



EDDI

Electronic Design  
Development Institute

---

# 에디로봇아카데미

## 임베디드 마스터 Lv2 과정

제 1기

2021. 12. 17

손표훈

# CONTENTS

- RB트리 삽입 검토
- RB트리 삭제 구현 전략
- 공압 속도계산식

# RB트리 삽입전략

- RB 트리 삽입 검토

- 삽입 TODO 리스트

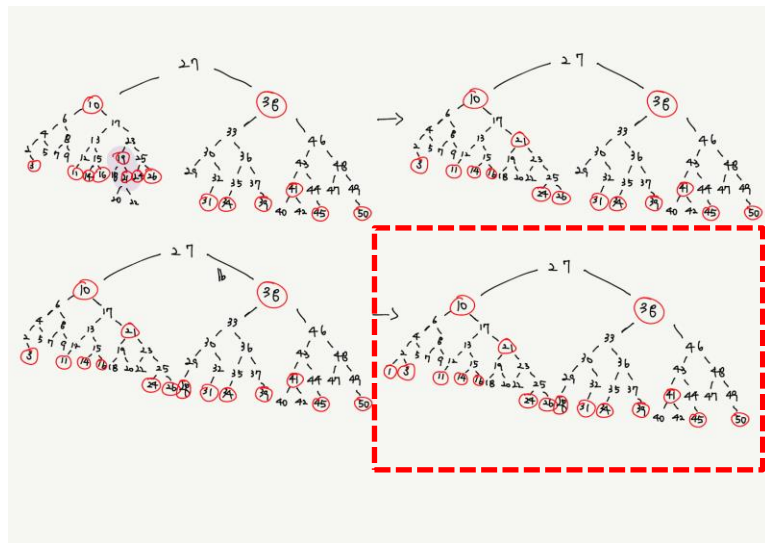
```
/*
/*****TODO*****/
/*
#top_root = main문의 root, root = 자식노드가 red인 노드
#지역변수 : me = 자식노드가 red인 노드, parent = me의 부모, brother = me의 형제, child = me의 자식
1. child 찾기
2. child 또는 parent가 NULL이면 return
3. brother 찾기
4. me와 child가 red인지 확인
    4.1 me와 child가 red가 아니라면 return
    4.2 me와 child가 red라면 balancing 시작
5. 형제노드가 black 또는 NULL인지 red인지 확인
    5.1 형제노드가 black 또는 NULL이면 restruct실행
        5.1.1 me > parent 우측편향
            5.1.1.1 me > child = RL : child를 parent의 우측에 연결한다 -> child를 기준으로 left rotation 실행
            5.1.1.2 me < child = RR : left rotation 실행
            5.1.1.3 me의 parent가 top_root가 아니라면 회전 후 me의 오른쪽 자식 색상을 black으로 변경
        5.1.2 me < parent 좌측편향
            5.1.2.1 me < child = LR : child를 parent의 좌측에 연결한다 -> child를 기준으로 right rotation 실행
            5.1.2.2 me > child = LL : right rotation 실행
            5.1.2.3 me의 parent가 top_root가 아니라면 회전 후 me의 왼쪽 자식 색상을 black으로 변경
        5.1.3 me의 parent가 top_root라면 회전 후 me와 me의 좌우측 색상을 black으로 변경
    5.2 형제노드가 red이면 re-color실행
        5.2.1 parent가 top_root이면 top_root의 좌,우 black으로 변경
        5.2.2 parent가 top_root가 아니면 parent = red, parent 좌우 black
*/
```

# RB트리 삽입전략

## • RB 트리 삽입 검토

- 50개의 데이터 삽입 검토 및 프로그램 결과

```
//int data[] = {6, 48, 17, 47, 13, 49, 50, 25, 27, 29, 46, 33, 19, 5, 44, 10, 32, 30, 23, 26, 15, 12, 38, 20, 18, 24, 4, 2,  
//43, 9, 7, 37, 45, 40, 16, 42, 31, 3, 11, 8, 14, 36, 35, 22, 34, 41, 39, 21, 28, 1};
```



