C 프로그래밍 및 실습

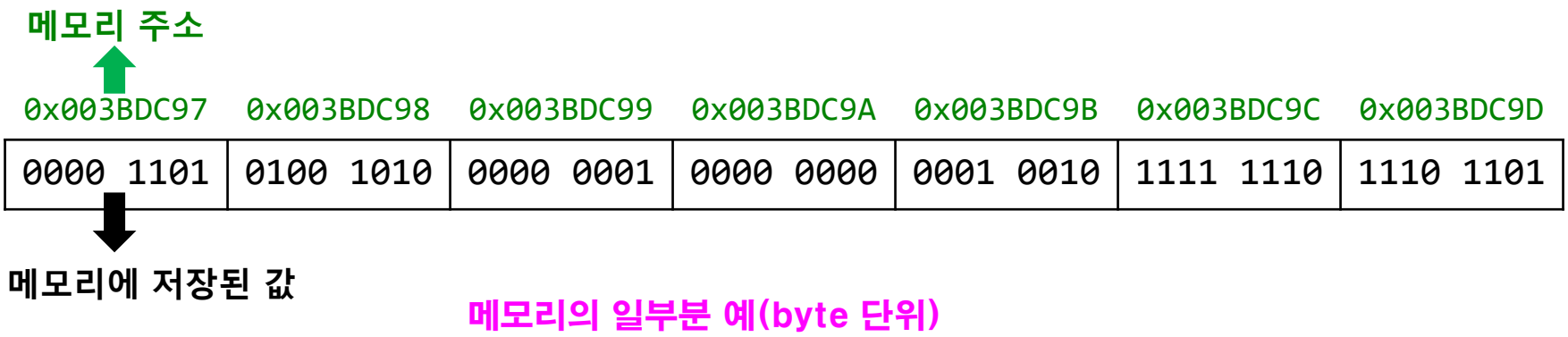
9. 포인터

세종대학교

목차

1) 포인터 개요

- **메모리**
  - 프로그램이 실행되기 위해 필요한 정보(값)을 저장하는 공간
  - 1 byte (8 bits) 단위로 물리 주소가 부여 되어 있음
  - 개념적으로, 메모리는 일렬로 연속되어 있는 크기가 1 byte 인 방들의 모음이라고 볼 수 있음
  - 일반적으로 주소의 길이는 4 bytes이고, 주소는 16진수로 표현

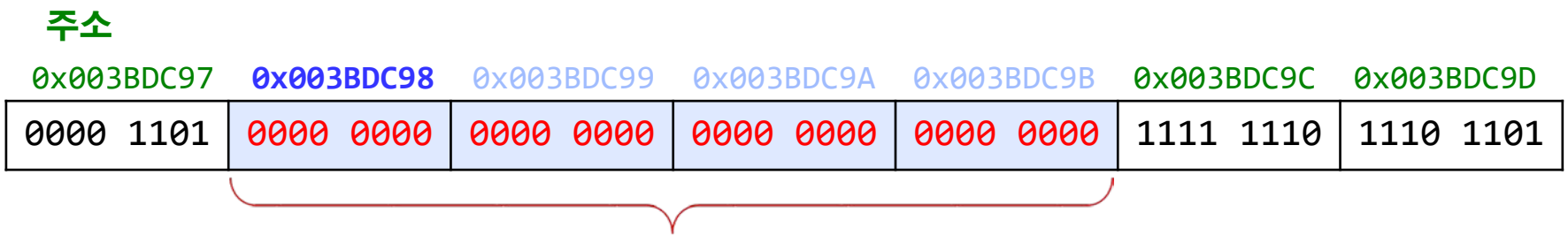


메모리의 일부분 예(byte 단위)

1) 포인터 개요

- **변수와 메모리의 관계**
  - 변수는 선언될 때, 메모리에 그 변수를 위한 공간이 할당됨
    - ✓ (주의) 변수에 할당되는 메모리의 주소는 시스템마다 다르다.
  - **주소연산자(&)** : 변수에 할당된 메모리 공간의 시작 주소를 구해줌

```
int a = 0;
printf("%d, %p", a, &a);  // %p: 주소를 16진수로 출력

결과:
0, 003BDC98                ⇨ 주소 값은 다르게 나올 수 있음
```

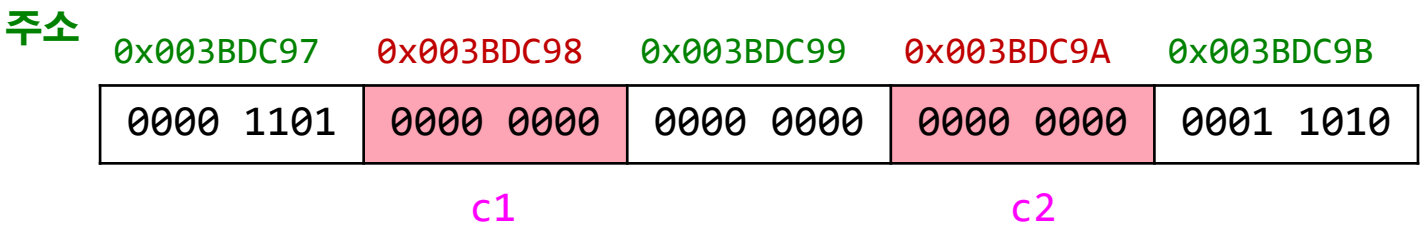


a에 할당된 메모리 공간 (4bytes) : 한번 할당되면 고정됨

1) 포인터 개요

- **C프로그램에서 변수의 의미는 (2가지)**
  1. 그 변수에 **할당된 공간**을 의미 (주소를 뜻하는 것은 아님)
     - ✓ 선언 or 대입문의 왼쪽 변수(l-value)로 사용될 때
  2. 그 변수에 **저장된 값**을 의미
     - ✓ 대입문의 오른쪽 변수(r-value), 조건식, 함수의 인수로 사용될 때

```
char c1, c2;     // c1, c2를 위한 공간을 메모리에 할당
c1 = c2;         // c1에 c2를 저장 → c1의 공간에 c2에 저장된 값을 저장
if( c1 < c2 )    // c1이 c2보다 작으면
                 // → c1에 저장된 값이 c2에 저장된 값보다 작으면
printf("%c",c1); // c1을 인수로 전달 → c1에 저장된 값을 전달
```



1) 포인터 개요

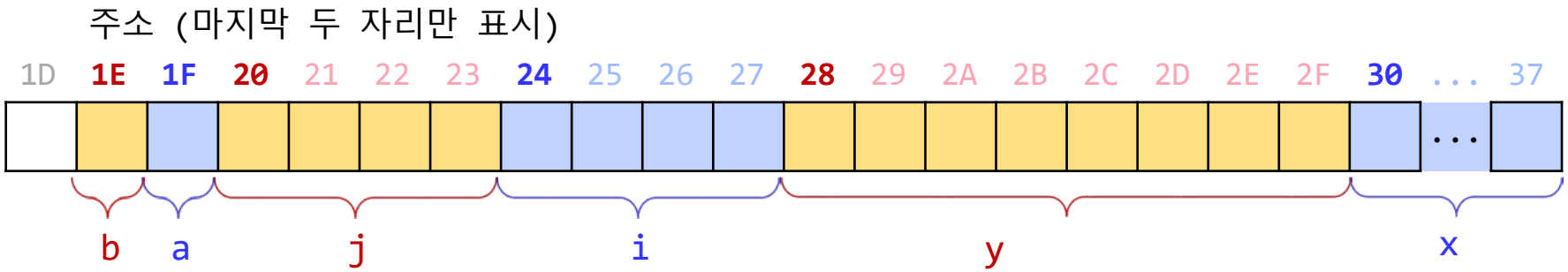
- **[예제 9.1] 아래와 같이 선언된 변수들의 주소를 출력하고, 출력된 주소를 보고 메모리에 변수가 할당된 모습을 그림으로 그려보자.**

```
char a, b;
int i, j;
double x, y;
```

출력 예시

```
a: 0018F91F, b: 0018F91E
i: 0018F924, j: 0018F920
x: 0018F930, y: 0018F928
```

- 메모리에 변수가 할당된 모습
  - ✓ 연속으로 할당된다는 보장은 없음



1) 포인터 개요

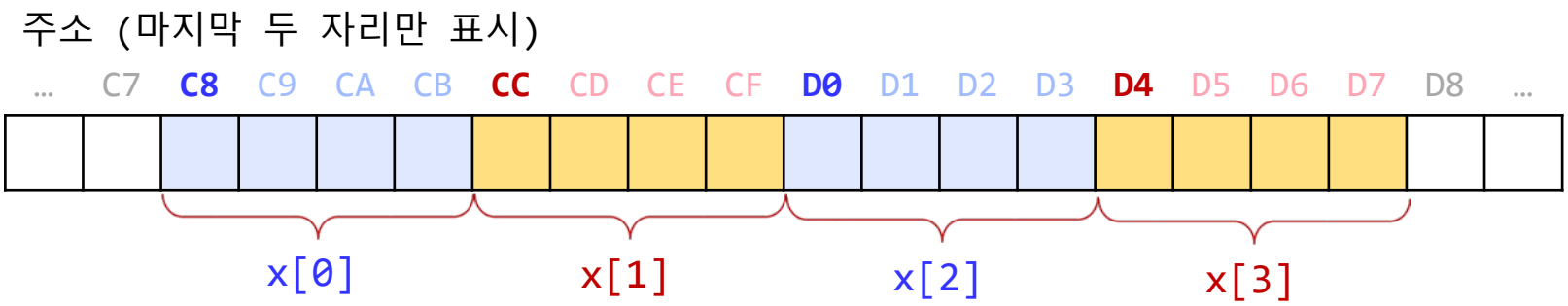
- **[예제 9.2] 아래와 같이 배열 원소들의 주소를 출력하고, 출력된 주소를 보고 메모리에 변수가 할당된 모습을 그림으로 그려보자.**

```
int x[4];
```

출력 예시

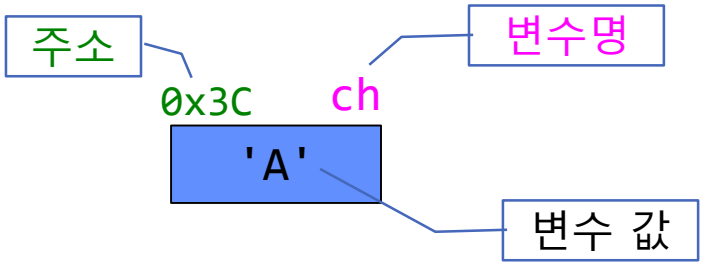
```
x[0]: 001FFEC8
x[1]: 001FFECC
x[2]: 001FFED0
x[3]: 001FFED4
```

- 메모리에 배열이 할당된 모습
  - ✓ 배열은 항상 연속된 공간에 할당됨



1) 포인터 개요

- **포인터 (자료형)**
  - **주소**를 나타내는 특수 자료형
  - 주소는 기본적으로 양의 정수로 표현됨
    하지만, int(정수형 자료형)와 구별되어 처리됨 (다른 자료형)
  - 변수를 나타내는 메모리 그림



목차

2) 포인터 선언과 사용

- **포인터 (변수) 선언**
  - 구문: 변수 명 앞에 *** (참조연산자)**만 덧붙이면 됨
    - ✓ 기존의 자료형 표시 + 포인터라는 표시

    - ✓ 예)

```
char    *pch;
int     *pnum;
```

    - ✓ pch와 pnum은 똑같이 주소를 저장하지만
      대상의 자료형이 다르기 때문에 **다른 자료형**으로 취급

    - ✓ pch는 **문자형 포인터** (변수)이고 pnum은 **정수형 포인터** (변수)

