C 프로그래밍 및 실습

12. 동적 메모리 할당

세종대학교

목차

1) 동적 할당 개요

- **정적 메모리 할당**
  - 지금까지 기억 장소 확보를 위해 사용한 방식은 **변수 선언**
  - 변수는 모두 코드 작성 단계에서 정해지고,
    할당되는 **메모리 크기는 프로그램을 실행할 때 마다 일정**

```
char ch;                    ⇨ 1 바이트 (일반 변수)
int score[10];              ⇨ 40 바이트 (배열 변수)
struct student {int id; float avg;} st1;
                            ⇨ 8 바이트 (구조체 변수)
int *pi;                    ⇨ 4 바이트 (포인터 변수)
```

프로그램 **실행 전에** 변수의 메모리 할당 크기가 정해지고 실행 도중 메모리 할당 크기가 변하지 않는 방식 ➔ **정적 할당**

1) 동적 할당 개요

- **정적 할당 방식의 문제점**
  - 필요한 메모리 크기를 알 수 없는 경우, 충분히 큰 크기를 가정해서 선언해야 함
  - 프로그램 실행 전, 메모리를 얼마나 필요로 할 것인지 정확하게 알 수 없는 경우, 메모리를 효율적으로 사용하기 어려움

  - 어떤 회사의 웹 사이트에서 가입하는 회원의 ID를 저장해야 하는 배열을 선언해야 한다면???
    - ✓ 몇 명의 사람들이 회원가입을 할 지 정확하게 알 수 없음
      → 충분히 많은 사람들이 회원가입을 할 것으로 가정
    - ✓ 예) int id[50000];

    - ✓ 회원 수가 1,000 명밖에 안되는 경우 → 메모리 공간 장비
    - ✓ 회원 수가 5만명을 넘는 경우 → 프로그램에서 배열 크기 조정 후 재 컴파일 필요

1) 동적 할당 개요

vs 정적할당

- **동적 (dynamic) 메모리 할당**
  - 프로그램을 **실행하는 동안** 결정되는 크기에 따라 메모리를 할당하는 방식
  - 메모리를 **효율적으로** 사용할 수 있음

  - 앞 웹사이트 상황에서, 크기가 5만인 메모리를 할당 받아 사용하다,
    - ✓ 회원수가 5만명을 넘어가면 → 10만명의 회원 정보를 저장할 수 있는 메모리를 새로이 할당 받아 사용
    - ✓ 회원이 1,000명으로 줄어들면 → 1,000명 정도의 회원 정보를 저장할 수 있는 메모리 새로이 할당 받아 사용
    - ✓ 기존 크기가 5만인 메모리는 시스템에 반납

목차

2) 동적 메모리 사용 절차

- **메모리 사용 절차**
  - 메모리 사용을 위해서는 메모리를 **할당**하고 **해제**하는 과정 필요
    - ✓ **할당:** 필요한 메모리를 시스템으로부터 받기
    - ✓ 사용: 할당된 메모리 사용
    - ✓ **해제:** 사용이 끝난 메모리를 시스템에 반납
  - 정적 할당 vs. 동적 할당
    - ✓ **정적 할당:** 이 과정이 프로그램과 함수의 실행 및 종료에 따라 자동으로 수행됨
    - ✓ **동적 할당:** 프로그래머가 필요한 과정을 코드에 **명시적으로 작성**해 주어야 함

2) 동적 메모리 사용 절차

- **동적 할당 기본 예제**
  - 동적으로 메모리를 할당하고 해제하는 라이브러리 함수는 <stdlib.h> 헤더 파일에 선언

```
#include <stdlib.h>    // 동적 메모리 관련 함수 사용을
                       // 위한 헤더
int main() {
   int *p = NULL;      // 동적 메모리 접근을 위한 포인터 변수
   p = (int *) malloc( 5*sizeof(int) ); // 동적 메모리 할당

   p[0] = 1;           // 동적 메모리 사용: 배열 형태
   *(p+2) = 3;         // 동적 메모리 사용: 포인터 형태

   free(p);            // 동적 메모리 해제
   return 0;
}
```

2) 동적 메모리 사용 절차

- **동적 메모리 할당: malloc() 함수**
  - 요청된 크기의 연속된 메모리 할당(memory allocation)

