7

switch 문

안녕하세요 여러분. 그 동안 잘 지내셨는지요? 제가 그 동안 바빠서 글을 많이 못 올렸으나 일이 잘 해결되어서 이제 더이상 이전처럼 바쁘지 않겠네요. 아무튼, 지금까지 제 강좌를 보시느라 오랫동안 기다려 주신 분들께 정말 감사하다고 생각되고 아직까지도 C 언어를 배우고자 하는 열정이 사그라들지 않은 여러분들은 최고의 C 언어 프로그래머가 될 것이라 믿습니다.

이번 강좌에서는 `if` 문의 친구인 `switch` 문에 대해 배워 보도록 하겠습니다. `switch` 문이 `if` 문의 친구라고 한 이유는 하는 일이 정말로 `if` 문과 비슷하기 때문이죠. 일단, 아래의 초-간단한 강아지 시뮬레이션을 보세요.

```c
/* 마이펫 */
#include <stdio.h>
int main() {
  int input;

  printf("마이펫 \n");
  printf("무엇을 하실 것인지 입력하세요 \n");
  printf("1. 밥주기 \n");
  printf("2. 씻기기 \n");
  printf("3. 재우기 \n");

  scanf("%d", &input);

  if (input == 1) {
    printf("아이 맛있어 \n");
  } else if (input == 2) {
    printf("아이 시원해 \n");
  } else if (input == 3) {
    printf("zzz \n");
  } else {
    printf("무슨 명령인지 못 알아 듣겠어. 왈왈 \n");
  }
  return 0;
}
```

성공적으로 컴파일 하였다면

실행 결과

```
마이펫
무엇을 하실 것인지 입력하세요
1. 밥주기
2. 씻기기
3. 재우기
1
아이 맛있어
```

와 같이 3 가지 명령에 대해 반응하고 알 수 없는 명령은 '무슨 명령인지 못 알아 듣겠어. 왈왈' 라고 내보냅니다.

그런데, 만약 강아지가 위 3 가지 명령만 반응하는 것이 아니라 10 가지 명령에 반응하게 하고 싶다고 합시다. 그렇다면 여러분은 아마도 아래와 같이 할 것 입니다. (참고로 아래 '...' 인 부분은 필자가 쓰기 귀찮아서 생략한 부분 입니다.)

```
if (...) {
  ...
} else if (...) {
  ...
} else if (...) {
  ...
} else if (...) {
  ...
} else if (...) {
  ...
} else if (...) {
  ...
} else if (...) {
  ...
} else if (...) {
  ...
} else if (...) {
  ...
} else if (...) {
  ...
}
```

음, 아마도 위 소스코드를 보는 사람이 상당히 불편하게 느낄 것이라고 생각되지 않나요? 물론 보는 이에 따라 다르겠지만 아마 대부분의 사람이 그렇게 생각할 것 입니다. 아마 실제로 사람들과 함께 프로젝트를 진행 할 때 위와 같은 소스를 남발하게 된다면 읽는이도 불편하고 쓰는 사람도 손목이 많이 아플 것 입니다. (물론 `Ctrl + v` 신공이 있기는 하지만...)

따라서, 위와 같이 동일한 변수에 대해 비교문이 반복되는 경우에 아래와 같이 깔끔한 switch 문을 적용 시킬 수 있습니다.

```c
/* 업그레이드 버전 */
#include <stdio.h>
int main() {
  int input;

  printf("마이펫 업그레이드\n");
  printf("무엇을 하실 것인지 입력하세요 \n");
  printf("1. 밥주기 \n");
  printf("2. 씻기기 \n");
  printf("3. 재우기 \n");

  scanf("%d", &input);

  switch (input) {
    case 1:
      printf("아이 맛있어 \n");
      break;

    case 2:
      printf("아이 시원해 \n");
      break;

    case 3:
      printf("zzz \n");
      break;

    default:
      printf("무슨 명령인지 못 알아 듣겠어. 왈왈 \n");
      break;
  }

  return 0;
}
```

아마 컴파일 된 결과는 위와 동일하게 나올 것 입니다. 이제, 위 소스 코드에서 가장 중요한 부분인 switch 문 부분을 살펴보도록 합시다.

```c
switch (input) {
  case 1:
    printf("아이 맛있어 \n");
    break;

  case 2:
    printf("아이 시원해 \n");
    break;
```

```
  case 3:
    printf("zzz \n");
    break;

  default:
    printf("무슨 명령인지 못 알아 듣겠어. 왈왈 \n");
    break;
}
```

switch 문의 기본 구조는 아래와 같습니다.

```
switch (/* 변수 */) {
  case /* 값1 */:
    // 명령들;
    break;
  case /* 값2 */:
    // 명령들;
    break;
    //.. (생략) ..
}
```

이 때, 변수 부분에는 값1, 값2, ... 들과 비교할 변수가 들어가게 됩니다. 위 예제의 경우 input 을 1 과 2 와 3 과 비교해야 했으므로 변수 부분에는 input 이 들어가게 됩니다. 이 때 switch 문에 사용될 변수로는 반드시 정수 데이터를 보관하는 변수여야 합니다. 다시말해 '변수' 부분에 들어가는 변수들의 타입은 char, short, int, long 중의 하나여야 합니다. 만약 input 이 float 이나 double 이라면 컴파일시 오류가 발생되게 됩니다.

