**레드-블랙 트리(Red-black tree)**

알고리즘 참고자료 :

<https://www.youtube.com/watch?v=gF20ZSplxZE>

<https://zeddios.tistory.com/237>

<https://assortrock.com/87>

**레드-블랙 트리**(Red-black tree)는 **자가 균형 이진 탐색 트리**(self-balancing binary search tree)이다.

이진 탐색 트리에서 트리가 편향되어 있는 경우 검색효율이 매우 떨어지기 때문에, 이러한 문제점을 보완하기 위해 스스로 트리의 균형을 복원하는 것이 자가 균형 이진 탐색 트리이다. 그 중 일종인 레드-블랙 트리에 대해서 조사했다.

1978년 레오 귀바스(Leo J. Guibas)와 [로버트 세지윅](https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%A1%9C%EB%B2%84%ED%8A%B8_%EC%84%B8%EC%A7%80%EC%9C%85)이 1972년 [루돌프 바이어](https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%A3%A8%EB%8F%8C%ED%94%84_%EB%B0%94%EC%9D%B4%EC%96%B4)가 창안한 "대칭형 이진 B-트리"를 발전시켜 만들었다. 레드-블랙 트리는 복잡한 자료구조지만, 실 사용에서 효율적이고, 최악의 경우에도 상당히 우수한 실행 시간을 보인다: 트리에 n개의 원소가 있을 때 [O](https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%A0%90%EA%B7%BC_%ED%91%9C%EA%B8%B0%EB%B2%95)(log *n*)의 시간복잡도로 삽입, 삭제, 검색을 할 수 있다.

참고자료 : <https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%A0%88%EB%93%9C-%EB%B8%94%EB%9E%99_%ED%8A%B8%EB%A6%AC>

레드 블랙 트리는 가장 유명하고 많이 사용되는 균형 이진 탐색 트리이다.

**규칙 및 알고리즘 이해는 권오흠 교수님이 유튜브에 올리신 자료를 참고했습니다.**

[**https://www.youtube.com/watch?v=gF20ZSplxZE**](https://www.youtube.com/watch?v=gF20ZSplxZE)

**레드 블랙 트리의 균형 복원 규칙**

1. ***모든 노드는 빨간색 아니면 검은색으로 색을 지닌다.***
2. ***루트 노드는 검은색이다.***
3. ***리프 노드는 검은색이다.***
4. ***빨간 노드의 자식들은 모두 검은색이다. 하지만 검은색 노드의 자식은 빨간색일 필요는 없다. – 다르게 해석하자면 빨간 노드는 연속적으로 나오지 못한다.***
5. ***루트 노드에서 리프 노드까지 사이에 있는 검은색 노드의 수는 모두 동일(핵심).***

**특징**

* ***각 노드는 하나의 키 값, 왼쪽 자식, 오른쪽 자식 그리고 부모 노드의 주소 값 총 4개의 값을 저장함.***
* ***자식 노드가 존재하지 않을 경우 NIL 노드라고 부르는 특수한 노드가 있다고 가정.***
* ***따라서 모든 리프노드(최하단)는 NIL노드***
* ***루트의 부모도 NIL노드라고 가정***
* ***노드들은 내부노드와 NIL노드로 분류***
* ***NIL노드는 구현할 때 존재하지 않음. -> 이론적인 측면에서 접근할 때, 유용성을 위해 NIL라고 칭함.***

**레드 블랙 트리의 높이**

**노드 x의 높이 h(x)는 자신으로부터 리프 노드(NIL)까지의 가장 긴 경로에 포함된 에지(연결선)의 개수이다. (NIL노드까지 에지를 세는 것이므로 노드마다 높이가 달라진다.)**

**노드 x의 블랙-높이 bh(x)는 x로부터 리프 노드까지의 경로상의 블랙 노드의 개수이다.(노드 x 자신은 포함하지 않는다.)**

**높이가 h인 노드의 블랙-높이는 bh>=(h/2) 이다. – (규칙 4번에 의해 레드 노드는 연속 될 수 없기 때문이다.)**

**노드 x를 루트로 하는 임의의 작은 트리는 적어도 2bh(x)-1개의 내부 노드를 포함한다. (귀납법에 의함.)**

**n개의 내부 노드를 가지는 레드 블랙 트리의 높이는 2log2(n+1)이하이다. n>=2bh-1>=2h/2-1이므로, 여기서 bh 와 h는 각각 루트 노드의 블랙–높이와 높이이다.**

**회전은 추가할 예정.**