



# [J02122] 컴퓨터구조

2022년 1학기

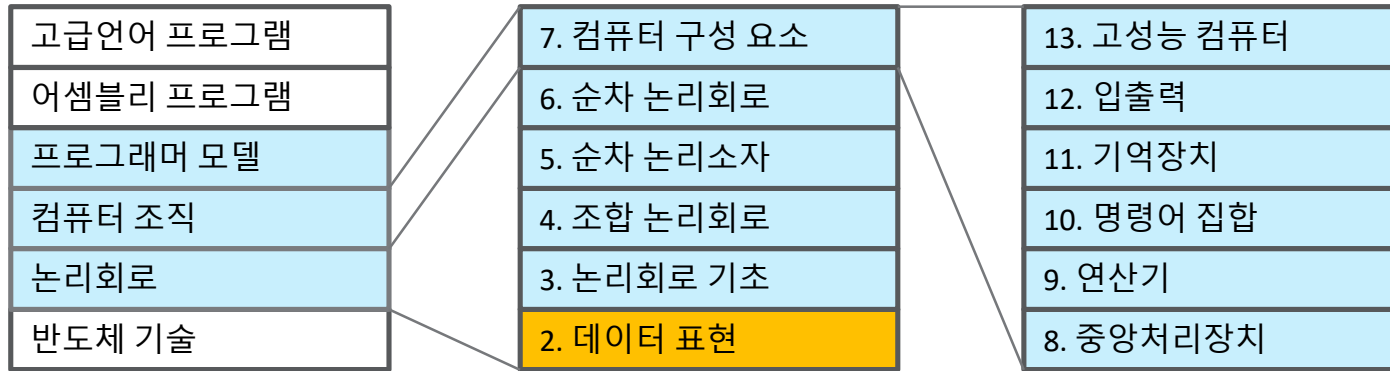
상명대학교 소프트웨어학과 박희민

- 2.1 디지털 시스템
- 2.2 수의 체계
- 2.3 진법 변환
- 2.4 코드
- 2.5 요약

2022-03-02

## CHAP02 데이터 표현

## 2. 데이터 표현

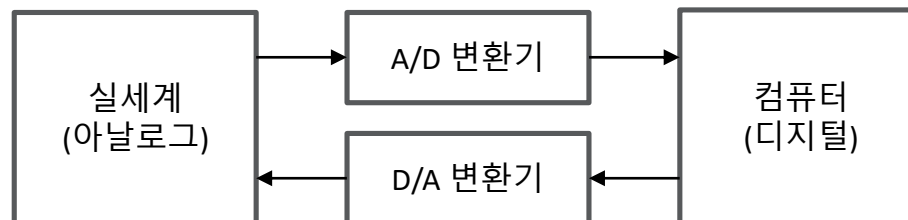


- 학습 목표
  - 수를 표현하는 원리 이해한다.
  - 10진수와 임의의 R진수 간 표현을 변환할 수 있다.
  - 문자를 코드(code)로 표현하는 방법을 이해한다.
- 내용
  - 2.1 디지털 시스템
  - 2.2 수의 체계
  - 2.3 진법 변환
  - 2.4 코드

# 2.1 디지털 시스템

- 디지털 시스템이란?
  - digit + al
  - 불연속 값(discrete value)를 취급(처리, 계산)하는 시스템
  - 컴퓨터는 디지털 시스템의 일종
- 실세계(real-world)는 아날로그(analog)
  - 연속적인 값(continuous value)

- 신호 변환



# 아날로그 & 디지털

- Analog signal
  - 연속(continuous)
  - 실세계에 존재
- Analog system
  - 온라인 상태로 저장 불가
  - 부정확
- Digital signal
  - 불연속(discrete)
  - 숫자로 표현
  - 실세계의 값을 숫자로 변환
- 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:  $(1234.56)_{10} = 1 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 4 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1} + 6 \times 10^{-2}$   
 $= 1000 + 200 + 30 + 4 + 0.5 + 0.06$   
 $= 1234.56$

- 값  $V(N) = A_{n-1} \times 10^{n-1} + A_{n-2} \times 10^{n-2} + \dots + A_{-m} \times 10^{-m}$   
 $= \sum_{k=-m}^{n-1} A_k \times 10^k$

## 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):  $\{0, 1, 2, \dots, R-1\}$

- 값

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

- 예:  $(1A4C)_{16}$

- 기호:  $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F\}$

- 값:  $1 \times 16^3 + 10 \times 16^2 + 4 \times 16^1 + 12 \times 16^0 = 4,096 + 2,560 + 64 + 12 = 6,732$

# [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
- ※  $R^n = 10\dots0$  (0이  $n$ 개)
- 수의 표현 범위
  - 10진수  $n$ 자리:  $0 \sim 10^n - 1 = 0 \sim 9\dots9$  (9가  $n$ 개)
  - $R$ 진수  $n$ 자리:  $0 \sim R^n - 1$

# 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:

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

## 2.3 진법 변환

- 진법 변환

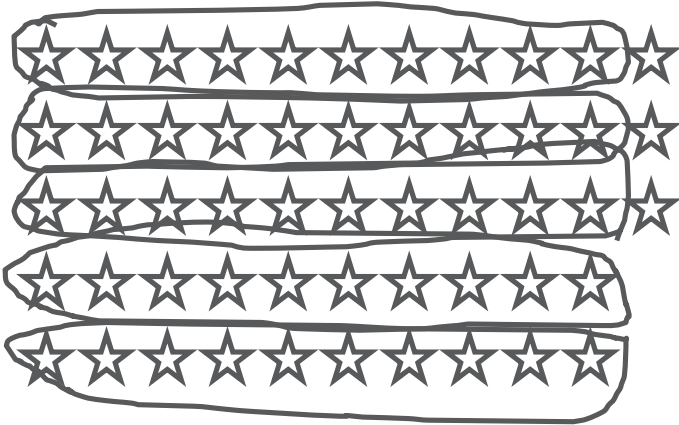
- R진수  $\rightarrow$  10진수
- 10진수  $\rightarrow$  R진수