함수 원형	`void * malloc(unsigned int size);`
함수 인자	✓ 할당 받을 메모리 크기(바이트 단위) ✓ 보통 sizeof() 연산자 활용
기능 및 반환 값	✓ 할당 받은 메모리의 시작 주소를 반환 ✓ 할당에 실패하면 → NULL 반환 ✓ 반환 값의 유형: void형 포인터 (void *)

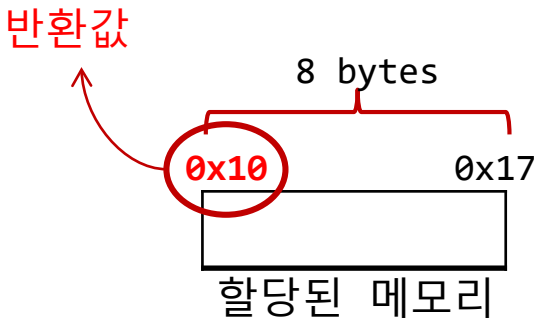
✓ **void ***: 특정 자료형을 나타내지 않는 주소를 의미(13.6절에서 학습)

✓ 주의!! **void** (반환 값이 없음을 의미)와 혼동 하지 말자

2) 동적 메모리 사용 절차

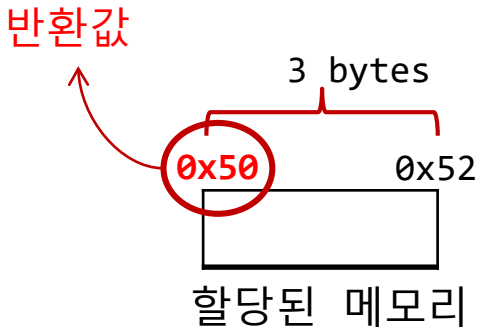
- **malloc() 함수 사용 예**
  - 정수 2개를 저장할 공간 할당

```
malloc( 2*sizeof(int) );
        ⇩
malloc( 8 ) ;  ⇨ 8 바이트 할당
```



  - 문자 3개를 저장할 공간 할당

```
malloc( 3*sizeof(char) );
        ⇩
malloc( 3 ) ;  ⇨ 3 바이트 할당
```



2) 동적 메모리 사용 절차

- **동적 메모리 연결**
  - 변수 이름을 붙일 수 없기 때문에, **포인터 변수**를 **이용하여 간접적으로 참조**

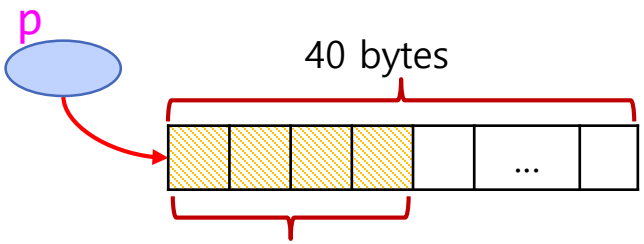
```
자료형 * 포인터_변수명 = NULL;
포인터_변수명 = (자료형 *) malloc(메모리_크기);
```

사용하고자 하는 자료형으로 명시적 형변환

할당된 메모리를 어떤 자료형으로 사용할 지 모르므로 (void *)형 반환

  - 예시)

```
int *p = NULL;
p = (int *) malloc( 10*sizeof(int) );
```



int 형으로의 강제 형변환
→ 4bytes씩 끊어서 사용

2) 동적 메모리 사용 절차

- **동적 메모리 사용**
  - 할당된 메모리를 포인터 변수에 연결한 후에는 9장(포인터)에서 배운대로 사용

  - 예시) 크기가 10인 배열 처럼 사용

```
int *p = (int *) malloc( 10*sizeof(int) );
                        // 변수 선언과 동시에
                        // 동적 할당된 주소 대입

p[0] = 1;               // *p = 1; 과 동일
*(p+2) = 3;             // p[2] = 3; 과 동일
```