변수 == 값1 일 때, 가장 맨 위의 case 의 명령이 실행됩니다. 위 예제의 경우 1 이 입력되면 case 1: 이 참이 되므로 그 case 안의 내용들이 모두 실행됩니다. 이 때 각 명령들을 모두 실행한 후 break 를 만나면 switch 문을 빠져 나가게 됩니다.

예를 들어서 1 이 입력되었다면 case 1: 이 참이므로 printf("아이 맛있어 \n"); 와 break; 가 실행되어 "아이 맛있어" 를 출력하고 break 를 통해 switch 문을 빠져 나가게 됩니다.

만약 변수 == 값2 라면 case 값1 은 실행되지 않고 case 값2 만 실행되게 됩니다.

또한 주의할 점으로는 '값' 에 위치하는 것들이 무조건 상수 이여야 한다는 것입니다. 만약 '값' 부분에 변수들이 오게된다면 오류가 발생하게 되는데 그 이유는 switch 문의 내부적인 처리 방법 때문입니다. (아래쪽 설명 되어 있습니다.)

마지막으로 switch 문의 default 는 if 문의 else 와 같은 역할을 합니다. 이도 저도 아닌 것들이 오는 case 이죠. 즉 위 예제의 경우 input 이 1 도 2 도 3 도 아닐 때 도달하는 경우가 됩니다.

그런데 위 switch 문에서 등장한 break 는 어디서 많이 본 것 같지 않습니까? 만약 그런 생각이 들었다면 당신은 C 언어 공부를 아주 충실히 하고 있다고 생각 됩니다. (만약 잘 모르겠다면 여기를

클릭하세요) break; 문을 실행하면 아래의 모든 case 들을 무시하고 switch 밖으로 빠져나가기 때문에 밥을 주었는데 강아지가 '아이 맛있어' 라고 할 일은 없게 됩니다.

하지만 만약 여러분이 break; 문을 빠뜨리게 되면 위와 같은 상황이 벌어질 수 있습니다.

```c
/* 실패작 */
#include <stdio.h>
int main() {
  int input;

  printf("마이펫 업그레이드\n");
  printf("무엇을 하실 것인지 입력하세요 \n");
  printf("1. 밥주기 \n");
  printf("2. 씻기기 \n");
  printf("3. 재우기 \n");

  scanf("%d", &input);

  switch (input) {
    case 1:
      printf("아이 맛있어 \n");

    case 2:
      printf("아이 시원해 \n");

    case 3:
      printf("zzz \n");

    default:
      printf("무슨 명령인지 못 알아 듣겠어. 왈왈 \n");
  }

  return 0;
}
```

성공적으로 컴파일 한다면

실행 결과

```
마이펫 업그레이드
무엇을 하실 것인지 입력하세요
1. 밥주기
2. 씻기기
3. 재우기
1
아이 맛있어
```

```
아이 시원해
zzz
무슨 명령인지 못 알아 듣겠어. 왈왈
```

와 같이 웃지 않을 수 없는 상황이 벌어집니다. 여러분들이 1 을 입력한다면 `case 1:` 이 실행되어 그 내용들이 모두 실행되지만 `break` 문으로 `switch` 문을 빠져 나가지 못해서 아래 `case` 들 까지 줄줄이 실행되어 위와 같은 꼴을 볼 수 있습니다.

```c
/* 영어 말하기 */
#include <stdio.h>
int main() {
  char input;

  printf("(소문자) 알파벳 읽기\n");
  printf("알파벳 : ");

  scanf("%c", &input);

  switch (input) {
    case 'a':
      printf("에이 \n");
      break;

    case 'b':
      printf("비 \n");
      break;

    case 'c':
      printf("씨 \n");
      break;

    default:
      printf("죄송해요.. 머리가 나빠서 못 읽어요  \n");
      break;
  }

  return 0;
}
```

성공적으로 컴파일 하였다면

실행 결과

```
(소문자) 알파벳 읽기
```

```
알파벳 : b
비
```

와 같이 나옵니다.

사실, 여기에 의문이 드는 사람들도 있습니다. 아까 위에서 *switch* 문은 정수 데이터만 처리한다고 했는데 왜 여기서는 문자 데이터도 처리가 되는 것인가?

그런데, 안타깝게도 이러한 의문이 5 초 이내로 해결되지 않으면 아마 앞에서 배운 내용을 까먹으셨을 것입니다. (그 내용을 보려면 여기를 클릭하세요) 왜냐하면 컴퓨터는 문자와 숫자를 구분 못합니다. 컴퓨터는 문자를 모두 숫자로 처리한 뒤, 우리에게 보여줄 때 에만 문자로 보여주는 것이지요. 따라서, 문자 = 정수 라고 생각해도 거의 무방합니다.

