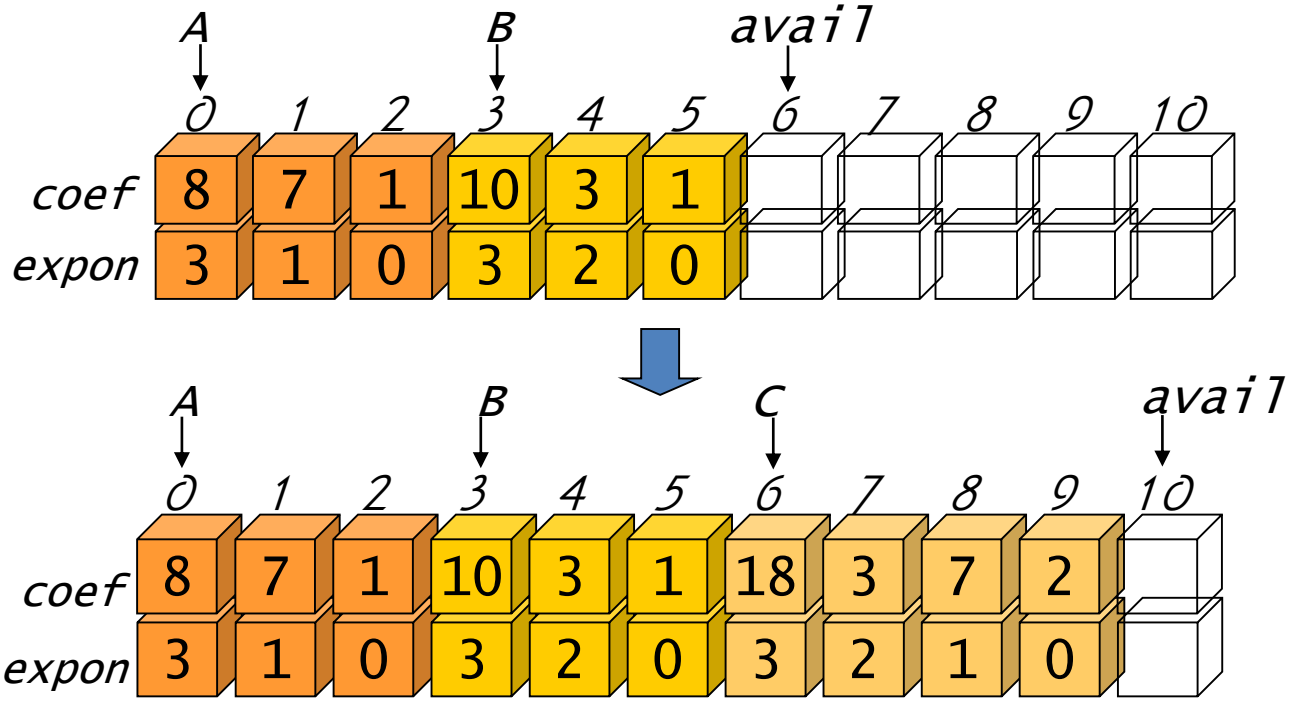
```
struct {
        float coef;
        int expon;
} terms[MAX_TERMS]={ {10,5}, {6,1}, {3,0} };
```

- 하나의 배열로 여러 개의 다항식을 나타낼 수 있음.



다항식 표현 방법 #2(계속)

- 장점: 메모리 공간의 효율적인 이용
- 단점: 다항식의 연산들이 복잡해진다(프로그램 3.3 참조).
  - (예) 다항식의 덧셈 $A=8x^3+7x+1$, $B=10x^3+3x^2+1$, $C=A+B$



다항식 표현 방법 #2(계속)

```
#define MAX_TERMS 101
struct {
        float coef;
        int expon;
} terms[MAX_TERMS]={ {8,3}, {7,1}, {1,0}, {10,3}, {3,2},{1,0} };
int avail=6;
// 두 개의 정수를 비교
char compare(int a, int b)
{
        if( a>b ) return '>';
        else if( a==b ) return '=';
        else return '<';
}
```

