포인터
2차원 동적 할당

2차원 포인터

- **포인터의 포인터**
  - 1차원 포인터의 주소값을 저장하는 포인터의 포인터는 * 기호를 두 번씩 기술해서 선언한다.

포인터의 포인터 기본 형식

```
자료형 **포인터 변수명;
```

EX) int **pp;

  - 포인터와 관련된 연산자인 &과 *는 +와 – 사이 같은 관계다. & 연산자를 변수 앞에 붙이면 차원이 점점 올라간다.

```
int a = 10;
int *p = &a;
```

포인터 변수 p는 변수 a를 가리킨다.

  - 반대로 * 연산자를 변수 앞에 붙이면 차원이 점점 내려간다. 이 때 주의할 점은 * 연산자는 중복해서 붙일 수 있는데, & 연산자는 변수 앞에 한 번만 붙일 수 있다는 점이다.

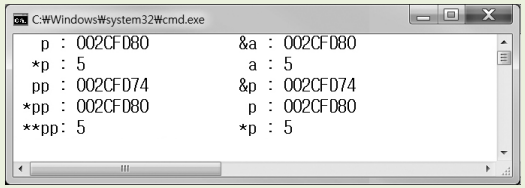
```
int **pp = &p;
```

포인터 변수 pp는 포인터 변수 p를 가리킨다.

포인터 변수 p는 변수 a를 가리킨다.

2차원 포인터 사용하기

```
#include <stdio.h>

void main()
{
    int a=5;
    int *p;
    int **pp;

    p=&a;
    pp=&p;

    printf(" p  : %X₩t &a  : %X₩n", p , &a );
    printf(" *p : %d₩t₩t a   : %d₩n", *p , a );
    printf(" pp : %X₩t &p  : %X₩n", pp , &p );
    printf(" *pp: %X₩t *pp : %X₩n", *pp, p );
    printf("**pp: %X₩t *p  : %X₩n", *pp, *p );
}
```

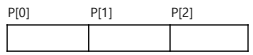


03 2차원 포인터

- **1차원 포인터를 저장하는 포인터 배열**

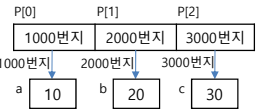
❶ int *p1, *p2, *p3; ❷ int *p[3];

  - ❷처럼 작성하면 원소 3개를 저장할 수 있는 배열이 생성되며, 각 원소에는 1차원 포인터를 저장할 수 있다.



  - 각 원소에 1차원 포인터를 저장해 보자.

```
int a=10, b= 20, c=30;
int *p[3]={&a, &b, &c};
```



  - 각 원소의 내용은 주소이므로 10, 20, 30을 출력하려면 각 원소 앞에 * 연산자를 기술해야 한다. 즉, p[0]==&a이므로 *p[0]==a가 된다.

1차원 포인터를 저장하는 포인터 배열

```
#include <stdio.h>
void main()
{
    int a=10, b= 20, c=30; // 정수형 변수
    // 포인터 배열에 변수의 주소를 저장해 둔다.
    int *p[3]={&a, &b, &c};

    // 배열 원소에 * 연산자로 정수값을 얻어온다.
    printf("₩n *p[0] : %d", *p[0]);
    printf("₩t *p[1] : %d", *p[1]);
    printf("₩t *p[2] : %d", *p[2]);

    // * 연산자 대신 []로 정수값을 얻어온다.
    printf("₩n p[0][0] : %d", p[0][0]);
    printf("₩t p[1][0] : %d", p[1][0]);
    printf("₩t p[2][0] : %d", p[2][0]);
    printf("₩n");
}
```

```
C:₩Windows₩system32₩cmd.exe
   *p[0] : 10      *p[1] : 20      *p[2] : 30
 p[0][0] : 10    p[1][0] : 20    p[2][0] : 30
```

03 2차원 포인터

- 포인터 배열에 1차원 배열명인 배열의 시작 주소를 저장해 보자.