이쯤 switch 문을 배우고 나면 드는 의문이 하나 있습니다.

"정말로 switch 문이 우리에게 필요한가? if - else 로 다 해결되는데 왜 귀찮게 switch 문을 만들었을까? 차이는 단지 겉으로 얼마나 깔끔한지가 다를 뿐인데... 내부적으로 switch 문과 if-else 와는 차이가 없나요?"

정말로, 훌륭한 생각이라고 생각합니다. 위 질문에 대한 답변을 정확하게 이해하려면 어셈블리어에 대한 이해가 필요로 합니다.(참고로 if 문과 switch 문의 차이에 대한 설명을 자세하게 잘 다루는 곳)

위에 링크 걸은 사이트에 들어가 내용을 모조리 이해한다면 더할 나위 없이 좋겠으나 아마 C 언어를 처음 배우는 사람들의 경우 거의 이해를 못할 것이니 제가 간단하게 설명 드리겠습니다. (만약 아래의 내용을 이해하지 못하더라고 그냥 넘어가세요. 사실 어셈블리어를 배우지 않은 이상 이해하기 힘듭니다)

```
switch(input)
{
case 1:
    printf("아이 맛있어 ₩n");
    break;

case 2:
    printf("아이 시원해 ₩n");
    break;

case 3:
    printf("zzz ₩n");
    break;
default :
    printf("무슨 명령이야?");
    break;
}
return 0;
```

switch 문 이용!

```
if(input == 1)
{
    printf("아이 맛있어 ₩n");
}
else if(input == 2)
{
    printf("아이 시원해 ₩n");
}
else if(input == 3)
{
    printf("zzz ₩n");
}
else
{
    printf("무슨 명령이야?₩n");
}
```

위 두 그림은 같은 소스 코드를 switch 문과 if 문을 이용하여 나타난 것입니다. 사실, 외형적으로 동작하는 것은 차이가 없습니다. 단지 내부적으로 어떻게 처리되냐가 다를 뿐이지요.

일단 if 문의 경우 각 경우 마다 값들을 비교 합니다. 위 경우 값을 3 번 비교하겠네요. 왜냐하면 if 가 1 번, else if 가 2 번이고 else 의 경우 값의 비교 없이 자동으로 처리되는 것이므로 총 3 번 비교하게 됩니다. 즉, if 문을 이용하면 각 case 의 경우 비교하게 되므로 최악의 경우 모든 case 에 대해 값을 비교하는 연산 (어셈블리어에서는 CMP 연산을 합니다.) 을 시행하게 됩니다.

그런데 switch 문은 사뭇 다릅니다. switch 의 경우 내부적으로 jump table 이라는 것을 생성합니다. 이 때, jump table 의 크기는 case 의 값들에 따라 달라지는데, 예를 들어서 어떤 switch 문의 경우 case 1: ~ case 10: 까지 있었다고 합시다. 그렇다면 jump table 에는 값들이 0 부터 9 까지 들어가게 됩니다. 여기서 우리는 왜 case 값: 할 때, '값' 부분에 변수가 위치하면 안되는지 알게 됩니다. jump table 은 프로그램 초기에 작성 되기 때문에 이미 switch 문이 실행되기 전에 jump table 이 작성되게 됩니다. 따라서, '값' 부분에 변수가 들어가게 되면 jump table 에 무엇이 올지 알 수 없으므로 변수를 사용하면 안되는 것입니다.

이 값들은 무엇을 의미하냐면 각 case 별로 명령들이 위치한 곳의 주소를 가리키는데 예를 들어서 1 인 지점으로 점프하게 되면 "아이 시원해" 가 나오고 0 인 지점으로 점프하게 되면 "아이 맛있어" 라고 출력하라는 내용의 명령문들이 나옵니다. 이제, 변수의 값에 따라 변수가 3 이라면 jump table 의 3 번째 원소를 찾아서 그 값에 해당하는 곳으로 점프하게 됩니다.

(실제로 switch 문이 처리되는 과정은 이보다 약간 더 복잡하지만 어셈블리어를 배우지 않은 현재 상황으로써는 최선이라 생각됩니다)

따라서, switch 문을 이용하면 case 에 따라 CMP 연산이 늘어나는 것이 아니라 jump table 의 크기만 커질 뿐 성능에 있어서는 전혀 영향을 받지 않게 됩니다.

결론적으로 이야기 하자면 switch 문이 효과적으로 처리되기 위해서는 case 의 '값' 들의 크기가 그다지 크지 않아야 하고, '값' 들이 순차적으로 정렬되어 있고, 그 '값' 끼리의 차이가 크지 않다면 최고로 효율적인 switch 문을 이용할 수 있게 됩니다.