2) 포인터 선언과 사용

- **초기화**
  - 일반 변수 초기화 형태와 동일

```
int num, *pnum = &num;
```

✓ (주의!!) num이 먼저 선언 되어야 함

```
int *pnum = &num, num;          // 컴파일 오류
```

- **포인터 변수 선언의 다양한 형태**

✓ 동일 기본 자료형(int)에서 파생된 자료형의 변수는 모아서 선언 가능

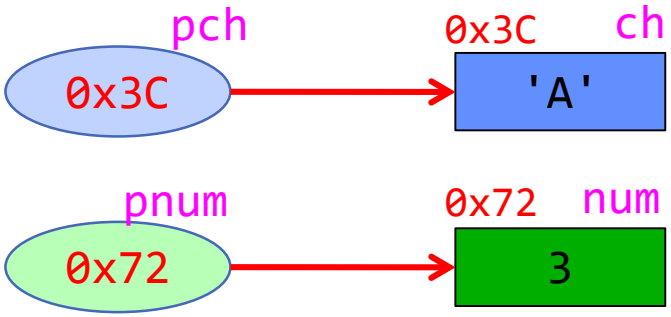
```
int *pnum1, num1=10, *pnum2, num2, arr[10];
```

✓ 그러나, 가독성 때문에 추천 안 함

2) 포인터 선언과 사용

- **포인터 대입 (연결)**
  - 포인터 (변수)에 주소를 대입하여 특정 변수와 연결시키는 것을 **"가리킨다"**라고 표현하고, 그림에서는 화살표 → 로 표시

```
char ch = 'A', *pch;
int num = 3, *pnum;

pch = &ch;      ⇨ pch에 변수 ch의 주소 대입(연결)
pnum = &num;    ⇨ pnum에 변수 num의 주소 대입(연결)

printf("%p %c\n", pch, ch); ⇨ %p: 주소 출력 서식
printf("%p %d\n", pnum, num);
```



실행 예시

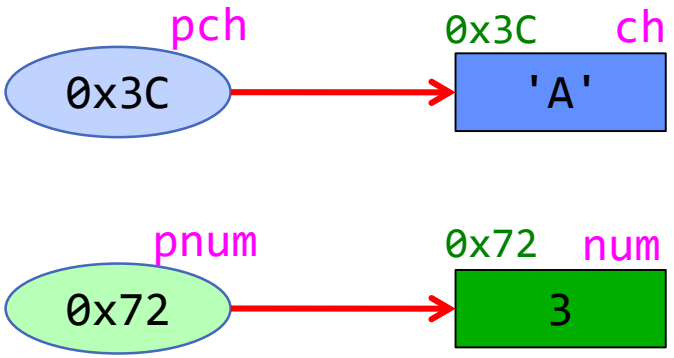
```
001EA03C A
001EA072 3
```

2) 포인터 선언과 사용

- **포인터 참조**
  - 포인터 (변수)가 가리키는 변수에 접근하는 것
  - **참조 연산자 *** (간접연산자, 포인터연산자라고도 부름)를 사용

예) *pch : 포인터 pch가 가리키는 변수, 0x3C번지에 저장된 값

```
char ch = 'A';
char *pch = &ch;

int num = 3, *pnum = &num;

printf("%p %c\n", pch, *pch);
printf("%p %d\n", pnum, *pnum);
```



실행 예시

```
001EA03C A
001EA072 3
```

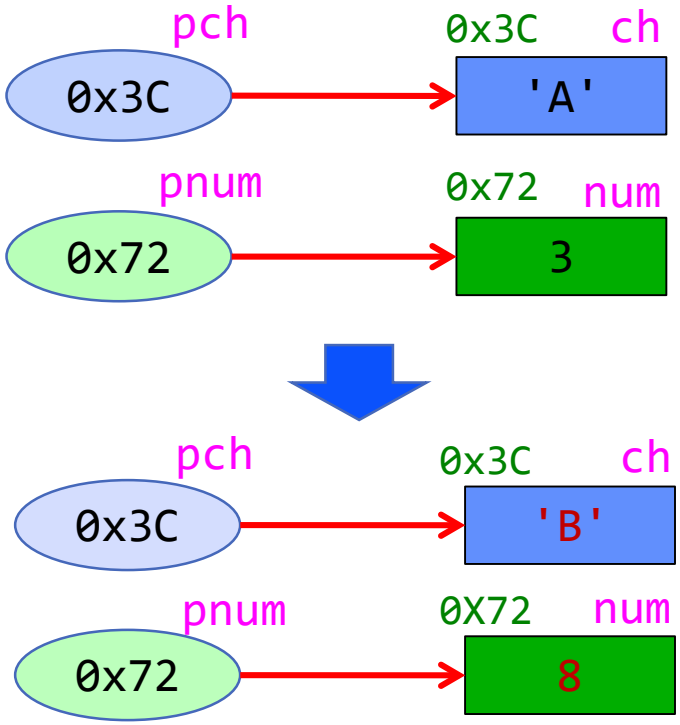
2) 포인터 선언과 사용

- 참조연산자를 이용한 대입 예시
  - ✓ *pch = 'B' 의 의미: pch가 가리키는 공간에 'B' 대입
  - ✓ *pch = 'B'는 ch = 'B'와 동일한 기능 수행
    전자는 **간접 접근**, 후자는 **직접 접근**

```
char ch = 'A', *pch = &ch;
int num = 3, *pnum = &num;

*pch = 'B';
*pnum += 5;

printf("%c %d\n", ch, num);
```

실행 결과

```
B 8
```



2) 포인터 선언과 사용

- 참조연산자 추가 예시
  - ✓ *pnum은 정수를 나타내므로, 정수를 사용하는 어떤 형태든 가능
  - ✓ 단, 참조연산자와 다른 연산자와의 우선 순위에 주의해서 사용

```
int num = 3, *pnum = &num;

*pnum = *pnum / 2 + 4; ⇨ 정수 연산: num에 num/2+4 = 5 대입

if( *pnum == 5)          ⇨ 정수 비교: ( num == 5 )
  ++*pnum;               ⇨ 정수 연산: ++(*pnum) ⇨ ++num
printf("%d", *pnum);     ⇨ 함수의 인자로 사용
```

실행 결과

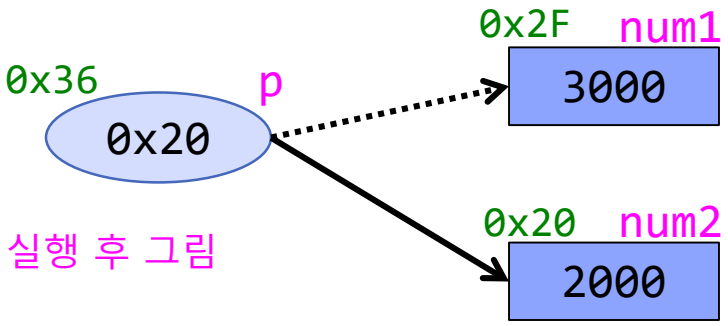
```
6
```

2) 포인터 선언과 사용

- **[예제 9.3] 1단계: 다음에 해당하는 문장들을 차례로 작성하고,**
  2단계: 메모리 그림을 그려보시오. (그림1 ~ 그림6)
  - ✓ (그림 1) int 변수 num1, num2 선언, int 포인터 변수 p 선언 및 num1의 주소로 초기화 (하나의 문장으로)
  - ✓ (그림 2) p가 가리키는 변수에 3000 대입
  - ✓ (그림 3) num2에 p가 가리키는 변수값 대입
  - ✓ (그림 4) p가 num2를 가리키도록 변경
  - ✓ (그림 5) p에 연결된 변수에 p가 가리키는 변수 값 – 1000 대입
  - ✓ (그림 6) num1에 p가 가리키는 변수 값의 2배 대입
  - ✓ num1, num2, p를 출력한다.
  - ✓ num1의 주소, num2의 주소, p의 주소를 출력한다.

2) 포인터 선언과 사용

```
int num1, num2, *p = &num1;

*p = 3000;
num2 = *p;
p = &num2;
*p = *p - 1000;
num1 = *p * 2; // 첫 번째 *은 참조연산자, 두 번째 *은 곱셈연산자

printf("값: num1=%d num2=%d p=%p\n", num1, num2, p);
printf("주소: num1=%p num2=%p p=%p\n", &num1, &num2, &p);
```



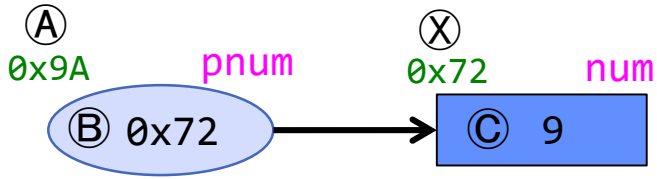
이 문장까지 실행 후 그림

2) 포인터 선언과 사용

- **포인터와 관련한 두 연산자 정리** (pnum 기준)
  - **주소연산자(&):** 해당 변수의 주소 값 (그림의 Ⓐ)
  - **변수 이름:** 변수 영역 또는 변수에 저장된 값 (그림의 Ⓑ)
  - **참조연산자(*):** 포인터가 가리키는 변수(그림의 Ⓒ)

  - **(주의)** pnum과 &num의 값은 동일하지만, **지칭하는 부분은 전혀 다름**
  - **질문)** &*pnum 과 *&num이 각각 의미하는 부분은?

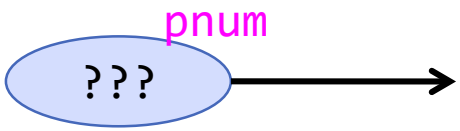
```
int num = 9, *pnum = &num;

printf("%p\n", &pnum);   ⇨ Ⓐ 0x9A
printf("%p\n", pnum);    ⇨ Ⓑ 0x72
printf("%d\n", *pnum);   ⇨ Ⓒ 9
printf("%p\n", &num);    ⇨ Ⓧ 0x72
```



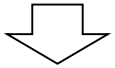
포인터를 이해하고 학습하기 위한 가장 좋은 방법은
메모리 그림을 그리는 것이다!!

2) 포인터 선언과 사용

- **포인터 주의사항 1 (초기화)**
  - 선언 후 연결 없이 바로 사용하면?




```
int *pnum ;    // pnum에는 쓰레기 값
*pnum = 9 ;    // 런타임(실행) 오류 발생
```



```
int *pnum, num;
pnum = &num; // 반드시 어떤 변수에 연결 후 사용
*pnum = 9;
```

  - **널(NULL) 포인터**
    - ✓ **주소 값 0**을 나타내는 특별한 기호로 아무것도 가리키지 않음을 의미
    - ✓ NULL의 값은 0이므로, 조건문에서 사용하면 거짓에 해당
    - ✓ 예기치 못한 오류 방지를 위해 포인터 변수를 NULL로 초기화

```
int *pnum = NULL;
```

2) 포인터 선언과 사용

- **포인터 주의사항 2**
  - **& (주소연산자)**는 포인터를 포함한 모든 변수에 사용가능
  - * **(참조연산자)**는 포인터 변수에서만 가능
    - ✓ *num (num이 가리키는 변수) 은 정의 되지 않음

```
int num=9, *pnum = &num;

printf("%p %p %d\n", &pnum, pnum, *pnum);

printf("%p %d %d\n", &num, num, *num); // 컴파일 오류
```

- **포인터 주의사항 3 (대입)**
  - **포인터의 자료형**과 **연결된 변수의 자료형**은 **일치**해야 한다.
  - 서로 다른 자료형의 포인터 간 대입
    - ✓ 문법적으로는 허용이 되기도 하지만 (컴파일 경고만 발생)
    - ✓ **프로그램 오류의 원인**이 됨

2) 포인터 선언과 사용

- **포인터의 크기**
  - **포인터의 종류(자료형)에 관계없이** 주소를 저장하기 위해 필요한 공간은 동일
    - ✓ 단, 포인터의 크기는 시스템에 따라 다를 수는 있음
  - sizeof 연산자를 이용하여 확인해보자.

```
char *pch;
int *pnum;
double *pdnum;

printf("%d\n", sizeof(pch));
printf("%d\n", sizeof(pnum));
printf("%d\n", sizeof(pdnum));
```