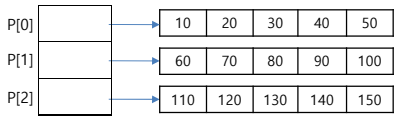
  Int a[5]={10, 20, 30, 40, 50};

  Int b[5]={60, 70, 80, 90, 100};

  Int c[5]={110, 120, 130, 140, 150};

  Int *p[3]={a, b, c}; // a == &a[0], 즉 배열명은 배열 첫번재 원소의 주소

- 배열명 자체가 포인터이기 때문에 & 연산자 없이 배열명을 포인터 배열의 초깃값으로 준다.



- 각 원소의 내용은 주소이므로 * 연산자를 기술하면 각 1차원 배열의 첫 번째 원소 내용이 출력된다.

  p[0]==a==&a[0]이므로 *p[0]==*a==*&a[0]==a[0]이 되고

  p[1]==b==&b[0]이므로 *p[1]==*b==*&b[0]==b[0]이 되고

  p[2]==c==&c[0]이므로 *p[2]==*c==*&c[0]==c[0]이 된다.

- *p[0], *p[1], *p[2]와 같은 포인터 표현은 p[0][0], p[1][0], p[2][0]와 같이 배열처럼 표현할 수 있으므로 만일 각 1차원 배열의 두번째 원소를 출력하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

  p[0][1], p[1][1], p[2][1]

포인터 배열에 1차원 배열의 주소값 저장하기

```
#include <stdio.h>
void main()
{
    int a[5]={ 10, 20, 30, 40, 50};
    int b[5]={ 60, 70, 80, 90, 100};
    int c[5]={110, 120, 130, 140, 150};

    int *p[3]={a, b, c};

    printf(">> 각 1차원 배열의 첫번째 원소 출력 << ₩n");
    printf("%d %d %d₩n₩n", p[0][0], p[1][0], p[2][0]);

    printf(">> 각 1차원 배열의 두번째 원소 출력 << ₩n");
    printf("%d %d %d₩n", p[0][1], p[1][1], p[2][1] );
}
```

```
C:₩Windows₩system32₩cmd.exe
>> 각 1차원 배열의 첫번째 원소 출력 <<
10      60      110

>> 각 1차원 배열의 두번째 원소 출력 <<
20      70      120
```

03 2차원 포인터

2차원 배열과 포인터 변수

- 배열 원소의 주소값을 출력하려면?
  - 배열 원소의 주소값을 출력하려면 배열에 첨자를 지정한 원소에 &을 붙이면 된다. 즉, a[0][0]의 주소값을 알고 싶으면 &a[0][0]이라고 하면 된다.

2차원 배열에서 첨자를 생략하는 형태

- 2차원 배열에서 첨자를 생략하는 형태는 2가지다. 열만 생략하든지, 행과 열을 동시에 생략해야 한다
  - 2차원 배열 int a[3][4];에 대해서 열만 생략하면 행이 3개가 된다.

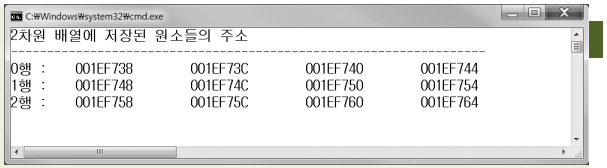
    a[0], a[1], a[2]

  - 2차원 배열에서 열을 생략하고 행만 지원하면 원소값 대신 주소가 출력되며, 이 주소들은 16 바이트 차이가 난다. a[0]과 a[1] 사이에 16 바이트 차이가 있고, a[1]과 a[2] 사이에도 16 바이트 차이가 난다. 이 주소들은 각 행의 시작 주소와 일치한다. 행 1개가 열 4개로 구성되어 있고 정수형 배열이므로 16바이트 (4바이트×4개) 차이가 나는 것이다.

    a[n] == &a[n][0]
  - 2차원 배열에서 열을 생략하면 각 행의 시작 주소를 의미한다. n은 행의 위치를 알려주는 첨자다.