2) 동적 메모리 사용 절차

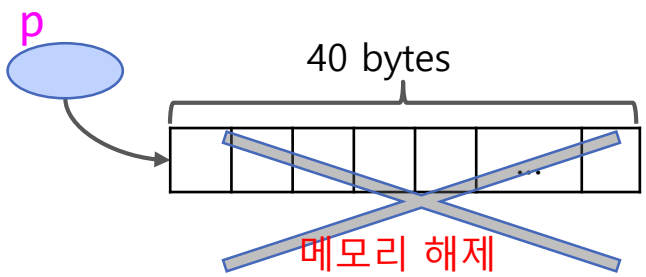
- **동적 메모리 해제: free() 함수**
  - 지정된 메모리 공간을 해제(free)

함수 원형	`void free(void * ptr);`
함수 인자	해제할 메모리 공간을 가리키는 포인터 변수
기능	ptr이 가리키는 메모리 해제

» 주의!! ptr 변수 자체를 해제시키는 것 아님

  - 예시

```
int *p = NULL;
p = (int *) malloc( 10*sizeof(int) );
...
free( p );  // p가 가리키는 영역 해제
```



실습 시작!

2) 동적 메모리 사용 절차

- **[예제 12.1] 다음 지시대로 동적 메모리 할당 및 해제하는 코드를 작성해보자.**
  1. **정수 한 개**를 저장할 수 있는 메모리 공간 할당하고 해제하기
  2. **float형 실수** 저장할 수 있는 메모리 공간 할당하고 해제하기 한 개를
  3. **double형 실수 15개**를 저장할 수 있는 메모리 공간 할당하고 해제하기
  4. 다음과 같은 **구조체 한 개**를 저장할 수 있는 메모리 공간 할당하고 해제하기

```
struct student{
   int id;   char name[8];   double grade;
};
```

2) 동적 메모리 사용 절차

- **동적 메모리를 안전하게 사용하기 위한 주의사항**
  - malloc()의 반환 값을 검사하여 **메모리 할당의 성공 여부 확인**
    - ✓ NULL 포인터 반환하는 경우: 요청한 메모리 크기만큼 연속된 메모리 공간을 확보하지 못할 때
  - 비슷하게, 해제하려는 메모리 주소가 NULL인지 검사

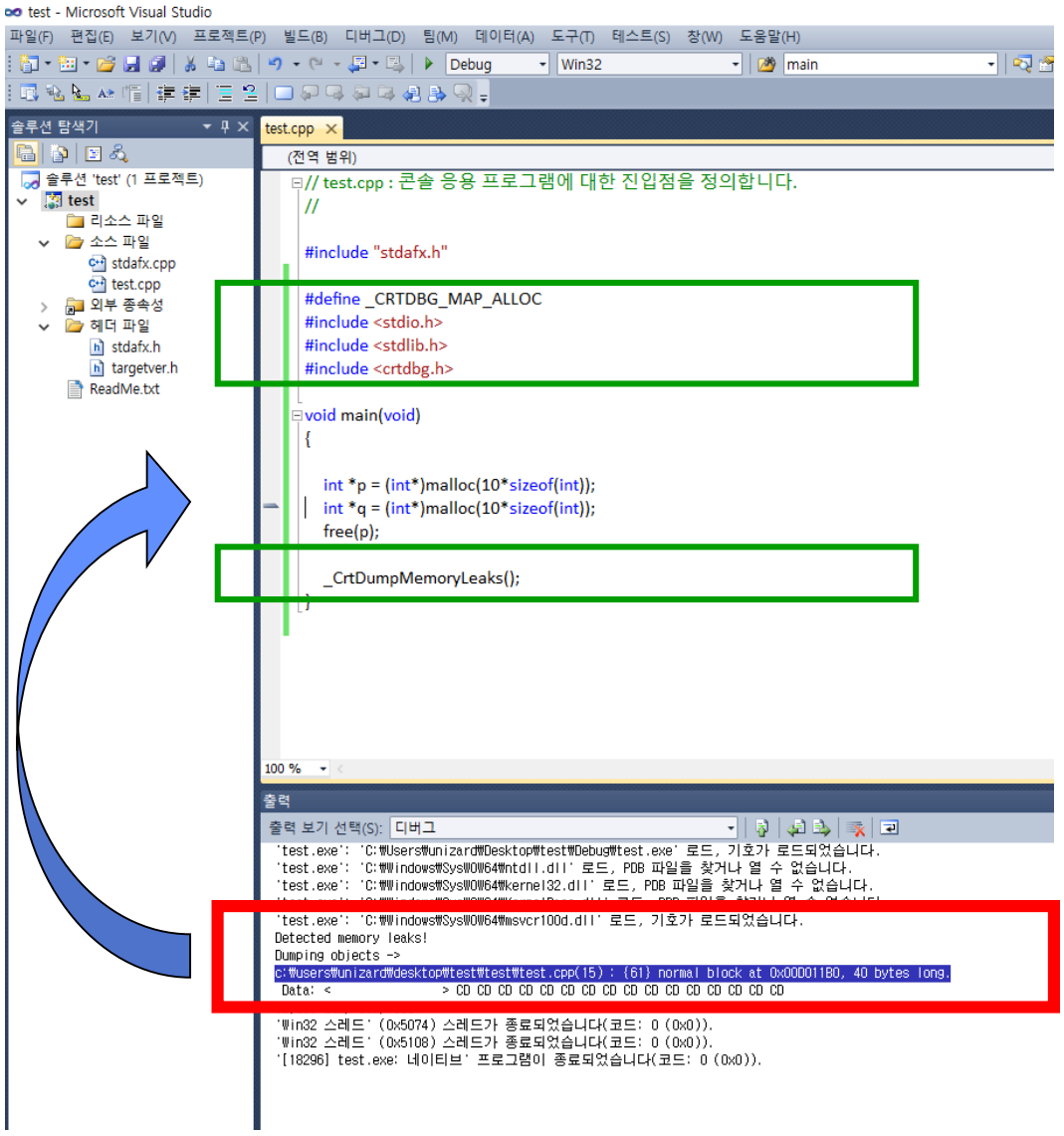
```
int *p = NULL;
p = (int *) malloc( 10*sizeof(int) );

if( p == NULL ) {                  // 메모리 할당 실패하면,
   printf("Not enough memory!");     // 오류 상황 알리고,
   return -1;                        // 함수 종료
}
...
if( p != NULL )          // p가 NULL이 아닌 경우에만
   free(p);              //free() 함수 호출
```