생각해 보기

문제 1

`switch` 문의 '값' 부분에 왜 정수만 와야 되는지 아십니까?(난이도 : 中上)

문제 2

앞서, `switch` 문이 내부적으로 처리 되는 부분에서 `case 1:` ~ `case 10:` 일 때 만 생각하였는데, 만약 `case 1:, case 3:, case 4:, case 10:` 과 같이 불규칙 적으로 `switch` 문이 적용된다면 컴퓨터는 `jump table` 를 어떻게 작성할까요 (난이도 : 最上)

뭘 배웠지?

- 어떤 정수 변수에 대해서 반복적으로 사용하는 `if-else` 문이 있다면 `switch` 를 사용하면 더 깔끔하게 바꿀 수 있습니다.
- 각 `case` 문 안에서 적절히 `break` 하는 것을 빠뜨리면 안됩니다.
- `default` 를 사용하면 `else` 문과 같은 효과를 낼 수 있습니다.

8

형 변환 (타입 캐스팅)

안녕하세요, 여러분! 이제 드디어 10 번째 강좌에 도달하였습니다. 아마 여태까지 느릿 느릿 진행되는 강좌를 꾸준히 기다리며 읽어와준 여러분들께 감사의 말을 전하고 싶습니다.

아마 잘 알고 있는 내용이지만 C 언어에서 각 변수들에는 고유의 **형(type)** 이 있습니다. 예를 들어서, `int a;` 로 선언된 변수 a 의 형은 `int` 형이고, `char b;` 로 선언된 변수 b 의 형은 `char` 형 입니다.[1] 또한 `float c;` 로 선언된 변수 c 의 형은 `float` 이고 `double d;` 로 선언된 변수 d 의 형은 `double` 이겠죠.

그런데 가끔씩 프로그래밍을 하다 보면 형이 다른 변수 끼리 대입을 하는 연산이 필요로 하게 됩니다. 예를 들어서 `double` 형 변수의 값을 `int` 형 변수에 대입하거나, `float` 형 변수에 `double` 형 변수의 값을 대입하는 것 등등 말이죠.

하지만 안타까운 사실은 형이 다른 변수 끼리의 대입이나 연산들이 모두 불법 이라는 것 입니다. 이건 마치 우리나라에서 달러로 물건을 구매하는 것과 똑같은 것이지요.. 그렇다면 어떻게 해야 할까요?

일단, 위 조건을 무시한 아래의 예제를 살펴 봅시다.

```c
/* 무시 */
#include <stdio.h>
int main() {
  int a;
  double b;

  b = 2.4;
  a = b;

  printf("%d", a);
  return 0;
}
```

1) char 을 어떻게 읽는지는 사람 마다 다른데, 보통 캐릭터 라고 하거나, 그냥 발음 그대로 찰 이라고도 합니다.

성공적(?) 으로 컴파일 한다면 아래와 같은 모습을 볼 수 있습니다.

실행 결과

```
2
```

어라, 아무런 애러도 없이 결과가 떡 하니 출력되었지만 눈썰미가 좋은 사람들은 `Output` 에 아래와 같은 메세지가 출력되었음을 알 수 있습니다.

```
: warning C4244: '=' : conversion from 'double' to 'int', possible loss of data
```

대충 직역해 보면 아래와 같은 의미 입니다.

컴파일 오류

```
경고 C4244 : '=' ": 'double' 로 부터 'int' 로의 형 변환, 데이터의 손실이 예상됨.
```

아마도 우리가 처음 보게 되었을 **컴파일러 경고(Warning) 메세지** 입니다. 똑똑한 컴퓨터는 우리가 `int` 형 변수에 `double` 형 변수의 값을 대입했다고 이야기 하고 있습니다. 또한, 데이터의 손실이 발생하게 된다고 귀띔까지 해주고 있습니다.

실제로, 결과를 확인해보면 데이터 손실이 발생하였음을 알 수 있습니다. 실행 결과를 보게 된다면 분명히 `a` 에 `2.4` 를 대입하였지만 `a` 의 결과는 2 로 나옵니다. (물론 `%d` 를 통해 정수 부분만 출력하게 해서 그렇다고 주장하는 사람들이 있는데 그렇다면 `%f` 로 바꿔서 출력해 보세요. 더 이상한 결과가 나올 것 입니다!)

`int` 형 변수에 (당연하게도, 3, 4 강을 제대로 배운 사람이라면 알겠지만) `double` 형 변수를 대입하면 소수 부분이 잘려서 정수 부분만 들어가게 됩니다. 이는 각 변수들이 메모리 상에 저장되는 특징이 다르기 때문이죠. 왜냐하면 `int` 형 변수는 처음 정의되는 시작 부터 메모리 상에 오직 정수 데이터만 받아 들이도록 설계되기 때문이죠.

그렇다면 훌륭한 학생이라면 여기서 의문이 생기게 됩니다.

> 도대체 컴퓨터는 실수를 어떻게 표현하는 거야!