실행 결과

```
4
4
4
```

목차

3) 배열과 포인터

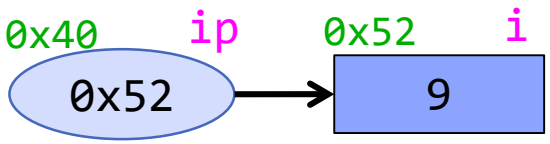
- **배열 이름의 비밀 (예: 대입문 오른쪽)**
  - 배열 이름은 **배열의 0번 원소의 시작 주소**를 의미한다. (특별하다)
    - ✓ 비교) &ar는 **전체 배열**의 시작 주소 (값은 같지만 다른 자료형)

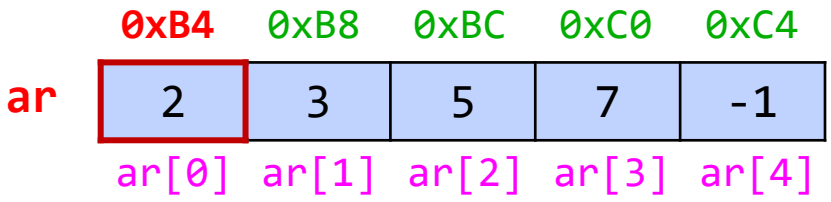
  - 일반 변수와 배열 비교

일반 변수	배열

`int i=9, *ip = &i;`
 	
`i  : 변수 i에 저장된 값`
`&i  : 변수 i의 주소`
	`int ar[5]={2, 3, 5, 7, -1};`
	
	`ar[2] : 원소 ar[2]에 저장된 값`
	`&ar[2] : 원소 ar[2]의 주소`

`ip : 변수 ip에 저장된 값` `&ip : 변수 ip의 주소`	`ar : 0번 원소의 주소` `&ar : (전체) 배열의 주소`





※ **배열 원소는 일반 변수와 동일하게 취급됨**

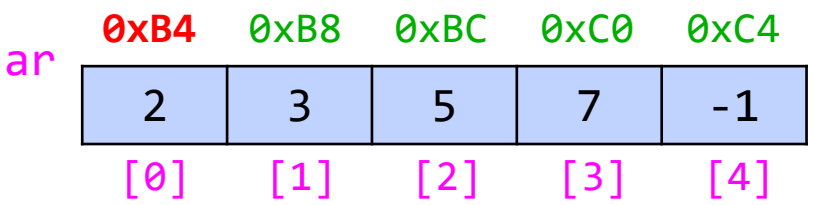
3) 배열과 포인터

- **주소를 이용한 배열 참조**
  - 배열 이름은 주소를 의미하므로, **참조 연산자**와 함께 사용 가능
    - ✓ ar : 0번 원소의 주소
    - ✓ *ar : 0번 원소의 주소에 저장된 값, 즉, 0번 원소의 값을 의미

```
int ar[5]={2, 3, 5, 7, -1};

printf("%p %d %d\n", ar, ar[0], *ar);
```

실행 결과

```
001E40B4 2 2
```



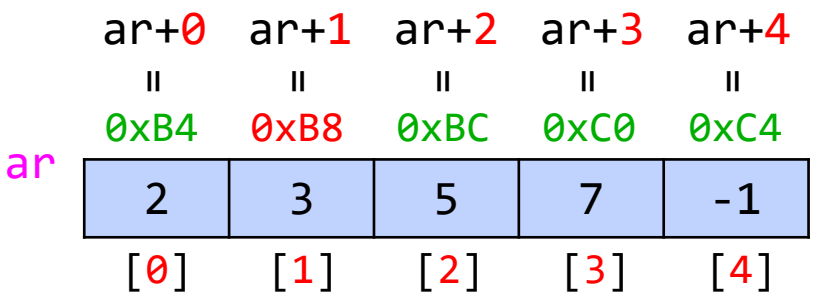
3) 배열과 포인터

- **배열 주소에 대한 증감 연산**
  - 배열 원소 하나의 크기 만큼 증가 or 감소 (int 배열의 경우: 4)
  - **ar+i** : 배열 ar의 **i** 번째 원소의 주소
  - ***(ar+i)** : 배열 ar의 **i** 번째 원소의 값, 즉, ar[i]

```
int ar[5]={2, 3, 5, 7, -1};

printf("%p %d %d\n", ar+1, ar[1], *(ar+1));
```

실행 결과

```
001E40B8 3 3
```



ar+1의 값은
001E40**B5**가 아님!!

3) 배열과 포인터

- **[예제 9.4] char형 배열과 double형 배열을 선언하고, 다음을 출력하라.**

```
char car[5]={'H','e','l','l','o'};
double dar[5]={1.1, 2.2, 3.3, 4.4, 5.5};
```

- ✓ car, car[0], *car
- ✓ car+1, car[1], *(car+1)
- ✓ car+2, car[2], *(car+2)

주소의 변화량을 주의해서 살펴보자

- ✓ dar, dar[0], *dar
- ✓ dar+1, dar[1], *(dar+1)
- ✓ dar+2, dar[2], *(dar+2)

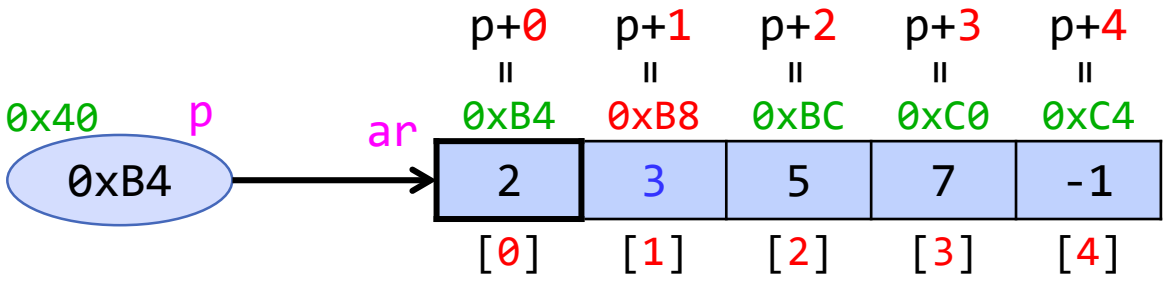
3) 배열과 포인터

- **배열을 포인터 변수에 연결하여 사용하기**
  - 배열 이름은 주소를 의미하므로, **포인터 변수에 대입** 가능
  - 포인터 변수에 대한 증감 연산
    - ✓ 포인터 변수가 **나타내는 자료형의 크기 단위로** 증가 or 감소

```
int ar[5]={2, 3, 5, 7, -1};
int *p = ar;        ⇨ 포인터 변수에 ar 대입

printf("%p %d\n", p, *p));          ⇨ 0번 원소
printf("%p %d\n", p+1, *(p+1));     ⇨ 1번 원소
```

실행 결과

```
001E40B4 2
001E40B8 3
```



3) 배열과 포인터

- 포인터 변수도 **배열의 첨자 형태**로 값을 참조 할 수 있다.

```
int ar[5]={2, 3, 5, 7, -1};
int *p = ar;

printf("%p %d %d\n", p, p[0], *p);          ⇨ 0번 원소
printf("%p %d %d\n", p+1, p[1], *(p+1));    ⇨ 1번 원소
```

실행 결과

```
001E40B4 2 2
001E40B8 3 3
```

3) 배열과 포인터

- **[예제 9.5] 다음과 같이 포인터 변수를 선언하고 값을 출력하라.**

```
char car[5]={'H','e','l','l','o'}, *cp=car;
double dar[5]={1.1, 2.2, 3.3, 4.4, 5.5}, *dp=dar;
```

- ✓ cp, cp[0], *cp
- ✓ cp+1, cp[1], *(cp+1)
- ✓ cp+2, cp[2], *(cp+2)

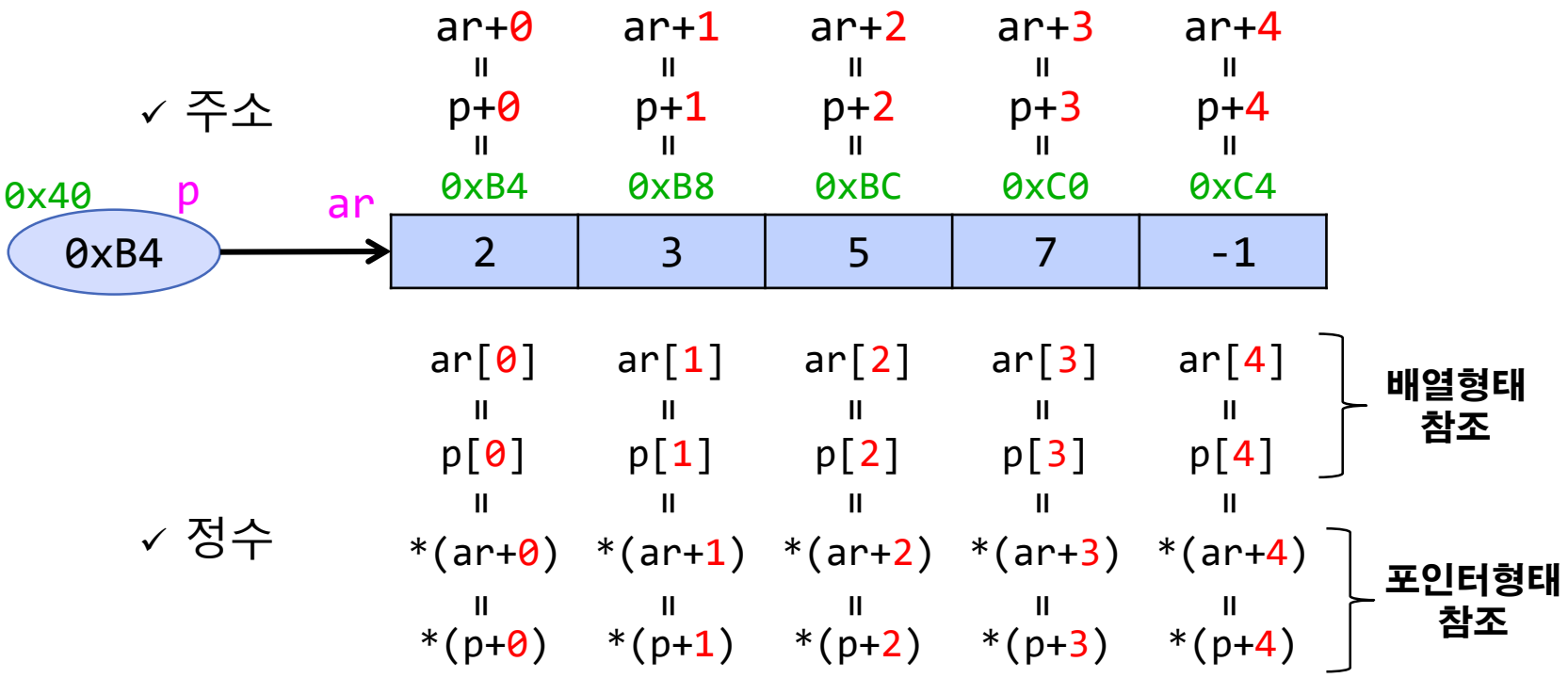
- ✓ dp, dp[0], *dp
- ✓ dp+1, dp[1], *(dp+1)
- ✓ dp+2, dp[2], *(dp+2)

주소의 변화량을 주의해서 살펴보자

3) 배열과 포인터

- **배열과 포인터의 관계 정리**
  - 배열과 포인터는 동일한 형태로 사용 가능 (둘 다 주소이니까)

```
int ar[5], *p = ar;
```



3) 배열과 포인터

- **배열과 포인터 정리 (복잡해 보이지만 다음 두 가지만 기억하자)**

```
int ar[5], *p = ar;
```

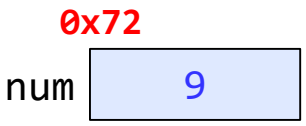
  - 주소에 1을 더하면, 원소의 크기만큼 주소가 증가한다.
    - ✓ ar + 3 , p + 3 : ar과 p 모두 주소

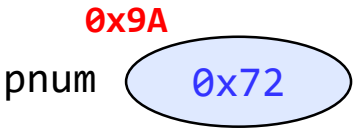
  - 주소가 주어 졌을 때, 해당 주소에 저장된 원소(변수) 값은 다음 두 가지 형태로 참조할 수 있다.
    - ✓ ar[3] 과 p[3] : 배열의 첨자 연산자 [ ] 사용
    - ✓ *(ar+3) 과 *(p+3) : 포인터의 참조 연산자 * 사용

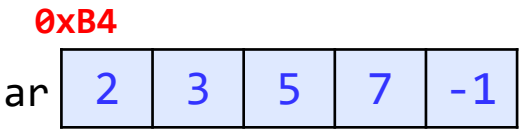
배열 이름이든 포인터 변수이든 주소를 의미하고,
따라서 **참조 방식도 동일**하다.

