제 11 장 포인터 기초

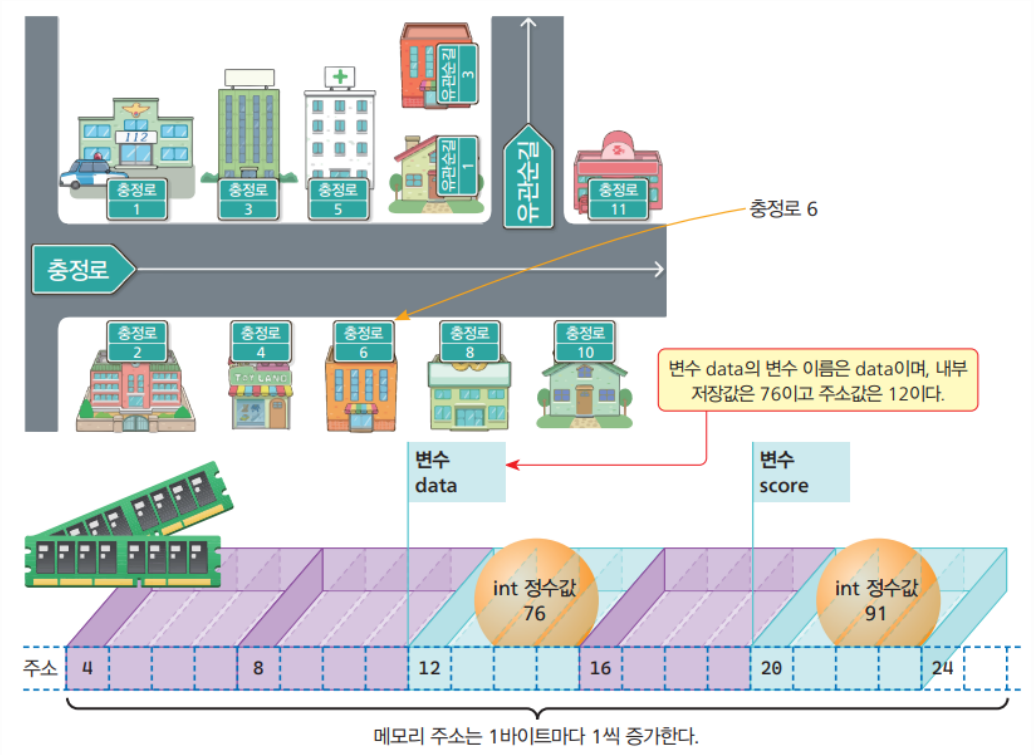
01 포인터 변수와 선언
02 간접연산자 *와 포인터 연산
03 포인터 형변환과 다중 포인터
04 포인터를 사용한 배열 활용

학습목표

- 포인터 변수를 이해하고 설명할 수 있다.
  - 메모리와 주소, 주소연산자 &
  - *를 사용한 포인터 변수 선언과 간접참조 방법
  - 포인터 변수의 연산과 형변환
- 다중 포인터와 배열 포인터를 이해하고 설명할 수 있다.
  - 이중 포인터의 필요성과 선언 및 사용 방법
  - 증감연산자와 포인터와의 표현식
  - 포인터 상수
- 배열과 포인터 관계에 대하여 이해하고 설명할 수 있다.
  - 배열이름은 포인터 상수이며 포인터 변수로도 참조
  - 1차원과 2차원 배열의 배열 포인터 활용
  - 포인터 배열

주소 개념

- **고유한 주소(address)**
  - 메모리 공간은 8비트인 1 바이트마다 고유한 숫자
  - 0부터 바이트마다 1씩 증가
  - 메모리 주소는 저장 장소인 변수이름과 함께 기억장소를 참조하는 또 다른 방법



주소연산자 &

- **&(ampersand)가 피연산자인 변수의 메모리 주소를 반환**
  - 함수 scanf()에서
    - **일반 변수 앞에는 주소연산자 &를 사용**
- **변수의 주소 값**
  - 형식제어문자 %p로 직접 출력
  - 윈도 10의 64비트 시스템 주소 값
    - **8바이트(64비트)**
      - **16진수의 16개 자릿수로 출력**
  - 형식제어문자 %llu로 출력
    - **%llu는 long long unsigned를 의미**
    - **64비트의 0과 양수의 정수형을 위한 형식제어문자**
  - 자료형 uintptr_t
    - **typedef unsigned __int64 uintptr_t;**
    - **헤더파일 vadefs.h에 unsigned __int64와 동일한 자료형으로 정의**
    - **__int64는 long long int와 같이 64비트 정수 자료형**
- **연산자 sizeof(&input)의 반환 값**
  - 자료형 size_t 유형의 주소의 크기, 형식제어문자 %zu로 출력
    - **z는 size를 u는 unsigned를 의미**
  - 자료형 size_t: unsigned long long
  - 연산자 sizeof의 반환 값
    - **%zd로도 가능**

메모리 주소연산자와 주소 출력

실습예제 11-1 | Prj01 | 01address.c | 메모리 주소연산자와 주소 출력 | 난이도: ★

```c
#define _CRT_SECURE_NO_WARNINGS
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    int input;

    printf("정수 입력: ");
    scanf("%d", &input);
    printf("입력 값: %d\n", input);
    printf("주소값: %p(16진수)\n", &input);
    printf("주소값: %llu(10진수)\n", (uintptr_t)&input);

    printf("주소값 크기: %zu\n", sizeof(&input)); //%zd도 가능

    return 0;
}
```

64비트 시스템에서 16개의 16진수 주소값이 출력

주소값을 10진수로 출력하기 위해 uintptr_t로 변환해 출력

결과

```
정수 입력: 100
입력 값: 100
주소값: 000000B8DA52FC34(16진수)
주소값: 793936854068(10진수)
주소값 크기: 8
```

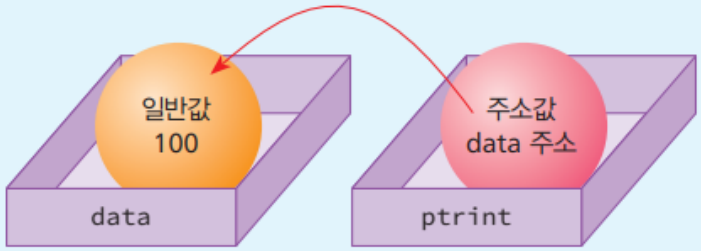
64비트 시스템에서 주소값은 8바이트(64비트)

포인터 변수 선언

- **포인터 변수 선언과 주소값 대입**

실습예제 11-2 | Prj02 | 02pointer.c | 포인터 변수 선언과 주소값 대입 | 난이도: ★

```
01  #include <stdio.h>
02  int main(void)
03  {
04      int data = 100;
05      int* ptrint;
06      ptrint = &data;
07      printf("변수명   주소값                  저장값\n");
08      printf("-------------------------\n");
09      printf("  data  %p  %d\n", &data, data);
10      printf("ptrint  %p  %p\n", &ptrint, ptrint);
11      printf("%zu\n", sizeof(ptrint));
12      return 0;
13  }
```



포인터 변수 ptrint의 저장 값과 &data는 모두 data의 주소로 같은 값

&ptrint도 포인터 변수의 ptrint의 주소값

결과

```
변수명      주소값                  저장값
----------------------------------------
  data   0000001C091BF8F4   100
ptrint   0000001C091BF918   0000001C091BF8F4
8
```