컴퓨터가 실수를 표현하는 원리

주의 사항

`float` 이나 `double` 을 쓴다고 해서 꼭 이들 내부에서 어떠한 방식으로 실수가 표현되는지 알 필요는 없습니다. 하지만 한 번쯤 알면 재미있는 주제이니 궁금하신 분들은 쭉 읽어 보시고 이해가 잘 안되시는 분들은 그냥 넘어가셔도 좋습니다.

모두가 알고 있듯이 컴퓨터는 이진수로 모든 데이터를 표현합니다. 이전 강좌에서 컴퓨터가 어떠한 방식으로 이진수를 통해 양의 정수를 표현하는지 다루었고 이 강좌 에서는 음의 정수까지 어떻게 표현되는지 다루었습니다.

여기에서는 컴퓨터가 어떠한 방식으로 실수를 표현하는지에 대해 살펴볼 것입니다. 흔히 C 에서 실수를 보관하는 데이터 타입으로 `float` 과 `double` 을 들 수 있는데, 이들 데이터 타입이 실수를 어떠한 방식으로 보관하고 있는지 알아봅시다.

컴퓨터 상에서 실수를 표현하는 방법은 대표적으로 두 가지 방식을 들 수 있는데 하나는 **고정 소수점 (Fixed Point)** 방식이고 다른 하나는 **부동 소수점(Floating Point)** 방식 입니다. 눈치가 빠르신 분들은 `float` 타입의 `float` 이 어디서 온 것인지 알아채셨겠죠.

여러분이 사용하시는 대부분의 컴퓨터의 경우 아마 99.9% 부동 소수점 방식을 통해 실수를 표현하고 있을 것입니다. 그 이유가 고정 소수점 방식과 비교했을 때 같은 수의 비트만 사용해서 표현할 수 있는 수의 범위가 더 넓기 때문입니다.[2)]

이렇게 부동 소수점 방식을 통해 수를 표현하는 방법은 국제전기전자기술자협회(IEEE) 에서 1985 년에 **IEEE-754** 라는 이름으로 표준화 하였습니다.

IEEE 754

보통 우리가 수를 표현하는 방법은 아래와 같습니다.

$$123, 1234.123, -234$$

이 수는 아래와 같이 동일하게 표현할 수 있습니다. 아래 방식을 **과학적 표기(scientific notation)** 라고 부릅니다.

$$1.23 \times 10^2, 1.234123 \times 10^{-2}, -2.34 \times 10^2$$

2) 여기서 범위가 넓다는 말은 말 그대로 표현할 수 있는 가장 작은 수와 가장 큰 수의 차이가 더 크다는 뜻입니다. 대신 부동 소수점 방식은 고정 소수점 방식에 비해서 정밀도가 떨어집니다.

제가 중학교 때 위 사실을 배웠을 때 에는 저게 뭐에 쓸모 있는거지? 라고 생각 되었지만, 사실 위는 컴퓨터 상에서 실수를 표현하는 아주 중요한 기법 입니다.[3)]

마찬가지로 컴퓨터 상에서도 소수를 다음과 같이 표현합니다.

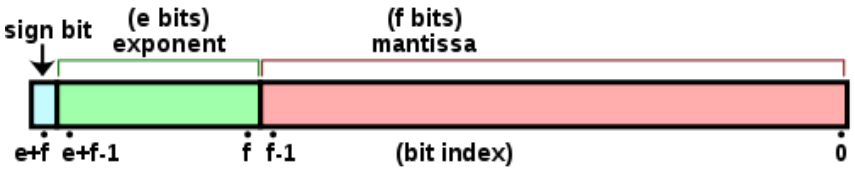
$$\pm f \times b^e$$

이 때, `f` 는 가수, `b` 는 밑, `e` 는 지수 입니다. 예를 들어서 123 의 경우 `f` 는 1.23, `b` 는 10, `e` 는 2 가 됩니다.

컴퓨터 상에서는 이진체계를 이용하기 때문에 `b` 의 값은 2 로 고정이 되어 있습니다.

따라서 소수 데이터를 보관할 때 `f, e` 의 값만 저장하면 됩니다. 그리고 맨 앞에 부호 비트를 위해서 1 비트 더 쓰게 됩니다.[4)] 부호 비트의 값이 0 이면 양수이고, 1 이면 음수가 됩니다.

아래 그림은 `IEEE 754` 에서 정의한 부동 소수점 표현 입니다.



우리가 자주 쓰는 `float` 의 경우 가수 부분이 23 비트를 차지하고, 지수 부분이 8 비트, 그리고 부호 비트가 1 비트를 차지하여 총 4 바이트를 차지하게 됩니다.

한편 `double` 의 경우 가수 부분이 52 비트고 지수 부분이 11 비트로 무려 8 바이트가 차지하는 거대 자료형 입니다.[5)]

이제 본격적으로 메모리 상에 실수가 어떻게 저장되는지 알아보기 위해 이진법으로 표현된 실수들을 십진법으로 바꾸고, 십진법으로 표현된 실수를 어떻게 이진법으로 바꾸는지 살펴봅시다.