3) 배열과 포인터

- **배열 이름과 포인터 변수의 차이점**
  - int num;
    - ✓ 변수 num에 저장된 값(정수)은 변경 가능
    - ✓ 변수 num에 **할당된 주소**는 변경 불가
  - int *p;
    - ✓ 변수 p에 저장된 값(주소)은 변경 가능
    - ✓ 변수 p에 **할당된 주소**는 변경 불가
  - int ar[5];
    - ✓ 배열 ar에 저장된 값은 변경 가능
    - ✓ 배열 ar에 **할당된 주소**는 변경 불가
      - ✓ 배열 이름은 **포인터 상수**로 변경 하지 못한다.
      - ✓ 대입문의 왼쪽에서 사용될 때 (l-value) 차이 발생



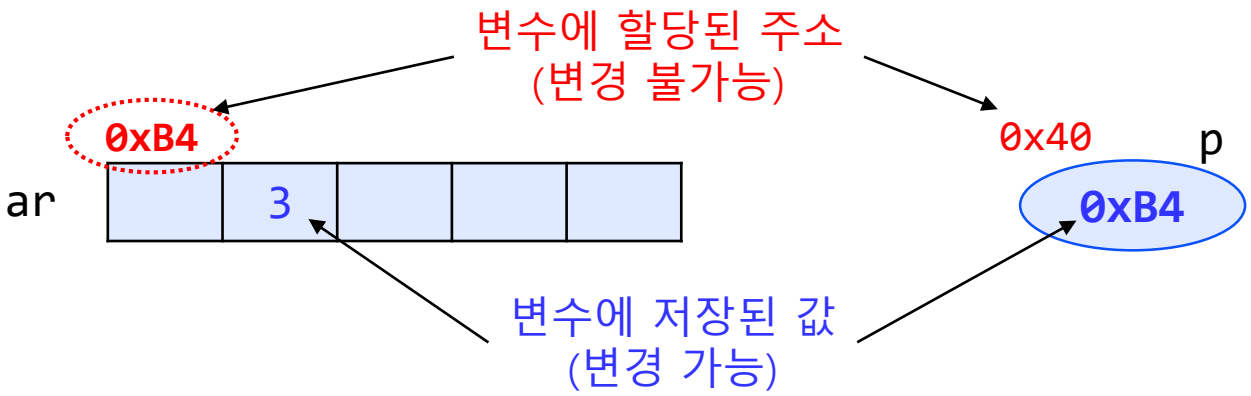




3) 배열과 포인터

- 배열 이름과 포인터 변수의 차이점

```
int num, *p, ar[5];

p = &num;       // 가능
++p;            // 가능
&p = ar;        // 불가능 (컴파일 에러)

ar = &num;      // 불가능 (컴파일 에러)
++ar;           // 불가능
&ar = &num;     // 불가능 (컴파일 에러)
```



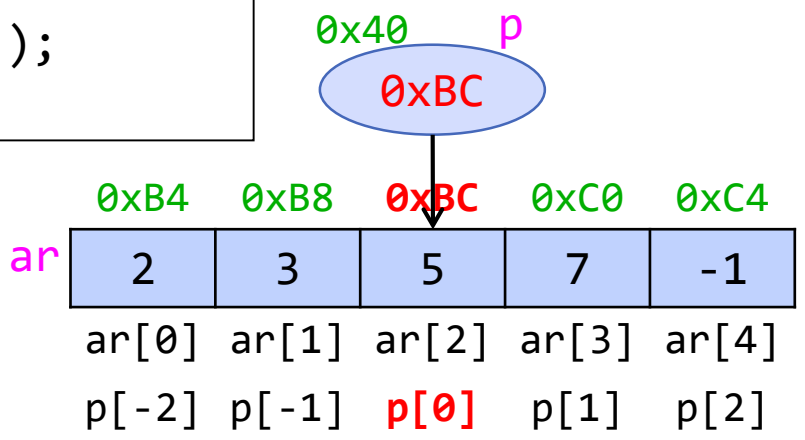
3) 배열과 포인터

- **배열과 포인터 주의사항 1**
  - 포인터를 배열의 중간 원소에 연결시키는 것도 가능

```
int ar[5]={2, 3, 5, 7, -1};
int *p = &ar[2];     // 2번 원소에 연결

printf("%p %d\n", ar, ar[0]);
printf("%p %d\n", p, p[0]);
```

실행 결과

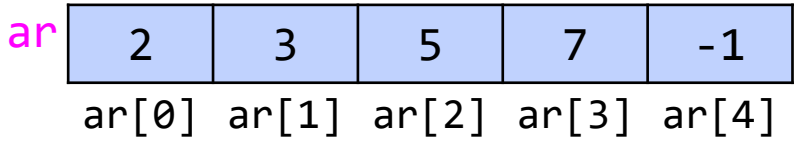
```
001E40B4 2
001E40BC 5
```



  - 포인터는 단지 자신이 가리키는 주소를 기준으로 배열처럼 쓰는 것일 뿐

3) 배열과 포인터

- **배열과 포인터 주의사항 2**
  - 포인터의 참조 연산자 사용시 괄호에 유의
    - ✓ *(ar+2) ➔ ar[2] ➔ 5
    - ✓ *ar + 2 ➔ *(ar) + 2 ➔ ar[0]+2 ➔ 4 (연산자 우선순위 때문)



3) 배열과 포인터

- **배열과 포인터 주의사항 3**
  - 포인터 변수의 증감량은 가리키는 배열의 원소 크기가 아니라, **포인터 자신의 자료형에 의해** 결정
    - ✓ 예) char * 형 포인터에 int 배열을 연결하면

```
int ar[5]={2, 3, 5, 7, -1}, i;
char *p = (char *) ar;

for( i=0; i < 5 ; ++i )
  printf("%p, %d\n", p+i, *(p+i));
```

1씩 증가

```
001E40B4, 2
001E40B5, 0
001E40B6, 0
001E40B7, 0
001E40B8, 3
```

목차

4) 포인터 연산

- **주소에 정수를 더하거나 빼기**
  - ++, --, +=, -= 와 같이 덧셈, 뺄셈에 대한 연산자는 모두 가능

```
int ar[5] = {2, 3, 5, 7, -1}, *p = ar;
int i = 4;

printf("%p %d\n", p+2, *(p+2));    ⇨ &ar[2], ar[2]
printf("%p %d\n", p+i, *(p+i));    ⇨ ar[4]
printf("%p %d\n", ++p, *p);        ⇨ ar[1]
```

실행 결과

```
001E40BC 5
001E40C4 -1
001E40B8 3
```

4) 포인터 연산

- **[예제 9.6] 다음에 해당하는 문장을 차례로 작성하고, p1과 p2의 값이 얼마나 증가하는지 확인해보자. (배열과 포인터의 주의사항 3 참고)**

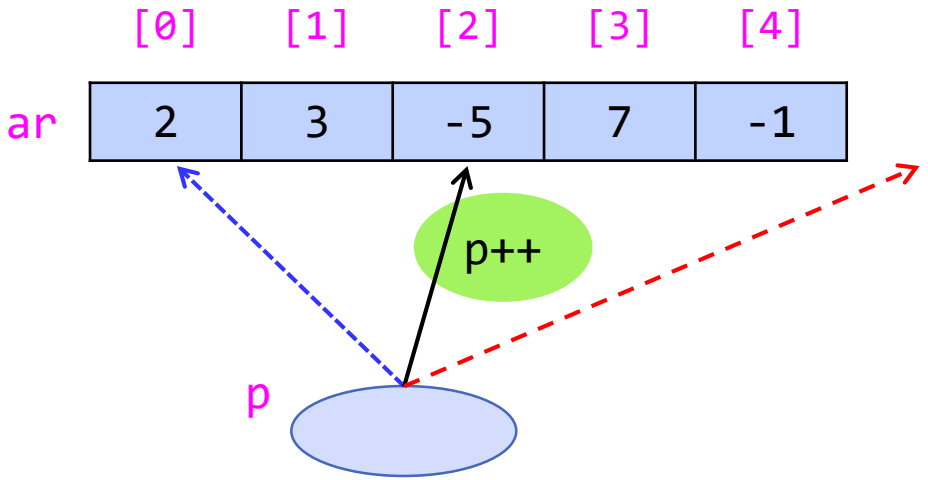
  ① int 포인터 p1을 선언하고, NULL로 초기화
  ② char 포인터 p2를 선언하고, NULL로 초기화
  ③ p1과 p2를 출력 (즉, p1과 p2에 저장된 값 출력)
  ④ p1과 p2를 1만큼 증가 (++ 연산자 사용)
  ⑤ p1과 p2를 출력
  ⑥ p1과 p2를 2만큼 증가 (+= 연산자 사용)
  ⑦ p1과 p2를 출력

4) 포인터 연산

- **[예제 9.7] 포인터 연산을 이용하여 배열 전체 훑어보기**
  - ① 정수 배열 ar[5]를 선언하고 {2, 3, 5, 7, -1}로 초기화
  - ② 정수 변수 i와 정수 포인터 p 선언 후, p에 배열 이름 ar 연결
  - ③ for문: 다음을 5회 반복 (i는 반복 제어 변수)
    - ✓ p가 가리키는 변수의 값 출력
    - ✓ p의 값 1만큼 증가

실행결과

```
2
3
5
7
-1
```



4) 포인터 연산

- **주소 비교하기**
  - 비교 연산자(==, !=, <, >, >=, <=) 사용 가능

```
int ar[5] = {2, 3, 5, 7, -1}, *p1 = &ar[1], *p2 = &ar[4];

printf("%p %p\n", p1, p2);    ⇨ ar[1]과  ar[4]의 주소

printf("%d\n", p1 < p2);      ⇨ ar[1]과 ar[4]의 주소 값 비교
printf("%d\n", *p1 < *p2);    ⇨ ar[1]과 ar[4]의 원소 값 비교
```

실행결과

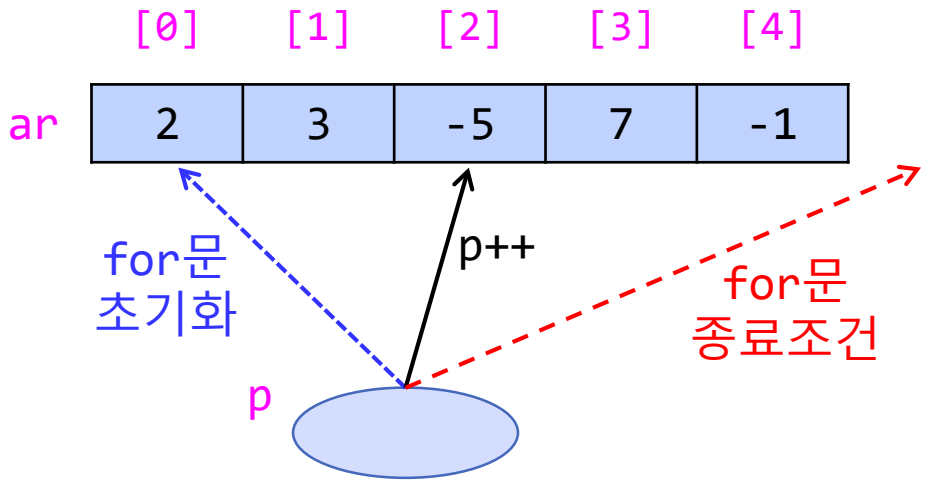
```
001E40B8 001E40C4
1    ⇨ p1과 p2에 저장된 값 비교
0    ⇨ p1과 p2가 가리키는 변수의 값 비교
```

