● **논리형(boolean)**: 논리형 변수에는 **소문자 true와 false중 하나만** 저장할 수 있으며 **기본값(default)는 false**다. 대답(yes/no), 스위치(on/off)등의 논리 구현에 주로 사용된다. 두 가지 값만을 표현하면 되므로 1 bit만으로 충분하지만, 자바에서는 데이터를 다루는 최소 단위가 byte이기 때문에, boolean의 크기가 가장 작은 **1 byte**이다.

● **문자형(char)**: 컴퓨터는 숫자만 알기에 문자를 문자의 **유니코드(정수—2byte)**로 변환하여 저장한다. **문자 리터럴 대신 문자의 유니코드를 직접 저장할 수도 있다. 어떤 문자의 유니코드를 알고 싶으면, char형 변수에 저장된 값을 정수형(int)으로 캐스팅 해 보면 된다**. 문자형 타입의 크기는 **2byte(16bit)**이므로, 16자리의 2진수로 표현할 수 있는 정수의 개수인 **(2^16) 65536개의 코드**를 사용할 수 있으며, char형 변수는 이 범위 내의 코드 중 하나를 저장할 수 있다. 다만, 정수형과 달리 **음수를 나타낼 필요가 없으므로 표현할 수 있는 값의 범위가 다르다**. char타입에 저장되는 값인 유니코드는 **모두 양수(0 포함)이므로, '0~65535'의 범위**를 가지는 반면, 정수형인 'short'는 절반을 음수표현에 사용하므로 '32768~32767'을 범위로 갖는다.

→ **특수문자**

특수 문자	문자 리터럴
tab	\t
backspace	\b (자판정)
form feed	\f
new line	\n
carriage return	\r
역슬래쉬(₩)	\\
작은따옴표	\'
큰따옴표	\"
유니코드(16진수)문자	\u유니코드 (예: char a='\u0041')

● 인코딩과 디코딩 (encoding & decoding): **문자를 코드로 변환하는 것은 문자 인코딩(encoding:** 코드화하다, 암호화하다)이라고 하고, **코드를 문자로 변환하는 것은 문자 디코딩(decoding)**이라고 한다. **문자를 저장할 때는 인코딩은 해서 숫자로 변환해서 저장하고, 저장된 문자를 읽어올 때는 디코딩은 해서 숫자를 원래의 문자**로 되돌려야 한다. 만약 인코딩에 사용된 코드표와 디코딩에 사용된 코드표가 다르면 깨진 글자들로 바뀌어서 나타나기 때문에, 인코딩 설정이 옳아야 올바르게 디코딩된다.
- 아스키 (ASCII: American Standard Code for Information Interchange: 정보교환을 위한 미국 표준 코드): 128개(=2^7)의 문자 집합(character set)을 제공하는 7 bit부호 - 기호와 숫자, 영대소문자로 이루어져 있다.
- **확장 아스키(Extended ASCII)**: 남는 1bit을 활용해서 문자를 추가로 정의한 것으로, 두 개의 문자코드로 한글을 표현하는 방법이 있다(조합형과 완성형). 현제는 **확장 완성형**이 사용된다 (**CP 949**: 확장 아스키의 일부 영역에 해당되는 두 문자코드를 조합하고, 완성형에 없는 잘 안 쓰이는 8822글자를 추가한 것) - 바로 한글 윈도우에서 사용하는 문자 인코딩.
- **유니코드 (Unicode): 전 세계의 모든 문자를 하나의 통일된 문자집합으로 표현**. 유니코드에 포함시키고자 하는 문자들의 집합을 정의하였는데, 이것을 유니코드 문자 셋(character set)이라고 하고, 이 문자 셋에 변호를 붙인 것이 유니코드 인코딩이다. **자바에서는 인코딩 종류 중 하나인 UTF-16**을 사용하는데, 이것은 **모든 문자를 2 byte의 고정 크기로 표현**한다. UTF-8은 하나의 문자를 1~4byte의 가변 크기로 표현. 두 인코딩 모두 처음 128문자가 아스키와 동일하다. 모든 문자의 크기가 동일한 UTF-16이 **문자를 다루기에는 편하지만,** 1 byte로 표현할 수 있는 영어와 숫자가 2 byte로 표현되므로 **문서의 크기가 커진다는 단점**이 있다. 반면 UTF-8은 영문과 숫자는 1 byte그리고 한글은 3 byte로 표현되기 때문에 문서의 크기가 작지만 문자의 크기가 가변적이므로 다루기 어렵다는 단점이 있다. 인터넷에서는 전송속도가 중요하므로, 문서의 크기가 작을 수록 유리하여 UTF-8인코딩으로 작성된 웹문서의 수가 많다.