소수의 10 진법 - 2 진법 진법 변환

먼저, 이진법으로 표시된 소수를 한 번 십진법을 바꾸어 보는 연습을 해봅시다.

$$10010.1011_{(2)}$$

소수점 이하 부분은 마찬가지로 자리수 마다 2^{-1}, 2^{-2} 순으로 쭉쭉 내려갑니다. 이는 10 진법 체계에서 10^{-1}, 10^{-2} 로 내려가는 것과 동일합니다. 따라서

3) 요즘에도 교육과정에 있는 것인지는 모르겠습니다..

4) 2 의 보수 표현법하고 살짝 다르죠!

5) double 이 double 인 이유는 간단하게도 float 보다 그냥 2 배 크기 때문에 그런 이름이 붙었습니다. 영어로도 배정밀도(double precision)라고 부릅니다

$$10010.1011_{(2)} = 2^4 + 2^1 + 2^{-1} + 2^{-3} + 2^{-4} = 18 + 0.5 + 0.125 + 0.0625 = 18.6875$$

와 같이 됩니다.

2 진법 으로 표시된 모든 소수들은 모두 십진법으로 변환이 가능합니다. 그렇다면 십진법 소수도 과연 이진법으로 바꿀 수 있을까요? 이번에는 -118.625를 한 번 이진소수로 바꾸어 봅시다.

$$-118.625 = -1110110_{(2)} - 0.625 = -1110110_{(2)} - 2^{-1} - 2^{-3} = -1110110.101_{(2)}$$

비슷한 방법으로 십진법으로 표시된 숫자들도 이진소수로 바꿀 수 있습니다.

그런데 안타까운 사실은 모든 10 진법으로 표현된 수는 2 진법으로 변환할 수 없습니다. 예를 들어 0.1 을 한 번 이진법으로 바꾸어 보세요. 10 진법으로는 딱 소수점 한 자리 만으로 표현이 가능하지만, 이진법으로 바꾼다면 아래와 같이 무한 소수가 나타나게 됩니다.

$$0.1 = 2^{-4} + 2^{-5} + 2^{-8} + 2^{-9} + \cdots = 0.0001100110011..._{(2)}$$

믿기지 않는 분들은 무한 등비수열의 합을 구하는 방법을 안다면 `0.1` 이 바뀐 무한 이진소수가 참임을 알 수 있습니다.

$$0.0001100110011..._{(2)} = \frac{\frac{1}{2^4}}{1 - \frac{1}{2^4}} + \frac{\frac{1}{2^5}}{1 - \frac{1}{2^4}} = \frac{1}{15} + \frac{1}{30} = \frac{1}{10}$$

컴퓨터는 이렇게 무한히 길게 나타나는 무한 소수들을 모두 메모리에 나타낼 수 없기 때문에 일정 부분만 잘라서 메모리에 보관하게 됩니다. 따라서 필연적으로 오차가 발생하게 됩니다.

IEEE 754 방식으로 소수 저장하기

자 그러면 이제 IEEE 754 방식 하에서 소수가 어떠한 방식으로 저장되는지 살펴봅시다.

가장 먼저 부호 비트에는 0 이상이면 0 이, 아니라면 1 이 할당됩니다. 앞서, `-118.625` 의 경우 부호 비트에 1 이 들어가겠죠?

두 번째로 변환된 이진수를 정규화(Normalization) 합니다. 정규화란, 어떠한 이진수를 `1.xxxx` 꼴로 만드는 것입니다. `-118.625` 의 경우, 이진수 형태인 `1110110.101` 을 `1.110110101` 로 바꾸는 것 입니다. 그렇다면 가수 부분에는 `xxxx` 부분, 즉 110110101 만 저장이 되겠지요.

이 때, 정규화 작업 시 얼마만큼 쉬프트 연산이 일어났는지 계산하여 지수 부분에는 얼마가 와야 되는지 알게 됩니다. 위의 경우 `1110110.101` 을 `1.110110101` 로 바꾸었으므로 쉬프트 연산이 6번 오른쪽으로 일어나게 되어서 지수에는 6 이 오게 됩니다.

`0.1` 처럼 무한 소수로 표현되는 수들의 경우 반올림을 하게 됩니다. 예를 들어 `0.1 = 0.00011001 10011001 10011001 10011001 ..` 로 나가는데, `float` 에 대입한다고 하면 `float` 의 가수 부분이 23 비트이므로 24 번째 비트에서 반올림을 하게 됩니다. 따라서, `0.1` 은 컴퓨터 상에 `0.00011001100110011001101` 로 보관 됩니다.

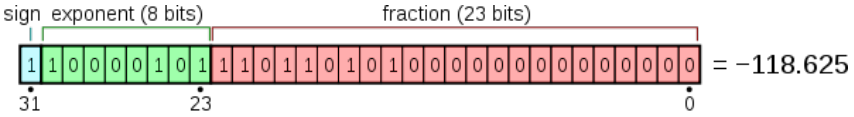
마지막으로 위에서 계산한 지수에 바이어스(Bias) 처리를 해줍니다. 이는 그냥 지수에 $2^{e-1}-1$ 만큼을 더해준다는 뜻입니다. 이 때, `e` 의 값은 지수 부분의 비트 수로, `float` 이면 8 이므로 127, `double` 형이면 11 이므로 1023 을 더하게 됩니다.