2) 동적 메모리 사용 절차

- **메모리 할당 방식 비교**

	정적 메모리 할당	동적 메모리 할당
필요한 메모리 크기 결정시점	프로그램 작성 단계	프로그램 실행 중
메모리 할당 및 해제 시점	시스템이 자동으로 할당 및 해제	개발자가 명시적으로 할당 및 해제 함수 호출
프로그램 실행 중 메모리 크기 변경 여부	불가	가능
메모리 누수(leak) 가능성	없음	있음
메모리 사용의 효율성	비효율적	효율적

메모리 누수 확인 법



https://docs.microsoft.com/ko-kr/visualstudio/debugger/finding-memory-leaks-using-the-crt-library?view=vs-2019

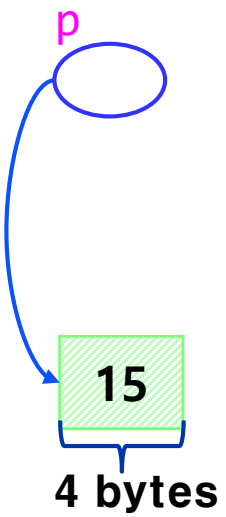
목차

3) 동적 메모리 할당 프로그램 예제

1) 동적으로 메모리를 할당 받아 사용하는 기본 프로그램

- 하나의 정수를 저장하는 메모리를 동적 할당 받아 사용
  - ✓ 실용성은 없음

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>  // 동적 할당 함수가 선언된 헤더 파일

int main() {
   int *p = NULL;                    // 포인터 변수 선언
   p = (int *)malloc(sizeof(int));        // 동적 할당
   if (p == NULL) {                  // 동적 할당 오류 검사
      printf("Not enough memory!");
      return -1;
   }