4) 포인터 연산

- 주소 비교를 이용하여 **배열 훑어보기**

(참고) 포인터 학습을 위한 연습용 코드,
보통 배열은 반복 제어 변수 사용

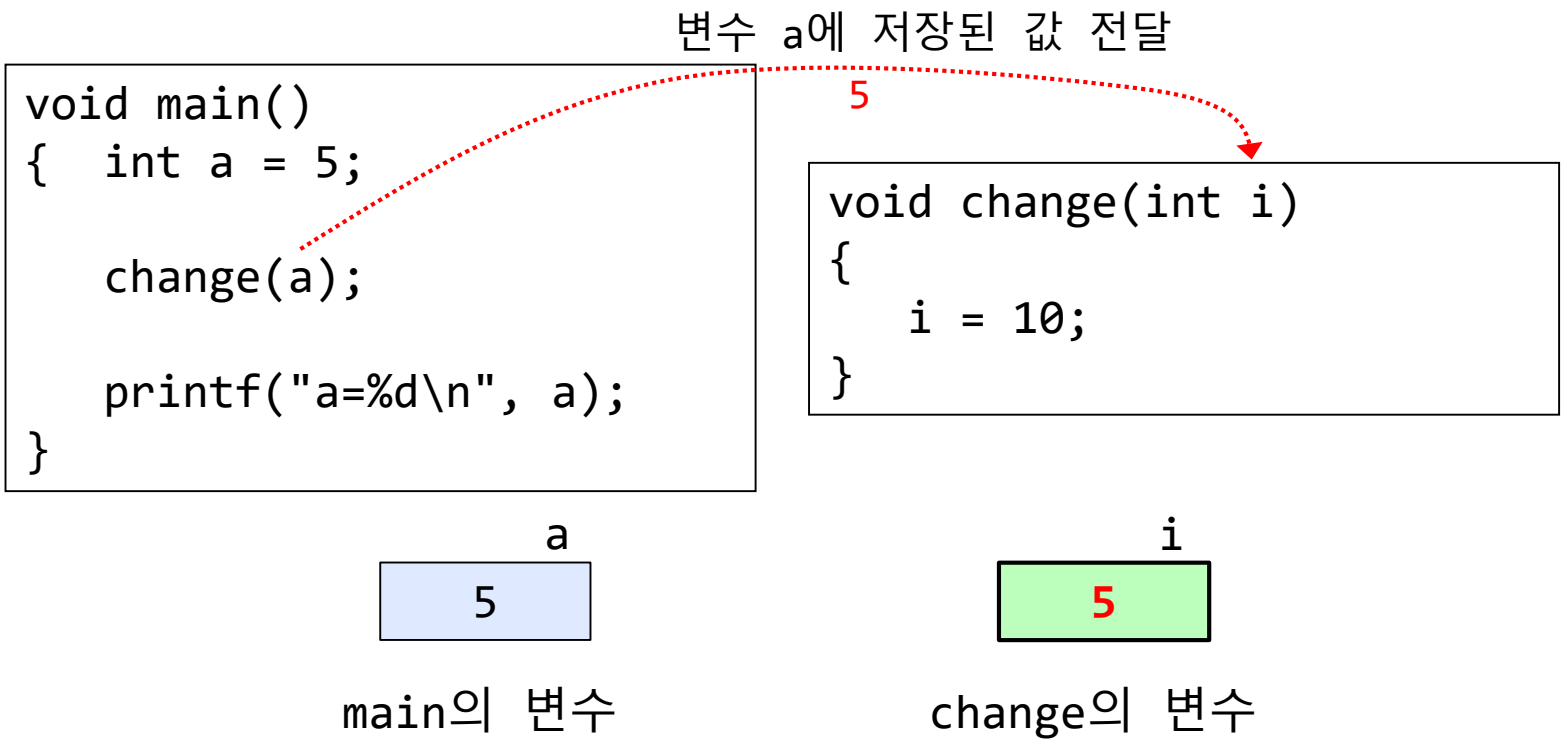
```
int ar[5]={2, 3, 5, 7, -1}, *p;

for( p = ar ; p < &ar[5] ; p++ )
    printf("%d\n", *p);
```



목차

5) 포인터 인자와 주소 반환

- **함수 수행 과정 (복습) – 정수 인자**
  - A. 함수 **시작(호출):** 형식 인자(변수)에 공간이 할당되고, 각 인자에 전달된 정수 값이 대입됨.



change 함수 시작 시 메모리 그림

5) 포인터 인자와 주소 반환

B. 함수 본체 수행: 지역변수 i에 10 대입

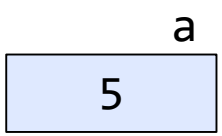
C. 함수 종료: 함수의 지역변수(인자 포함)가 없어짐 (할당된 메모리 공간 반환)

```
void main()
{  int a = 5;

   change(a);

   printf("a=%d\n", a);
}
```

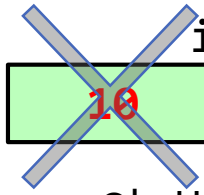
```
void change(int i)
{
    i = 10;
}
```

결과:

```
a=5
```



main의 변수



함수 종료 시 공간 해제됨

change의 변수

change 함수 종료 시 메모리 그림

5) 포인터 인자와 주소 반환

- **함수 인자가 정수가 아니라 주소라면?**
  - 코드에서 변경되는 부분
    - ✓ 주소를 저장하기 위해 함수의 형식 인수는 포인터로 선언
    - ✓ 포인터 변수를 이용한 간접 참조

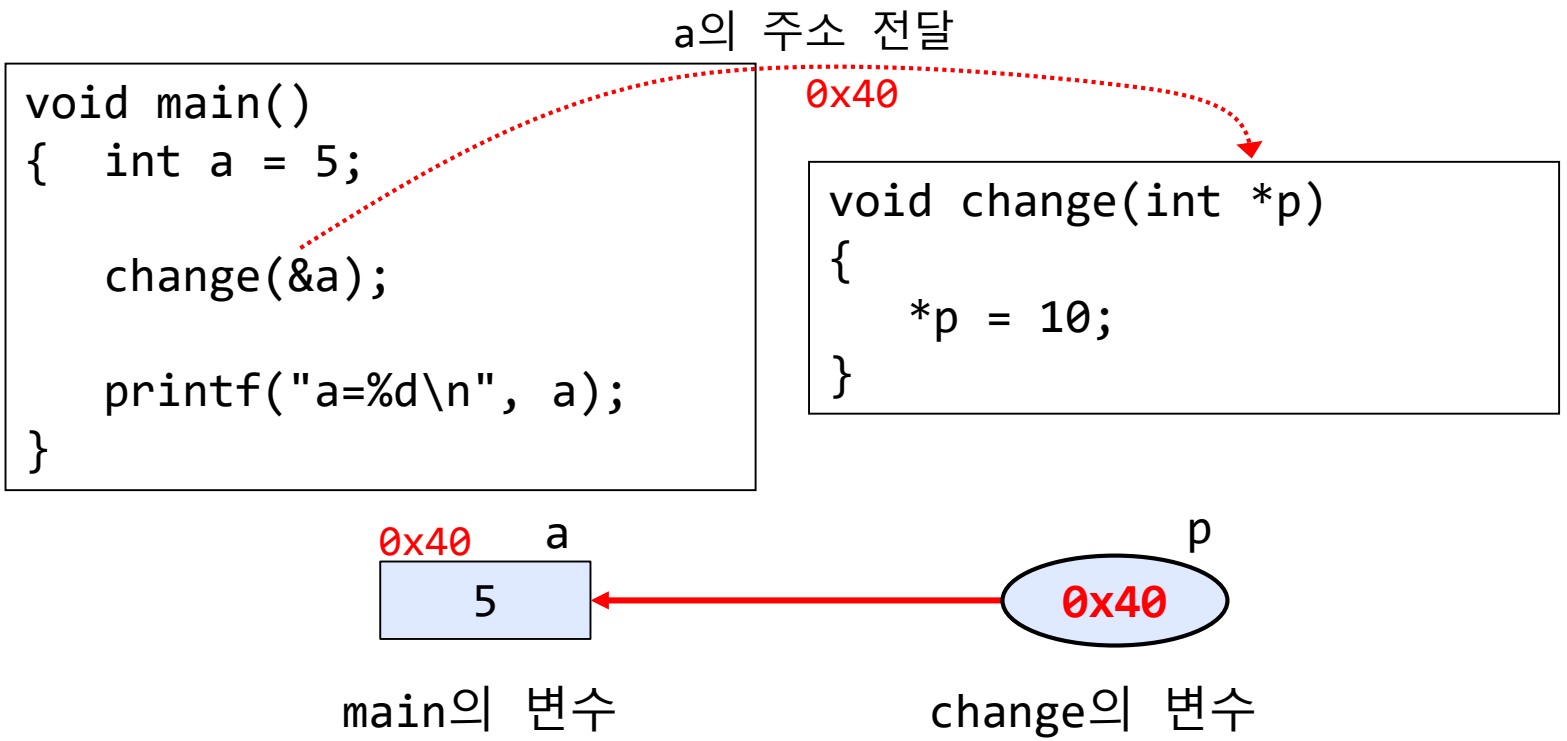
```
void main()
{  int a = 5;

   change(&a);

   printf("a=%d\n", a);
}
```

```
void change(int *p)
{
    *p = 10;
}
```

  - 위 함수의 수행 과정은? 다음 슬라이드

5) 포인터 인자와 주소 반환

- 함수 수행과정
  A. 함수 **시작(호출):** 형식 인자(변수)에 공간이 할당되고, 각 인자에 전달된 주소가 대입됨.



change 함수 시작 시 메모리 그림

5) 포인터 인자와 주소 반환

B. 함수 본체 수행: p가 가리키는 변수에 10 대입

C. 함수 종료: 함수의 지역변수(인자 포함)가 없어짐 (할당된 메모리 공간 반환)

```
void main()
{  int a = 5;

   change(&a);

   printf("a=%d\n", a);
}
```

```
void change(int *p)
{
    *p = 10;
}
```

결과:

```
a=10
```

change 함수 종료 시 메모리 그림

5) 포인터 인자와 주소 반환

- **함수 인자 비교**
  - 정수 값이나 문자 등을 인자로 함수를 호출하는 것을 '값에 의한 호출(call-by-value)'이라 함
    - ✓ 호출하는 함수의 변수에 영향을 못 미침
  - 주소를 인자로 함수를 호출하는 것을 '주소에 의한 호출(call-by-reference)'이라 함
    - ✓ 간접 참조로 인해 호출하는 함수의 변수 값을 변경시킬 수 있음
  - 하지만, 두 호출 방식의 함수의 호출 과정(**인자 전달** 및 제어 흐름)은 **완전히 동일**
    - ✓ 값이 전달되느냐, 주소가 전달되느냐에 따라오는 부수적인 효과일 뿐

5) 포인터 인자와 주소 반환

- **추가 예시**
  - 함수의 실 인자가 포인터 변수인 경우

```
void main()
{  int a = 5;
   int *pa = &a;

   change(pa);

   printf("a=%d\n", a);
}
```

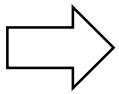
```
void change(int *p)
{
   *p = 10;
}
```

✓ 메모리 그림을 그리면서 수행과정을 따져보자

5) 포인터 인자와 주소 반환

- **포인터 인자 활용 예제: 두 변수의 값을 교환하는 함수**
  - 아래 swap 함수를 이용하면 main의 값이 바뀌는가? **NO!!**

```
void swap(int x, int y){
    int tmp = x;
    x = y;
    y = tmp;
    printf("%d %d\n", x, y);
}

void main(){
    int x = 10, y = 20;

    swap(x, y);

    printf("%d %d\n", x, y);
}
```