왜 계산한 지수에 바이어스 처리를 해주냐면은, 지수가 언제나 양수가 아니기 때문입니다. `-118.625` 의 경우 정규화 시 지수가 `+6` 이였으나 다른 소수들의 경우, 예를 들어 `0.625` 는 이진수로 `0.101` 인데 정규화 시, 왼쪽으로 쉬프트가 1 번 되므로 지수가 음수(-1) 가 됩니다.

2 의 보수 표현법으로 배운 우리로써는 **그냥 그러면 정수 표현하듯이 2 의 보수표현법으로 지수를 나타내면 안되냐** 라고 물을 수 있는데, 무조건 양수로 값을 집어넣는 것이 컴퓨터 입장에서 크기를 비교하기가 수월하기 때문입니다.

아무튼 `float` 의 경우 지수에 들어가는 값의 범위가 1 부터 254 까지 이고, `double` 의 경우에는 1 부터 2046 까지 가능하게 됩니다. 이 말은 `float` 의 지수 부분이 2^{-126} 부터 2^{127} 까지 가능하다는 의미가 되겠습니다.

자 그렇다면 `-118.625` 의 경우 지수 부분에 `6 + (127) = 133` 이 들어가게 됩니다. 133 은 이진수로 `10000101` 이지요. 따라서, `float a = -118.625;` 를 한 변수 `a` 의 메모리 구조를 살펴보면 아래와 같습니다.



이 때, 훌륭한 학생이라면 의문이 드는 점이 있을 것 입니다.

> 위에서 `float` 형 변수를 이용하게 되면 지수가 1 부터 254 까지 처리가 된다고 하였는데, 8 비트로 처리할 수 있는 수의 범위가 `0` ~ `255` 까지 이지 않나요? 0 과 255 는 어디로 갔나요?

좋은 질문입니다. 0 과 255 가 포함되지 않는 이유는 IEEE 754 에서 아래와 같이 정상적이지 않는 수를 표현하기 위해서 다음과 같이 규칙을 정했기 때문입니다.

종류	지수부	가수부
비 정 상 수 (Denormalized number)	0	0 이 아님
무한대	2^e-1	0
수가 아님(NaN)	2^e-1	0 이 아님

참고로 각 수에 대해 설명을 하자면

비정상 수 (Denormalized number)

비정상 수의 경우 2^{-127} 보다도 작아서 지수 부분에 바이어스 처리를 해도 1 이상이 되지 않는 수들을 말합니다. 따라서 이 들의 경우 더이상 $1.() \times 2^{-127}$ 의 형태로 표현할 수 없습니다. 이 수들은 그 대신 $0.() \times 2^{-127}$ 의 형태로 해석됩니다.

무한대

부호 비트 덕분에 IEEE 754 방식으로 음의 무한대와 양의 무한대를 표현할 수 있습니다. 무한대는 연산 과정에서 표현할 수 있는 가장 큰 수 보다 더 큰 값이 들어간다면 자동으로 발생하게 됩니다.

```c
#include <stdio.h>

int main() {
  float a = 1. / 0.f;
  printf("a : %f \n", a);
  return 0;
}
```

성공적으로 컴파일 하였으면

a : inf

와 같이 진짜로 무한대로 출력됨을 알 수 있습니다.

수가 아님 (NaN)

마지막 부류는 바로 수가 아님(Not-a-Number) 인 녀석들 입니다. 얘네들은 아래와 같이 엄밀히 값을 정할 수 없는 연산 중에 발생합니다. 예를 들어 $\infty - \infty, -\infty + \infty, 0 \times \infty, 0 \div 0, \infty \div \infty$ 등이 있습니다.

형 변환 (캐스팅)

그렇다면 우리는 경고가 나오지 않게 대입을 할 수 없는가요? 물론 있습니다. 서로의 형을 맞추어 버리면 되죠.

```c
/* 형변환 */
#include <stdio.h>
int main() {
  int a;
  double b;
```

```
  b = 2.4;
  a = (int)b;

  printf("%d", a);
}
```

성공적으로 컴파일 하면 아무리 눈을 굴려보아도 오류 나 경고 따위는 눈을 씻고 찾을 수 없게 됩니다. 그래서, 부푼 마음에 실행을 해 보면...

실행 결과

```
2
```

결과는 아까와 같은 2 입니다.

하지만, 아까와 같은 경고 메세지는 출력이 되지 않았습니다. 왜 일까요? 그 이유는 바로 우리가 강제로 형변환(캐스팅) 을 하였기 때문입니다.