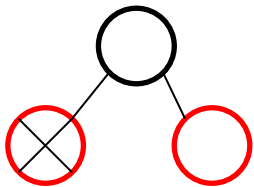
Insert clear!				
data = 1	parent = 2	left = NULL	right = NULL	color = red
data = 2	parent = 4	left = 1	right = 3	color = black
data = 3	parent = 2	left = NULL	right = NULL	color = red
data = 4	parent = 6	left = 2	right = 5	color = black
data = 5	parent = 4	left = NULL	right = NULL	color = black
data = 6	parent = 10	left = 4	right = 8	color = black
data = 7	parent = 8	left = NULL	right = NULL	color = black
data = 8	parent = 6	left = 7	right = 9	color = black
data = 9	parent = 8	left = NULL	right = NULL	color = black
data = 10	parent = 27	left = 6	right = 17	color = red
data = 11	parent = 12	left = NULL	right = NULL	color = red
data = 12	parent = 13	left = 11	right = NULL	color = black
data = 13	parent = 17	left = 12	right = 15	color = black
data = 14	parent = 15	left = NULL	right = NULL	color = red
data = 15	parent = 13	left = 14	right = 16	color = black
data = 16	parent = 15	left = NULL	right = NULL	color = red
data = 17	parent = 10	left = 13	right = 21	color = black
data = 18	parent = 19	left = NULL	right = NULL	color = black
data = 19	parent = 21	left = 18	right = 20	color = black
data = 20	parent = 19	left = NULL	right = NULL	color = black
data = 21	parent = 17	left = 19	right = 23	color = red
data = 22	parent = 23	left = NULL	right = NULL	color = black
data = 23	parent = 21	left = 22	right = 25	color = black
data = 24	parent = 25	left = NULL	right = NULL	color = black
data = 25	parent = 23	left = 24	right = 26	color = black
data = 26	parent = 25	left = NULL	right = NULL	color = red
data = 27	parent = None	left = 10	right = 38	color = black
data = 28	parent = 29	left = NULL	right = NULL	color = red
data = 29	parent = 30	left = 28	right = 32	color = black
data = 30	parent = 33	left = 29	right = 31	color = black
data = 31	parent = 32	left = NULL	right = NULL	color = red
data = 32	parent = 30	left = 31	right = NULL	color = black
data = 33	parent = 38	left = 30	right = 36	color = black
data = 34	parent = 35	left = NULL	right = NULL	color = red
data = 35	parent = 36	left = 34	right = NULL	color = black
data = 36	parent = 33	left = 35	right = 37	color = black
data = 37	parent = 36	left = NULL	right = NULL	color = black
data = 38	parent = 27	left = 33	right = 40	color = red
data = 39	parent = 40	left = NULL	right = NULL	color = red
data = 40	parent = 41	left = 39	right = NULL	color = black
data = 41	parent = 43	left = 40	right = 42	color = red
data = 42	parent = 41	left = NULL	right = NULL	color = black
data = 43	parent = 46	left = 41	right = 44	color = black
data = 44	parent = 43	left = NULL	right = 45	color = black
data = 45	parent = 44	left = NULL	right = NULL	color = red
data = 46	parent = 38	left = 43	right = 48	color = black
data = 47	parent = 48	left = NULL	right = NULL	color = black
data = 48	parent = 46	left = 47	right = 49	color = black
data = 49	parent = 48	left = NULL	right = 50	color = black
data = 50	parent = 49	left = NULL	right = NULL	color = red

# RB트리 삭제 구현 전략

- RB 트리 삭제 조건

- 트리 노드 삭제에서 홀 노드 경우를 제외하고 메모리 해제가 되는 노드는 왼쪽 최대(또는 오른쪽 최소)노드이다
- 왼쪽 최대 또는 오른쪽 최대인 경우 black이면 트리 삽입 규칙상 자식이 1개인 경우는 자식이 red만 존재  
red이면 트리 삽입 규칙상 1개의 자식을 가질 수 없다

