

# 알고리즘 설계보고서

학번: 12151362

이름: 김성원

과목명: 알고리즘\_1분반

이메일: sungone95@naver.com

## 1. 개요

### 설계목적

레드블랙트리(red-black tree)를 이용하여 환자들의 정보를 효율적으로 관리할 수 있는 프로그램을 설계한다.

### 요구사항

이 프로그램을 통해 환자 관리를 위한 몇 가지 기능들을 수행하고 기능에 대한 정보를 표준입력으로 입력받은 뒤, 수행한 결과를 표준출력으로 출력하는 프로그램을 구현한다.

### 개발 환경

visual studio에서 c++언어 사용

## 2. 필요한 자료구조 및 기능

### 필요한 자료구조 및 기능

**red-black-tree** - 환자의 정보를 전체적으로 관리하는 큰 트로서의 역할을 하는 자료구조

**node** - 환자 개개인의 정보를 저장하고 이를 red-black-tree에 저장하기 위한 자료구조

**vector** - 모든 node들을 저장하는데 쓰고, 유행병을 조사할때 쓰기위한 자료구조

**pair** - 환자의 (병명,money)의 짝으로 자료를 벡터에 저장하기 위해 짝지어주는 자료구조

## 3. 기능별 알고리즘 명세

### 1) **node class**의 객체 생성

각 노드에서 생성해야 하는 정보가 상수개이고 모든 과정이 상수시간안에 수행가능하므로 상수시간에 1개의 node를 생성하는 과정이 실행가능하다.

따라서 node 1개의 생성과정은  $O(1)$ 에 bound 된다고 할 수 있다.  $\rightarrow O(1)$  time bound

## 2) RED-BLACK-TREE - insert함수

RED-BLACK-TREE에 노드를 입력하는 함수이다. 우선 입력받은 정보를 통해 새로운 노드를 생성한다 ->  $O(1)$  time bound

그 후 RED-BLACK-TREE 해당 노드의 위치를 찾는다. 이 과정에서 RED-BLACK-TREE는 자식노드가 2개인 구조이므로 위치탐색의 단계가 진행될 때마다 탐색해야할 노드의 갯수가 절반씩 줄어든다는 의미이다. 따라서 RED-BLACK-TREE에 있는 노드의 갯수가  $N$ 이라고 할때 탐색과정은  $\log(N)$ (밑이 2인 로그)에 bound 됨을 알 수있다. ->  $O(\log N)$  time bound (밑이 2)

위치를 찾은후, 삽입해야할 노드와 그 부모와의 관계를 설정해줘야 한다. 이는 노드 2개의 포인터만 조정하면 되므로 상수시간에 bound됨을 알 수 있다. ->  $O(1)$  time bound

## 3) RED-BLACK-TREE - find함수

임의의 node형 포인터변수를 선언하고 입력받은 환자번호에 해당하는 노드를 찾는 과정이다.

insert에서 해당 노드의 위치를 찾는 과정과 탐색과정은 구조적으로 동일하므로 RED-BLACK-TREE에 노드의 갯수가  $N$ 개 있다면  $\log(N)$ (밑이 2인 로그)에 bound 됨을 알 수있다.

->  $O(\log N)$  time bound (밑이 2)

#### 4) RED-BLACK-TREE - check함수

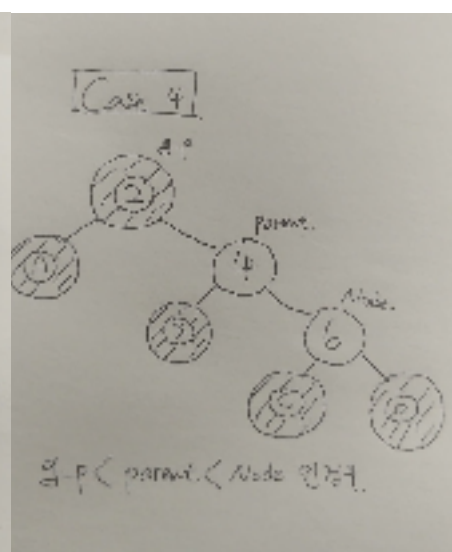
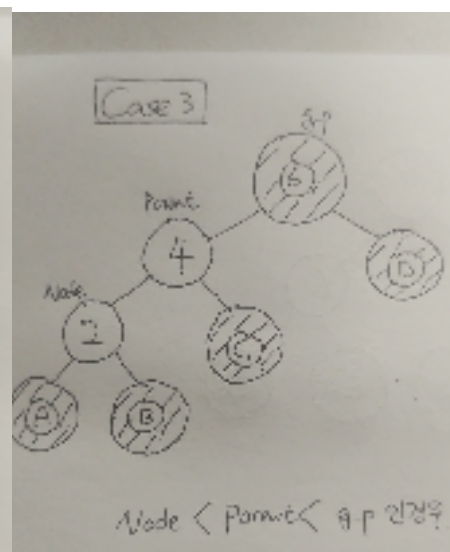
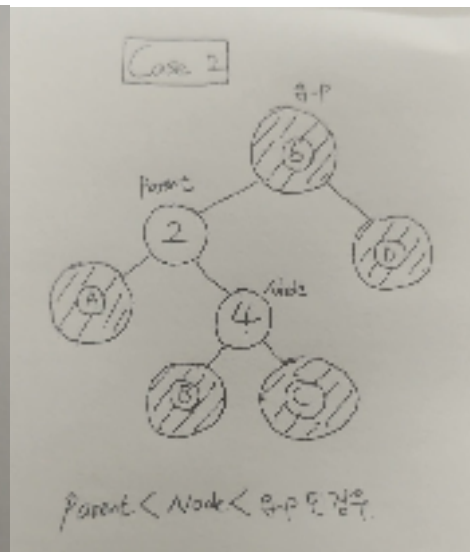
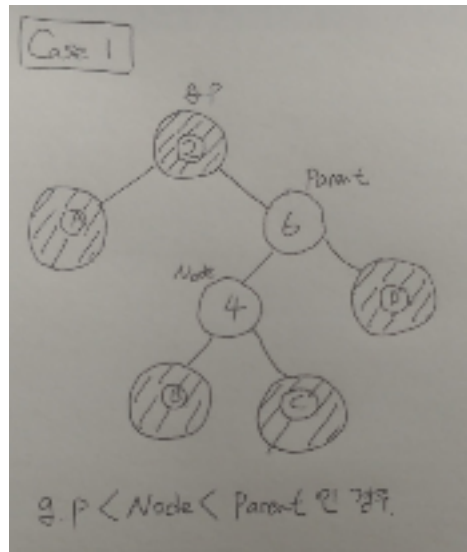
입력받은 유행병의 환자수를 조사할 때 쓰는 함수이고 이는 node의 입력을 받을 때 list벡터에 저장된 노드들을 순차 탐색하는 알고리즘이다. 따라서 벡터에 노드의 갯수 N개가 있다고 할때 이를 순차탐색 하게되면  $O(N)$ 에 bound 됨을 알 수 있다.  $\rightarrow O(N)$  time bound