● 정수형 (byte, short, int)

- 기본 자료형(default data type): int.
- 정수형의 표현 형식과 범위: 어떤 진법의 리터럴을 변수로 저장해도 실제로는 2진수로 바뀌어 저장된다. 정수형은 첫번째 비트로 S (부호 비트 - sign bit)를 사용하고, 나머지는 n - 1 bit 값을 사용하는데 사용한다. 그래서 n비트로 표현할 수 있는 값의 개수인 2^n개에서, 절반인 0으로 시작하는 2^n-1개의 값을 양수(0 포함)의 표현에 사용하고, 나머지 절반인 1로 시작하는 2^n-1의 값은 음수의 표현에 사용된다. 그래서 정수형은 타입의 크기만 알면, 최대값과 최소값을 쉽게 계산할 수 있다.

> n비트로 표현할 수 있는 정수의 개수: 2^n개
> n비트로 표현할 수 있는 부호 있는 정수의 범위: -2^(n-1) ~ 2^(n-1) - 1
>
> 최대값에서 1을 빼는 이유는 범위에 0이 포함되기 때문

타입	저장 가능한 값의 범위	크기	
		bit	byte
byte	-128 ~ 127	8	1
short	- 32,768 ~ 32,767	16	2
int	- 2,147,483,648 ~ 2,147,483,647 **(약 ± 20억)**	32	4
long	-9,223,372,036,854,775,808 ~ 9,223,372,036,854,775,807	64	8

- 선택기준: 변수에 저장하려는 정수값의 범위에 따라 선택 가능하지만, JVM의 피연산자 스택 (operand stack)이 피연산자를 4 byte로 저장하기 때문에 크기가 4 byte보다 작은 자료형(byte, short)의 값을 계산할 때는 4 byte로 변환하여 연산이 수행되므로 오히려 int를 사용하는 것이 효율적이다. 정수형 변수를 선언할 때는 int타입으로 하고, int의 범위인 약 ±20억을 넘어서는 수를 다뤄야 할 때는 long을 사용하면 된다. byte, short는 성능보다 저장공간을 절약하는 것이 더 중요할 때 사용하자. (long타입의 범위를 넘어설 때는 실수형 타입이나 BigInteger 클래스를 사용하기)
- 오버플로우(overflow): 타입이 표현할 수 있는 값의 범위를 넘어서는 것. 계수기에서처럼 정수형 타입이 표현할 수 있는 최대값에 1을 더하면 최소값이 되고, 최소값에서 1을 빼면 최대값이 된다.
- 부호 있는 정수의 오버플로우: 부호비트가 0에서 1이 될 때 오버플로우가 발생한다.

● 실수형 (float, double)
- 정밀도: 오차 없이 저장할 수 있는 10진수의 자리. 만약 7자리 이상의 정밀도가 필요하다면, 변수의 타입을 dobule로 해야 한다. 대부분 보다높은 정밀도가 필요해서 double 타입의 변수를 사용해서 실수형 값을 저장한다. 연산속도의 향상이나 메모리를 절약하려면 float을 선택하고, 더 큰 값의 범위라던가 더 높은 정밀도를 필요로 한다면 double을 선택해야 한다.

타입	정밀도	크기	
		bit	byte

float	7자리	32	4
double	15자리	64	8

- 같은 byte의 크기라도 실수가 정수보다 넓은 범위의 값을 저장할 수 있는 이유는 값을 저장하는 형식이 다르기 때문이다. 실수형은 값을 부동소수점수(floating-point)형태로, 즉, 실수를 ±M x 2^E와 같은 형태로저장하기에 큰 범위의 값을 저장하는 것이 가능하다. 부동소수점수는 부호, 지수, 가수의 부분으로 나누어져 있다.