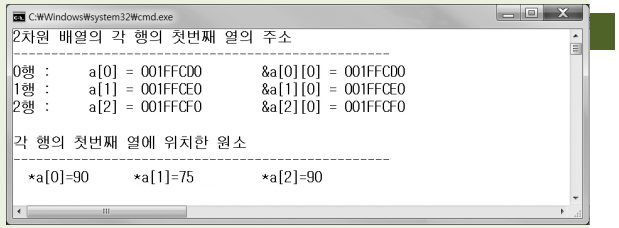
2차원 배열의 주소값 출력하기

```
include <stdio.h>
#define ROW 3
#define COL 4
void main() {
    int a[ROW][COL] = {
        {90, 85, 95, 100},
        {75, 95, 80, 90},
        {90, 80, 70, 60}
    };
    int r,c;
    printf("2차원 배열에 저장된 원소들의 주소₩n");
    printf("-------------------------------------------------------");
    for(r= 0; r<ROW; r++)
    {
        printf("₩n %d행: ", r);
        for( c= 0; c<COL; c++) {
            printf("₩t %X", &a[r][c]); // 배열의 주소값 출력
        }
    }
    printf("₩n");
}
```



2차원 배열에 행만 지정해서 출력하기

```
#include <stdio.h>
#define ROW 3
#define COL 4
void main()
{
    int a[ROW][COL] = {
        {90, 85, 95, 100},
        {75, 95, 80, 90},
        {90, 80, 70, 60}
    };
    int r;
    printf("2차원 배열의 각 행의 첫번째 열의 주소₩n");
    printf("-------------------------------------------------------");
    for( r= 0; r<ROW; r++){
        printf(" ₩n%d행 ", r);
        printf( "₩t a[%d] = %X",r, a[r]);
        printf( "₩t &a[%d][0] = %X" , r , &a[r][0]);
    }
    printf("₩n₩n각 행의 첫번째 열에 위치한 원소₩n");
    printf("-------------------------------------------------₩n");
    printf(" *a[0]=%d₩t*a[1]=%d₩t*a[2]=%d₩n", *a[0],*a[1],*a[2] );
}
```



03 2차원 포인터

■ 2차원 배열에서의 배열명

- * 연산자를 두 번 붙이면 배열의 첫 번째 원소가 출력된다.

  **a==a[0][0]

- 2차원 배열명에 포인터 연산자 +를 사용해 보자.
  - a+1은 2차원 배열의 시작주소보다 16바이트 큰 주소가 구해지고, a+2는 32바이트 큰 주소가 구해진다. 이렇게 16바이트씩 증가한다는 것은 행 단위로 주소를 계산한다는 의미가 된다. 배열명이 2차원 포인터이므로 더하기 연산을 한 결과 역시 2차원 포인터가 되며, 이 포인터는 행 단위의 주소를 계산할 수 있는 2차원 포인터다.

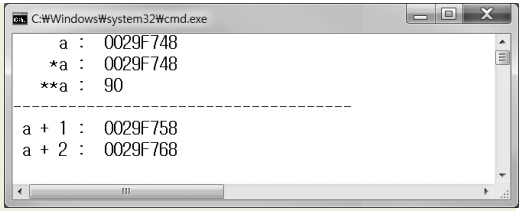
■ 2차원 배열의 원소에 도입한 포인터 개념

- 2차원 배열명에 포인ㅌ 관련 연산자인 *, + 만을 사용해 배열의 원소를 사용해서 얻어낼 수 있다.
- a[r][c]==* (* (a + r) +c)
- a가 2차원 배열명이라면 이는 2차원 포인터다. 여기에 r을 더해 a+r한 결과는 역시 2차원 포인터로서 r번째 행의 시작 주소다. 여기에 계속 더하기를 하면 주소가 행 단위로 계산되어 차원을 낮추려고 * 연산자를 붙인다.

