[JO2122] 컴퓨터구조

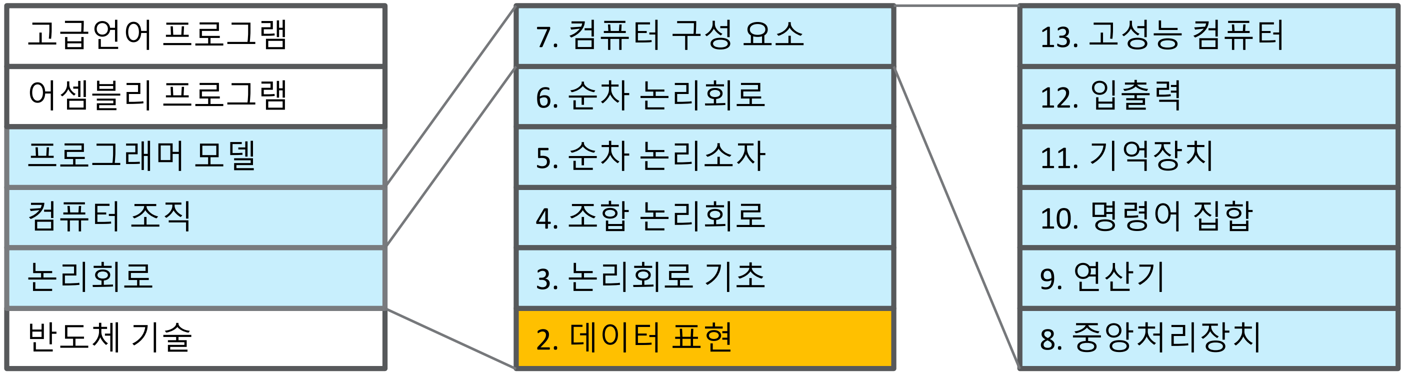
2022년 1학기

상명대학교 소프트웨어학과 박희민

2022-03-02

CHAP02 데이터 표현

2. 데이터 표현



- 학습 목표
  - 수를 표현하는 원리 이해한다.
  - 10진수와 임의의 R진수 간 표현을 변환할 수 있다.
  - 문자를 코드(code)로 표현하는 방법을 이해한다.
- 내용

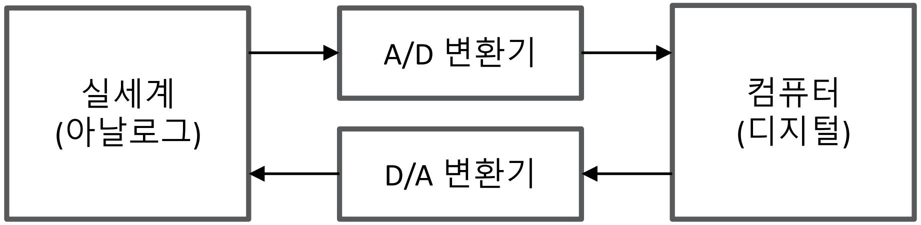
2.1 디지털 시스템
2.2 수의 체계
2.3 진법 변환
2.4 코드

2.1 디지털 시스템

- 디지털 시스템이란?
  - digit + al
  - 불연속 값(discrete value)를 취급(처리, 계산)하는 시스템
  - 컴퓨터는 디지털 시스템의 일종

- 실세계(read-world)는 아날로그(analog)
  - 연속적인 값(continuous value)

- 신호 변환



아날로그 & 디지털

- Analog signal
  - 연속(continuous)
  - 실세계에 존재
- Digital signal
  - 불연속(discrete)
  - 숫자로 표현
  - 실세계의 값을 숫자로 변환

- Analog system
  - 온라인 상태로 저장 불가
  - 부정확
- Digital System
  - 온라인 상태로 저장 가능
  - 정확

숫자 표현

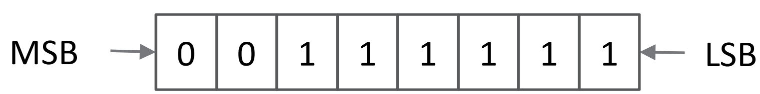
- 사람은 10진수 사용
  - 디짓(digit): 자릿수, 손가락
  - 아라비아 숫자: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

- 기계는 2진수 사용: 안정된 상태가 2개
  - 스위치: 열림(off)/닫힘(on).
  - OCR 카드: 표시가 없음/까만 색.
  - 펀치 카드: 구멍을 뚫지 않음/구멍을 뚫음.
  - 전기 신호: 전류가 흐르지 않음/흐름.
  - 자기(자석): N극/S극.