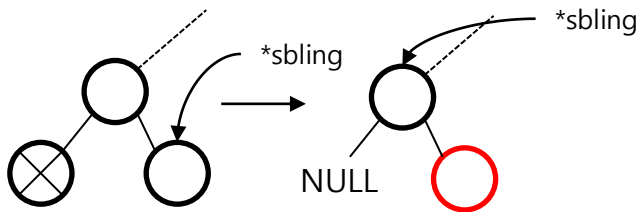
- Case 1 : red 노드가 삭제되는 경우



- ✓ 레드노드의 경우 밸런싱 작업 없이 삭제 가능

# RB트리 삭제 구현 전략

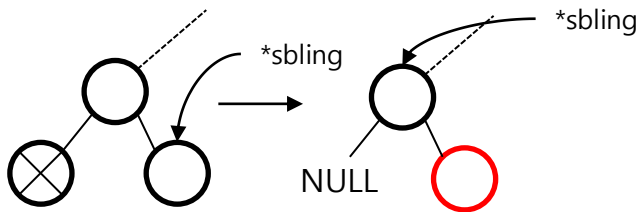
- Case 2 : black 노드 삭제, 형제 = black, 형제의 자식 = NULL or black



- ✓ #1 형제노드의 색을 red로 변경
- ✓ #2 sibling 포인터를 부모 노드로 변경 후 부모의 형제 색상 확인
- ✓ #3 부모의 형제 = black이고 형제의 자식이 NULL 이거나 black 이면 #1 ~ #2 반복
- ✓ #4 부모의 형제가 red이면 삭제된 노드의 반대편과 형제 노드의 black 개수 규칙이 깨졌으므로, 형제노드의 위치(좌, 우)에 따라 형제의 자식과 형제 노드 색상 서로 변경
- ✓ #5 형제노드의 위치(좌, 우)에 따라 좌/우 회전 실행 후 종료
- ✓ #6 만약 #3에서 부모의 형제가 root이면 종료

# RB트리 삭제 구현 전략

- Case 3 : black 노드 삭제, 형제 = black, 형제의 자식 = NULL or black



- ✓ #1 형제노드의 색을 red로 변경
- ✓ #2 sibling 포인터를 부모 노드로 변경 후 부모의 형제 색상 확인
- ✓ #3 부모의 형제 = black이고 형제의 자식이 NULL 이거나 black 이면 #1 ~ #2 반복
- ✓ #4 부모의 형제가 red이면 삭제된 노드의 반대편과 형제 노드의 black 개수 규칙이 깨졌으므로, 형제노드의 위치(좌, 우)에 따라 형제의 자식과 형제 노드 색상 서로 변경 (red노드의 자식은 black만 존재)
- ✓ #5 형제노드의 위치(좌, 우)에 따라 좌/우 회전 실행 후 종료
- ✓ #6 만약 #3에서 부모의 형제가 root이면 종료

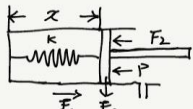
- ✓ #1 형제노드의 색을 red로 변경
- ✓ #2 sibling 포인터를 부모 노드로 변경 후 부모의 형제 색상 확인
- ✓ #3 부모의 형제 = black이고 형제의 자식이 NULL 이거나 black 이면 #1 ~ #2 반복
- ✓ #4 부모가 red로 sibling 포인터가 가리키는 곳을 기준으로 double red 해결
- ✓ #5 double red 해결 후 sibling이 가리키는 곳의 색상을 black으로 변경 후 종료



# 공압 속도 계산식

## • 복동 실린더 속도 계산식

\* 단동실린더의 끝단 압력 계산식



$x$  = 단동실린더 최대 이동거리     $A$  = 파이프 강의 지름 (mm)  
 $k$  = 용수철 상수     $F_1$  = 단동실린더의 탄성력  
 $F_2$  = 피스톤 캡에 작용하는 힘     $G$  = 공력 가속도 ( $m/s^2$ ) =  $9.8 m/s^2$   
 $P$  = 실린더 공급 압력 (Pa)     $F_3$  = 피스톤이 받는 공력  
 $M$  = 피스톤의 무게  
 $-F_1 = F_2$ ,  $F_1 = -kx$  ∴  $F_2$ 는  $kx$  만큼의 힘이 작용해야 한다.