   *p = 15;                  // 동적 할당 메모리에 값 저장
   printf("동적 메모리 할당 (정수형): %d", *p);
   free(p);
   return 0;
}
```



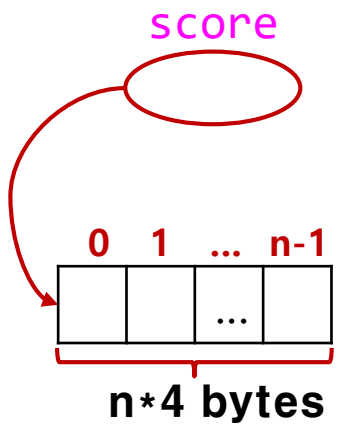
3) 동적 메모리 할당 프로그램 예제

2) 일차원 배열을 동적 할당 받아 사용하는 프로그램

- 여러 개의 정수를 저장하는 메모리를 동적 할당 받아 사용
- 문제: 한 학생의 과목별 점수를 입력 받아 평균 점수를 구한 후 출력하는 프로그램을 작성하시오.
  - ① 프로그램 실행 중에 사용자로부터 과목 수 n을 직접 입력 받음
  - ② n개의 정수형 값을 저장할 수 있는 메모리를 동적으로 할당 받아, 할당 받은 메모리의 시작 주소를 score에 저장
  - ③ 할당 받은 메모리를 score[0]~score[n-1]까지 일반 배열 원소처럼 참조하여 사용
  - ④ 할당 받은 메모리 해제

3) 동적 메모리 할당 프로그램 예제

```
int n, i, sum = 0;
int *score = NULL;

scanf("%d", &n);          // ① 과목 수 입력받기

score = (int *) malloc( n*sizeof(int) );  // ② 배열 동적 할당
if (score == NULL) {                      // 동적 할당 오류 검사
   ...
}

for (i=0; i<n; i++) {
   scanf("%d", &score[i]);        // ③ 과목별 점수 입력받기
   sum += score[i];               // 누적 합 계산
}

printf("%.1f", (double)sum/n);    // 평균 계산

free(score);                      // ④ 동적 할당 메모리 해제
return 0;
```



3) 동적 메모리 할당 프로그램 예제

3) 동적 메모리 할당을 사용한 문자열 처리 프로그램

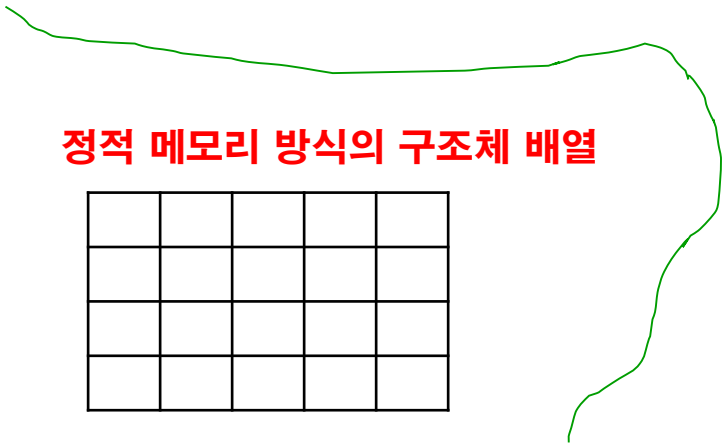
- 길이가 다른 여러 개의 문자열을 효율적으로 저장하기 위해
- 다음과 같은 방식으로 동적 메모리 할당 이용
  - ① 문자열을 입력 받기 위한 충분한 크기의 문자 배열을 선언 (정적 할당)
  - ② ①의 문자 배열에 문자열을 입력 받음
  - ③ ②에서 입력된 문자열의 길이를 계산하여 그 크기에 맞게 메모리를 동적으로 할당 받음 (널 문자 포함)
  - ④ 할당 받은 메모리 공간에 ①의 문자 배열의 문자열을 복사함

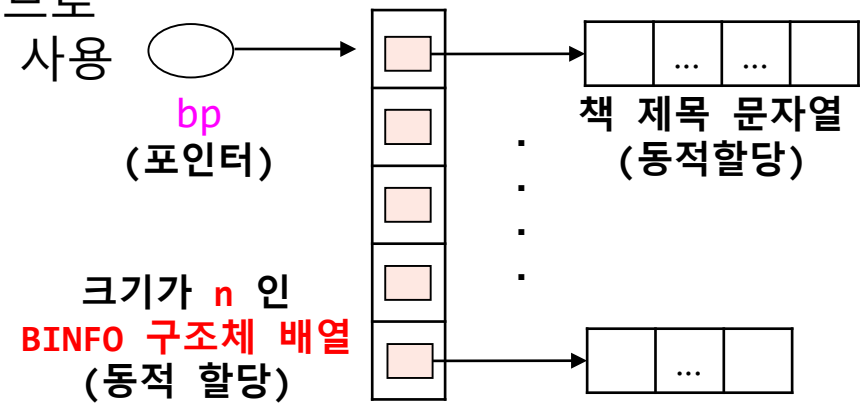
3) 동적 메모리 할당 프로그램 예제

- 문제: 사용자로부터 책의 개수 n을 입력 받아, n개의 책 제목을 저장하는 프로그램을 작성하시오.
  - ✓ **사용할 메모리 구조**
    - ✓ 책 하나의 정보를 저장하는 구조체