2진 시스템(binary system)

- 2진수로 표현된 데이터를 처리하는 시스템
- 비트 (bit) = binary + digit: 2진수 한 자리, 0 또는 1
- 2진 데이터의 단위

(a) **비트**(bit) (b) **니블**(nibble) (c) **바이트**(byte)



(d) MSB와 LSB

- 예제 2-1
  - $(12345678)_{10}$: MSD = ______, LSD = ______
  - $(00001111)_2$: MSB = ______, LSB = ______

2.1 디지털 시스템 요약

- 디지털 시스템
  - 숫자를 처리하는 시스템
  - A/D 변환기: 아날로그 신호를 숫자로 변환

- 2진 시스템
  - 2진수 데이터를 처리하는 시스템
  - 안정된 상태가 2개인 소자.
  - 비트/니블/바이트
  - MSB/LSB

2.2 수의 체계

- 학습 내용
  - 수를 표현하는 원리 (weighted number)
  - R진법의 수(R진수)의 표현과 크기

- 구성
  - 2.2.1 10진수
  - 2.2.2 R진수
  - 2.2.3 수의 표현 범위

2.2.1 10진수

- 무게 수(weighted number)
- 1234.56
  - 기호(symbol): {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}
  - 자리에 따라 무게가 다르다.

수의 표현	⋯	1	2	3	4	.	5	6	⋯
자릿수	⋯	3	2	1	0		–1	–2	⋯
무게	⋯	10^3	10^2	10^1	10^0		10^{-1}	10^{-2}	⋯

- 예:

$$\begin{aligned}(1234.56)_{10} &= 1\times10^3 + 2\times10^2 + 3\times10^1 + 4\times10^0 + 5\times10^{-1} + 6\times10^{-2} \\ &= 1000 + 200 + 30 + 4 + 0.5 + 0.06 \\ &= 1234.56\end{aligned}$$

- 값

$$\begin{aligned}V(N) &= A_{n-1} \times 10^{n-1} + A_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + A_{-m} \times 10^{-m} \\ &= \sum_{k=-m}^{n-1} A_k \times 10^k\end{aligned}$$

2.2.2 R진수

기호	⋯	A_3	A_2	A_1	A_0	.	A_{-1}	A_{-2}	⋯
자릿수	⋯	3	2	1	0		–1	–2	⋯
무게	⋯	R^3	R^2	R^1	R^0		R^{-1}	R^{-2}	⋯

- R진법의 수
  - 기호(symbol): {0, 1, 2, ..., R-1}
  - 값

$$
\begin{aligned}
V(N) &= A_{n-1} \times R^{n-1} + A_{n-2} \times R^{n-2} + \cdots + A_{-m} \times R^{-m} \\
&= \sum_{k=-m}^{n-1} A_k \times R^k
\end{aligned}
$$

- 예: $(1A4C)_{16}$
  - 기호: {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F}
  - 값: $1\times16^3+10\times16^2+4\times16^1+12\times16^0$ = 4,096+2,560+64+12 = 6,732

[예제 2-2] 크기 계산

수의 크기를 10진수로 적으세요.
표현이 잘못된 수는 그 이유를 설명하세요.

1. $(519.87)_{10}$
2. $(127.4)_{8}$
3. $(127.4)_{5}$
4. $(1BE)_{16}$
5. $(1101.1)_{2}$

2.2.3 수의 표현 범위

- 수의 종류
  - 부호 없는 수(unsigned number): 0을 포함한 양수
  - 정수(signed number): ..., -1, 0, 1, ... (음수, 0, 양수)
  - 실수(real number): 소수점을 포함하는 수

- ※ R^n = 10...0 (0이 n개)

- 수의 표현 범위
  - 10진수 n자리: $0 \sim 10^n-1 = 0 \sim 9...9$ (9가 n개)
  - R진수 n자리: $0 \sim R^n - 1$

예제

- [예제 2-3] 수의 표현 범위를 10진수로?