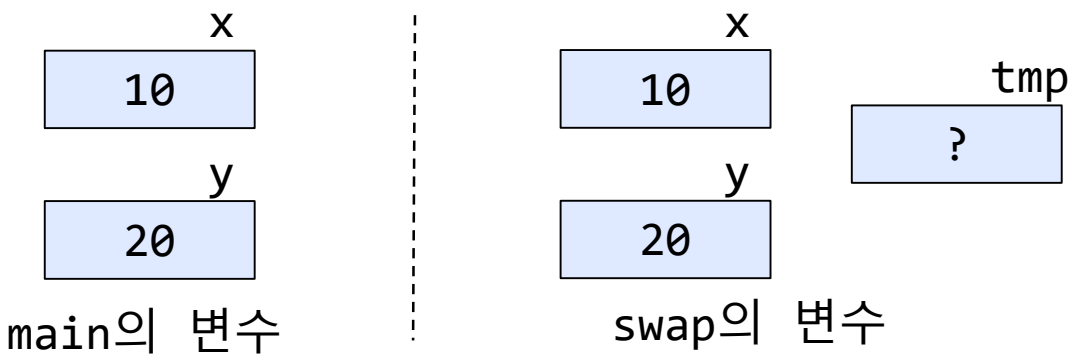


실행 결과

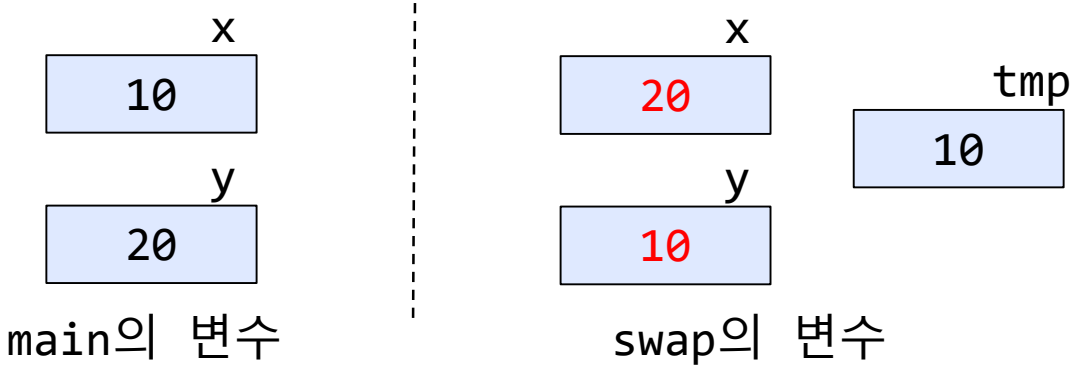
```
20 10 (swap)
10 20 (main)
```

5) 포인터 인자와 주소 반환

- 왜 안 바뀌는 지 메모리 그림을 그려 확인해보자.



swap 함수 시작 시 메모리 그림

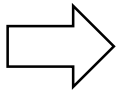


swap 함수 종료 직전 메모리 그림

5) 포인터 인자와 주소 반환

- swap함수에서 포인터를 인자로 사용하면?
  - ✓ 함수의 인자는 정수 포인터
  - ✓ 호출 시 주소 전달

```
void swap(int *px, int *py){
    int tmp = *px;
    *px = *py;
    *py = tmp;
    printf("%d %d\n", *px, *py);
}

void main(){
    int x = 10, y = 20;

    swap(&x, &y);

    printf("%d %d\n", x, y);
}
```

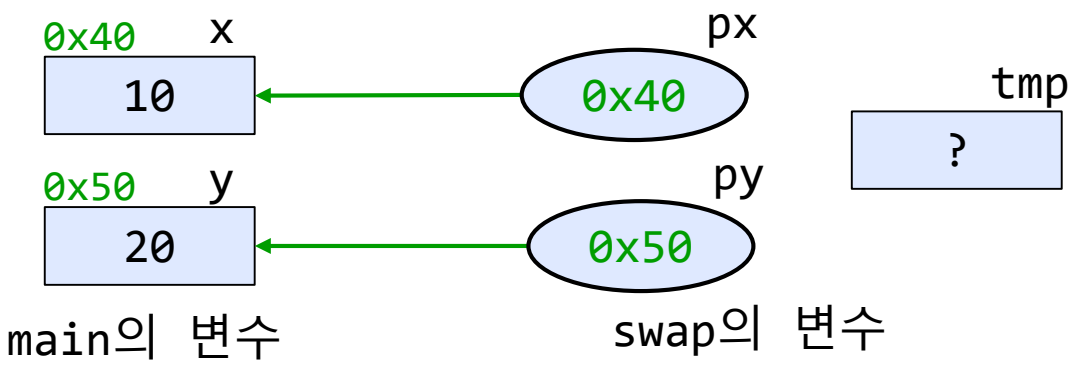


실행 결과

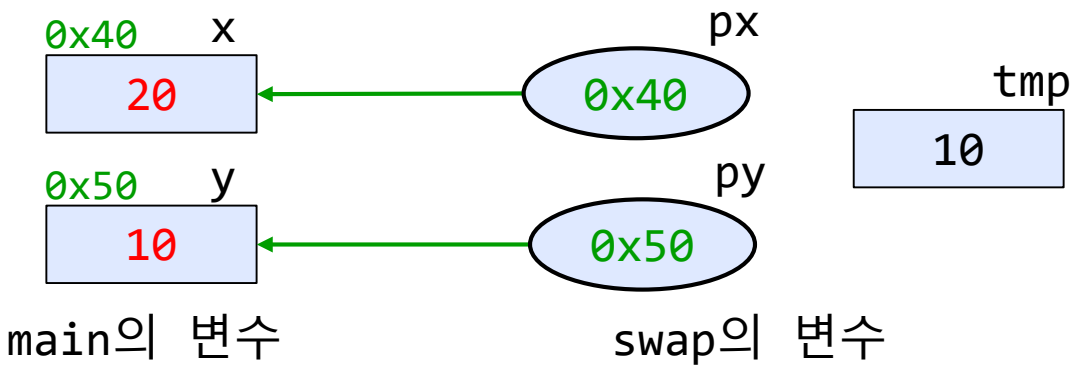
```
20 10 (swap)
20 10 (main)
```

5) 포인터 인자와 주소 반환

- main 함수의 값이 왜 바뀌는 지 메모리 그림을 그려 확인해보자.



swap 함수 시작 시 메모리 그림

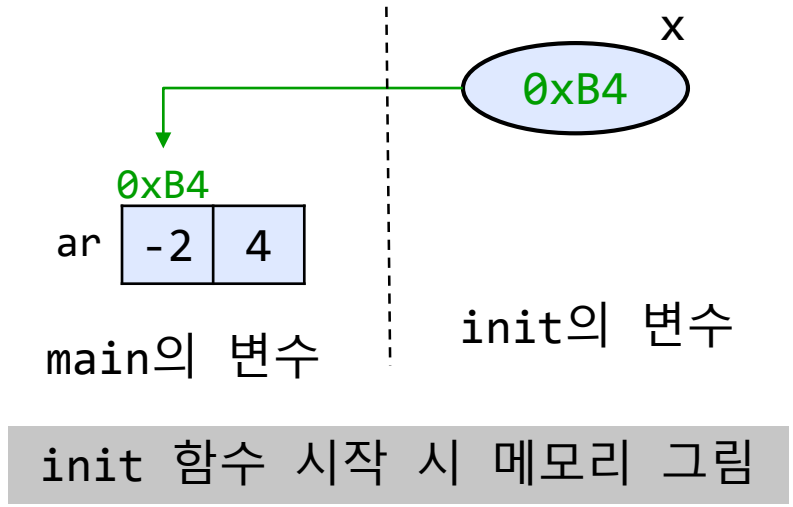


swap 함수 종료 직전 메모리 그림

5) 포인터 인자와 주소 반환

- **배열 인자 다시 보기**
  - 아래 코드에서 init 함수에서 배열 값을 변경하면, main의 배열 값도 변경된다. (함수 단원에서 학습했음)
  - 왜 그럴까? 배열의 시작 **주소**가 인자로 전달되기 때문

```
void init(int x[]){
   x[0] = x[1] = 0;
}
void main(){
   int ar[2]={-2,4};

   init(ar);

   printf("%d %d",ar[0],ar[1]);
}
```



init 함수 시작 시 메모리 그림

실행 결과

```
0 0
```

5) 포인터 인자와 주소 반환

- init 함수의 형식 인자 **int x[ ]**은 **포인터 (배열 아님에 주의)**

```
void init(int x[]){
    ...
}
```

=

```
void init(int *x){
    ...
}
```

- 위 두 함수는 문법적으로 완전히 동일
- 배열과 포인터 중 의미를 두고자 하는 형태로 사용
  - ✓ 보통 함수 본체에서 배열 형태로 사용하는 경우, 배열 형태의 인자 사용(왼쪽 형태)

5) 포인터 인자와 주소 반환

- **scanf와 printf의 인자**
  - scanf( )에서 변수 앞에 &(주소 연산자)를 붙이는 이유

```
int x;
scanf("%d", &x);
```

✓ 사용자로 부터 입력 받은 값을 변수 x에 저장해야 한다.
✓ scanf 함수에서 호출한 함수의 변수 x의 값을 바꾸려면, 주소를 전달

  - printf( )는?

```
int x = 0;
printf("%d", x);
```

✓ 출력 시는 x의 값을 넘겨주면 충분

5) 포인터 인자와 주소 반환

- scanf( )에서 항상 &(주소 연산자)를 붙여야 하는가?
  - ✓ 주소 값이 인자로 전달되면 됨

```
int x[5], *p = &x[1];

scanf("%d", &x[0]);
scanf("%d", p);
scanf("%d", p+1);

printf("%d %d %d\n",x[0],x[1],x[2]);
printf("%p %p %p\n",&x[0],&x[1],&x[2]);
```

입력 예시

```
1 -4 9
```

출력 예시

```
1 -4 9
00B6FB60 00B6FB64 00B6FB68
```

5) 포인터 인자와 주소 반환

- **주소를 반환하는 함수**
  - 주소도 값이므로 함수의 반환값으로 사용될 수 있다.
  - 변수와 마찬가지로, 함수 이름 앞에 *** (참조연산자)** 을 붙여 주소를 반환함을 표시

```
void main(){
    int ar[5]={2,1,3,0,4};
    int *p1;

    p1 = next_addr(&ar[1]);

    printf("%d",*p1);
}
```

```
int *next_addr(int *p)
{
    return p+1;
}
```

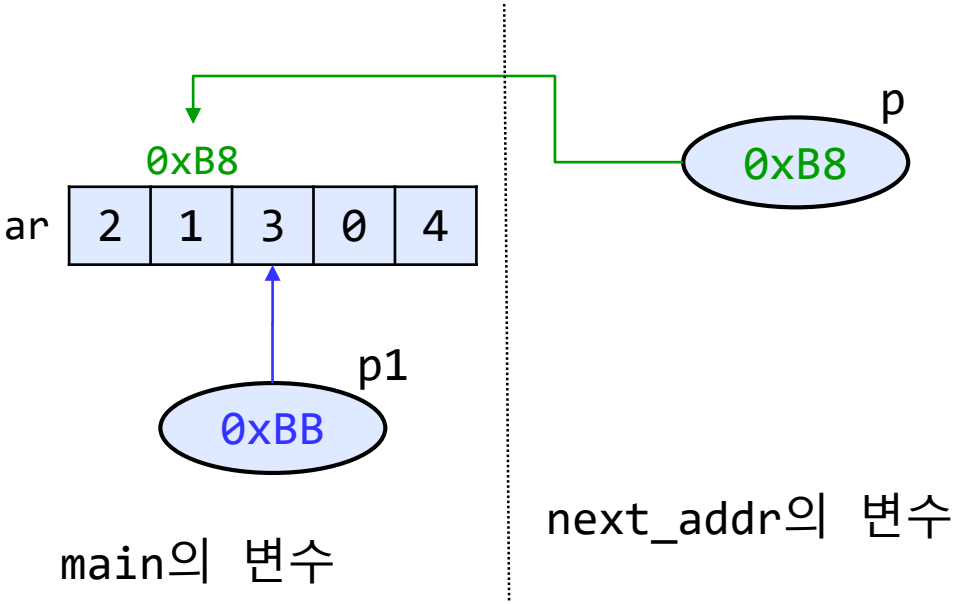
실행 결과

```
3
```

5) 포인터 인자와 주소 반환

- 앞의 코드에 대해 메모리 그림을 그리면?

```
int *next_addr(int *p)
{
    return p+1;
}

void main(){
    int ar[5]={2,1,3,0,4};
    int *p1;

    p1 = next_addr(&ar[1]);

    printf("%d",*p1);
}
```



next_addr 함수 종료 직전 메모리 그림

5) 포인터 인자와 주소 반환

- **[예제 9.8] 두 정수 변수의 주소를 인자로 받아, 값이 작은 변수의 주소를 반환하는 함수를 작성해보자.**
  - 변수에 저장된 값은 다르다고 가정
  - main 함수는 아래의 코드 사용

```
void main(){
    int ar[5]={2,1,3,0,4};
    int *p1;

    p1 = smaller(&ar[1], &ar[3]);

    printf("%d",*p1);
}
```

```
?   smaller (   ?   )
{
        ?
}
```