#### 5) RED-BLACK-TREE - d\_reset함수

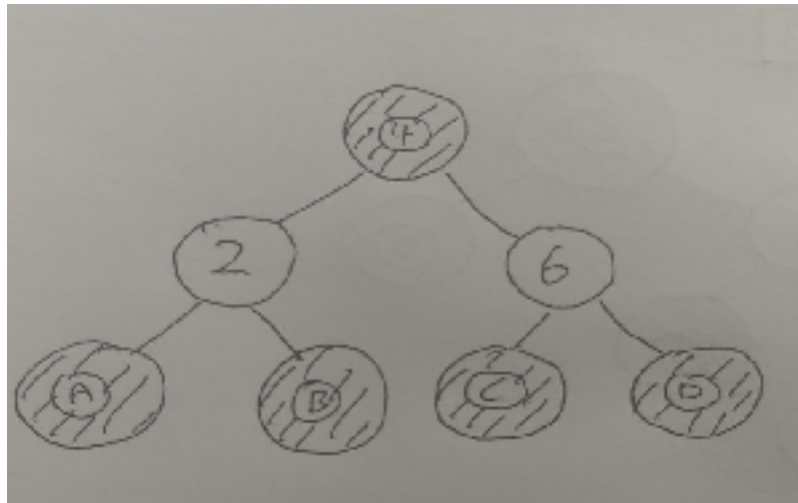
RED-BLACK-TREE 위치를 조정한 후에 해당 subtree 노드의 깊이를 확인후 재조정 하는 함수이다. 이 함수의 경우 n개의 input이 들어올 수 있고 각 경우마다 case5의 경우 최악으로 Tree의 root까지 올라가 d\_reset을 호출 할수 있으므로  $O(n)$ 에 가까운 연산을 수행할 수 있다. 따라서 경우에 따라  $O(n^2)$ 에 가까운 수의 연산을 할 수 있다.

#### 6) RED-BLACK-TREE - st\_change함수

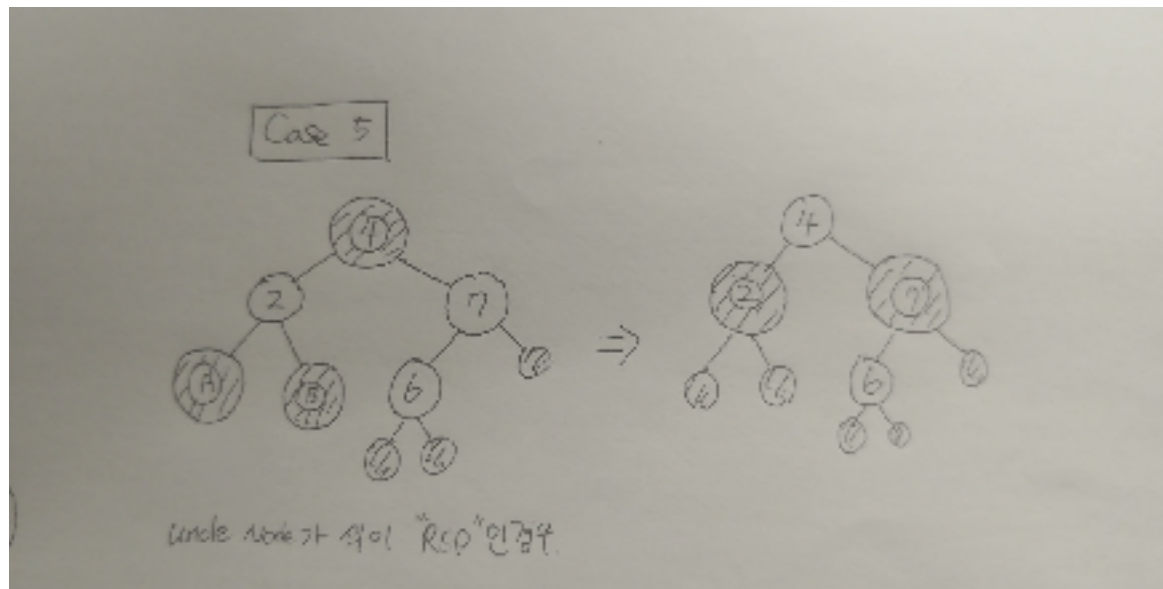
RED-BLACK-TREE에서 부모노드와 새로 insert된 노드가 모두 색깔이 RED일때 경우를 나눠 구조를 재조정해주는 함수이다. case1~case2일 경우에는 상수시간에 수행가능한 subtree만 구조가 변하므로  $O(1)$ 에 bound되지만 case4인 경우 subtree의 root노드가 반복적으로 연속된 RED노드의 색이 나타날수 있으므로 재귀적으로 함수를 호출해야하는 경우가 있을 수 있다. 이 경우에 Tree의 root노드까지 재귀호출을 할 수 있으므로 이런경우  $O(\log n)$ (밑이2)에 bound됨을 알 수 있다.