  (1) 4자리의 10진수 ____________________

  (2) 4자리의 5진수 ____________________

  (3) 4자리의 2진수 ____________________

  (4) 3자리 16진수 ____________________

  (5) 8자리 2진수 ____________________

2.2 수의 체계 요약

- 수의 표현 원리 = 무게 수 (weighted number)
  - 기호: R개 (0, 1, 2, ..., R-1)

기호	···	A_3	A_2	A_1	A_0	·	A_{-1}	A_{-2}	···
자릿수	···	3	2	1	0		−1	−2	···
무게	···	R^3	R^2	R^1	R^0		R^{-1}	R^{-2}	···

  - 수의 크기:

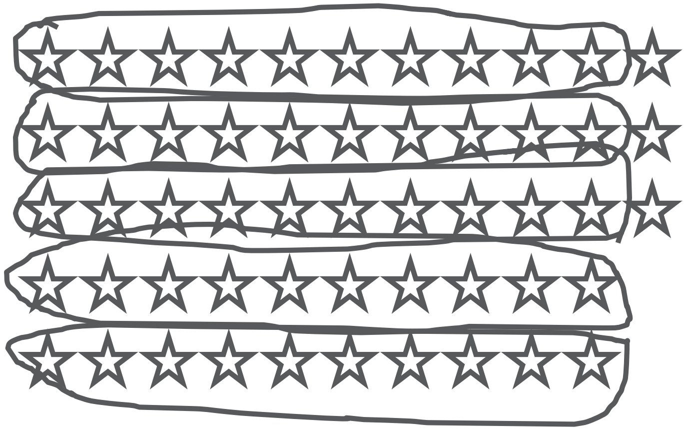
$$V(N) = A_{n-1} \times R^{n-1} + A_{n-2} \times R^{n-2} + \cdots A_{-m} \times R^{-m}$$

$$= \sum_{k=-m}^{n-1} A_k \times R^k$$

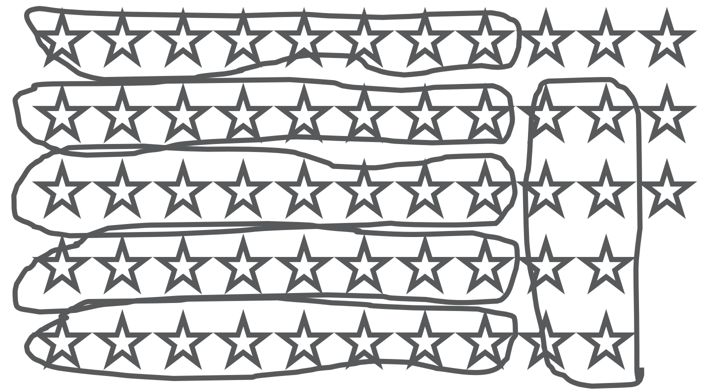
2.3 진법 변환

- 진법 변환
  - R진수 → 10진수 (식 2.3)
  - 10진수 → R진수
- 구성
  - 2.3.1 10진수를 R진수로 변환
  - 2.3.2 2진수, 8진수, 16진수

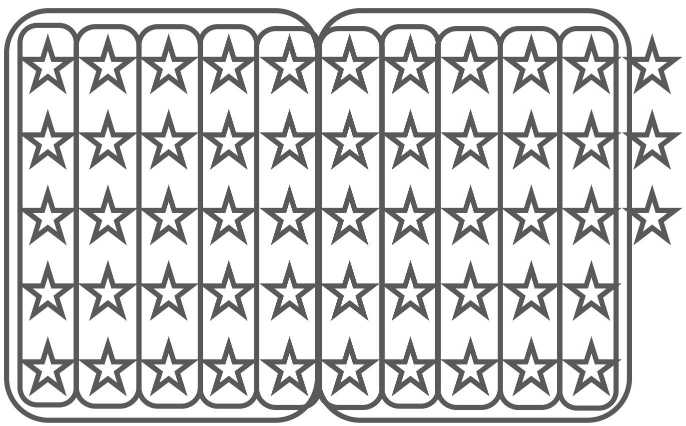
2.3.1 10진수를 R진수로 변환



$(\underline{\qquad\qquad\qquad})_{10}$



$(\underline{\qquad\qquad\qquad})_{8}$



$(\underline{\qquad\qquad\qquad})_{5}$

$(\underline{\qquad\qquad\qquad})_{2}$

- 절대 수는 불변, 진법에 따라 표현이 다름

진법 변환 원리

$$V(N) = A_{n-1} \times 10^{n-1} + A_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots A_0 \times 10^0$$
$$= X_{k-1} \times R^{n-1} + X_{k-2} \times R^{n-2} + \cdots X_0 \times R^0$$

$$V(N)/R = X_{k-1} \times R^{n-2} + X_{k-2} \times R^{n-3} + \cdots X_1 \times R^0 \quad remains \quad X_0$$

- R개씩 묶으면
  - 묶음의 수가 몫이고, 나머지가 1의 자리 숫자이다.
- 10진수를 R로 나누고
  - 몫은 묶음의 수이고, 나머지가 R^0 자리의 숫자이다.