```
typedef struct book_title {
    char *title;  // 책 제목을 가리키는 포인터
    ...           // 기타 책 정보(필요 시)
} BINFO;
```

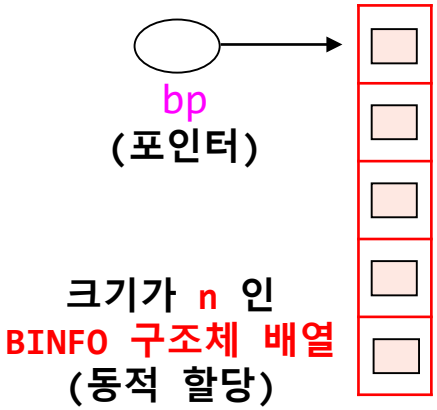
- ✓ 책의 개수를 모르므로 **동적** 구조체 배열 사용





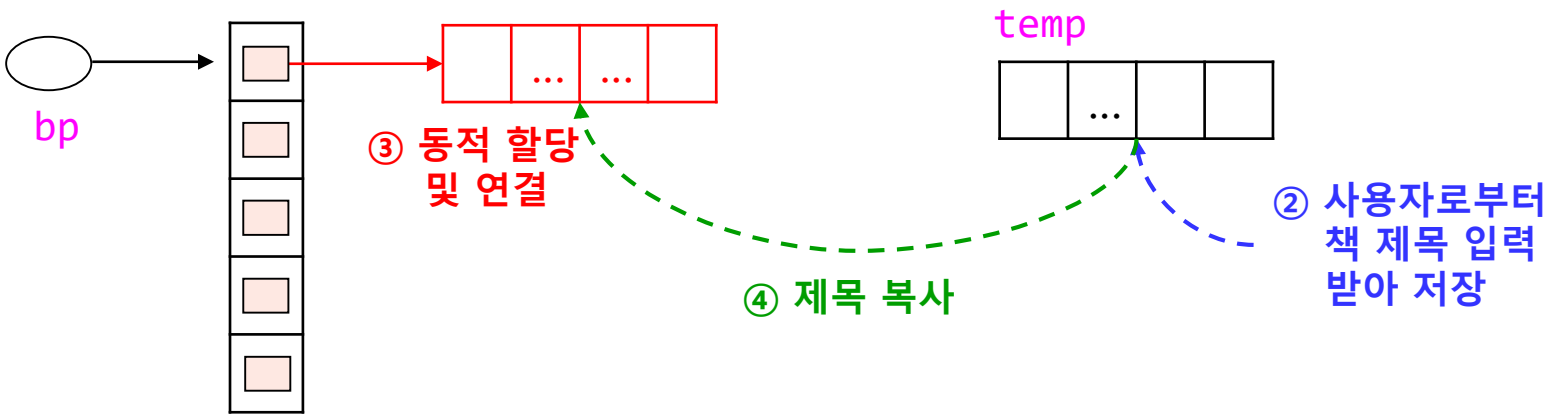
3) 동적 메모리 할당 프로그램 예제

```
BINFO *bp = NULL;
int n, i, len;
char temp[100];          // ① 문자열을 입력 받기 위한 문자 배열을 선언

scanf("%d", &n);         // 책 개수 입력
getchar();               // 개행 문자 버리기

bp = (BINFO *)malloc( n*sizeof(BINFO) ); // 책 배열 동적 할당
if (bp == NULL) { … }                    // 동적 할당 오류 검사 (생략)