주소값은 %p로 출력하면 16개의 16진수로 출력

LAB
다양한 자료형 포인터 변수 선언에 의한 주소값 출력

- char 포인터 변수 선언: char *pc
- int 포인터 변수 선언: int *pm
- double 포인터 변수 선언: double *px

lab1basicptr.c

```
01  #include <stdio.h>
02
03  int main(void)
04  {
05      char c = '@';
06      
07      int m = 100;
08      
09      double x = 5.83;
10      
11
12      printf("변수명   주소값              저장값\n");
13      printf("-----------------------------------\n");
14      
15      
16      
17
18      return 0;
19  }
```

```
06      char *pc = &c;
08      int *pm = &m;
10      double *px = &x;
14      printf("%3s %12p %9c\n", "c", pc, c);
15      printf("%3s %12p %9d\n", "m", pm, m);
16      printf("%3s %12p %9f\n", "x", px, x);
```

한 번에 여러 포인터 변수 선언과 NULL 주소값 대입

- **여러 개의 포인터 변수를 한 번에 선언**
  - 콤마 이후에 변수마다 *를 앞에 기술
- **포인터 변수도 다른 일반 변수와 같이 지역변수로 선언**
  - 초기 값을 대입하지 않으면 쓰레기 값이 들어가므로
  - 포인터 변수에 지정할 특별한 초기 값이 없는 경우
    - **0번 주소 값인 NULL로 초기 값을 저장**

Prj03 03nullptr.c 한 번에 여러 포인터 변수 선언과 NULL 주소값 대입 난이도: ★

```c
#include <stdio.h>

int main(void)
{
   int data = 10;
   int *p1 = NULL, *p2 = &data;

   printf("%d\n", data);
   printf("%p %p\n", p1, p2);

   //int *p3, data2;
   //printf("%p\n", p3); //int * 형의 쓰레기 값으로 오류
   //printf("%d\n", data2); //int형의 쓰레기 값으로 오류

   return 0;
}
```

```
10
0000000000000000 0000008A77AFFBB4
```

```c
int *ptr1, *ptr2, *ptr3; //ptr1, ptr2, ptr3 모두 int형 포인터임
int *ptr1, ptr2, ptr3;   //ptr1은 int형 포인터이나 ptr2와 ptr3는 int형 변수임
```

```c
int *ptr = NULL;
```

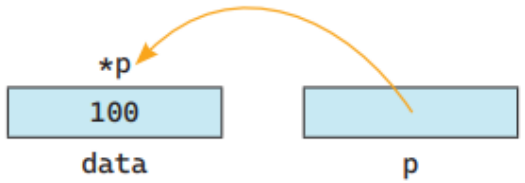
```c
#define NULL ((void *)0)
```

```c
int *p3, data2;
printf("%p\n", p3); //int * 형의 쓰레기 값으로 오류
printf("%d\n", data2); //int형의 쓰레기 값으로 오류
```

간접연산자 *

- **간접연산자 (indirection operator) *를 사용한 역참조**
  - 포인터 변수가 갖는 주소로 그 주소의 원래 변수를 참조하는 연산자와 방법
  - 단항 연산자인 간접연산자 *
    - **전위연산자로 피연산자는 포인터**
    - ***p는 피연산자인 p가 가리키는 변수 자체를 반환**
  - 포인터 p는 data의 주소 값을 가지므로 *p는 data와 같음

```
int data = 100;
int *p = &data;
printf("간접참조 출력: %d \n", *p);
```

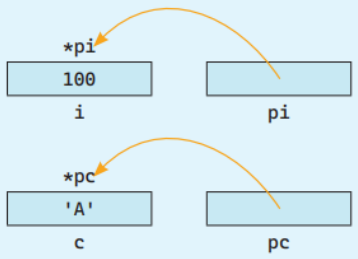


- **포인터 p가 가리키는 변수가 data라면 *p은 변수 data 를 의미**
  - *p로 data 변수 저장 장소인 l-value와 참조 값인 r-value로 참조 가능
  - 변수 data로 가능한 작업은 *p로도 가능
  - 문장 *p = 200;으로 변수 data 의 저장 값을 200으로 수정 가능

포인터 변수와 간접연산자 *를 이용한 간접참조

실습예제 11-4 | Prj04 | 04dereference.c | 포인터 변수와 간접연산자 *를 이용한 간접참조 | 난이도: ★

```c
#include <stdio.h>

int main(void)
{
   int i = 100;
   char c = 'A';

   int *pi = &i;
   char *pc = &c;
   printf("간접참조 출력: %d %c\n", *pi, *pc);

   *pi = 200; //변수 i를 *pi로 간접참조하여 그 내용을 수정
   *pc = 'B'; //변수 c를 *pc로 간접참조하여 그 내용을 수정
   printf("직접참조 출력: %d %c\n", i, c);

   return 0;
}
```



결과

```
간접참조 출력: 100 A
직접참조 출력: 200 B
```

TIP 주소연산자 &와 간접연산자 *

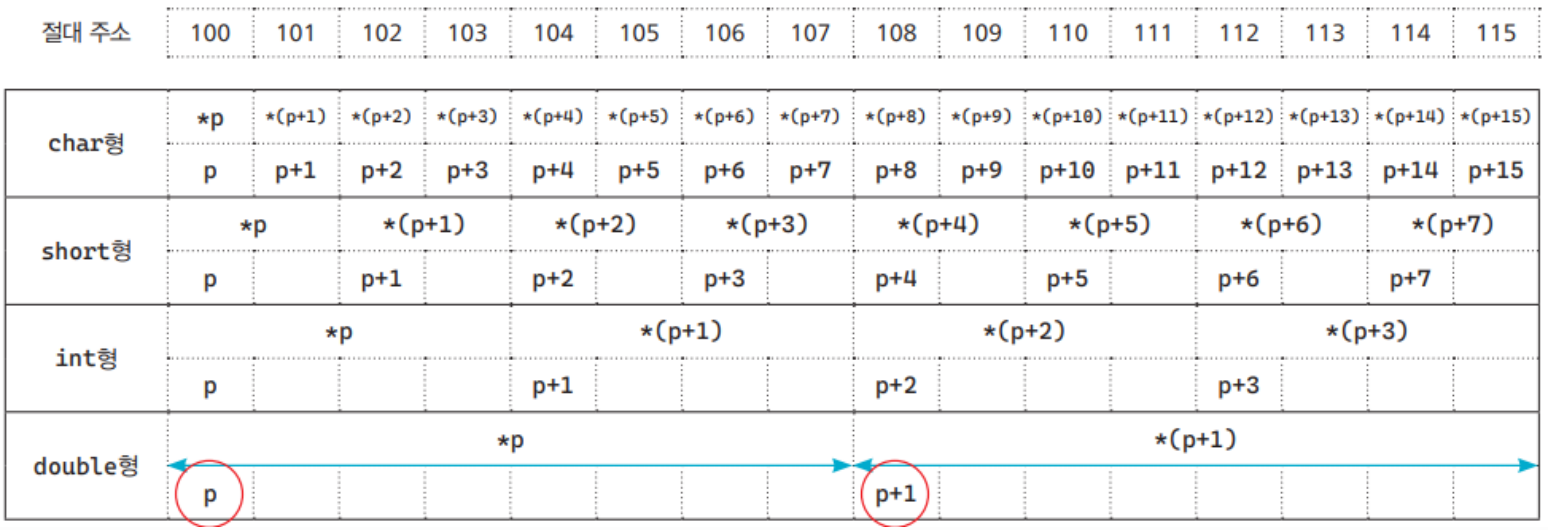
주소연산자 &와 간접연산자 *, 모두 전위 연산자로 **주소 연산 '&변수'는 변수의 주소값이 결과값**이며, **간접연산 '*포인터변수'는 포인터 변수가 가리키는 변수 자체가 결과값**이다.

```c
int n = 100;
int *p = &n;   // 이제 *p와 n은 같은 변수
n = *p + 1;    // n = n + 1;과 같음
*p = *p + 1;   // *p는 l-value와 r-value 어느 위치에도 사용 가능
&n = 3;        // 컴파일 오류 발생: &n은 l-value로는 사용할 수 없으므로
```

- '*포인터변수'는 l-value와 r-value로 모두 사용이 가능하나, 주소값인 '&변수'는 r-value로만 사용이 가능하다.
- '*포인터변수'와 같이 간접연산자는 포인터 변수에만 사용이 가능하나, 주소연산자는 '&변수'와 같이 모든 변수에 사용이 가능하다.