[예제] R진수로 변환

[예제 2-4] 2진수로 몇 개?

☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆
☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆
☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆
☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆
☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆

[예제 2-5] $527_{10} \rightarrow$ 8진수

2.3.2 2진수, 8진수, 16진수

10 진수	2 진수	8 진수	16 진수
0	0000	00	0
1	0001	01	1
2	0010	02	2
3	0011	03	3
4	0100	04	4
5	0101	05	5
6	0110	06	6
7	0111	07	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F

진법 변환

- 2진수 ↔ 8진수: $2^3 = 8$

1100010110010001 ↔ ______________________ ↔ $(142621)_8$
0000110110000010 ↔ ______________________ ↔ $(006602)_8$
0110111000111010 ↔ ______________________ ↔ $(067072)_8$
0100111101111011 ↔ ______________________ ↔ $(047573)_8$

- 2진수 ↔ 16진수: $2^4 = 16$

1100010110010001 ↔ ______________________ ↔ $(C591)_{16}$
0000110110000010 ↔ ______________________ ↔ $(0D82)_{16}$
0110111000111010 ↔ ______________________ ↔ $(6E3A)_{16}$
0100111101111011 ↔ ______________________ ↔ $(4F7B)_{16}$

예제

- [예제 2-6] 진법 변환

(1) $(10110001101011)_2$를 8진수로

(2) $(10110001101011)_2$를 16진수로

(3) $(523)_8$을 2진수로

(4) $(D1AF)_{16}$을 8진수로

2^k

- 2^k
- $2^0 = 1$ $2^1 = 2$ $2^2 = 4$ $2^3 = 8$
- $2^4 = 16$ $2^5 = 32$ $2^6 = 64$ $2^7 = 128$
- $2^8 = 256$ $2^9 = 512$

- 2^{10} =1024=1K 2^{16} = ____________ 2^{19} = ____________
- 2^{20} =1Mega 2^{24} = ____________ 2^{27} = ____________
- 2^{30} =1Giga 2^{32} = ____________ 2^{34} = ____________
- 2^{40} =1Tera 2^{43} = ____________ 2^{47} = ____________

2^k를 이용 10진수 구하기

- [예제 2-7] 10진수 구하기
  - (1) 01001100 = ________________________________
  - (2) 10000011 = ________________________________

- [예제 2-8]
  - 2^{14} = ______ 2^{19} = ______ 2^{25} = ______
  - 2^{28} = ______ 2^{32} = ______ 2^{43} = ______

2.3 진법 변환 요약

- 10진수를 R진수로 변환
  - 나누기 R: 몫과 나머지(R^k자리의 수)
- 2^k 계산
  - 2^{10} = 1K, 2^{20} = 1M, 2^{30} = 1G
- 2진수, 8진수, 16진수
  - 2^3 = 8: 2진수를 3자리씩 읽으면 8진수
  - 2^4 = 16: 2진수를 4자리씩 읽으면 16진수

2.4 코드

- 숫자 이외의 데이터를 2진수로 표현하는 방법
  - 문자 코드
  - 신호, 음성, 영상: AD 변환(샘플링) (생략)

- 구성
  - 2.4.1 인코드와 디코드
  - 2.4.2 이진화 십진코드
  - 2.4.3 문자 코드

2.4.1 인코드와 디코드

- 코드
  - 유한개의 원소로 구성된 집합에 대하여
  - 각 원소를 서로 구별할 수 있도록 각 원소에 부여하는 숫자

- 코드의 종류
  - 고정 길이 코드: 원소에 부여된 2진수의 길이가 같다.
  - 가변 길이 코드: 원소에 부여된 2진수의 길이가 다르다.