다항식 표현 방법 #2(계속)

```
// 새로운 항을 다항식에 추가한다.
void attach(float coef, int expon)
{
        if( avail>MAX_TERMS ){
                fprintf(stderr, "항의 개수가 너무 많음₩n");
                exit(1);
        }
        terms[avail].coef=coef;
        terms[avail++].expon=expon;
}
```

```
// C = A + B
poly_add2(int As, int Ae, int Bs, int Be, int *Cs,  int *Ce) {
        float tempcoef;
        *Cs = avail;
        while( As <= Ae && Bs <= Be )
         switch(compare(terms[As].expon,terms[Bs].expon)){
         case '>': // A의 차수 > B의 차수
                  attach(terms[As].coef, terms[As].expon);
                  As++;                                  break;
         case '=': // A의 차수 == B의 차수
                  tempcoef = terms[As].coef + terms[Bs].coef;
                  if( tempcoef )
                   attach(tempcoef,terms[As].expon);
                  As++; Bs++;                            break;
         case '<': // A의 차수 < B의 차수
                  attach(terms[Bs].coef, terms[Bs].expon);
                  Bs++;                                  break;
        }
```

다항식 표현 방법 #2(계속)

```
// A의 나머지 항들을 이동함
        for(;As<=Ae;As++)
                attach(terms[As].coef, terms[As].expon);
        // B의 나머지 항들을 이동함
        for(;Bs<=Be;Bs++)
                attach(terms[Bs].coef, terms[Bs].expon);
        *Ce = avail -1;
}
//
void main()
{
        int Cs, Ce;
        poly_add2(0,2,3,5,&Cs,&Ce);
}
```

다음은 같은 표현들

```
struct {
        float coef;
        int expon;
} terms[MAX_TERMS]={ {8,3}, {7,1}, {1,0}, {10,3}, {3,2},{1,0} };
```

```
struct  Terms {
        float coef;
        int expon;
};
struct Terms terms[MAX_TERMS]={ {8,3}, {7,1}, {1,0}, {10,3}, {3,2},{1,0} };
```

```
typedef  struct  Terms {  // 구조체 이름(Terms) 생략 가능
        float coef;
        int expon;
} strTerm;
strTerm terms[MAX_TERMS]={ {8,3}, {7,1}, {1,0}, {10,3}, {3,2},{1,0} };
```

희소행렬

- 배열을 이용하여 행렬(matrix)을 표현하는 2가지 방법

  (1) 2차원 배열을 이용하여 배열의 전체 요소를 저장하는 방법

  (2) 0이 아닌 요소들만 저장하는 방법

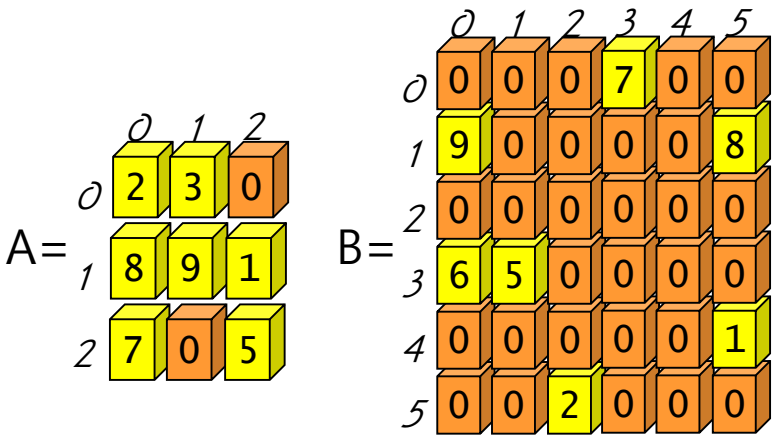
- 희소행렬: 대부분의 항들이 0인 배열

$$A = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 0 \\ 8 & 9 & 1 \\ 7 & 0 & 5 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 7 & 0 & 0 \\ 9 & 0 & 0 & 0 & 0 & 8 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

희소행렬 표현방법 #1

- 2차원 배열을 이용하여 배열의 전체 요소를 저장하는 방법
  - 장점: 행렬의 연산들을 간단하게 구현할 수 있다.
  - 단점: 대부분의 항들이 0인 희소 행렬의 경우 많은 메모리 공간 낭비

$$A=\begin{bmatrix}2 & 3 & 0\\ 8 & 9 & 1\\ 7 & 0 & 5\end{bmatrix} \quad B=\begin{bmatrix}0 & 0 & 0 & 7 & 0 & 0\\ 9 & 0 & 0 & 0 & 0 & 8\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 6 & 5 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1\\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0\end{bmatrix}$$