st\_change 함수를 통해 구조를 바꿔야 하는 case1~ case4까지 예시이며 이 경우들은 모두 Node의 uncle node의 색이 black이다.



구조를 변경한 상태는 모두 이와 같다.



case5는 Node의 uncle node의 색이 red인 경우이며 위 그림과 같이 구조는 변경하지 않고 uncle node, parent node, g\_p node의 색만 각기 변경해주고 g\_p의 노드를 재귀적으로 st\_change함수를 통해 검사해준다.

## 4. 인터페이스 및 사용법

### 1) 간단한 사용법 설명

환자의 정보를 관리하는 시스템으로 처음에 확인할 정보의 갯수N를 입력한후, N만큼의 질문을 한다. 질문의 종류는 **I**(신규가입), **F**(환자검색), **A**(추가진료), **E**(유행병 조사)가 있다.

**I** 입력시 “I K(환자번호) N(이름) H(연락처) Ax(주소좌표) Ay(주소좌표) DI(병명) C(진료비)”와 같이 환자와 관련된 추가정보를 입력해야 하며 이에 따른 출력은 트리에서 “D(트리에서 노드의 깊이) S(승인가능 여부)를 출력한다.”

**F** 입력시 “F K(환자번호)”와 같이 입력후 출력은 찾았을 경우, “D N H Ax Ay”와 같이 나타내고 못 찾았을 경우 “Not found”를 출력한다.

**A** 입력시 “A K DI(병명) C(진료비)”의 형태로 추가정보를 입력하면 입력받은 진료내용을 진료기록에 추가후에 “D(해당 노드의 깊이)” 또는 “Not found”를 출력한다.

**E** 입력시 “E DI”의 형태로 입력 후 지금까지 입력된 환자들의 마지막 병명을 기준으로 집계를 하고 그 수를 출력한다.



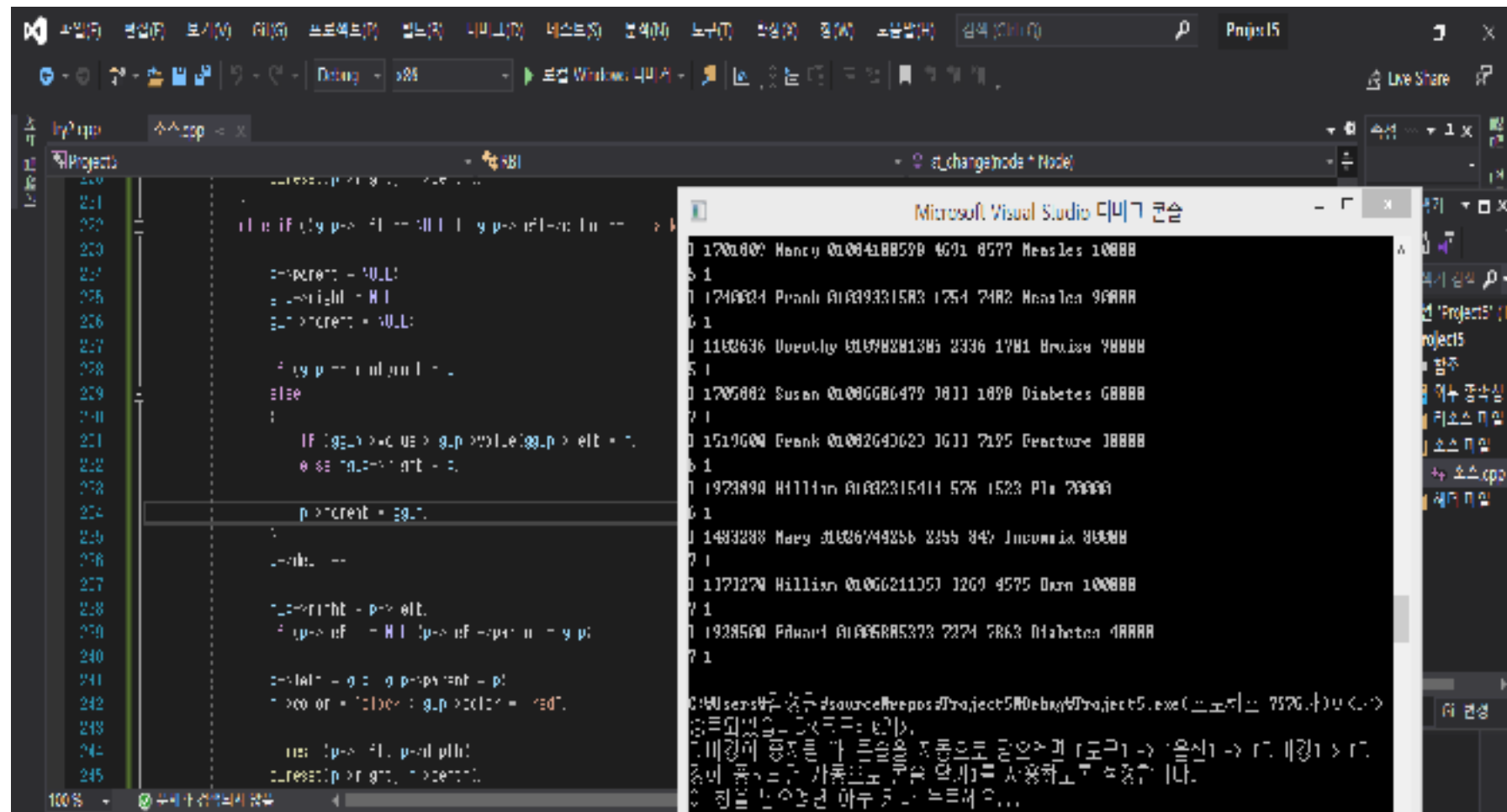
## 2) 실행 화면 캡처 포함 (예시1 input 16개)