포인터 변수의 연산

- **주소 연산**
  - 간단한 더하기와 뺄셈 연산으로 이웃한 변수의 주소 연산을 수행
    - **절대적인 주소의 계산이 아니며, 변수 자료형의 상대적인 위치에 대한 연산**
  - p+1: p가 가리키는 자료형의 다음 주소로 실제 주소 값
    - **p + [자료형크기(바이트)]**
  - p+2: p가 가리키는 자료형의 다음 다음 주소로 실제 주소 값
    - **p + [자료형크기(바이트)]*2**
  - p+i: p가 가리키는 자료형의 다음 i번째 주소로 실제 주소 값
    - **p + [자료형크기(바이트)]*i**



포인터 변수의 간단한 덧셈 뺄셈 연산

실습예제 11-5 | Prj05 | 05arithptr.c | 포인터 변수의 간단한 덧셈 뺄셈 연산 | 난이도: ★

```
01  #include <stdio.h>
02
03  int main(void)
04  {
05      char* pc = (char*) 100;          // 100을 주소값으로 변환해 저장
06      int* pi = (int*) 100;            // 100을 주소값으로 변환해 저장
07      double* pd = (double*) 100;      // 100을 주소값으로 변환해 저장
08      //pd = 100;                      // double 포인터에 100으로 저장하면 경고 발생
09
10      printf("%lld  %lld  %lld\n", (long long)(pc - 1),
11                                   (long long)(pc + 1));
12      printf("%llu  %llu  %llu\n", (unsigned __int64)(pi - 1),
13                                   (unsigned __int64)pi, (unsigned __int64)(pi + 1));
14      printf("%llu  %llu  %llu\n", (unsigned long long)(pd - 1),
15                                   (unsigned long long)pd, (unsigned long long)(pd + 1));
16
17      return 0;
18  }
```

double 형 포인터 변수 pd에 저장된 값 100과 비교하여 pd-1과 pd+1을 출력,
double의 크기가 8이므로 각각 8만큼의 차이가 나므로 92 100 108 출력

결과

```
99  100  101
96  100  104
92  100  108
```

char형 포인터 변수 pc에 저장된 값 100과 비교하여 pc-1과 pc+1을 출력,
char의 크기가 1이므로 각각 1만큼의 차이가 나므로 99 100 101 출력

LAB
포인터를 이용하여 두 수의 값을 교환하는 프로그램

- **정수 int 자료형 두 변수 x, y에 저장된 두 값을 서로 교환하는 프로그램**
  - 임시변수인 dummy를 포함해 일반 변수는 사용하지 않고
  - 모두 포인터 변수인 px, py, pd 만을 사용

Lab 11-2 lab2swap.c 난이도: ★

```
01  #include <stdio.h>
02
03  int main(void)
04  {
05      int x = 500, y = 700, dummy;
06      printf("%d %d\n", x, y);
07
08      int *px = &x, *py = &y, *pd = &dummy;
09
10      // 변수 x과 y, dummy를 사용하지 않고 *px, *py, *pd를 사용해 두 변수를 서로 교환
11      [          ]  // 변수 dummy에 x를 저장
12      *px = *py;    // 변수 m에 n을 저장
13      [          ]  // 변수 n에 dummy를 저장
14
15      printf("%d %d\n", x, y);
16
17      return 0;
18  }
```

정답

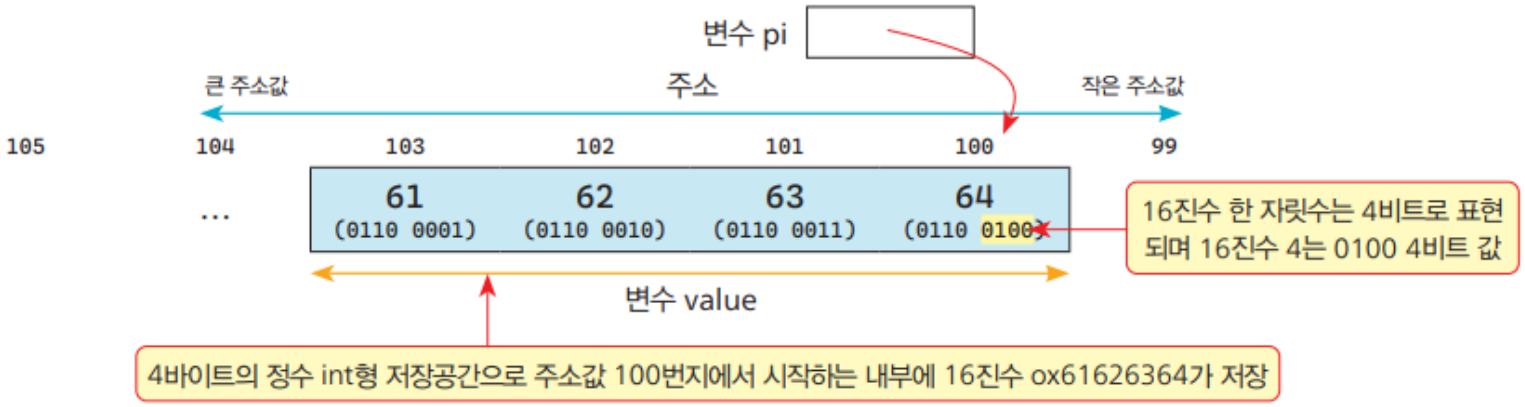
```
11      *pd = *px;   // 변수 dummy에 x를 저장
13      *py = *pd;   // 변수 n에 dummy를 저장
```

변수의 내부 저장 표현

- **변수 value에 16진수 0x61626364를 저장**
  - 변수 value의 주소가 100번지
    - **100번지 1바이트 내부에 16진수 64가 저장**
      - **다음 주소 101번지에는 63이 저장**
      - **다음에 각각 62, 61이 저장**
    - **즉 자연스럽게 0x61626364의 수가 큰 주소 값에서 작은 주소 값으로 저장**
    - **반환 주소 값은 가장 작은 주소 값에 해당**

```
int value = 0x61626364; // 정수의 일부분인 코드 61은 문자 'a'
int *pi = &value;

printf("%#x %d\n", value, value);
```