(실린더 캡과 실린더 몸통의 마찰력과 용수철 공간의 공기마찰 무시)

$$\rightarrow F_2 - F_1 + F_3 = 0, F_2 = F_1 - F_3 = P \frac{\pi}{4} A^2 \text{ 이므로 } P = \frac{4(F_1 - F_3)}{\pi A^2}$$

\* 실제 부품 data sheet



■ 사양	Ø4	Ø6
작동 형식	단동	
사용 용재	알루미늄	
보존 내압력	1.05 MPa (10.5kg/cm <sup>2</sup> )	
최고 사용압력	0.7 MPa (7.0kg/cm <sup>2</sup> )	
최저 사용압력	0.3 MPa (3.0kg/cm <sup>2</sup> ) / 0.2 MPa (2.0kg/cm <sup>2</sup> )	
주위 온도 및 사용온도	-10℃ ~ +70℃	
구분	없음	
관경	분할(1/8인치)	
작동 속도	50 ~ 500 mm/s	
단위 사양	K5 2단	
스토포크 (출력)	정수	

→ 실제 부품 사용 압력에 맞춰  
압력 공압원에 압력을 맞춰 주면 된다.

■ 실린더	(단위: g)				
분할 내경 (mm)	5	10	15	20	
Ø4	3.5	4.5	5.5	6.5	
Ø6	15.5	17.5	19.5	-	

■ 스프링 백인력	(단위: N/kgf)	
분할 내경 (mm)	부착시	최대시
Ø4	1.4(0.15)	3.0(0.31)
Ø6	1.4(0.15)	3.0(0.40)

→ 스토포크가 피스톤 단면적은 못하면 해를 예로 (0.005m)

→ 탄성력 = 3.04N 이고, 14 = 9.5공인 때 공력 =  $9.8 m/s^2 \cdot 0.0035 kg = 0.0343N$

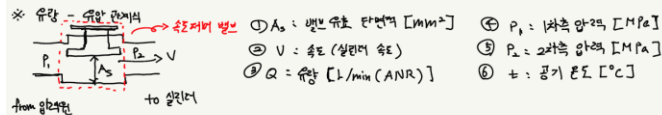
$$P = \frac{4kx}{A^2 \pi} = \frac{4 \cdot (3.04N - 0.0343N)}{(0.005)^2 \cdot \pi} = \frac{12.024}{0.000785} [N/m^2]$$

∴  $A = 6mm$ , 탄성력 3.04N 인 단동실린더는 약 0.15kgf/cm<sup>2</sup>가 필요하다.

압력관련식 정확한 결과인지 미지수...

# 공압 속도 계산식

## • 공압 실린더 속도 계산식



유량 - 유효단면적 관계식

1. 전연식

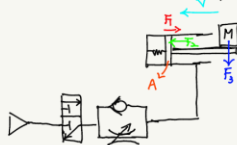
(1)  $\frac{P_1}{P_2} > 0.53$  ( $P_1 < 1.89 P_2$ ) 인 경우

$$Q = 226 A_s \sqrt{P_2 (P_1 - P_2)} \times \sqrt{\frac{273}{273 + t}}$$

2)  $\frac{P_1}{P_2} < 0.53$  ( $P_1 \geq 1.89 P_2$ ) 인 경우

$$Q = 113 A_s P_1 \sqrt{\frac{273}{273 + t}}$$

※ 단용 밸브의 속도 제어 (Normal 압력인 경우)



복동 실린더의 속도 계산식

1. 전연식

$V = 192 \times (A_s / A)$

2. 후연식

$V = 192 \times (A_s / A) \times 2 \times \sqrt{\frac{P}{P_2} - 1}$

\*  $P_c = \frac{M \cdot g}{A}$  : 대기압

①  $V$  : 실린더 평균 속도 [ $\text{m/s}$ ]  
 ②  $P$  : 속도제어 밸브의 2차측 압력  
 ③  $P_c$  : 실린더가 누르는 압력  
 ④  $A$  : 실린더 단면적  
 ⑤  $A_s$  : 밸브의 유로 단면적

※ 실린더 속도 제어를 위한 관계식

1. 전연식

$$V = 192 \times (A_s / A)$$

2. 후연식

$$V = 192 \times (A_s / A) \times 2 \times \sqrt{\frac{P}{P_c} - 1}$$

\*  $P_c = \frac{M \cdot g}{A}$  : 대기압 (g: 중력 가속도)