The screenshot shows the Microsoft Visual Studio IDE. The main window displays a C++ program named 'try2.cpp'. The code is as follows:

```

1 // ...
2
3 #include <iostream>
4 using namespace std;
5
6 struct Person {
7     string name;
8     int id;
9     int age;
10    int sex;
11    int height;
12    int weight;
13    int fracture;
14 };
15
16 int main() {
17     Person p;
18     string name;
19     int id, age, sex, height, weight, fracture;
20
21     for (int i = 0; i < 16; i++) {
22         if (i % 4 == 0) {
23             cout << "Input " << i << ": ";
24             if (i % 4 == 3) {
25                 cout << "\n";
26             }
27             if (i % 4 != 0) {
28                 continue;
29             }
30             if (i % 4 == 0) {
31                 cout << "id: ";
32             }
33             if (i % 4 == 1) {
34                 cout << "name: ";
35             }
36             if (i % 4 == 2) {
37                 cout << "age: ";
38             }
39             if (i % 4 == 3) {
40                 cout << "sex: ";
41             }
42             if (i % 4 == 0) {
43                 cout << "height: ";
44             }
45             if (i % 4 == 1) {
46                 cout << "weight: ";
47             }
48             if (i % 4 == 2) {
49                 cout << "fracture: ";
50             }
51             if (i % 4 == 3) {
52                 cout << "\n";
53             }
54             if (i % 4 != 0) {
55                 continue;
56             }
57             if (i % 4 == 0) {
58                 cout << "id: ";
59             }
60             if (i % 4 == 1) {
61                 cout << "name: ";
62             }
63             if (i % 4 == 2) {
64                 cout << "age: ";
65             }
66             if (i % 4 == 3) {
67                 cout << "sex: ";
68             }
69             if (i % 4 == 0) {
70                 cout << "height: ";
71             }
72             if (i % 4 == 1) {
73                 cout << "weight: ";
74             }
75             if (i % 4 == 2) {
76                 cout << "fracture: ";
77             }
78             if (i % 4 == 3) {
79                 cout << "\n";
80             }
81             if (i % 4 != 0) {
82                 continue;
83             }
84             if (i % 4 == 0) {
85                 cout << "id: ";
86             }
87             if (i % 4 == 1) {
88                 cout << "name: ";
89             }
90             if (i % 4 == 2) {
91                 cout << "age: ";
92             }
93             if (i % 4 == 3) {
94                 cout << "sex: ";
95             }
96             if (i % 4 == 0) {
97                 cout << "height: ";
98             }
99             if (i % 4 == 1) {
100                cout << "weight: ";
101            }
102            if (i % 4 == 2) {
103                cout << "fracture: ";
104            }
105            if (i % 4 == 3) {
106                cout << "\n";
107            }
108            if (i % 4 != 0) {
109                continue;
110            }
111            if (i % 4 == 0) {
112                cout << "id: ";
113            }
114            if (i % 4 == 1) {
115                cout << "name: ";
116            }
117            if (i % 4 == 2) {
118                cout << "age: ";
119            }
120            if (i % 4 == 3) {
121                cout << "sex: ";
122            }
123            if (i % 4 == 0) {
124                cout << "height: ";
125            }
126            if (i % 4 == 1) {
127                cout << "weight: ";
128            }
129            if (i % 4 == 2) {
130                cout << "fracture: ";
131            }
132            if (i % 4 == 3) {
133                cout << "\n";
134            }
135            if (i % 4 != 0) {
136                continue;
137            }
138            if (i % 4 == 0) {
139                cout << "id: ";
140            }
141            if (i % 4 == 1) {
142                cout << "name: ";
143            }
144            if (i % 4 == 2) {
145                cout << "age: ";
146            }
147            if (i % 4 == 3) {
148                cout << "sex: ";
149            }
150            if (i % 4 == 0) {
151                cout << "height: ";
152            }
153            if (i % 4 == 1) {
154                cout << "weight: ";
155            }
156            if (i % 4 == 2) {
157                cout << "fracture: ";
158            }
159            if (i % 4 == 3) {
160                cout << "\n";
161            }
162            if (i % 4 != 0) {
163                continue;
164            }
165            if (i % 4 == 0) {
166                cout << "id: ";
167            }
168            if (i % 4 == 1) {
169                cout << "name: ";
170            }
171            if (i % 4 == 2) {
172                cout << "age: ";
173            }
174            if (i % 4 == 3) {
175                cout << "sex: ";
176            }
177            if (i % 4 == 0) {
178                cout << "height: ";
179            }
180            if (i % 4 == 1) {
181                cout << "weight: ";
182            }
183            if (i % 4 == 2) {
184                cout << "fracture: ";
185            }
186            if (i % 4 == 3) {
187                cout << "\n";
188            }
189            if (i % 4 != 0) {
190                continue;
191            }
192            if (i % 4 == 0) {
193                cout << "id: ";
194            }
195            if (i % 4 == 1) {
196                cout << "name: ";
197            }
198            if (i % 4 == 2) {
199                cout << "age: ";
200            }
201            if (i % 4 == 3) {
202                cout << "sex: ";
203            }
204            if (i % 4 == 0) {
205                cout << "height: ";
206            }
207            if (i % 4 == 1) {
208                cout << "weight: ";
209            }
210            if (i % 4 == 2) {
211                cout << "fracture: ";
212            }
213            if (i % 4 == 3) {
214                cout << "\n";
215            }
216            if (i % 4 != 0) {
217                continue;
218            }
219            if (i % 4 == 0) {
220                cout << "id: ";
221            }
222            if (i % 4 == 1) {
223                cout << "name: ";
224            }
225            if (i % 4 == 2) {
226                cout << "age: ";
227            }
228            if (i % 4 == 3) {
229                cout << "sex: ";
230            }
231            if (i % 4 == 0) {
232                cout << "height: ";
233            }
234            if (i % 4 == 1) {
235                cout << "weight: ";
236            }
237            if (i % 4 == 2) {
238                cout << "fracture: ";
239            }
240            if (i % 4 == 3) {
241                cout << "\n";
242            }
243            if (i % 4 != 0) {
244                continue;
245            }
246            if (i % 4 == 0) {
247                cout << "id: ";
248            }
249            if (i % 4 == 1) {
250                cout << "name: ";
251            }
252            if (i % 4 == 2) {
253                cout << "age: ";
254            }
255            if (i % 4 == 3) {
256                cout << "sex: ";
257            }
258            if (i % 4 == 0) {
259                cout << "height: ";