다음이 출력으로 10진수 값은 16진수 0x61626364에 해당하는 10진수 0x61626364 1633837924



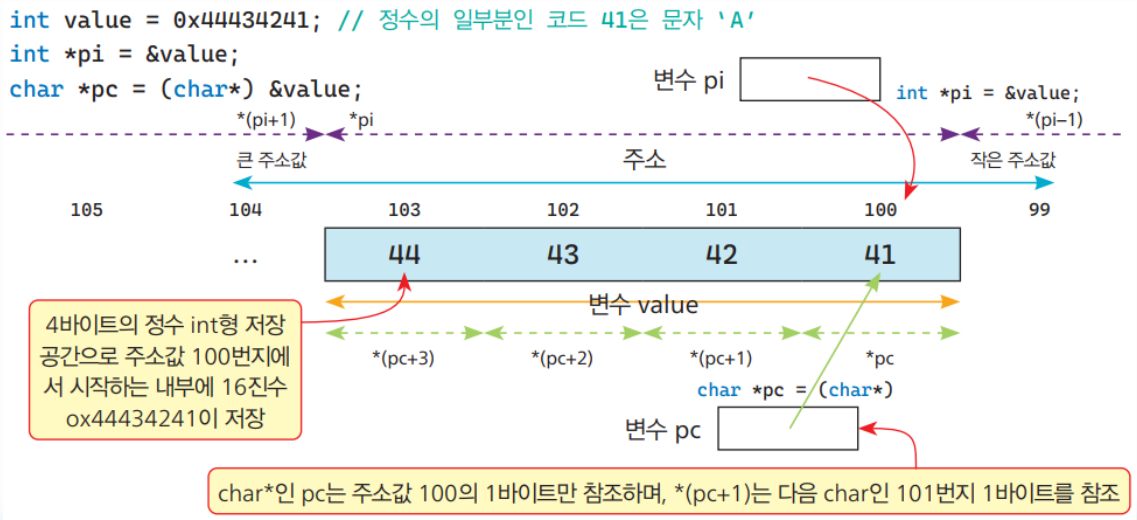
명시적 형변환

- **포인터 변수는 동일한 자료형끼리만 대입이 가능**
  - 만일 대입문에서 포인터의 자료형이 다르면 경고가 발생
- **포인터 변수는 자동으로 형변환(type cast)이 불가능**
  - 필요하면 명시적으로 형변환을 수행

```
int value = 0x44434241; // 정수의 일부분인 코드 41은 문자 'A'
int *pi = &value;
char *pc = &value;
```

warning C4133: '초기화중' : 'int *'과(와) 'char *' 사이의 형식이 호환되지 않습니다.

- ***pc로 수행하는 간접참조**
  - pc가 가리키는 주소에서부터 1바이트 크기의 char 형 자료를 참조
  - *pi 는 4바이트인 정수 0x44434241, *pc는 1바이트인 문자코드 0x41을 참조
- **포인터 변수**
  - 지정된 주소 값을 시작하여 그 변수 자료형의 크기만큼 저장공간을 참조
  - 동일한 메모리의 내용과 주소로부터 참조하는 값이 포인터의 자료형에 따라 달라짐



포인터 자료형의 변환

Prj06 06ptypecast.c 포인터 자료형의 변환 난이도: ★

```c
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    //int value = 0x61626364;     // 정수의 일부분인 코드 61은 문자 'a'
    int value = 0x44434241;       // 정수의 일부분인 코드 41은 문자 'A'
    printf("저장 값: %#x(16진수) %d(10진수)\n\n", value, value);

    int *pi = &value;
    char *pc = (char*) &value;

    printf("변수명    저장값        주소값\n");
    printf("----------------------\n");
    printf(" value  %#x  %llu\n\n", value, (uintptr_t)pi); // 정수 int형 출력

    printf("간접참조 코드 문자    주소값\n");
    printf("----------------------\n");
    //문자 포인터로 정수 내부의 문자 출력 모듈
    for (int i = 0; i <= 3; i++)
    {
        char ch = *(pc + i);
        printf(" *(pc+%d) %#x %3c %llu\n", i, ch, ch, (uintptr_t)(pc + i));
    }

    return 0;
}
```

4바이트인 10진수를 1바이트씩만 분리해서 출력한다면 16진수 44는 문자 'D'에 해당

char 포인터 pc를 선언하여 int 변수 value의 주소를 char 포인터로 형변환하여 저장, 이제 pc는 char 포인터이므로 1바이트씩 이동 가능

주소값을 10진수로 출력하려면 (uintptr_t)로 변환해 출력

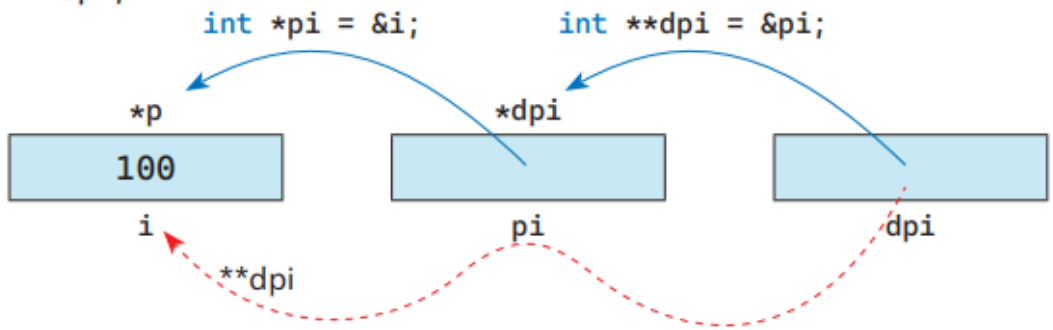
char 변수 ch에 (pc+i)가 가리키는 문자를 저장하며, i가 0에서 3까지 반복되므로 pc가 가리키는 문자에서 부터 이웃한 3개, 총 4개 문자를 순서로 대입

```
저장 값: 0x44434241(16진수) 1145258561(10진수)

  변수명        저장값        주소값
---------------------------------
  value    0x44434241   287588219092

  간접참조    코드   문자       주소값
---------------------------------
 *(pc+0)   0x41    A    287588219092
 *(pc+1)   0x42    B    287588219093
 *(pc+2)   0x43    C    287588219094
 *(pc+3)   0x44    D    287588219095
```

이중 포인터

- **포인터 변수의 주소 값을 갖는 변수**
- **삼중 포인터**
  - 이중 포인터의 주소 값을 갖는 변수
- **모두 다중 포인터**
  - 변수 선언에서 *를 여러 번 이용하여 다중 포인터 변수를 선언
  - pi는 포인터
  - 포인터 변수 pi의 주소 값을 저장하는 변수 dpi는 이중 포인터

```
int i = 20;
int *pi = &i;
int **dpi = &pi;
```




```
*pi = i + 2;        // i = i + 2;
**dpi = *pi + 2;    // i = i + 2;
```

그림 11-15 이중 포인터의 메모리와 변수

이중 포인터를 이용한 변수의 참조

- **이중 포인터 변수 dpi**
  - **dpi가 바로 변수 I
- **문장 *pi = i + 2;**
  - 변수 i를 2 증가
- **문장 **dpi = *pi + 2;**
  - 변수 i를 2 증가

실습예제 11-7 Prj07 07multptr.c 이중 포인터를 이용한 변수의 참조 난이도: ★

```
01 #include <stdio.h>
02
03 int main(void)
04 {
05    int i = 100;
06    int *pi = &i;    // 포인터 선언
07    int **dpi = &pi;// 이중 포인터 선언
08
09    printf("%p %p %p\n", &i, pi, *dpi);
10
11    *pi = i + 30;    // i = i + 30;
12    printf("%d %d %d\n", i, *pi, **dpi);
13
14    **dpi = *pi + 30;// i = i + 30;
15    printf("%d %d %d\n", i, *pi, **dpi);
16
17    return 0;
18 }
```

모두 변수 i의 주소값을 참조하는 방식

모두 변수 i 자체를 참조하는 방식

결과

```
00000066683CF664 00000066683CF664 00000066683CF664
130 130 130
160 160 160
```

간접연산자와 증감연산자 활용

- **연산자 우선 순위**

우선순위	단항연산자	설명	결합성(계산 방향)
1	a++ a--	후위 증가, 후위 감소	-> (좌에서 우로)
2	++a --a & *	전위 증가, 전위 감소 주소 간접 또는 역참조	<- (우에서 좌로)

- **여러 연산 방법**
  - *p++는 *(p++)으로 (*p)++와 다르다.
  - ++*p와 ++(*p)는 같다.
  - *++p와 *(++p)는 같다.