희소 행렬 #1

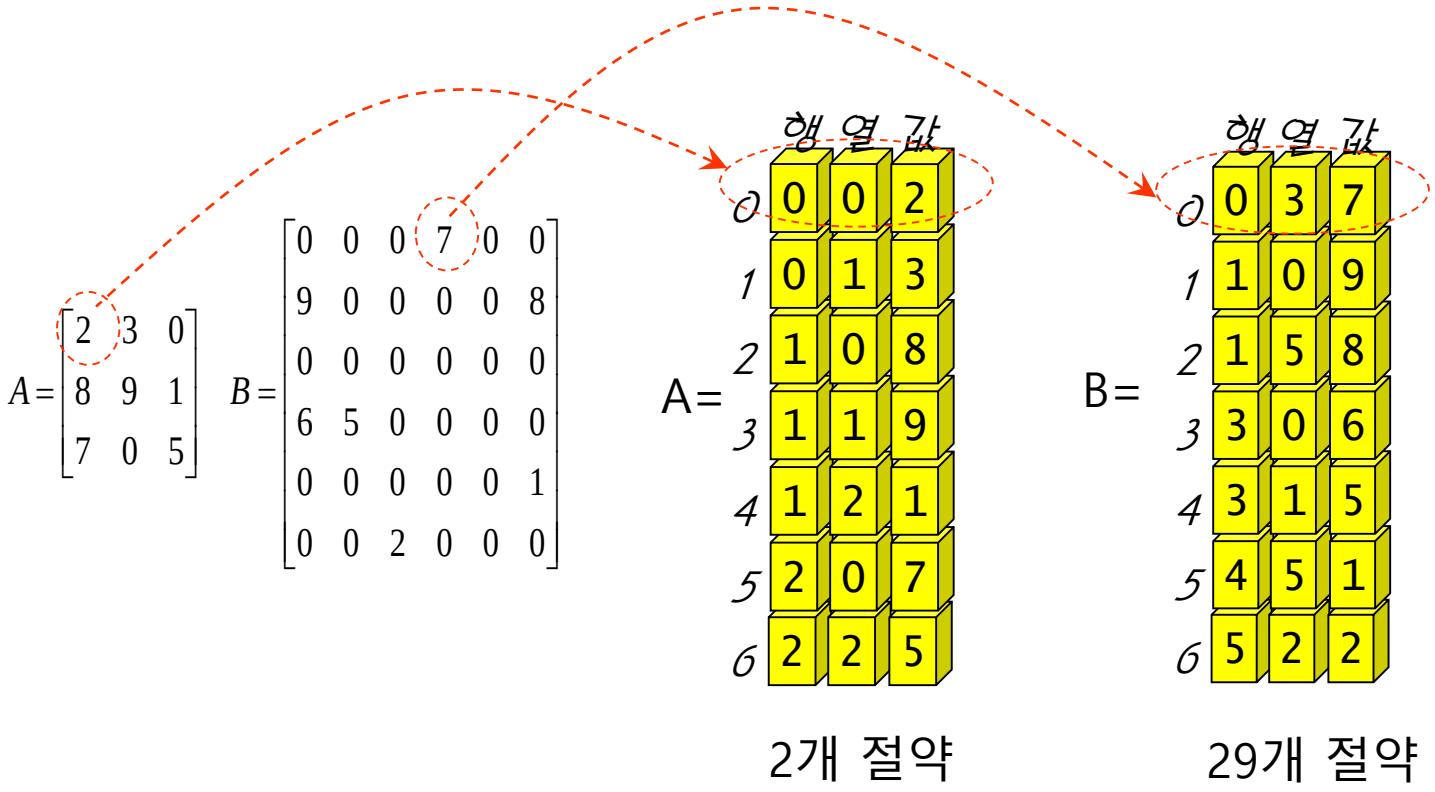
```
#include <stdio.h>
#define ROWS 3
#define COLS 3
// 희소 행렬 덧셈 함수
void sparse_matrix_add1(int A[ROWS][COLS],
                        int B[ROWS][COLS], int C[ROWS][COLS]) // C=A+B
{
        int r,c;
        for(r=0;r<ROWS;r++)
                for(c=0;c<COLS;c++)
                        C[r][c] = A[r][c] + B[r][c];
}
```