260            }
261            if (i % 4 == 1) {
262                cout << "weight: ";
263            }
264            if (i % 4 == 2) {
265                cout << "fracture: ";
266            }
267            if (i % 4 == 3) {
268                cout << "\n";
269            }
270            if (i % 4 != 0) {
271                continue;
272            }
273            if (i % 4 == 0) {
274                cout << "id: ";
275            }
276            if (i % 4 == 1) {
277                cout << "name: ";
278            }
279            if (i % 4 == 2) {
280                cout << "age: ";
281            }
282            if (i % 4 == 3) {
283                cout << "sex: ";
284            }
285            if (i % 4 == 0) {
286                cout << "height: ";
287            }
288            if (i % 4 == 1) {
289                cout << "weight: ";
290            }
291            if (i % 4 == 2) {
292                cout << "fracture: ";
293            }
294            if (i % 4 == 3) {
295                cout << "\n";
296            }
297            if (i % 4 != 0) {
298                continue;
299            }
300            if (i % 4 == 0) {
301                cout << "id: ";
302            }
303            if (i % 4 == 1) {
304                cout << "name: ";
305            }
306            if (i % 4 == 2) {
307                cout << "age: ";
308            }
309            if (i % 4 == 3) {
310                cout << "sex: ";
311            }
312            if (i % 4 == 0) {
313                cout << "height: ";
314            }
315            if (i % 4 == 1) {
316                cout << "weight: ";
317            }
318            if (i % 4 == 2) {
319                cout << "fracture: ";
320            }
321            if (i % 4 == 3) {
322                cout << "\n";
323            }
324            if (i % 4 != 0) {
325                continue;
326            }
327            if (i % 4 == 0) {
328                cout << "id: ";
329            }
330            if (i % 4 == 1) {
331                cout << "name: ";
332            }
333            if (i % 4 == 2) {
334                cout << "age: ";
335            }
336            if (i % 4 == 3) {
337                cout << "sex: ";
338            }
339            if (i % 4 == 0) {
340                cout << "height: ";
341            }
342            if (i % 4 == 1) {
343                cout << "weight: ";
344            }
345            if (i % 4 == 2) {
346                cout << "fracture: ";
347            }
348            if (i % 4 == 3) {
349                cout << "\n";
350            }
351            if (i % 4 != 0) {
352                continue;
353            }
354            if (i % 4 == 0) {
355                cout << "id: ";
356            }
357            if (i % 4 == 1) {
358                cout << "name: ";
359            }
360            if (i % 4 == 2) {
361                cout << "age: ";
362            }
363            if (i % 4 == 3) {
364                cout << "sex: ";
365            }
366            if (i % 4 == 0) {
367                cout << "height: ";
368            }
369            if (i % 4 == 1) {
370                cout << "weight: ";
371            }
372            if (i % 4 == 2) {
373                cout << "fracture: ";
374            }
375            if (i % 4 == 3) {
376                cout << "\n";
377            }
378            if (i % 4 != 0) {
379                continue;
380            }
381            if (i % 4 == 0) {
382                cout << "id: ";
383            }
384            if (i % 4 == 1) {
385                cout << "name: ";
386            }
387            if (i % 4 == 2) {
388                cout << "age: ";
389            }
390            if (i % 4 == 3) {
391                cout << "sex: ";
392            }
393            if (i % 4 == 0) {
394                cout << "height: ";
395            }
396            if (i % 4 == 1) {
397                cout << "weight: ";
398            }
399            if (i % 4 == 2) {
400                cout << "fracture: ";
401            }
402            if (i % 4 == 3) {
403                cout << "\n";
404            }
405            if (i % 4 != 0) {
406                continue;
407            }
408            if (i % 4 == 0) {
409                cout << "id: ";
410            }
411            if (i % 4 == 1) {
412                cout << "name: ";
413            }
414            if (i % 4 == 2) {
415                cout << "age: ";
416            }
417            if (i % 4 == 3) {
418                cout << "sex: ";
419            }
420            if (i % 4 == 0) {
421                cout << "height: ";
422            }
423            if (i % 4 == 1) {
424                cout << "weight: ";
425            }
426            if (i % 4 == 2) {
427                cout << "fracture: ";
428            }
429            if (i % 4 == 3) {
430                cout << "\n";
431            }
432            if (i % 4 != 0) {
433                continue;
434            }
435            if (i % 4 == 0) {
436                cout << "id: ";
437            }
438            if (i % 4 == 1) {
439                cout << "name: ";
440            }
441            if (i % 4 == 2) {
442                cout << "age: ";
443            }
444            if (i % 4 == 3) {
445                cout << "sex: ";
446            }
447            if (i % 4 == 0) {
448                cout << "height: ";
449            }
450            if (i % 4 == 1) {
451                cout << "weight: ";
452            }
453            if (i % 4 == 2) {
454                cout << "fracture: ";
455            }
456            if (i % 4 == 3) {
457                cout << "\n";
458            }
459            if (i % 4 != 0) {
460                continue;
461            }
462            if (i % 4 == 0) {
463                cout << "id: ";
464            }
465            if (i % 4 == 1) {
466                cout << "name: ";
467            }
468            if (i % 4 == 2) {
469                cout << "age: ";
470            }
471            if (i % 4 == 3) {
472                cout << "sex: ";
473            }
474            if (i % 4 == 0) {
475                cout << "height: ";
476            }
477            if (i % 4 == 1) {
478                cout << "weight: ";
479            }
480            if (i % 4 == 2) {
481                cout << "fracture: ";
482            }
483            if (i % 4 == 3) {
484                cout << "\n";
485            }
486            if (i % 4 != 0) {
487                continue;
488            }
489            if (i % 4 == 0) {
490                cout << "id: ";
491            }
492            if (i % 4 == 1) {
493                cout << "name: ";
494            }
495            if (i % 4 == 2) {
496                cout << "age: ";
497            }
498            if (i % 4 == 3) {
499                cout << "sex: ";
500            }
501            if (i % 4 == 0) {
502                cout << "height: ";
503            }
504            if (i % 4 == 1) {
505                cout << "weight: ";
506            }
507            if (i % 4 == 2) {
508                cout << "fracture: ";
509            }
510            if (i % 4 == 3) {
511                cout << "\n";
512            }
513            if (i % 4 != 0) {
514                continue;
515            }