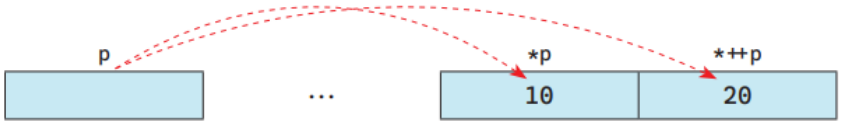


표 11-2 증가연산자 ++와 간접연산자 *의 사용 사례

연산식		결과값		연산 후	
				주소값 p 이동	*p
*p++	*(p++)	10	*p : p의 간접참조 값	p + 1 : p 다음 주소	20
*++p	*(++p)	20	*(p + 1) : (p + 1) 간접참조 값	p + 1 : p 다음 주소	20
(*p)++		10	*p : p의 간접참조 값	p : 변화 없음	11
++*p	++(*p)	11	*p + 1 : *p에 1 더하기	p : 변화 없음	11

포인터 변수에 대한 다양한 연산

Prj08 08varptrop.c 포인터 변수에 대한 다양한 연산

```c
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    int a[] = {10, 20};
    int *p = &a[0];   // 배열의 첫 번째 원소 포인터 선언
    printf("%p %d %p %d\n\n", p, *p, p+1, *(p+1));

    printf("%d\n", *p++); // *(p++) 동일
    printf("%p %d\n", p, *p);

    p = &a[0];       // 다시 배열의 첫 번째 원소 주소값 대입
    printf("%d\n", ***p); // *(++p) 동일
    printf("%p %d\n\n", p, *p);

    p = &a[0];       // 다시 배열의 첫 번째 원소 주소값 대입
    printf("%d\n", (*p)++);
    printf("%p %d\n", p, *p);

    a[0] = 10;       // 다시 배열의 첫 번째 원소에 10 저장
    p = &a[0];       // 다시 배열의 첫 번째 원소 주소값 대입
    printf("%d\n", ***p); // ++(*p) 동일
    printf("%p %d\n\n", p, *p);

    return 0;
}
```

```
0000002F9CDBF6D8 10 0000002F9CDBF6DC 20

10
0000002F9CDBF6DC 20
20
0000002F9CDBF6DC 20

10
0000002F9CDBF6D8 11
11
0000002F9CDBF6D8 11
```

포인터 상수

- **포인터 변수도 const를 사용해 포인터 상수로 생성**
  - 위치는 세가지(3) 종류가 있지만
  - 첫 번 째와 두 번째는 같은 의미이므로 두 가지 방식이 존재

실습예제 11-9 | Prj09 | 09constptr.c | 포인터와 포인터 간접참조를 상수로 선언 | 난이도: ★★

```c
#include <stdio.h>

int main()
{
   int i = 10, j = 20;
   const int* p = &i; //*p가 상수로 *p로 수정할 수 없음
   //*p = 20; //오류 발생
   printf("%d ", *p);
   p = &j;
   printf("%d\n", *p);

   double d = 7.8, e = 2.7;
   double* const pd = &d;
   //pd = &e; //pd가 상수로 다른 주소값을 저장할 수 없음
   printf("%f ", *pd);
   *pd = 4.4;
   printf("%f\n", *pd);

   return 0;
}
```

결과

```
10 20
7.800000 4.400000
```

```c
int i = 10, j = 20;
❶ const int *p = &i;
❷ int const *p = &i;
❸ int* const p = &i;
```

```c
*p = 20; //오류 발생
```

(지역 변수) const int *p
*p가 상수로 *p로 수정할 수 없음
온라인 검색

```c
*p = 20; //오류 발생
```

(지역 변수) const int *p
*p가 상수로 *p로 수정할 수 없음
온라인 검색

```c
p = &j; //오류 발생
```

LAB 표준입력으로 받은 두 실수의 덧셈을 포인터 변수를 사용해 수행하고 출력

- **자료형 double로 선언된 두 변수 x와 y**
  - 표준입력으로 실수를 입력 받아 두 실수의 덧셈 결과를 출력

Lab 11-3 | lab3ptrsum.c | 난이도: ★

```
01  #define _CRT_SECURE_NO_WARNINGS
02  #include <stdio.h>
03
04  int main(void)
05  {
06      double x, y;
07      double* px = &x;
08      double* py = &y;
09
10      // 포인터 변수 px와 py를 사용
11      printf("두 실수 입력: ");
12      scanf("%lf %lf", [      ]);
13      // 합 출력
14      printf("%.2f + %.2f = %.2f\n", [                ]);
15
16      return 0;
17  }
```

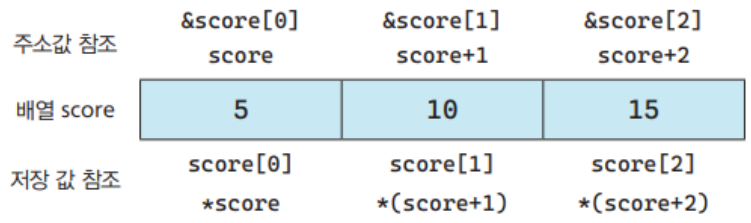
정답

```
12      scanf("%lf %lf", px, py);
14      printf("%.2f + %.2f = %.2f\n", *px, *py, *px + *py);
```

배열이름을 이용한 참조

- **배열 score**
  - 배열이름 score 자체가 배열 첫 원소의 주소값인 상수
  - 연산식 (score + 1)
    - **배열의 두 번째 원소의 주소값**
  - 일반화하면 (score + i)
    - **배열의 (I + 1)번째 원소 주소**
- **간접연산자로 사용한 *(score + i)**
  - 배열의 (i+1) 번째 원소값으로 score[i]와 동일

```
int score[] = {10, 20, 30};
```



- 배열의 주소값(배열 첫 번째 원소의 주소값): score, &score[0]
- 배열 첫 번째 원소 저장 값: *score, score[0]
- 배열 (i+1)번째 원소 주소값: (score + i), &score[i]
- 배열 (i+1)번째 원소 저장 값: *(score + i), score[i]

원소의 주소와 다양한 접근 방법

- **배열원소의 주소와 내용 값의 다양한 접근 방법**

배열 초기화 문장		int score[] = {10, 20, 30};		
원소 값		10	20	30
배열원소 접근 방법	score[i]	score[0]	score[1]	score[2]
	*(score+i)	*score	*(score+1)	*(score+2)
주소값(첫 주소 + 배열원소 크기*i)		100	104 (100 + 1*4)	108 (100 + 2*4)
주소값 접근 방법	&score[i]	&score[0]	&score[1]	&score[2]
	score+i	score	score+1	score+2

```
int a[3] = {5, 10, 15};
int* p = a; //a == &a[0]

//포인터 변수 p 사용, 배열 원소 값 참조
printf("%d %d %d\n", *(p), *(p + 1), *(p + 2));
//위 포인터 변수 p에서 배열처럼 첨자를 사용 가능
printf("%d %d %d\n", p[0], p[1], p[2]);
```

- 포인터 p에 &a[0]를 저장하면 연산식 *(p+i)로 배열원소를 참조할 수 있다.
- 특히 포인터 p로도 배열처럼 첨자를 이용해 p[i]로 배열원소를 참조할 수 있다.