희소 행렬 #1

```
main()
{
        int array1[ROWS][COLS] = {    { 2,3,0 },
                                      { 8,9,1 },
                                      { 7,0,5 } };
        int array2[ROWS][COLS] = {    { 1,0,0 },
                                      { 1,0,0 },
                                      { 1,0,0 } };
        int array3[ROWS][COLS];
        sparse_matrix_add1(array1,array2,array3);
}
```

희소행렬 표현방법 #2

- 0이 아닌 요소들만 저장하는 방법
  - 장점: 희소 행렬의 경우, 메모리 공간의 절약
  - 단점: 각종 행렬 연산들의 구현이 복잡해진다.



희소 행렬 #2

```
#define ROWS 3
#define COLS 3
#define MAX_TERMS 10
typedef struct {
        int row;
        int col;
        int value;
} element;
typedef struct SparseMatrix {
        element data[MAX_TERMS];
        int rows;  // 행의 개수
        int cols;   // 열의 개수
        int terms;              // 항의 개수
} SparseMatrix;
```

희소 행렬 #2

```
// 희소 행렬 덧셈 함수
// c = a + b
SparseMatrix sparse_matrix_add2(SparseMatrix a, SparseMatrix b) {
        SparseMatrix c;
        int ca=0, cb=0, cc=0; // 각 배열의 항목을 가리키는 인덱스
        // 배열 a와 배열 b의 크기가 같은지를 확인
        if( a.rows != b.rows || a.cols != b.cols ){
                fprintf(stderr,"희소행렬 크기에러₩n");
                exit(1);
        }
        c.rows = a.rows;
        c.cols = a.cols;
        c.terms = 0;
```

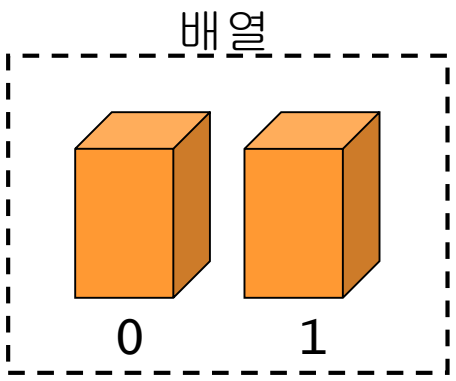
```
        while( ca < a.terms && cb < b.terms ) {
                // 각 항목의 순차적인 번호를 계산한다.
                        int inda = a.data[ca].row * a.cols + a.data[ca].col;
                        int indb = b.data[cb].row * b.cols + b.data[cb].col;
                if( inda < indb) {
                        // a 배열 항목이 앞에 있으면
                        c.data[cc++] = a.data[ca++];
                }
                else if( inda == indb ){
                        // a와 b가 같은 위치
                        if( (a.data[ca].value+b.data[cb].value)!=0){
                           c.data[cc].row = a.data[ca].row;
                           c.data[cc].col = a.data[ca].col;
                           c.data[cc++].value = a.data[ca++].value +
                                                b.data[cb++].value;
                        }
                        else {
                           ca++; cb++;
                        }
                }
                else   // b 배열 항목이 앞에 있음
                        c.data[cc++] = b.data[cb++];
        }
```