516            if (i % 4 == 0) {
517                cout << "id: ";
518            }
519            if (i % 4 == 1) {
520                cout << "name: ";
521            }
522            if (i % 4 == 2) {
523                cout << "age: ";
524            }
525            if (i % 4 == 3) {
526                cout << "sex: ";
527            }
528            if (i % 4 == 0) {
529                cout << "height: ";
530            }
531            if (i % 4 == 1) {
532                cout << "weight: ";
533            }
534            if (i % 4 == 2) {
535                cout << "fracture: ";
536            }
537            if (i % 4 == 3) {
538                cout << "\n";
539            }
540            if (i % 4 != 0) {
541                continue;
542            }
543            if (i % 4 == 0) {
544                cout << "id: ";
545            }
546            if (i % 4 == 1) {
547                cout << "name: ";
548            }
549            if (i % 4 == 2) {
550                cout << "age: ";
551            }
552            if (i % 4 == 3) {
553                cout << "sex: ";
554            }
555            if (i % 4 == 0) {
556                cout << "height: ";
557            }
558            if (i % 4 == 1) {
559                cout << "weight: ";
560            }
561            if (i % 4 == 2) {
562                cout << "fracture: ";
563            }
564            if (i % 4 == 3) {
565                cout << "\n";
566            }
567            if (i % 4 != 0) {
568                continue;
569            }
570            if (i % 4 == 0) {
571                cout << "id: ";
572            }
573            if (i % 4 == 1) {
574                cout << "name: ";
575            }
576            if (i % 4 == 2) {
577                cout << "age: ";
578            }
579            if (i % 4 == 3) {
580                cout << "sex: ";
581            }
582            if (i % 4 == 0) {
583                cout << "height: ";
584            }
585            if (i % 4 == 1) {
586                cout << "weight: ";
587            }
588            if (i % 4 == 2) {
589                cout << "fracture: ";
590            }
591            if (i % 4 == 3) {
592                cout << "\n";
593            }
594            if (i % 4 != 0) {
595                continue;
596            }
597            if (i % 4 == 0) {
598                cout << "id: ";
599            }
600            if (i % 4 == 1) {
601                cout << "name: ";
602            }
603            if (i % 4 == 2) {
604                cout << "age: ";
605            }
606            if (i % 4 == 3) {
607                cout << "sex: ";
608            }
609            if (i % 4 == 0) {
610                cout << "height: ";
611            }
612            if (i % 4 == 1) {
613                cout << "weight: ";
614            }
615            if (i % 4 == 2) {
616                cout << "fracture: ";
617            }
618            if (i % 4 == 3) {
619                cout << "\n";
620            }
621            if (i % 4 != 0) {
622                continue;
623            }
624            if (i % 4 == 0) {
625                cout << "id: ";
626            }
627            if (i % 4 == 1) {
628                cout << "name: ";
629            }
630            if (i % 4 == 2) {
631                cout << "age: ";
632            }
633            if (i % 4 == 3) {
634                cout << "sex: ";
635            }
636            if (i % 4 == 0) {
637                cout << "height: ";
638            }
639            if (i % 4 == 1) {
640                cout << "weight: ";
641            }
642            if (i % 4 == 2) {
643                cout << "fracture: ";
644            }
645            if (i % 4 == 3) {
646                cout << "\n";
647            }
648            if (i % 4 != 0) {
649                continue;
650            }
651            if (i % 4 == 0) {
652                cout << "id: ";
653            }
654            if (i % 4 == 1) {
655                cout << "name: ";
656            }
657            if (i % 4 == 2) {
658                cout << "age: ";
659            }
660            if (i % 4 == 3) {
661                cout << "sex: ";
662            }
663            if (i % 4 == 0) {
664                cout << "height: ";
665            }
666            if (i % 4 == 1) {
667                cout << "weight: ";
668            }
669            if (i % 4 == 2) {
670                cout << "fracture: ";
671            }
672            if (i % 4 == 3) {
673                cout << "\n";
674            }
675            if (i % 4 != 0) {
676                continue;
677            }
678            if (i % 4 == 0) {
679                cout << "id: ";
680            }
681            if (i % 4 == 1) {
682                cout << "name: ";
683            }
684            if (i % 4 == 2) {
685                cout << "age: ";
686            }
687            if (i % 4 == 3) {
688                cout << "sex: ";
689            }
690            if (i % 4 == 0) {
691                cout << "height: ";
692            }
693            if (i % 4 == 1) {
694                cout << "weight: ";
695            }
696            if (i % 4 == 2) {
697                cout << "fracture: ";
698            }
699            if (i % 4 == 3) {
700                cout << "\n";
701            }
702            if (i % 4 != 0) {
703                continue;
704            }
705            if (i % 4 == 0) {
706                cout << "id: ";
707            }
708            if (i % 4 == 1) {
709                cout << "name: ";
710            }
711            if (i % 4 == 2) {
712                cout << "age: ";
713            }
714            if (i % 4 == 3) {
715                cout << "sex: ";
716            }
717            if (i % 4 == 0) {
718                cout << "height: ";
719            }
720            if (i % 4 == 1) {
721                cout << "weight: ";
722            }
723            if (i % 4 == 2) {
724                cout << "fracture: ";
725            }
726            if (i % 4 == 3) {
727                cout << "\n";
728            }
729            if (i % 4 != 0) {
730                continue;
731            }
732            if (i % 4 == 0) {
733                cout << "id: ";
734            }
735            if (i % 4 == 1) {
736                cout << "name: ";
737            }
738            if (i % 4 == 2) {
739                cout << "age: ";
740            }
741            if (i % 4 == 3) {
742                cout << "sex: ";
743            }
744            if (i % 4 == 0) {
745                cout << "height: ";
746            }
747            if (i % 4 == 1) {
748                cout << "weight: ";
749            }
750            if (i % 4 == 2) {
751                cout << "fracture: ";
752            }
753            if (i % 4 == 3) {
754                cout << "\n";
755            }
756            if (i % 4 != 0) {
757                continue;
758            }
759            if (i % 4 == 0) {
760                cout << "id: ";
761            }
762            if (i % 4 == 1) {
763                cout << "name: ";
764            }
765            if (i % 4 == 2) {
766                cout << "age: ";
767            }
768            if (i % 4 == 3) {
769                cout << "sex: ";
770            }
771            if (i % 4 == 0) {