$P_c = \frac{\text{탄성력} - (\text{중력} + \text{포면 마찰})}{A}$  : 대기압

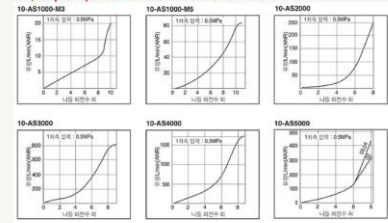
①  $P_1, P_2$  를 압력 센서로 측정

② 온도 : 온도 센서를 이용하여 측정

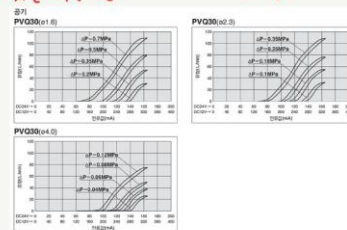
③  $Q$  : 속도제어 밸브의 특성 그래프로 유추

④  $A_s$  : 센서로 부터 측정된 값으로 계산

※ 기계식 (계당 10,000 ~ 40,000)



\* 편자식 (계당 115,000 ~ 300,000)



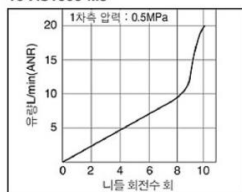
- ✓ 속도를 계산하기 위해 속도제어 밸브의 유효 단면적이 필요함  
유효 단면적은 밸브의 1차 압력과 2차 압력, 온도가 변수로 적용됨  
유량은 속도제어 밸브의 데이터시트에 나타난 특성으로 유추 하여 유효 단면적 산출
- ✓ 바리케이드는 속도가 고정되어 동작하는 것으로 보고 요구 속도를 고정하여 목표 값으로 설정

## 공압 속도 계산식

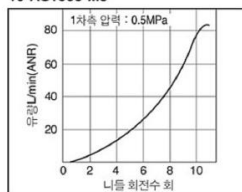
- 공압 실린더 속도 계산식
  - 속도제어 밸브의 기계식, 전자식 구동방식에 따른 유량 그래프

\* 기저식 (개당 10,000 ~ 40,000)

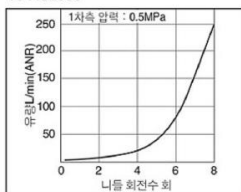
10-AS1000-M3



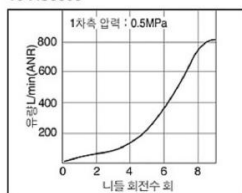
**10-AS1000-M5**



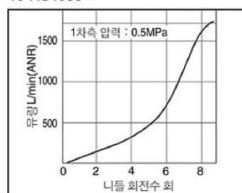
10-AS2000



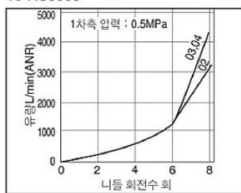
**10-AS3000**



10-AS4000

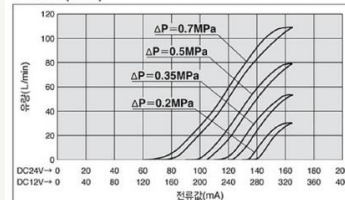


10-AS5000

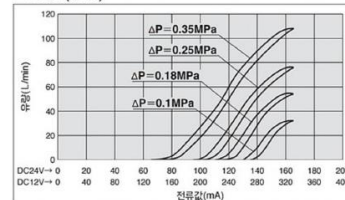


\* 전자식 (계량 115,000 ~ 330,000)

공기  
PVQ30(ø1.6)



**PVQ30(ø2.3)**



**PVQ30(ø4.0)**

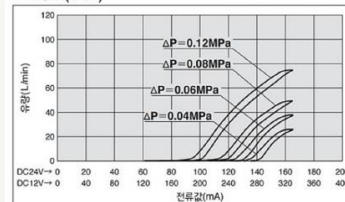


표 1. 2002년 12월 1일 현재 전국 100대 기업별 임원인원 현황

- ✓ 기계식 구동의 경우 저렴(개당 ₩10,000 ~ ₩40,000), 회전수당 유량을 유추할 수 있으나 비선형 특성을 가짐
- ✓ 전자식의 경우 고가(개당 ₩115,000 ~ ₩300,000), 전류당 유량을 유추할 수 있음, 부분적으로 선형성적인 특성을 가짐