포인터 변수와 증감연산자 활용

- **p++, --p**
  - p가 가리키는 변수의 주소에서 다음이나 이전 저장 공간의 주소로 수정 가능
  - 연산식 *p++는 *(p++)를 의미
    - **p가 원래 가리키는 값인 첫 번째 배열의 저장 값 참조**
      - **증가연산자 p++에 의해 p는 다음 주소값으로 저장**

```
int a[3] = {5, 10, 15};
//포인터 변수 p를 선언해 배열 a의 주소를 저장
int* p = a; //a == &a[0]

//a[0]을 출력 후, p 다음 주소로 증가
printf("%d ", *p++);   //*(p++), 5 출력 후, p 다음 주소로 증가
//a[1]을 출력
printf("%d\n\n", *p);  //10 출력
```

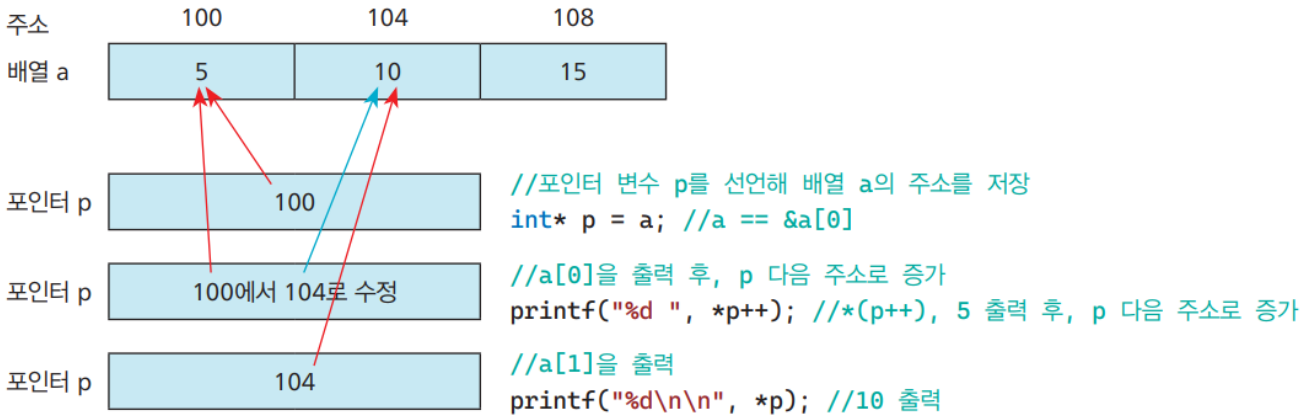


그림 11-16 연산식 *p++의 이해

1차원 배열에서 배열이름과 포인터를 사용해 원소와 주소값의 참조

Prj10 10ptrary.c 1차원 배열에서 배열이름과 포인터를 사용해 원소와 주소값의 참조 난이도: ★★

```c
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    int score[] = {10, 20, 30};
    printf("%p %p\n", score, (score + 1));
    printf("%d %d\n\n", *score, *(score + 1));

    int a[3] = {5, 10, 15};
    //포인터 변수 p를 선언해 배열 a의 주소를 저장
    int* p = a; //a == &a[0]

    //포인터 변수 p 사용, 배열 원소 값 참조
    printf("%d %d %d\n", *(p), *(p + 1), *(p + 2));
    //포인터 변수 p에서 배열처럼 첨자를 사용 가능
    printf("%d %d %d\n", p[0], p[1], p[2]);
    //a[0]을 출력 후, p 다음 주소로 증가
    printf("%d ", *p++); //*(p++), 5 출력 후, p 다음 주소로 증가
    //a[1]을 출력
    printf("%d\n\n", *p); //10 출력

    p = &a[2]; // &a[2] == a + 2
    //a[2]를 출력 후, p 이전 주소로 감소
    printf("%d ", *p--); // *(p--), 15 출력 후, p 이전 주소로 감소
    //a[1]를 출력하고 하나 감소
    printf("%d\n", (*p)--); // 10 출력 후, 1 감소해 9 저장
    //현재 포인터 변수 p는 a[1]를 가리키고 있으며 다음으로 배열 모두 출력
    printf("%d %d %d\n", *(p - 1), *p, *(p + 1)); // 5 9 15
    //p와 첨자를 사용 가능, 상대적인 음수도 가능
    printf("%d %d %d\n", p[-1], p[0], p[1]); // 5 9 15

    return 0;
}
```

*p--는 다르며, 현재 p가 가리키는 저장 값을 참조하고 p의 주소를 이전 주소로 수정

```
000000247F2FF688 000000247F2FF68C
10 20

5 10 15
5 10 15
5 10

15 10
5 9 15
5 9 15
```

NOTE: **버전 C99 추가 기능**

포인터 변수에 형변환 연산자를 사용해 직접 배열 초기화 형태의 원소 초기값을 저장할 수 있다.

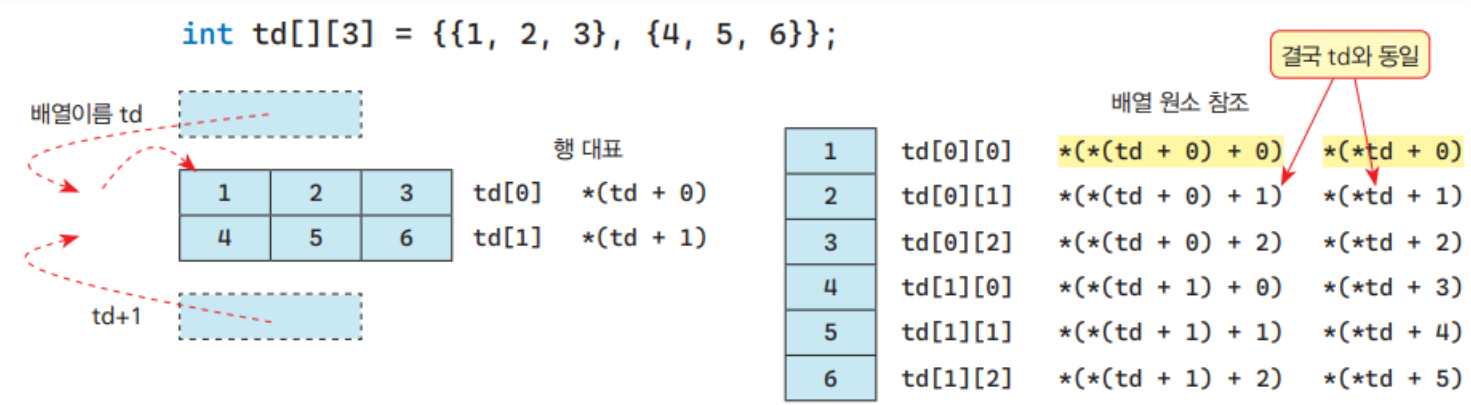
```c
int *p = (int[]) { 3, 0, 3, 1, 4 };
```

포인터 변수 p를 사용해 배열 형태의 저장 값을 모두 출력할 수 있다.

```c
for (int i = 0; i < 5; i++) {
   printf("%d ", *p++);
}
```

배열이름과 간접연산자로 참조

- **이차원 배열, 배열이름인 td는**
  - 배열을 대표하며 상수 td[0]를 가리키는 포인터 상수
- **그러면 td[0]는 무엇일까?**
  - 포인터 상수 td[0]
    - **배열의 첫 행을 대표**
    - **첫 번째 원소 td[0][0]의 주소 값 &td[0][0]을 갖는 포인터 상수**
  - 그러므로 배열이름인 td
    - **포인터의 포인터인 이중 포인터**
  - td+1은 두 번째 행을 대표하는 주소 값
    - **sizeof(td[0]), sizeof(td[1])**
      - **각각 첫 번째 행과 두 번째 행의 바이트 크기를 반환**