  *(a+r)+c는 r번째 행의 시작 주소를 기준으로 4바이트씩 c번 떨어진 위치의 주소를 계산한다. 메모리상에 2차원 배열이 각 행에 대한 열을 하나씩 증가시키는 구조로 할당되므로 2차원을 1차원으로 떨어뜨린 후 여기에 더하기를 해나간다. 1차원 포인터에 더하기 연산을 하면 4바이트 단위로 주소가 증가하고, 최종적으로 계산된 주소인 *(a+r)+c에 * 연산자를 한 번 더 붙이면 그 위치의 값을 출력한다.

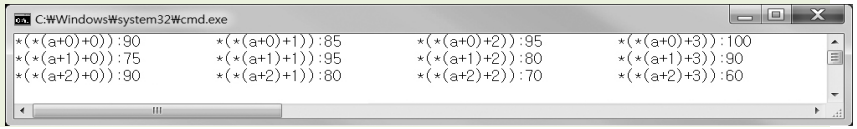
2차원 배열명의 의미 파악하기

```
#include <stdio.h>
#define ROW 3
#define COL 4
void main()
{
    int a[ROW][COL] = {
        {90, 85, 95, 100},
        {75, 95, 80, 90},
        {90, 80, 70, 60}
    };
    printf( " a    : %X₩n" , a );
    printf( " *a   : %X₩n" , *a );
    printf( " **a  : %d₩n" , **a );
    printf("-----------------------------------₩n");
    printf( " a + 1 : %X₩n" , a + 1 );
    printf( " a + 2 : %X₩n" , a + 2 );
}
```



배열의 원소를 포인터 연산자를 이용해서 출력하기

```
#include <stdio.h>
#define ROW 3
#define COL 4
void main()
{
    int a[ROW][COL] = {
        {90, 85, 95, 100},
        {75, 95, 80, 90},
        {90, 80, 70, 60}
    };
    int r, c;
    for(r=0; r<ROW; r++){
        for(c=0; c<COL; c++) {
            printf("*(*(a+%d)+%d):%d ₩t", r, c, *(*(a+r)+c) );
        }
        printf("₩n");
    }
}
```



03 2차원 포인터

- 2차원 포인터 변수는 어떻게 선언해야 하는가?
  - 2차원 배열명을 int **p로 선언한 포인터 변수에 저장하면 에러가 발생한다.

    int a[3][4];

    int **p;

    p=a;

    Cannot convert 'int[4] * 'to 'int **'

  - 2차원 포인터지만 2차원 배열을 가리키려면 각 행이 열 몇 개로 구성되었는지에 대한 정보가 있어야 하므로 다음과 같이 선언해야 한다.

    int (*p)[4];

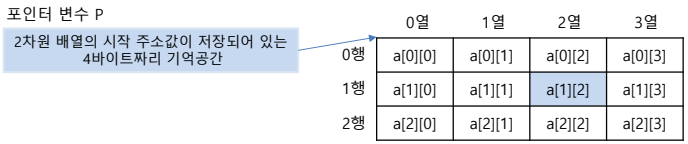
    p=a;

  - 2차원 배열이 1차원 배열의 모임이므로 열이 4개로 구성된 형태의 배열을 가리키는 포인터 변수 p를 선언한 후 여기에 2차원 배열명을 대입한다. 2차원 배열의 시작 주소값인 a를 p에 대입했으므로 p로 2차원 배열 a의 원소들은 다음과 같이 출력할 수 있게 된다.

```
printf("*(*(p+%d)+%d):%d \t", r, c, *(*(p+r)+c));
```