실행 결과

```
0
```

목차

6) 포인터 배열

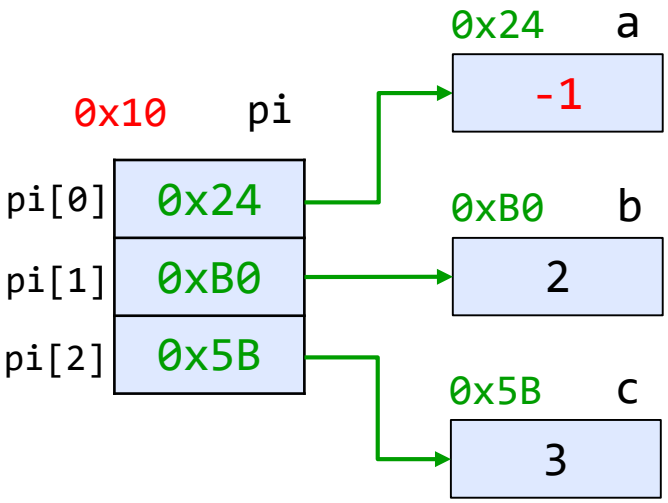
- **포인터 배열: 포인터 변수들의 묶음**

- **포인터 배열 선언**
  - 포인터 선언 + 배열 선언

```
void main(){
   int a=1, b=2, c=3, i;
   int *pi[3];   // 포인터 배열 선언

   pi[0] = &a;   // 배열 원소는 int 포인터 변수
   pi[1] = &b;  pi[2] = &c;

   *pi[0] = -1; // *pi[0]은 *(pi[0]) ? (*pi)[0] ?

   for( i=0; i < 3 ; ++i )
      printf("%p %p %d\n", &pi[i], pi[i], *pi[i]);
}
```

6) 포인터 배열

- 메모리 그림

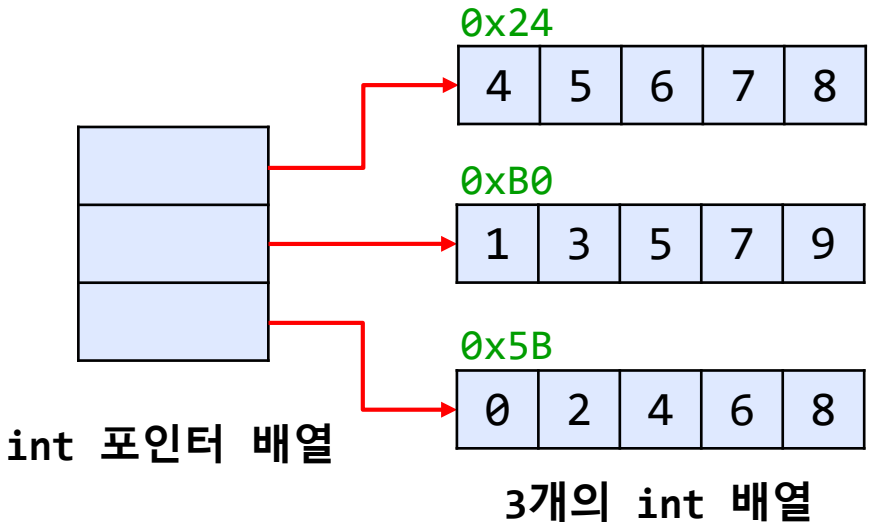


실행 결과

```
006FFD10 006FFD24 -1
006FFD14 006FFDB0 2
006FFD18 006FFD5B 3
```

6) 포인터 배열

- **[예제 9.9] 다음 프로그램을 작성하시오.**
  - 3개의 int 배열을 선언 (배열의 크기는 모두 5)하고 아래 그림과 같이 초기화
  - 1개의 int **포인터 배열** 선언 (배열의 크기는 3)
  - 아래 그림과 같이 **포인터 배열의 각 원소**를 각 int 배열에 연결
  - (뒷장에 계속)

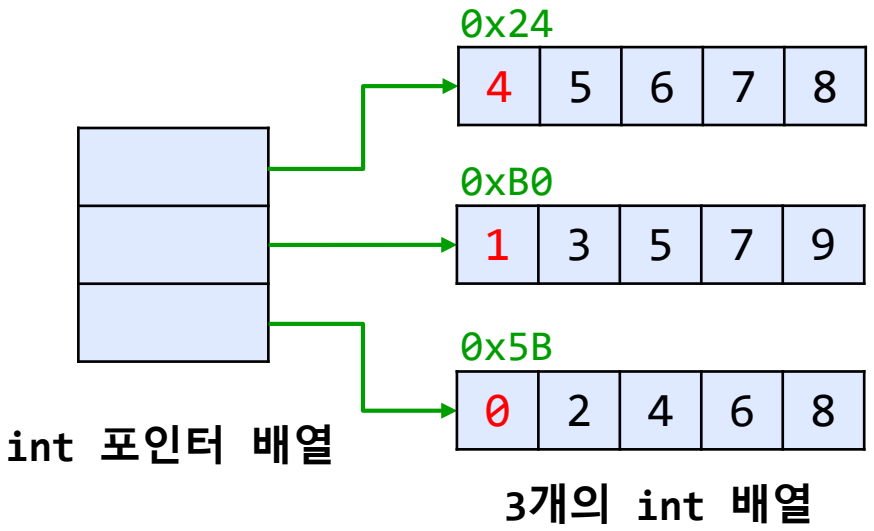


5) 포인터 배열

- int 포인터 배열을 이용하여 각 int 배열의 0번 원소의 주소와 값을 출력하시오. (앞 예제 참조)
  - ✓ 단, int 배열의 이름은 사용 금지

실행 결과 (예시)

```
006FFD24 4
006FFDB0 1
006FFD5B 0
```

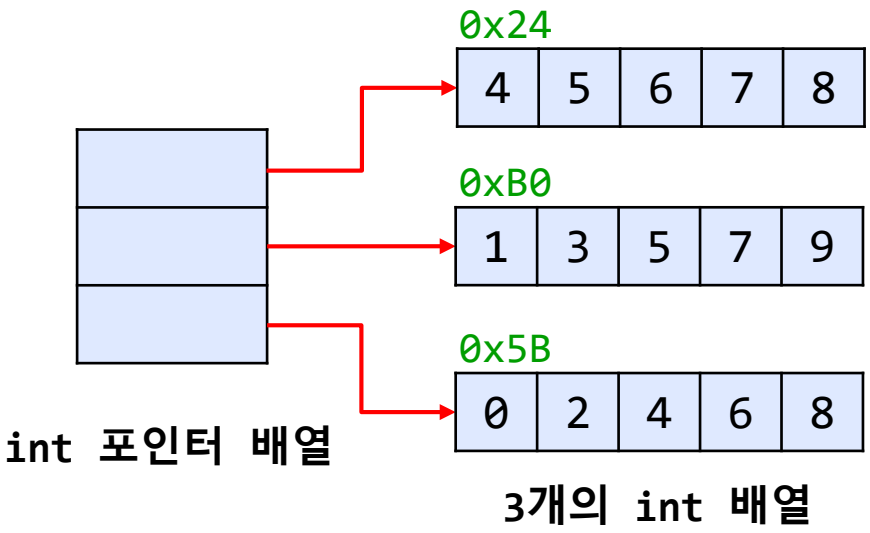


6) 포인터 배열

- **[예제 9.10] 이전 실습에서 int 포인터 배열을 이용하여 int 배열의 모든 원소의 값을 출력하시오.**
  - 원소 값 출력 코드에서 int 배열의 이름 사용 금지
  - (힌트!!) 2중 반복문, 9.3절 배열과 포인터의 관계

실행 결과

```
4 5 6 7 8
1 3 5 7 9
0 2 4 6 8
```



6) 포인터 배열

- 코드1 (임시 포인터 변수 x 이용)

```
void main(){
   ...              // int 배열 선언과 초기화 (생략)
   int *pi[3];      // int 포인터 배열 선언

   ...              // pi 배열에 int 배열 연결 (생략)

   for( i=0 ; i<3 ; ++i ){
      x = pi[i];  // 임시 변수 x에 pi 배열의 원소 값 대입

      for(j=0; j<5; j++)
         printf(" %d", x[j]);  // 포인터를 배열처럼 사용
      printf("\n");
   }
}
```

6) 포인터 배열

- 코드2 (2차원 배열 형태 사용) : 일반적인 형태
  - ✓ 임시변수 x 사용 안 함 → 대신 pi[i] 사용

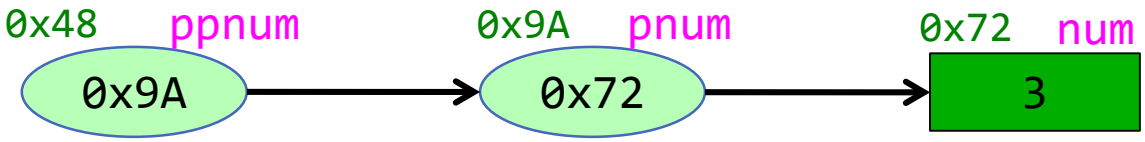
```
void main(){
   ...              // int 배열 선언과 초기화 (생략)
   int *pi[3];      // int 포인터 배열 선언

   ...              // pi 배열에 int 배열 연결 (생략)

   for( i=0 ; i<3 ; ++i ){
      x = pi[i];  // 임시 변수 x에 pi 배열의 원소 값 대입

      for(j=0; j<5; j++)
         printf(" %d", pi[i][j]);  // 2차원 배열처럼
      printf("\n");
   }
}
```

목차

7) 다중 포인터

- **이중 포인터**
  - 'int 포인터 변수의 주소'를 저장하는 변수? 가능
  - 'int 포인터 변수의 주소'를 저장하는 변수의 자료형은? **(int **)**
- **선언**
  - 참조 연산자를 두 개 사용

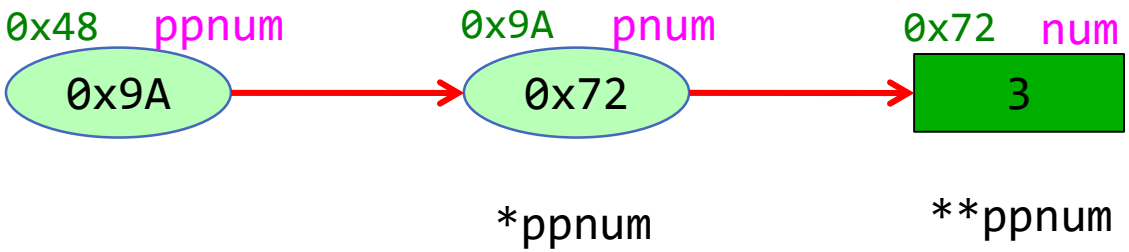
```
int num=3, *pnum, **ppnum;

pnum = &num;       // 변수 num의 주소가 pnum에 저장됨
ppnum = &pnum;    // 변수 pnum의 주소가 ppnum에 저장됨

printf("%p %p %d\n",ppnum, pnum, num);
```



7) 다중 포인터

- **이중 포인터의 참조 연산**
  - 참조연산자를 한 개 사용하면 간접 참조를 한 번 (*)
  - 참조연산자를 두 개 사용하면 간접 참조를 두 번 (**)

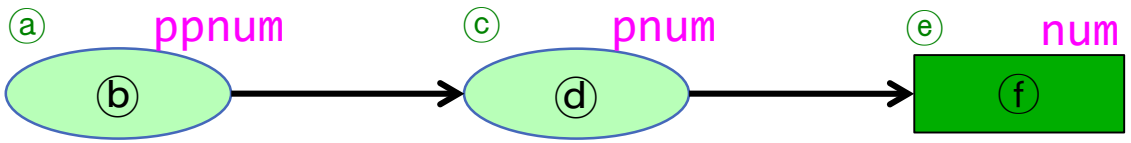
```
int num = 3, *pnum = &num, **ppnum = &pnum;

printf("%p %p %d\n",ppnum, *ppnum, **ppnum);

결과:
001EA09A 001EA072 3
```



7) 다중 포인터

- [예제 9.11] 다음 프로그램의 각 출력이 아래 메모리 그림에서 어느 부분을 출력하는 건지 생각해보고, 프로그램을 실행시켜 확인해보자.