2차원 배열에서 배열이름과 포인터를 사용한 원소와 주소값의 참조

- **td[1]**
  - 두 번째 행의 첫 원소의 주소
  - *td[1]로 td[1][0]를 참조
- ***td**
  - td[0]로
    첫 번째 행의 일차원 배열을 의미
- ***td+1**
  - 그 다음 원소의 주소 값
- **그러므로 *td+i**
  - 배열의 (i+1)번째 원소의 주소 값
  - *(*td + i)
    - **원소의 저장 값**
- ****td = 10;**
  - 첫번째 원소 td[0][0]의 값을
    10으로 수정
  - td가 이중 포인터
  - *(*td + 0)으로 간접연산자 *이
    2개 필요

Prj11 11tdary.c 2차원 배열에서 배열이름과 포인터를 사용한 원소와 주소값의 참조 난이도: ★★

```
01 #include <stdio.h>
02
03 #define ROW 2
04 #define COL 3
05
06 int main(void)
07 {
08    int td[][COL] = { { 1, 2, 3 }, { 4, 5, 6 } };
09    printf("%zd\n", sizeof(td));
10    printf("%zd %zd\n", sizeof(td[0]), sizeof(td[1]));
11    printf("%zd %zd\n", sizeof(*td), sizeof(*(td+1)));
12    printf("%p %p\n", td, td + 1);
13    printf("%p %p\n", *td, *(td + 1));
14
15    for (int i = 0, cnt = 0; i < ROW; i++)
16    {
17       printf("%p %p ", td[i], *(td + i));
18       for (int j = 0; j < COL; j++, cnt++)
19          printf("%d %d %d ", *(*td + cnt), *(td[i] + j), *(*(td + i) + j));
20       printf("\n");
21    }
22
23    **td = 10; //td[0][0] = 10;
24    *(*td + 4) = 20; //td[1][1] = 20;
25    *(*(td + 1) + 2) = 30;    //td[1][2] = 30;
26    printf("%d %d %d\n", td[0][0], td[1][1], td[1][2]);
27
28    return 0;
29 }
```

(*td + 4)는 &td[1][1]로 다섯 번째 원소의 주소값

(*(td + 1) + 2)는 &td[1][2]로 여섯 번째 원소의 주소값

```
24
12 12
12 12
0000007CE3CFFC38 0000007CE3CFFC44
0000007CE3CFFC38 0000007CE3CFFC44
0000007CE3CFFC38 0000007CE3CFFC38 1 1 1 2 2 2 3 3 3
0000007CE3CFFC44 0000007CE3CFFC44 4 4 4 5 5 5 6 6 6
10 20 30
```

배열의 첫 번째의 주소와 두 번째의 주소

2차원 배열 포인터 선언

- **일차원 배열 int a[]의 주소**
  - (int *)인 포인터 변수에 저장 가능
- **문장 int (*ptr)[4];로 선언**
  - 배열 포인터(pointer to array) 변수 ptr
    - **괄호 (*ptr)은 반드시 필요**
  - 열이 4인 이차원 배열 ary[][4]의 주소 저장 가능
    - **대괄호 사이의 4는 포인터가 가리키는 이차원 배열에서의 열 크기**
    - **이차원 배열의 주소를 저장하는 포인터 변수는 열 크기에 따라 변수 선언이 달라짐**

```
원소자료형 *변수이름;
변수이름 = 배열이름;
또는
원소자료형 *변수이름 = 배열이름;
```

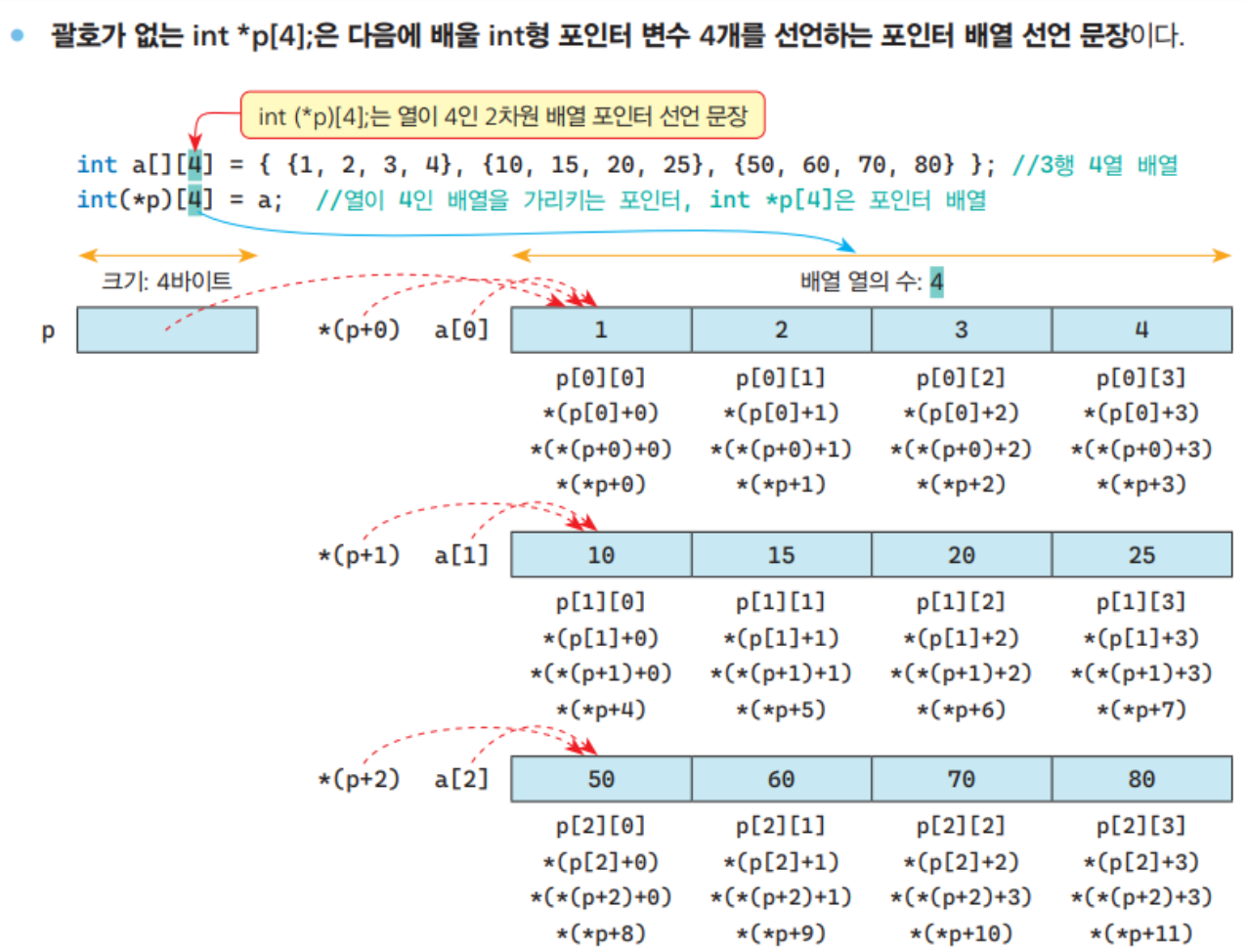
```
원소자료형 (*변수이름)[ 배열열크기];
변수이름 = 배열이름;
또는
원소자료형 (*변수이름)[ 배열열크기] = 배열이름;
```

```
int a[] = {8, 2, 8, 1, 3};
int *p = a;
```

```
int ary[][4] = {5, 7, 6, 2, 7, 8, 1, 3};
int (*p)[4] = ary;   //열이 4인 배열을 가리키는 포인터
//int *p[4] = ary;   //포인터 배열
```