03 2차원 포인터

- p는 선언 시 한 행이 열 4개로 구성된 배열을 가리키는 포인터로 선언했기 때문에 p+1을 하면 16바이트 (4*4)가 증가한다. p+r한 결과는 r번째 행의 시작 주소값이고 2차원 포인터다. 여기에 계속 더하기를 하면 행 단위로 주소가 계산되므로 차원을 낮추려고 * 연산을 붙인 후 더하기 연산을 한다. *(p+r)+c는 r번째 행의 시작 주소를 기준으로 4바이트씩 c번 떨어진 위치의 주소를 계산하고 최종적으로 계산된 주소에 * 연산을 한 번 더 붙인 *(*(p+r)+c)는 그 위치의 값을 출력한다.



- 2차원 배열의 주소를 저장할 포인터 변수의 선언은 반드시 한 행에 포함된 열의 개수를 명시해야 한다.

2차원 배열의 동적 할당

사용자로부터
2차원 배열의 크기를
입력 받아

배열을 동적 할당 받고

하나씩 정수를
입력 받은 후

합을 출력하는
프로그램을 작성하라.

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int main() {
    int row,col,i,j;
    int sum = 0;
    int **p;
    printf( "2차원 배열의 크기?\n");
    scanf("%d", &row); // r행 c열 2차원 배열
    scanf("%d", &col); // r행 c열 2차원 배열

    p = (int**)malloc(sizeof(int*) * row); // r행 동적 할당
    for( i = 0; i < row; i++)
       p[i] = (int*)malloc(sizeof(int) * col);//각 행마다 c열 할당

    for(i = 0; i < row; i++)
        for( j = 0; j < col; j++ )
            scanf("%d",&p[i][j]);

    for(i = 0; i < row; i++)
        for( j = 0; j < col; j++ )
            sum += p[i][j];
    printf("합 = %d\n" , sum);