희소 행렬 #2

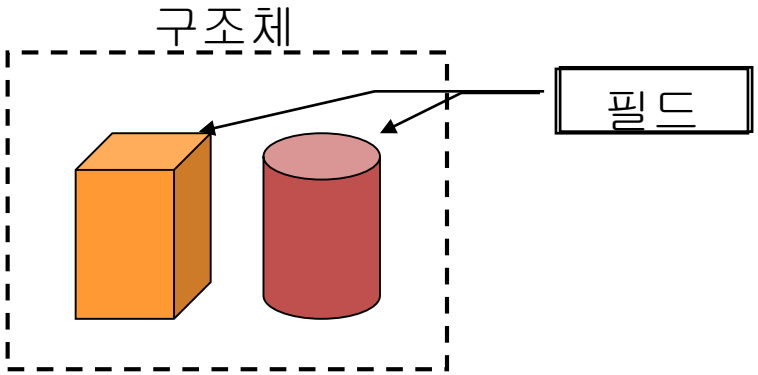
```
// 배열 a와 b에 남아 있는 항들을 배열 c로 옮긴다.
        for(; ca < a.terms; )
                c.data[cc++] = a.data[ca++];
        for(; cb < b.terms; )
                c.data[cc++] = b.data[cb++];
        c.terms = cc;
        return c;
}
// 주함수
main()
{
        SparseMatrix m1 = {   {{ 1,1,5 },{ 2,2,9 }}, 3,3,2 };
        SparseMatrix m2 = {   {{ 0,0,5 },{ 2,2,9 }}, 3,3,2 };
        SparseMatrix m3;
        m3 = sparse_matrix_add2(m1, m2);
}
```

구조체

- 구조체(structure): 타입이 다른 데이터를 하나로 묶는 방법
- 배열(array): 타입이 같은 데이터들을 하나로 묶는 방법




```
char carray[100];
```




```
struct example {
        char cfield;
        int ifield;
        float ffield;
        double dfield;
};
struct example s1;
```

구조체의 사용예

- 구조체의 선언과 구조체 변수의 생성

```
struct person {
        char name[10];      // 문자배열로 된 이름
        int age;            // 나이를 나타내는 정수값
        float height;       // 키를 나타내는 실수값
};
struct person a;            // 구조체 변수 선언
```

- typedef을 이용한 구조체의 선언과 구조체 변수의 생성

```
typedef struct person {
        char name[10];      // 문자배열로 된 이름
        int age;            // 나이를 나타내는 정수값
        float height;       // 키를 나타내는 실수값
} person;
person a;                   // 구조체 변수 선언
```

구조체의 대입과 비교 연산

- 구조체 변수의 대입: 가능

```
struct person {
        char name[10];      // 문자배열로 된 이름
        int age;            // 나이를 나타내는 정수값
        float height;       // 키를 나타내는 실수값
};
void main()  {
        struct person a, b;
        b = a;              // 가능
}
```

- 구조체 변수끼리의 비교: 불가능

```
void main() {
        if( a > b )
                printf("a가 b보다 나이가 많음");        // 불가능
}
```

자체참조 구조체

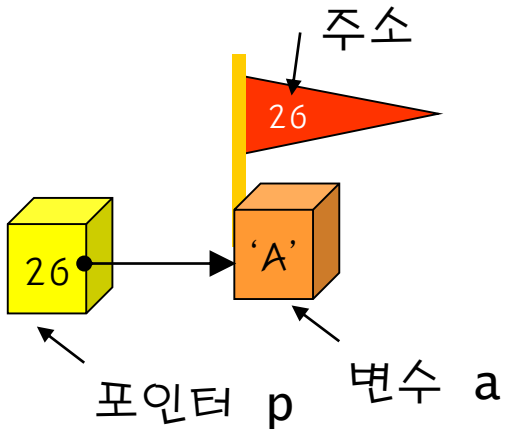
- **자체 참조 구조체(**self-referential structure**):** 필드 중에 자기 자신을 가리키는 포인터가 한 개 이상 존재하는 구조체
- 연결 리스트나 트리에서 많이 등장

```
typedef struct ListNode {
        char        data[10];
        struct      ListNode *link;
} List;
```

포인터(POINTER)

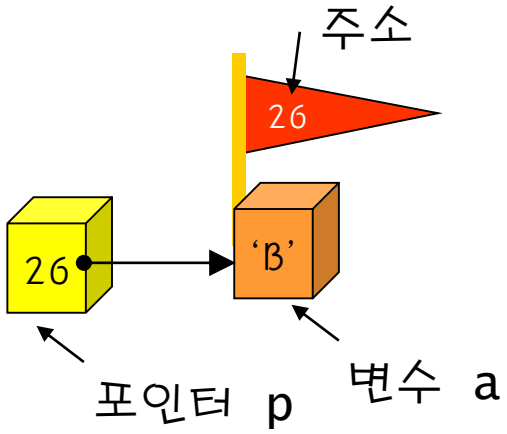
- 포인터: 다른 변수의 주소를 가지고 있는 변수

```
char a='A';
char *p;
p = &a;
```