(다음 슬라이드에 계속)
```



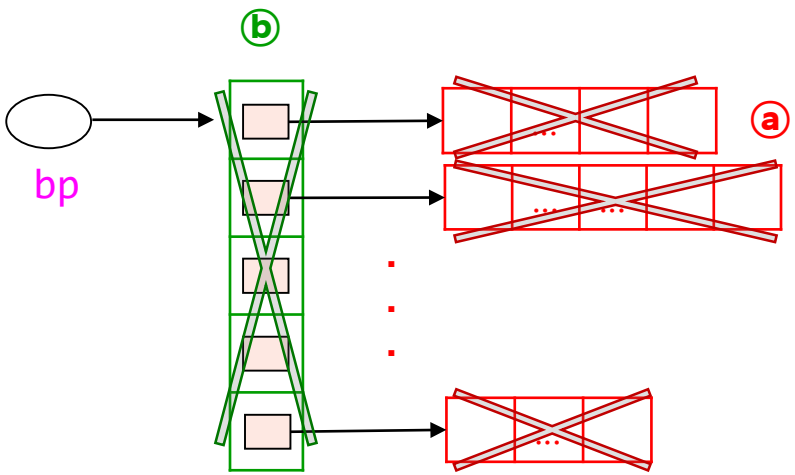
3) 동적 메모리 할당 프로그램 예제

```
for (i=0; i<n; i++)  {
    gets(temp);              // ② 문자 배열 temp에 문자열을 입력 받음

    len = strlen(temp); // ③ temp에 입력된 문자열 길이를 계산하고,
    bp[i].title = (char*) malloc( (len+1)*sizeof(char) );
              // ③ 그 크기만큼 메모리를 동적으로 할당 받음 (널 문자 포함)
    if (bp[i].title == NULL) { … } // 동적 할당 오류 검사 (생략)

    strcpy(bp[i].title, temp);     // ④ 할당 받은 메모리에 제목 복사
}

(다음 슬라이드에 계속)
```



3) 동적 메모리 할당 프로그램 예제

```
for (i=0; i<n; i++)
   printf("%s\n", bp[i].title);          // 책 제목 출력

for (i=0; i<n; i++)
   free(bp[i].title);    // ⓐ 책 제목(문자 배열)에 대한 메모리 해제

free(bp);                // ⓑ 책 배열(구조체 배열)에 대한 메모리 해제

return 0;
```



3) 동적 메모리 할당 프로그램 예제

4) 동적 메모리 할당을 사용하여 2차원 배열 할당하는 프로그램

- 문제: char array[3][4]라는 2차원 배열을 동적으로 할당하기

- 착각하기 쉬운 잘못된 방법
  - ✓ char *pch = (char *) malloc(3*4*sizeof(char));
    - ➔ 사실 상 malloc(12); 호출
  - ✓ 2차원 배열 할당이 아니라, 크기가 12인 1차원 배열 할당

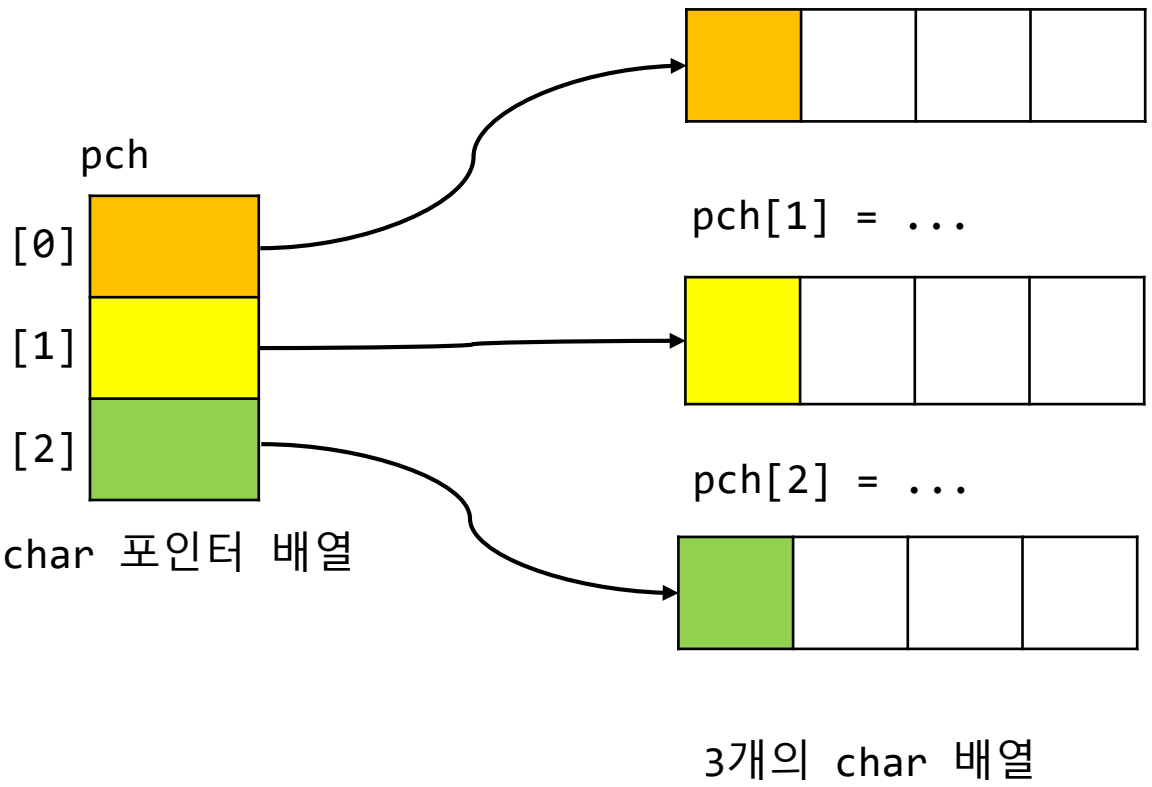
- 해결방법: 포인터 배열 사용(다음 슬라이드 참조)
  - ✓ 다른 다차원 도 동일한 원리 적용: 2차원 정수 배열, 3차원 배열 등

3) 동적 메모리 할당 프로그램 예제

- **해결방법: 포인터 배열 사용! (메모리 그림 참조)**