(식 2.3)

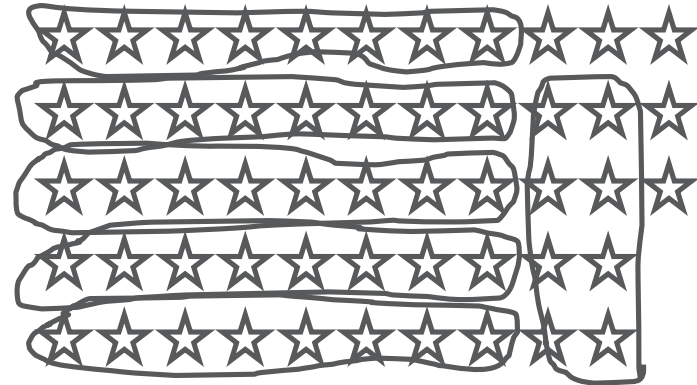
- 구성

- 2.3.1 10진수를 R진수로 변환
- 2.3.2 2진수, 8진수, 16진수

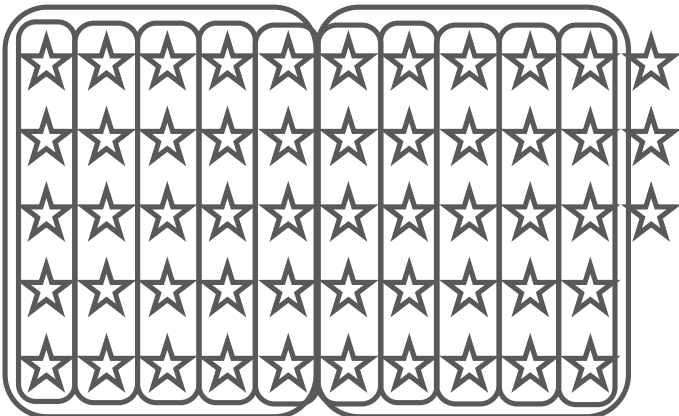
## 2.3.1 10진수를 R진수로 변환



( )<sub>10</sub>



( )<sub>8</sub>



( )<sub>5</sub>



( )<sub>2</sub>

- 절대 수는 불변, 진법에 따라 표현이 다름



# 진법 변환 원리

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

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

- R개씩 묶으면
  - 묶음의 수가 몫이고, 나머지가 1의 자리 숫자이다.
- 10진수를 R로 나누고
  - 몫은 몫의 수이고, 나머지가 R<sup>0</sup> 자리의 숫자이다.

# [예제] R진수로 변환

[예제 2-4] 2진수로 몇 개?



[예제 2-5]  $527_{10} \rightarrow 8$ 진수

## 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  $\leftrightarrow$  8진수:  $2^3 = 8$

1100010110010001	$\leftrightarrow$ _____	$\leftrightarrow (142621)_8$
0000110110000010	$\leftrightarrow$ _____	$\leftrightarrow (006602)_8$
0110111000111010	$\leftrightarrow$ _____	$\leftrightarrow (067072)_8$
0100111101111011	$\leftrightarrow$ _____	$\leftrightarrow (047573)_8$

- 2진수  $\leftrightarrow$  16진수:  $2^4 = 16$

1100010110010001	$\leftrightarrow$ _____	$\leftrightarrow (C591)_{16}$
0000110110000010	$\leftrightarrow$ _____	$\leftrightarrow (0D82)_{16}$
0110111000111010	$\leftrightarrow$ _____	$\leftrightarrow (6E3A)_{16}$
0100111101111011	$\leftrightarrow$ _____	$\leftrightarrow (4F7B)_{16}$

# 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<sup>k</sup>

- $2^k$

- $2^0 = 1$

$2^1 = 2$

$2^2 = 4$

$2^3 = 8$

- $2^4 = 16$

$2^5 = 32$

$2^6 = 64$

$2^7 = 128$

- $2^8 = 256$

$2^9 = 512$

- $2^{10} = 1024 = 1K$

$2^{16} = \underline{\hspace{2cm}}$

$2^{19} = \underline{\hspace{2cm}}$

- $2^{20} = 1\text{Mega}$

$2^{24} = \underline{\hspace{2cm}}$

$2^{27} = \underline{\hspace{2cm}}$

- $2^{30} = 1\text{Giga}$

$2^{32} = \underline{\hspace{2cm}}$

$2^{34} = \underline{\hspace{2cm}}$

- $2^{40} = 1\text{Tera}$

$2^{43} = \underline{\hspace{2cm}}$

$2^{47} = \underline{\hspace{2cm}}$

# $2^k$ 를 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( $R^k$ 자리의 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  $\rightarrow$  코드
  - 디코드(decode): 코드  $\rightarrow$  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  $N$ 일 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): 1의 개수가 되도록 추가하는 비트
  - 홀수 패리티(odd parity): 1의 개수가 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

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

- 2.3 코드

- 인코드/디코드
- BCD, ASCII

- 제3장 논리회로 기초

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