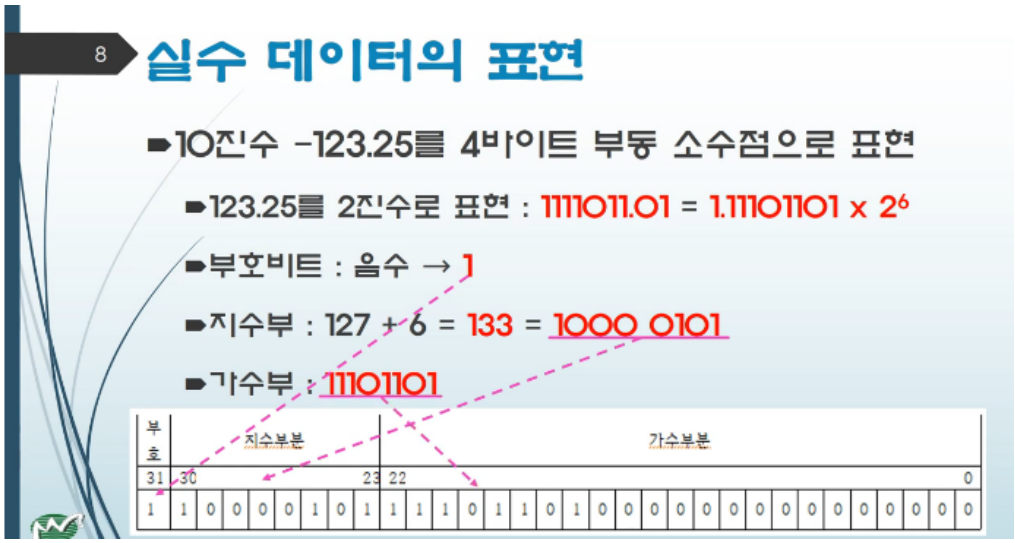
▶ 부호(S-sign: 1 bit, 0이면 양수, 1이면 음수)

▶ 지수(E-exponent: 8/11 byte): 부호 있는 정수, 범위는 float은 -127~128인데, 이 중에서 -127과 128은 숫자 아님 — NaN Not a Number이나 양의 무한대(POSITIVE_INFINITY), 음의 무한대(NEGATIVE_INFINITY)와 같이 특별한 값의 표현을 위해 예약되어 있어서 실제로 사용 가능한 범위는 -126~127이다. 그래서 **지수의 최대값은 127**이므로 표현할 수 있는 **최대 값은 2^127(10진수로 10^38), double은** -1023~1024이다. 그러나 float의 최소값은 가수의 마지막 자리가 2^-23이므로 지수의 최소값보다 2^-23배나 더 작은 값, 약 **10^-45**이다.

▶ 가수(M-mantissa:23/52 byte): 실제 값을 저장하는 부분, 10진수로 7자리(float), 15자리(double)의 정밀도로 저장 가능하다.

→ 부동 소수점의 오차: 파이 같은 무한소수가 존재하고, 또한 10진수가 아닌 2진수로 저장하기 때문에 10진수로는 유한소수더라도 2진수로 변환할 때 무한소수가 되거나, 유한소수더라도 가수를 저장할 수 있는 자리수가 한정되어 있으므로 저장되지 못하고 버려지는 값들이 있으면 오차가 발생하는 경우도 있다.

→ 정규화: 2진수로 변환된 실수를 저장할 때 먼저 1.xxx x 2^n의 형태로 변환하는 과정. 2진 실수는 항상 '1.'으로 시작하기 때문에, '1.'을 제외한 23자리의 2진수가 가수(mantissa)로 저장되고 그 이후는 잘려나간다. 지수는 기저법으로 저장되기 때문에 지수에 기저인 127을 더한 x가 2진수로 변환되어 저장된다 (기저법 = 특정값/기저를 더했다가 읽어올 때는 다시 빼는 형식). 이때 잘려나간 값들에 의해 발생할 수 있는 최대 오차는 약 2^-23인데, 이 기밧은 가수의 마지막 비트의 단위와 같다. 이는 10진수로 약 10^-7이므로 float의 정밀도가 7자리라고 하는 것이다.



https://www.youtube.com/watch?v=SlkMOaKe7HQ

- float 타입의 범위: -3.4 x 10^(38) ~ 3.4 x 10^(38)이지만 -1.4x10^(-45) ~ 1.4x(10^-45)의 범위(0은 제외)의 값은 표현할 수 없다. 실수형은 얼마나 큰 값을 표현할 수 있는가도 중요하고, 얼마나 0에 가깝게 표현할 수 있는지도 중요하다. printf메서드의 지시자 %f는 기본적으로 소수 점 이하 6자리까지만 출력하므로, 7번재 자리에서 반올림한다.
- 오버플로우: 실수형에서 오버플로우가 발생하면 변수의 값은 무한대(infinity)가 된다.
- 언더플로우(underflow): 실수형에서 양의 최소값보다 작은 값이 될경우 변수의 값은 0이 된다.
- floatToIntBits(): float타입의 값을 int타입의 값으로 해석해서 변환한다 (16진수로 출력. 잘려나간 첫 번째 자리의 값이 1일 경우 반올림)

Resource: 자바의 정석