- 동작
  - 인코드(encode): 원소 기호 → 코드
  - 디코드(decode): 코드 → 원소 기호

코드 예제

{♠, ◇, ♡, ♣}에 대한 코드

집합의 원소	코드 1	코드 2	코드 3	코드 4
♠	0	1	00	101
◇	10	11	01	111
♡	110	111	10	110
♣	1110	1111	11	000

코드 예:

- 코드 1: ♣♡♠◇♡ → 1110_110_0_10_110 → ♣♡♠◇♡
- 코드 2: ♣♡♠◇♡ → 1111_111_1_11_111 → ???
- 코드 3: ♣♡♠◇♡ → 11_10_00_01_10 → ♣♡♠◇♡
- 코드 4: ♣♡♠◇♡ → 000_110_101_111_110 → ♣♡♠◇♡

고정길이 코드 비트 수

- 집합의 원소 수가 N일 때,
  고정길이 코드의 비트 수는? $\lceil \log_2 N \rceil$

- [예제 2-9] 집합의 원소 수에 대한 고정길이 코드의 최소 비트 수는?

(1) 8개

(2) 10개

(3) 16개

(4) 25개

2.4.2 이진화 십진 코드

- BCD (Binary Coded Decimal)

10 진수 기호	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
8421 BCD 코드	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001
3초과 BCD 코드	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100

- 자보수(self-complementary) 특성
  - 보수: 0을 1로, 1을 0으로 바꾼 수
  - [X + (X의 보수) = 9에 대한 코드] 인 특성

- [예제 2-10] $(1225)_{10}$
  - 8421 BCD 코드: ________________________________
  - 3초과 BCD 코드: ________________________________
- [예제 2-11] 10진수 2에 대한 자보수 특성 확인
  - BCD 코드:
  - 3초과 코드:

2.4.3 문자 코드

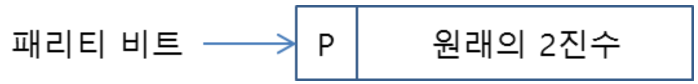
- ASCII(American Standard Code for Information Interchange)

$b_3b_2b_1b_0$	$b_6b_5b_4$							
	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	|
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

- [예제 2-12] “Good Morning!”

____

패리티 비트(parity bit)



- 패리티 비트
  - 데이터가 올바른지 검사하기 위하여 추가하는 비트
  - 짝수 패리티(even parity): 1이 짝수가 되도록 추가하는 비트
  - 홀수 패리티(odd parity): 1이 홀수가 되도록 추가하는 비트
- [예제 2-13] 짝수와 홀수 패리티 구하기
  - A = (아스키 코드) _____________ (짝수) _________ (홀수) _________
  - T = (아스키 코드) _____________ (짝수) _________ (홀수) _________

유니코드(Unicode)

- 유니코드
  - 세계 각국의 언어 표현
  - 국제적으로 통용되는 16비트 문자 체계
  - 1991년에 버전 1.0, 현재 2018년 11.0
- 배치
  - U+0000 ~ U+007F 영역에 영문자 배치
  - 이후 여러 나라 문자
  - 한글은 U+AC00부터 U+D7A3까지 11,172 글자 정의
  - 문서편집기의 문자표에서 유니코드확인 가능

- [예제 2-14]
  - 홍길동: __________ __________ __________

2.4 코드 요약

- 코드
  - 유한 개의 원소로 구성된 집합의 원소에
  - 각 원소를 구별할 수 있도록 부여한 숫자
- 동작
  - 인코드(encode): 원소에 대하여 숫자를 부여하는 과정
  - 디코드(decode): 숫자를 보고 원래의 원소를 찾는 과정
- 자주 사용되는 코드
  - BCD (Binary-Coded Decimal)
  - 문자 코드: 아스키 코드, 유니코드

02. 데이터 표현 요약

- 2.1 디지털 시스템
  - A/D 변환기, D/A 변환기
  - 이진 시스템: 비트(bit), 바이트(byte)
- 2.2 수의 체계
  - 무게 수(weighted code)
  - 진법 변환, 2진수, 8진수, 16진수
- 2.3 코드
  - 인코드/디코드
  - BCD, ASCII

$$V(N) = A_{n-1} \times R^{n-1} + A_{n-2} \times R^{n-2} + \cdots A_{-m} \times R^{-m}$$
$$= \sum_{k=-m}^{n-1} A_k \times R^k$$

- 제3장 논리회로 기초
  - 논리연산 규칙(부울 대수)
  - 논리회로 동작 표현(논리식, 논리회로도, 진가표)
  - 여러 가지 논리 게이트 소개