어떠한 변수의 형을 바꿀려면 아래와 같이 하면 됩니다

```
(바꾸려는 형) 변수 이름
```

예를 들어, 위의 경우 `double` 로 선언된 `b` 를 `int` 로 바꾸었으므로 `(int)b` 라 하면 됩니다. 이 때, 형을 바꾼다는 것은 영구적으로 바뀌는 것이 아닙니다. 다시 말해 `double` 인 `b` 를 `int` 로 캐스팅 한다고 해도 `b` 가 `int` 인 변수가 되는 것이 아니라 계산식에서 일시적으로 `int` 형 변수로 바꾼 후 생각하라는 것 이죠. 즉,캐스팅을 하고도

```
printf("%f", b);
```

를 하게 되면 2.4 가 성공적으로 출력됩니다. 위 예제에서 우리는 강제로 형을 변환하였습니다. 따라서 컴파일러는 '아, 이 사람이 마음을 먹고 아예 형이 다른 변수들의 대입을 시도하는 구나' 라고 생각하고 오류 메세지를 출력하지 않게 되는 것 입니다.

```
/* 두 수의 비율 */
#include <stdio.h>
int main() {
  int a, b;
  float c, d;

  printf("두 숫자 입력 : ");
  scanf("%d %d", &a, &b);

  c = a / b;
```

```
  d = (float)a / b;

  printf("두 수의 비율 : %f %f", c, d);

  return 0;
}
```

성공적으로 컴파일 하면 (경고는 나오지만), 예를 들어 5 와 3 을 입력하였을 때 아래와 같이 나옵니다.

실행 결과

```
두 숫자 입력 : 5 3
두 수의 비율 : 1.000000 1.666667
```

와우! 신기하네요. 단지 형변환을 하고 안하고의 차이였지만 두 수의 비율이 하나는 정확하게 나오고 다른 하나는 부정확하게 나오는 군요. 일단, 위 예제에서 관건이 되는 부분은 바로 이 부분입니다.

```
c = a / b;
d = (float)a / b;
```

c 에는 a 를 b 로 나눈 값이 들어갑니다. d 에도 마찬가지인데 한 가지 차이점은 d 에서는 a 를 float 변수로 생각해서 계산하라라고 캐스팅 하였습니다. 이 때, 우리가 주목해야 하는 부분은 바로 a 와 b 가 정수형 변수라는 것 입니다.

컴퓨터에서 a/b 는 2 가지의 의미를 가집니다. 만약 a 와 b 중 어느 하나가 실수형 변수(float, double) 이라면 이는 정말 우리가 하는 나눗셈을 수행하게 됩니다. 다시말해 5/3 = 1.666666666666666666 이 되는 것 이죠. 하지만 a 와 b 가 모두 정수형 변수(char, int, long) 라면 컴퓨터는 위와 같은 나눗셈 연산을 수행하지 않고 소위 말하는 '몫' 을 계산하게 됩니다. 따라서 5/3 = 1 이 되는 것이지요.

따라서, (float)a/b 를 하게 되면 컴퓨터가 a 를 실수형 변수로 생각해가 되므로 a/b 처럼 몫을 계산하지 않고 정말로 실수형 나눗셈을 수행하게 된다는 것입니다. 따라서 d 에는 1.6666 ... 이 성공적으로 들어갈 수 있게 됩니다.

어때요? 형변환 하나로 많은 결과가 달라지지 않습니까? 실제로 형변환은 C 언어에서 매우 중요한 부분 중 하나 입니다. 또한 쓰임새도 상당히 많은데, 주로 실수형 변수에서 정수 부분만 추출할 때 사용되기도 합니다.

예를 들어 double a; int b; 일 때, b = (int)a; 라 하게 되면 변수 a 의 정수 부분 데이터만 b 로 넘어가게 되죠. 물론 b = a 로 해도 컴파일러가 알아서 캐스팅을 해주지만 그렇게 된다면 다른 프로그래머가 보았을 때, 이 것이 실수 인건지, 고의로 한 건지 모르므로 오해의 소지가 있습니다.

마지막으로 여러분에게 재미있는 문제를 내 보도록 하겠습니다. www.winapi.co.kr 이라는 사이트에서 가져온 문제인데, 여러분도 한 번 풀어보세요

생각 해보기

문제 1

임의의 실수에서 소수점 이하 두자리수만 추출하여 정수형 변수에 대입하라. 예를들어 사용자로부터 입력받은 실수 f 가 12.3456이라면 34만 추출한다. 이때 반올림은 고려하지 않아도 상관없다. f 가 달러 단위의 화폐 액수라고할 때 센트 단위만 추출해내는 경우라고 생각하면 된다. 다음 ???? 자리에 적합한 연산식을 작성하는 문제이다.

```
printf("실수를 입력하시오 : ");
scanf("%f", &f);
i = ? ? ? ?
printf("i=%d\n", i);
```

이 문제의 핵심은 음수이거나 소수점 이하의 자리수가 없는 경우까지 잘 고려하여 항상 잘 동작하는 코드를 만드는것이다.