772                cout << "height: ";
773            }
774            if (i % 4 == 1) {
775                cout << "weight: ";
776            }
777            if (i % 4 == 2) {
778                cout << "fracture: ";
779            }
780            if (i % 4 == 3) {
781                cout << "\n";
782            }
783            if (i % 4 != 0) {
784                continue;
785            }
786            if (i % 4 == 0) {
787                cout << "id: ";
788            }
789            if (i % 4 == 1) {
790                cout << "name: ";
791            }
792            if (i % 4 == 2) {
793                cout << "age: ";
794            }
795            if (i % 4 == 3) {
796                cout << "sex: ";
797            }
798            if (i % 4 == 0) {
799                cout << "height: ";
800            }
801            if (i % 4 == 1) {
802                cout << "weight: ";
803            }
804            if (i % 4 == 2) {
805                cout << "fracture: ";
806            }
807            if (i % 4 == 3) {
808                cout << "\n";
809            }
810            if (i % 4 != 0) {
811                continue;
812            }
813            if (i % 4 == 0) {
814                cout << "id: ";
815            }
816            if (i % 4 == 1) {
817                cout << "name: ";
818            }
819            if (i % 4 == 2) {
820                cout << "age: ";
821            }
822            if (i % 4 == 3) {
823                cout << "sex: ";
824            }
825            if (i % 4 == 0) {
826                cout << "height: ";
827            }
828            if (i % 4 == 1) {
829                cout << "weight: ";
830            }
831            if (i % 4 == 2) {
832                cout << "fracture: ";
833            }
834            if (i % 4 == 3) {
835                cout << "\n";
836            }
837            if (i % 4 != 0) {
838                continue;
839            }
840            if (i % 4 == 0) {
841                cout << "id: ";
842            }
843            if (i % 4 == 1) {
844                cout << "name: ";
845            }
846            if (i % 4 == 2) {
847                cout << "age: ";
848            }
849            if (i % 4 == 3) {
850                cout << "sex: ";
851            }
852            if (i % 4 == 0) {
853                cout << "height: ";
854            }
855            if (i % 4 == 1) {
856                cout << "weight: ";
857            }
858            if (i % 4 == 2) {
859                cout << "fracture: ";
860            }
861            if (i % 4 == 3) {
862                cout << "\n";
863            }
864            if (i % 4 != 0) {
865                continue;
866            }
867            if (i % 4 == 0) {
868                cout << "id: ";
869            }
870            if (i % 4 == 1) {
871                cout << "name: ";
872            }
873            if (i % 4 == 2) {
874                cout << "age: ";
875            }
876            if (i % 4 == 3) {
877                cout << "sex: ";
878            }
879            if (i % 4 == 0) {
880                cout << "height: ";
881            }
882            if (i % 4 == 1) {
883                cout << "weight: ";
884            }
885            if (i % 4 == 2) {
886                cout << "fracture: ";
887            }
888            if (i % 4 == 3) {
889                cout << "\n";
890            }
891            if (i % 4 != 0) {
892                continue;
893            }
894            if (i % 4 == 0) {
895                cout << "id: ";
896            }
897            if (i % 4 == 1) {
898                cout << "name: ";
899            }
900            if (i % 4 == 2) {
901                cout << "age: ";
902            }
903            if (i % 4 == 3) {
904                cout << "sex: ";
905            }
906            if (i % 4 == 0) {
907                cout << "height: ";
908            }
909            if (i % 4 == 1) {
910                cout << "weight: ";
911            }
912            if (i % 4 == 2) {
913                cout << "fracture: ";
914            }
915            if (i % 4 == 3) {
916                cout << "\n";
917            }
918            if (i % 4 != 0) {
919                continue;
920            }
921            if (i % 4 == 0) {
922                cout << "id: ";
923            }
924            if (i % 4 == 1) {
925                cout << "name: ";
926            }
927            if (i % 4 == 2) {
928                cout << "age: ";
929            }
930            if (i % 4 == 3) {
931                cout << "sex: ";
932            }
933            if (i % 4 == 0) {
934                cout << "height: ";
935            }
936            if (i % 4 == 1) {
937                cout << "weight: ";
938            }
939            if (i % 4 == 2) {
940                cout << "fracture: ";
941            }
942            if (i % 4 == 3) {
943                cout << "\n";
944            }
945            if (i % 4 != 0) {
946                continue;
947            }
948            if (i % 4 == 0) {
949                cout << "id: ";
950            }
951            if (i % 4 == 1) {
952                cout << "name: ";
953            }
954            if (i % 4 == 2) {
955                cout << "age: ";
956            }
957            if (i % 4 == 3) {
958                cout << "sex: ";
959            }
960            if (i % 4 == 0) {
961                cout << "height: ";
962            }
963            if (i % 4 == 1) {
964                cout << "weight: ";
965            }
966            if (i % 4 == 2) {
967                cout << "fracture: ";
968            }
969            if (i % 4 == 3) {
970                cout << "\n";
971            }
972            if (i % 4 != 0) {
973                continue;
974            }
975            if (i % 4 == 0) {
976                cout << "id: ";
977            }
978            if (i % 4 == 1) {
979                cout << "name: ";
980            }
981            if (i % 4 == 2) {
982                cout << "age: ";
983            }
984            if (i % 4 == 3) {
985                cout << "sex: ";
986            }
987            if (i % 4 == 0) {
988                cout << "height: ";
989            }
990            if (i % 4 == 1) {
991                cout << "weight: ";
992            }
993            if (i % 4 == 2) {
994                cout << "fracture: ";
995            }
996            if (i % 4 == 3) {
997                cout << "\n";
998            }
999            if (i % 4 != 0) {
1000                continue;
1001            }
1002            if (i % 4 == 0) {
1003                cout << "id: ";
1004            }
1005            if (i % 4 == 1) {
1006                cout << "name: ";
1007            }
1008            if (i % 4 == 2) {
1009                cout << "age: ";
1010            }
1011            if (i % 4 == 3) {
1012                cout << "sex: ";
1013            }
1014            if (i % 4 == 0) {
1015                cout << "height: ";
1016            }
1017            if (i % 4 == 1) {
1018                cout << "weight: ";
1019            }
1020            if (i % 4 == 2) {
1021                cout << "fracture: ";
1022            }
1023            if (i % 4 == 3) {
1024                cout << "\n";
1025            }
1026            if (i
```