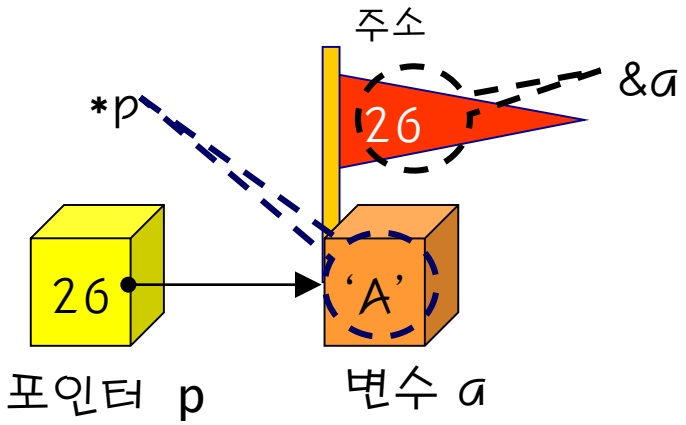
- 포인터가 가리키는 내용의 변경: * 연산자 사용

```
*p= 'B';
```



포인터와 관련된 연산자

- & 연산자: 변수의 주소를 추출
- * 연산자: 포인터가 가리키는 곳의 내용을 추출




```
 p          // 포인터
*p          // 포인터가 가리키는 값
*p++        // 포인터가 가리키는 값을 가져온 다음, 포인터를 한칸 증가한다.
*p--        // 포인터가 가리키는 값을 가져온 다음, 포인터를 한칸 감소한다.
(*p)++      // 포인터가 가리키는 값을 증가시킨다.
```

```
int a;      // 정수 변수 선언
int *p;     // 정수 포인터 선언
int **pp;   // 정수 포인터의 포인터 선언
p = &a;     // 변수 a와 포인터 p를 연결
pp = &p;    // 포인터 p와 포인터의 포인터 pp를 연결
```

디양한 포인터

- 포인터의 종류

```
void *p;            // p는 아무것도 가리키지 않는 포인터
int *pi;            // pi는 정수 변수를 가리키는 포인터
float *pf;          // pf는 실수 변수를 가리키는 포인터
char *pc;           // pc는 문자 변수를 가리키는 포인터
int **pp;           // pp는 포인터를 가리키는 포인터
struct test *ps;    // ps는 test 타입의 구조체를 가리키는 포인터
void (*f)(int) ;    // f는 함수를 가리키는 포인터
```

- 포인터의 형변환: 필요할 때마다 형변환하는 것이 가능하다.

```
void *p;
pi=(int *) p;
```

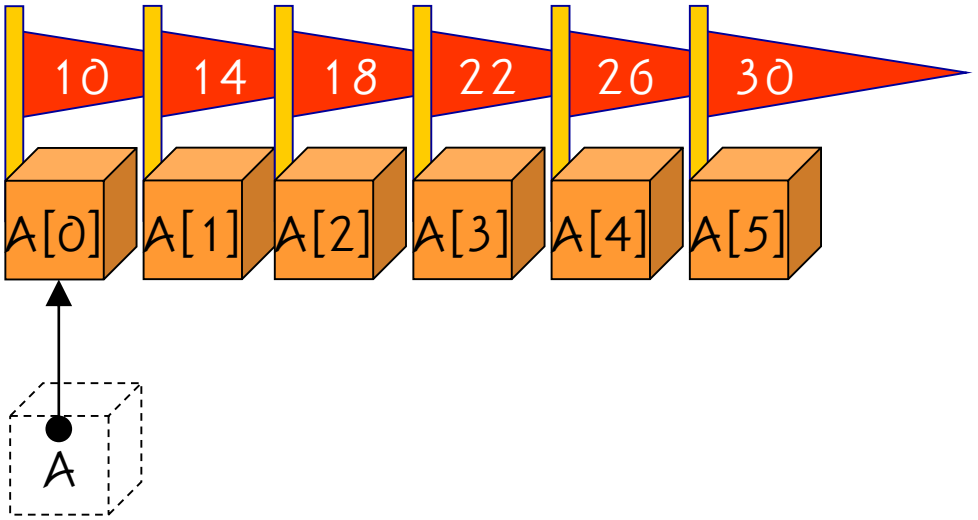
함수의 파라미터로서의 포인터

- 함수안에서 파라미터로 전달된 포인터를 이용하여 외부 변수의 값 변경 가능

```
void swap(int *px, int *py) {
        int tmp;
        tmp = *px;
        *px = *py;
        *py = tmp;
}
void main() {
        int a=1, b=2;
        printf("swap을 호출하기 전: a=%d, b=%d₩n", a,b);
        swap(&a, &b);
        printf("swap을 호출한 다음: a=%d, b=%d₩n", a,b);
}
```