```
pch = (char **)
    malloc( 3*sizeof( char * ) );
```

```
pch[0] = (char *)
        malloc( 4*sizeof(char) );
```



3) 동적 메모리 할당 프로그램 예제

```
int i;
char **pch;                          // 이중 포인터 선언
pch = (char **)malloc( 3*sizeof(char *) );       // 포인터 배열 할당

for (i=0; i<3; i++)
   pch[i] = (char *)malloc( 4*sizeof(char) );    // 1차원 배열 할당

strcpy(pch[0], "aaa");
strcpy(pch[1], "bbb");
pch[2][0] = '\0';          // 2차원 배열처럼 사용 (예제 9.10 참조)

for (i=0; i<3; i++)
   puts(pch[i]);

for (i=0; i<3; i++)
   free(pch[i]);           // 1차원 배열에 대한 메모리 해제

free(pch);                 // 포인터 배열에 대한 메모리 해제

return 0;
```

목차

4) 기타 동적 메모리 할당 함수

- **calloc() 함수**

함수 원형	**void * calloc(unsigned int num, unsigned int size);**	
함수 인자	num	동적으로 할당 받을 원소의 개수
	size	원소 한 개의 크기 (바이트 단위)
반환 값	✓ (num*size) 바이트 수 만큼 할당하고, 할당된 메모리를 모두 0으로 초기화 후 시작 위치 반환 ✓ 실패하면 → NULL 반환	

```
(사용 예)
int *p = NULL;
p = (int *) calloc( 5, sizeof(int) );    ⇨ 크기 5인 int형 배열 할당
          ⇨ malloc( 5*sizeof(int) ); 와 유사
```

4) 기타 동적 메모리 할당 함수

- **realloc() 함수**

함수 원형	**void * realloc(void *ptr, unsigned int size);**	
함수 인자	ptr	확장 크기를 변경할 메모리의 시작 주소
	new_size	변경 후 메모리의 전체 크기 (바이트 단위)
반환 값	✓ ptr이 가리키는 메모리의 크기를 new_size 바이트 크기로 조정하고, 조정된 메모리의 시작 위치 반환 ✓ 실패하면 → NULL 반환	

```
(사용 예)
char *p = (char *) malloc( 5 );   ⇨ 5 바이트 만큼 공간 할당
p = (char *) realloc( p, 10 );    ⇨ 10 바이트로 공간 크기 변경
```

✓ 주의!! 기존 위치에서 새로운 크기를 확보할 수 없으면,
기존 위치의 공간을 해제하고 새로운 위치에 공간 할당