(예시|2 input 100개)



## 5. 평가 및 개선 방향

### - 구현한 알고리즘의 장점

레드 블랙 트리는 이진트리의 구조를 기본으로 하며 각 노드별로 색(BLACK or RED)의 속성을 추가함으로서 전체적으로 균형있게 만들어진 트리이다. 노드별 색을 통해 트리의 균형(balance)을 조정하기 때문에 input의 개수  $n$ 이 아무리 많아도 입력, 탐색, 삭제의 과정이  $\log n$ (밑이 2)의 시간으로 수행이 가능하다. 따라서 input의 갯수가 많은 실생활의 적용에 매우 효율적이다.

### - 구현한 알고리즘의 단점

구조를 엄격하게 관리하여 삽입, 삭제, 탐색 연산이 모두  $\log n$ (밑이 2)에 bound되어 정보의 input수가 많을 수록 효율적이지만 input의 수가 적을때 굳이 자료의 구조를 엄격하게 다룬다면 오히려 더 비효율적일 수 있다.

### - 향후 개선 방향

출력에서 node의 depth를 구하는 경우가 많이 있는데 현재 알고리즘상으로 구현을 한다면 구조를 바꿀때마다 d\_reset(구조변화에 의해 깊이를 재조정 해주는 함수)함수를 호출하게 된다. 이러한 함수는 최악의 경우 가장많은 연산시간을 소요할 수 있으므로 이와 관련된 함수의 효율성 개선이 필요해 보인다.

### - 구현 및 개발에 있어 특이 사항

다른 부분에서는 쉽게 구현할 수 있었지만 새로운 노드를 insert하는 과정에서 구조를 조정하는 부분의 구현이 복잡하고 까다로웠다.