배열과 포인터

- 배열의 이름: 사실상의 포인터와 같은 역할

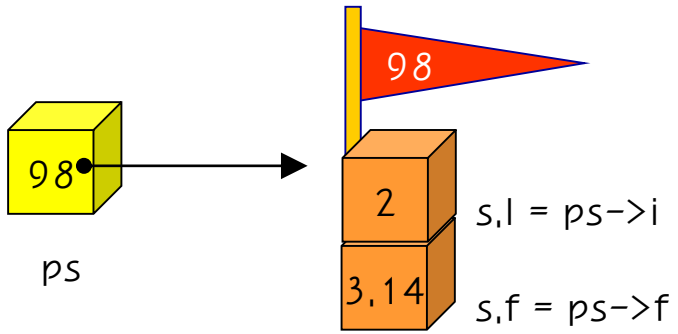


- 컴파일러가 배열의 이름을 배열의 첫번째 주소로 대치

&A[0]

구조체의 포인터

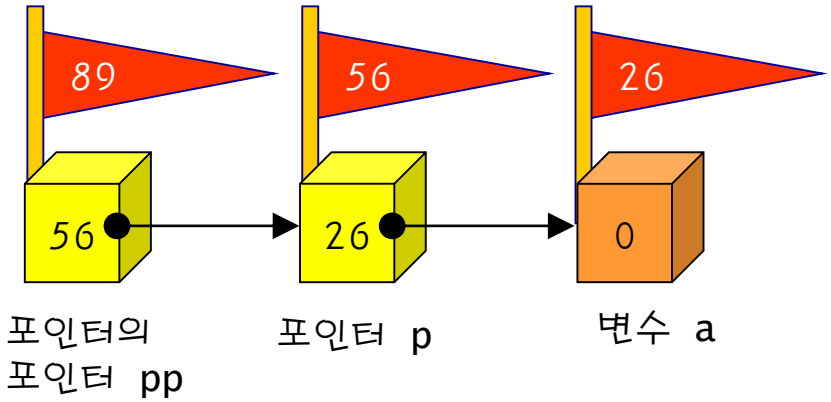
- 구조체의 요소에 접근하는 연산자: ->




```
void main() {
        struct {
                int i;
                float f;
        } s, *ps;

        ps = &s;
        ps->i = 2;
        ps->f = 3.14;
}
```

포인터의 포인터

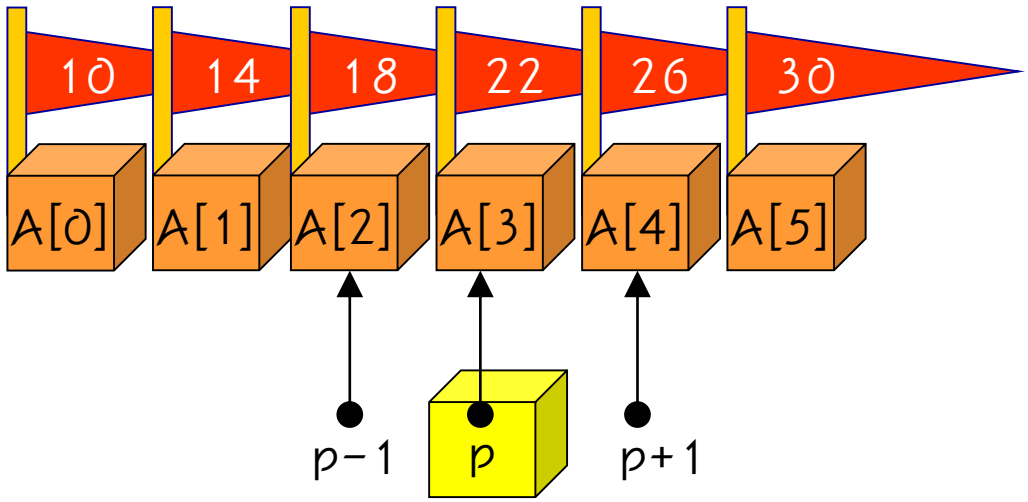



```
int a;          // 정수 변수 선언
int *p;         // 정수 포인터 선언
int **pp;       // 정수 포인터의 포인터 선언
p = &a;         // 변수 a와 포인터 p를 연결
pp = &p;        // 포인터 p와 포인터의 포인터 pp를 연결
```