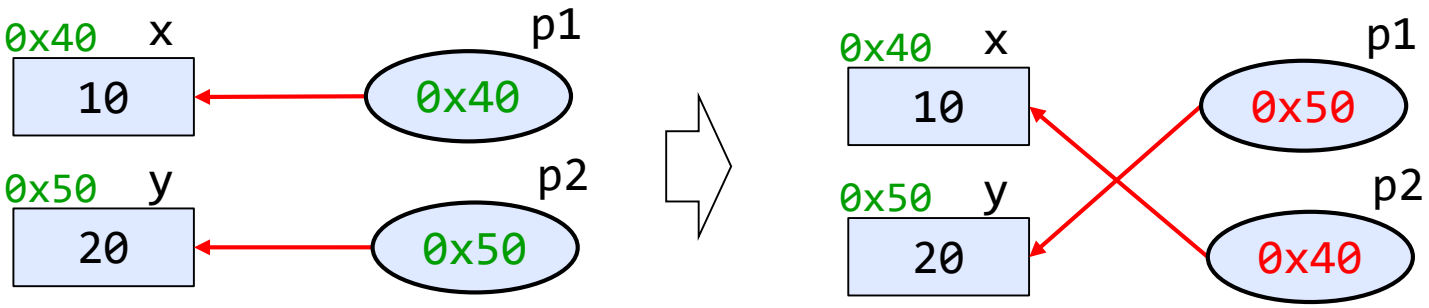
```
int num=3, *pnum = &num, **ppnum = &pnum;

printf("%p %d\n", &num, num);
printf("%p %p %d\n", &pnum, pnum, *pnum);
printf("%p %p %p %d\n", &ppnum, ppnum, *ppnum, **ppnum);
```



7) 다중 포인터 (심화 내용)

- **int 포인터 변수의 값을 서로 교환하는 프로그램**
  - ✓ p1이 y를 가리키고, p2가 x를 가리키도록 변경

```
void main() {
    int x = 10, y = 20;
    int *p1 = &x, *p2 = &y, *ptmp;

    ptmp = p1;          // p1 <-> p2 교환
    p1 = p2;
    p2 = ptmp;

    printf("%d %d", *p1, *p2);
}
```



7) 다중 포인터 (심화 내용)

- 교환하는 부분을 아래와 같이 함수로 만들어 보자.
  - ✓ 잘 바뀌는가? 함수에 포인터를 넘겨주었는데 왜 안 바뀔까?
  - ✓ 이유를 파악하기 위해 메모리 그림을 그려서 확인해보라.

```
void swap(int *p1, int *p2){
    int *ptmp = p1;
    p1 = p2;
    p2 = ptmp;
}

void main() {
    int x = 10, y = 20;
    int *p1 = &x, *p2 = &y;

    swap( p1, p2);      // p1과 p2의 저장 값 전달

    printf("%d %d", *p1, *p2);
}
```

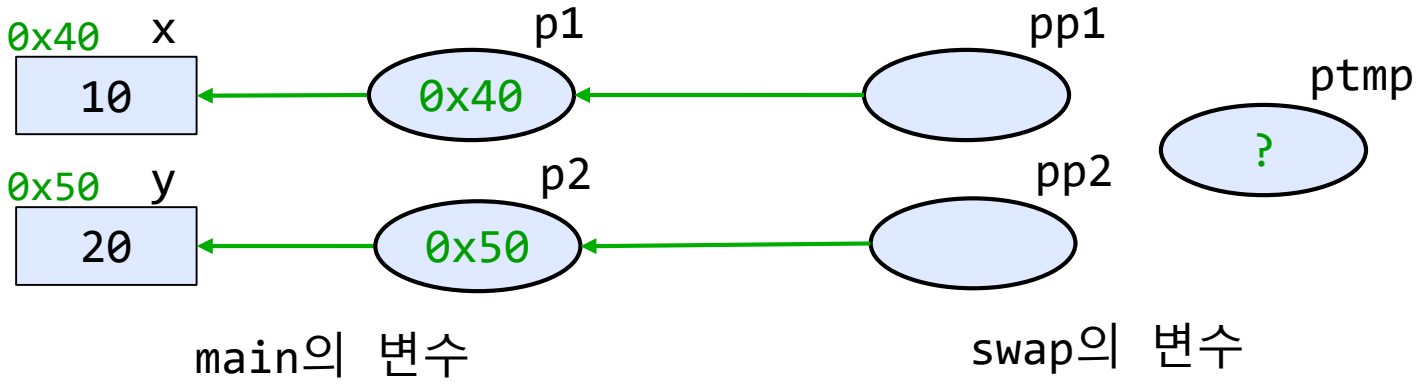
7) 다중 포인터 (심화 내용)

- 이중 포인터를 swap 함수의 인자로 사용하도록 수정
  - ✓ 교환하고자 하는 변수의 주소를 인자로 전달
  - ✓ p1, p2가 (int *) 형이므로 주소는 (int **) 형

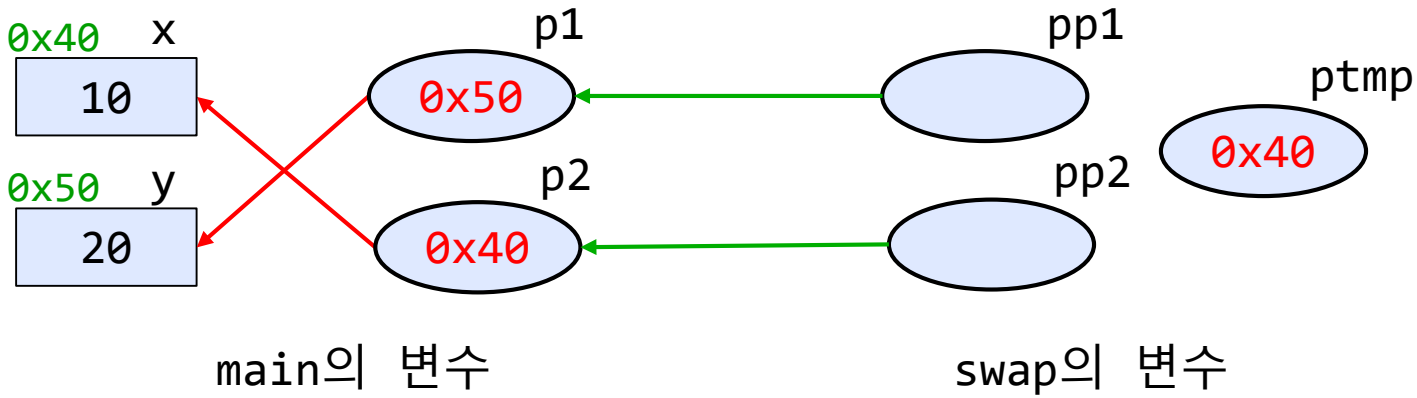
```
void swap(int **pp1, int **pp2){
    int *ptmp = *pp1;
    *pp1 = *pp2;
    *pp2 = ptmp;
}

void main() {
    int x = 10, y = 20;
    int *p1 = &x, *p2 = &y;

    swap( &p1, &p2);   // p1과 p2의 주소 전달

    printf("%d %d", *p1, *p2);
}
```

7) 다중 포인터 (심화 내용)

- main 함수의 값이 왜 바뀌는 지 메모리 그림을 그려 확인해보자.



swap 함수 시작 시 메모리 그림



swap 함수 종료 직전 메모리 그림

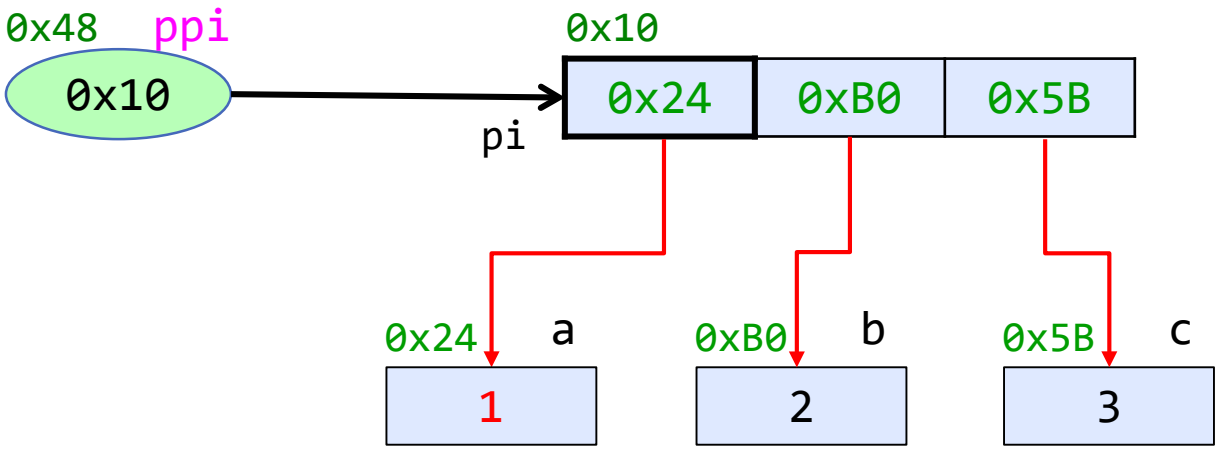
7) 다중 포인터 (심화 내용)

- **포인터배열과 이중포인터**
  - int 포인터 배열의 이름은 어떤 값과 자료형을 가질까?
    - ✓ 배열의 이름은 0번 원소의 주소와 동일한 값과 자료형을 가짐
    - ✓ 0번 원소의 자료형은 (int *) → 이 원소의 주소의 자료형은 (int **)

```
void main(){
   int a=1, b=2, c=3;
   int *pi[3] = {&a, &b, &c};   // int포인터 배열
   int **ppi;

   ppi = pi;     // 배열 이름 pi 는 &pi[0]와 동일

   printf("%p %p %d\n", ppi, *ppi, **ppi);
}
```

7) 다중 포인터 (심화 내용)

- 메모리 그림



7) 다중 포인터 (심화 내용)

- **[예제 9.12] 앞 슬라이드의 프로그램에서 변수 a, b, c의 값을 포인터 변수 ppi만을 이용하여 출력하라.**
  - 9.6절 포인터 배열의 코드 참고

7) 다중 포인터 (심화 내용)

- **이중 포인터와 비슷하게, 삼중, 사중, .. 포인터도 가능**
  - 주의!! 각 포인터의 자료형은 모두 다르다.

```
int i = 10, *pi, **ppi, ***pppi, ****ppppi;

pi = &i          //(int)형인 i의 주소는 (int *)형
ppi = &pi;       //(int *)형인 pi의 주소는 (int **)형
pppi = &ppi;     //(int **)형인 ppi의 주소는 (int ***)형
ppppi = &pppi; //(int ***)형인 pppi의 주소는 (int ****)형

printf("%d %d %d %d %d\n", ****ppppi, ***pppi, **ppi, *pi, i);
```