    for(i = 0; i < row; i++)
        free(p[i]); //각 열을 반환
    free(p); // 행을 반환
}
```

행렬 · 동적할당

행렬(matrix)

- 여러 문제에 많이 이용되는 행렬은 행(m)과 열(n)로 구성된 자료구조이다.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

- m x n 행렬은 2차원 배열 A[m][n]으로 표현한다.
  - 예: 3 x 4 행렬

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 5 & 6 & 7 & 8 \\ 9 & 10 & 11 & 12 \end{bmatrix}$$

	[0]	[1]	[2]	[3]
[0]	1	2	3	4
[1]	5	6	7	8
[2]	9	10	11	12

행렬(matrix)

- 전치행렬
  - 행렬 A의 모든 원소의 위치(i, j)를 (j, i)로 교환하여 m x n 행렬을 n x m 행렬로 변환한 행렬

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 5 & 6 & 7 & 8 \\ 9 & 10 & 11 & 12 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{전치행렬로 변환}} \begin{bmatrix} 1 & 5 & 9 \\ 2 & 6 & 10 \\ 3 & 7 & 11 \\ 4 & 8 & 12 \end{bmatrix}$$

- 행렬곱

m x n 행렬 A **n x p 행렬 B** **m x p 행렬 C**

$$\begin{bmatrix} A_{0,0} & A_{0,1} & \cdots & A_{0,n-1} \\ A_{1,0} & A_{1,1} & \cdots & A_{1,n-1} \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ A_{m-1,0} & A_{m-1,1} & \cdots & A_{m-1,n-1} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} B_{0,0} & B_{0,1} & \cdots & B_{0,p-1} \\ B_{1,0} & B_{1,1} & \cdots & B_{1,p-1} \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ B_{n-1,0} & B_{n-1,1} & \cdots & B_{n-1,p-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{0,0} & C_{0,1} & \cdots & C_{0,p-1} \\ C_{1,0} & C_{1,1} & \cdots & C_{1,p-1} \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ C_{m-1,0} & C_{m-1,1} & \cdots & C_{m-1,p-1} \end{bmatrix}$$

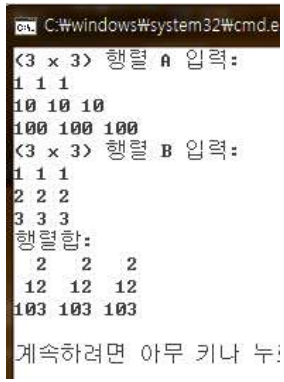
$$C_{0,0} = A_{0,0} \times B_{0,0} + A_{0,1} \times B_{1,0} + \cdots + A_{0,n-1} \times B_{n-1,0}$$

$$\mathbf{C_{i,j} = A_{i,0} \times B_{0,j} + A_{i,1} \times B_{1,j} + \cdots + A_{i,n-1} \times B_{n-1,j}}$$

Lab(행렬합_정적할당)

- 3 x 3인 2차원 배열을 A, B를 입력 받아
  - 두 배열의 합

  을 구하는 프로그램을 작성하시오.



  - 정적할당을 사용
  - A와 B의 행렬원소의 값을 입력 받는다
  - 입력/처리/출력 부분을 각각 함수화 하라
    - void readMatrix(int a[][3])
    - void matrixAdd(int a[][3], int b[][3], int x[][3])
    - void printMatrix(int a[][3])

Lab(행렬합_동적할당)

- 배열의 행의 개수(r)와 열의 개수(c)를 입력 받고 (r x c)의 2차원 배열을 A, B를 입력 받아
  두 배열의 합

  을 구하여 출력하는 프로그램을 작성하시오.

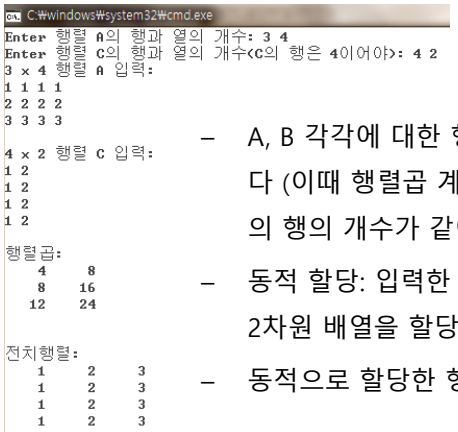
  - 동적 할당: 입력한 사이즈의 행렬을 위해 동적으로 2차원 배열을 할당 (malloc)
  - 동적으로 할당한 행렬을 반환 (free)
  - Lab(행렬합-정적할당) 에서 사용한 함수를 그대로 사용해도 되는가? (답: 매개변수만 바꾸면 됨)

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
void matrixAdd(int **a, int **b, int **x, int r, int c) {...}

void printMatrix(int **a, int r, int c) {...}
void readMatrix(int **a, int r, int c) {...}
int main(void)
{
	int **A, **B;
	int **X; // A + B
	int aRow, aCol;
	int i, j;

	printf("Enter 행렬 A의 행과 열의 개수: ");
	scanf("%d %d", &aRow, &aCol);

	// 동적으로 행렬 A(aRow x aCol)와 B(aRow x aCol)와
	// X(aRow x aCol)를 생성
	...
	// A B 행렬값 입력 및 X 행렬 초기화
	...
	matrixAdd(A, B, X, r, c);
	printf("행렬합:\n");
	printMatrix(X, r, c); printf("\n");
}
```

HW(행렬곱_동적할당)

- 행렬 A와 C에 대해서
  두 배열의 곱
  행렬 A의 전치행렬

  을 구하여 출력하는 프로그램을 작성하시오.



  - A, B 각각에 대한 행의 개수 열의 개수 입력 받는다 (이때 행렬곱 계산이 되려면 A의 열의 개수와 C의 행의 개수가 같아야 한다)
  - 동적 할당: 입력한 사이즈의 행렬을 위해 동적으로 2차원 배열을 할당 (malloc)
  - 동적으로 할당한 행렬을 반환 (free)