포인터 연산

- 포인터에 대한 사칙연산: 포인터가 가리키는 객체단위로 계산된다.

```
p       // 포인터
p+1     // 포인터 p가 가리키는 객체의 바로 뒤 객체
p-1     // 포인터 p가 가리키는 객체의 바로 앞 객체
```



포인터 사용시 주의할 점

- 포인터가 아무것도 가리키고 있지 않을 때는 NULL로 설정
  int *pi=NULL;
- 초기화가 안된 상태에서 사용 금지

```
void main() {
        char *pc;        // 포인터 pc는 초기화가 안되어 있음
        *pc = 'E';       // 위험한 코드
}
```

- 포인터 타입간의 변환시에는 명시적인 타입 변환 사용

```
int *pi;
float *pf;
pf = (float *)pi;
```

동적 메모리 할당

- 프로그램이 메모리를 할당받는 방법
  - 정적 메모리 할당
  - 동적 메모리 할당
- 정적 메모리 할당
  - 메모리의 크기는 프로그램이 시작하기 전에 결정
  - 프로그램의 수행 도중에 그 크기가 변경될 수는 없다.
  - 만약 처음에 결정된 크기보다 더 큰 입력이 들어온다면 처리하지 못할 것이고 더 작은 입력이 들어온다면 남은 메모리 공간은 낭비될 것이다.
  - (예) 변수나 배열의 선언
  - int buffer[100];
char name[] = "data structure";

- **동적 메모리 할당**
  - 프로그램의 실행 도중에 메모리를 할당 받는 것
  - 필요한 만큼만 할당을 받고 또 필요한 때에 사용하고 반납
  - 메모리를 매우 효율적으로 사용가능

동적 메모리 할당

- 전형적인 동적 메모리 할당 코드

```
void main() {
    int *pi;
    pi = (int *)malloc(sizeof(int));  // 동적 메모리 할당
    ...                               // 동적 메모리 사용
    free(pi);                         // 동적 메모리 반납
}
```

- 동적 메모리 할당 관련 라이브러리 함수
  - malloc(size) // 메모리 할당
  - free(ptr) // 메모리 할당 해제
  - sizeof(var) // 변수나 타입의 크기 반환(바이트 단위)

동적 메모리 할당 라이브러리

- malloc(int size)
  - size 바이트 만큼의 메모리 블록을 할당

```
(char *)malloc(100) ;                          /* 100 바이트 메모리 할당 */
(int *)malloc(sizeof(int));                    /* 정수 1개를 저장할 메모리 확보*/
(struct Book *)malloc(sizeof(struct Book))     /* 하나의 구조체 생성 */
```

- free(void ptr)
  - ptr이 가리키는 할당된 메모리 블록을 해제
- sizeof 키워드
  - 변수나 타입의 크기 반환(바이트 단위)

```
size_t  i = sizeof( int );                                  // 4
struct AlignDepends {
    char c;
    int i;
};
size_t size = sizeof(struct AlignDepends);                  // 8
int  array[] = { 1, 2, 3, 4, 5 };
size_t  sizearr = sizeof( array ) / sizeof( array[0] );     // 20/4=5
```

동적 메모리 할당 예제

```
struct Example {
        int number;
        char name[10];
};
void main()
{
        struct Example *p;

        p=(struct Example *)malloc(2*sizeof(struct Example));
        if(p==NULL){
            fprintf(stderr, "can't allocate memory\n") ;
            exit(1) ;
        }
        p->number=1;
        strcpy(p->name,"Park");
        (p+1)->number=2;
        strcpy((p+1)->name,"Kim");
        free(p);
}
```