2차원 배열 포인터 선언

- **열이 4인 이차원 배열 포인터 p는 배열 첫 원소의 주소 값**
  - 배열 첫 원소를 참조하려면 **p를 이용



2차원 배열을 가리키는 배열 포인터의 선언과 이용

- **이차원 배열 배열이름 ary와 배열 포인터 ptr**
  - 연산자 sizeoof 결과 값은 서로 다름
    - **즉 sizeof(a)는 배열의 총 크기인 48 = (4*3*4)**
    - **sizeof(p)는 단순히 포인터의 크기인 8(64비트 시스템인 경우)**
- **연산식 *(p[i] + j)**
  - (i+1) 행, (j+1)열 원소 참조
- **연산식 *(*(p + i) + j)**
  - (i+1) 행, (j+1)열 원소 참조
- **연산식 **p++**
  - 연산 우선순위에 따라 **(p++)
  - 현재 포인터가 가리키는 원소를 참조하고
    - **p을 하나 증가시켜**
    - **다음 행의 첫 원소를 가리키게 하는 연산식**

Prj12 12tdaryptr.c 2차원 배열을 가리키는 배열 포인터의 선언과 이용 난이도: ★★

```c
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    int ary[][4] = { {10, 20, 30, 40}, {50, 60, 70, 80} }; //2행 4열 배열
    int(*ptr)[4] = ary;    //열이 4인 배열을 가리키는 포인터, int *ptr[4]은 포인터 배열

    printf("%zd %zd\n", sizeof(ary), sizeof(ptr));
    printf("%zd %zd\n\n", sizeof(ary[0]), sizeof(ptr[0]));

    printf("%2d %2d\n", **ary, **ptr); //첫 번째 원소, 10
    printf("%2d %2d\n", **(ary + 1), *ary[1]); //두 번째 해의 첫 원소, 50
    printf("%2d %2d\n", **(ptr + 1), *ptr[1]); //두 번째 해의 첫 원소, 50
    printf("%2d %2d\n", *(ary[1] + 1), *(ptr[1] + 1)); //2행 2열, 60
    printf("%2d %2d\n\n", *(*(ary + 1) + 3), *(*(ptr + 1) + 3)); //2행 4열, 80

    printf("%2d ", **ptr++); //배열의 첫 원소 10 참조 후, ptr의 다음 행으로 주소 수정
    printf("%2d\n", **ptr); //두 번째 행의 첫 원소 50 참조

    return 0;
}
```

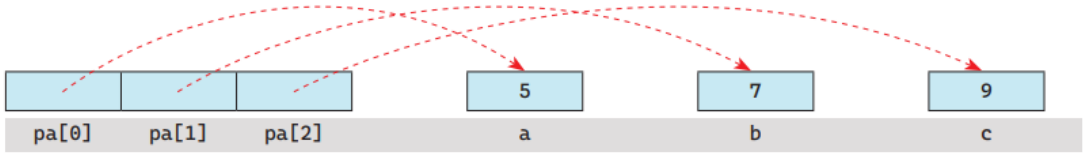
포인터의 크기는 8바이트

```
32 8
16 16

10 10
50 50
50 50
60 60
80 80

10 50
```

포인터 배열 개요와 선언

- **포인터 배열(array of pointer)**
  - 주소값을 저장하는 포인터를 배열 원소로 하는 배열
  - 일반 배열 선언에서 변수이름 앞에 *를 붙이면 포인터 배열 변수 선언
- **int *pa[3]**
  - 배열크기가 3인 포인터 배열
  - pa[0]
    - **변수 a의 주소를 저장**
  - pa[1]: 변수 b의 주소를 저장
  - pa[2]: 변수 c의 주소를 저장

```
int a = 5, b = 7, c = 9;

int *pa[3];

pa[0] = &a;     pa[1] = &b;     pa[2] = &c;
```



- **double *dary[5] = {NULL};**
  - NULL 주소를 하나 지정, 나머지 모든 배열원소에 NULL 주소가 지정
  - 문장 float *ptr[3] = {&a, &b, &c};
    - **변수 주소를 하나 하나 직접 지정하여 저장 가능**

포인터 배열 변수 선언

자료형 *변수이름[배열크기] ;

```
int *pary[5];
char *ptr[4];
float a, b, c;
double *dary[5] = {NULL};
float *ptr[3] = {&a, &b, &c};
```

여러 포인터를 저장하는 포인터 배열의 선언과 이용

- **포인터 배열 pary**
  - 표준입력을 받아
  - 포인터 배열 원소들이 가리키는 변수 a, b, c 로 출력
- **반복문 내부 scanf()**
  - pary[i]가 저장할 주소
  - 그대로 사용

실습예제 11-13 Prj13 13aryptr.c 여러 포인터를 저장하는 포인터 배열의 선언과 이용 난이도: ★★

```c
#define _CRT_SECURE_NO_WARNINGS //scanf() 오류를 방지하기 위한 상수 정의
#include <stdio.h>

#define SIZE 3

int main(void)
{
   //포인터 배열 변수 선언
   int* pary[SIZE] = { NULL };
   int a = 10, b = 20, c = 30;

   pary[0] = &a;
   pary[1] = &b;
   pary[2] = &c;
   for (int i = 0; i < SIZE; i++)
      printf("*pary[%d] = %d\n", i, *pary[i]);

   for (int i = 0; i < SIZE; i++)
   {
      scanf("%d", pary[i]);
      printf("%d, %d, %d\n", a, b, c);
   }

   return 0;
}
```

정수를 입력하고 엔터 키를 누르면 진행

결과

```
*pary[0] = 10
*pary[1] = 20
*pary[2] = 30
1
1, 20, 30
2
1, 2, 30
3
1, 2, 3
```

정수를 입력하고 엔터 키를 누르면 진행

LAB 2차원 배열과 배열 포인터 활용

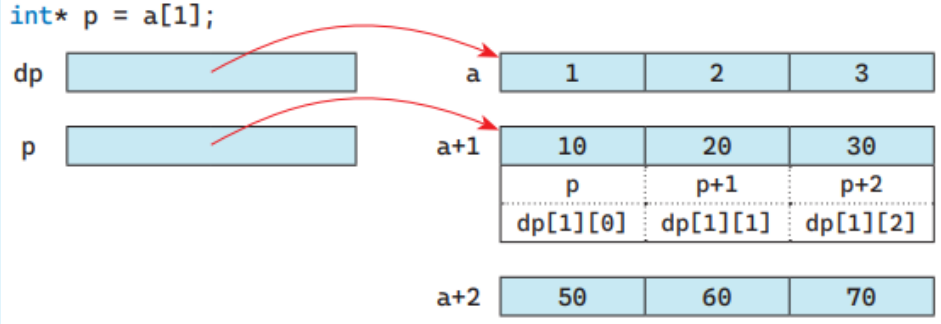
- **a: 열이 3인 이차원 배열**
- **dp: 이차원 배열 포인터**
  - 배열 a를 가리키며
- **p: 정수 포인터**
  - 이차원 배열 2행을 가리키는 포인터
  - p, p+1, p+2가 2행의 3개 원소, 각각의 주소
  - 이차원 배열 dp로는 dp[1][0], dp[1][1], dp[1][2]가 2행의 3개 원소 값

lab4ptrs.c 난이도: ★★

```c
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    int a[][3] = { {1, 2, 3}, {10, 20, 30}, {50, 60, 70} };

    int(*dp)[3] = a;
    int* p = [          ]

    printf("%d %d %d\n", [                    ]);
    printf("%d %d %d\n", dp[1][0], dp[1][1], dp[1][2]);

    return 0;
}
```

```c
    int* p = a[1];
    printf("%d %d %d\n", *p, *(p+1), *(p+2));
```

```c
int a[][3] = { {1, 2, 3}, {10, 20, 30}, {50, 60, 70} };

int (*dp)[3] = a;
int* p = a[1];
```



감사합니다.