红黑树删除节点

2018-06-07 · 数据结构 · 约 1886 字 · 预计阅读 4 分钟

文章目录

红黑树

红黑树是一种自平衡的二叉查找树（BST），可在 `O(logN)` 时间内完成查找、插入、删除等操作。

鉴于插入操作比较容易理解，删除操作相对较难，这里只描述删除节点的操作。

红黑树性质

红黑树通过如下规则，控制任意节点的左右子树高度差，以实现自平衡：

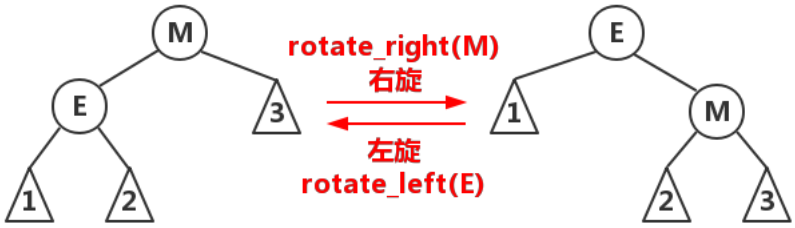
1. 节点是红色或黑色。
2. 根节点为黑色。
3. 如果节点为红，其子节点必须为黑（每个叶节点到根节点所有路径上不能有两个连续的红色节点）。
4. 任一节点至树尾端的所有简单路径，所含黑节点数必须相同。

删除节点

旋转

旋转操作在红黑树的插入和删除中都会使用

- 左旋：将节点旋转为其右孩子的左孩子
- 右旋：将节点旋转为其左孩子的右孩子



删除

删除操作首先要确定待删除节点的孩子数。

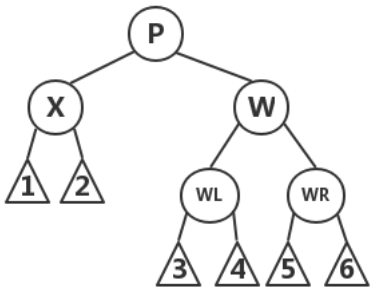
- `case 1` ：待删除节点有两个孩子。
  找到该节点的前驱或后继，将前驱或后继的复制到待删除节点中，最后将这个前驱或后继删除。由于前驱或后继至多只有一个孩子节点，问题就被简化为 `case 2` 。只要节点里的值被删除就行，树结构发生变化并不影响。

- `case 2` ：待删除节点只有一个孩子或没有孩子。
  直接让它的孩子取代待删节点的位置即可。
  红黑树删除操作的复杂度在于删除节点的颜色。

  - `case 2.1` ：删除的节点是红色。
    直接拿其孩子节点补空位即可。
  - `case 2.2` ：删除的节点是黑色。
    所有经过该节点的路径上的黑色节点数量少了一个，破坏了性质 `4` 。此时需要重新平衡红黑树，具体见下。

删除后重平衡

说明之前，首先假设最终被删除的节点为 `Z` （至多一个孩子节点），其孩子节点为 `X` 。删除黑色节点 `Z` ， `X` 取代 `Z` 后，假设 `X` 的父节点（原来 `Z` 的父节点）为 `P` ， `X` 的兄弟节点为 `W` ， `W` 的左孩子为 `WL` ，右孩子为 `WR` 。



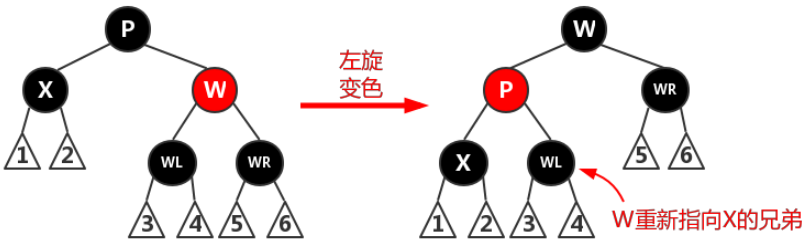
假设 `X` 为 `P` 的左孩子， `X` 是右孩子的情况只需与之对称操作即可，下面对各种情况展开讨论：

- `case 1` ： `X` 是红色或为新的根节点。 (终止情况)
  直接将其变为黑色即可，这样分别恢复了性质 `4` 和性质 `2` 。
  剩下都是 `X` 为黑色的情况，需要考虑 `X` 的兄弟 `W` 的颜色。

- case 2 ： W 为红色， X 为黑色。

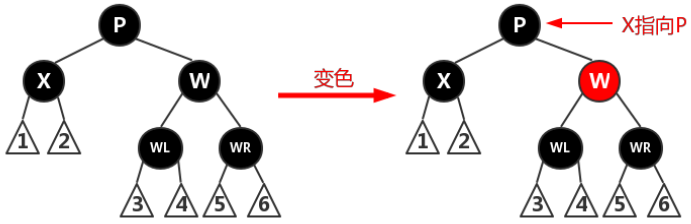
  由性质 3 可知，节点 P 、 WL 、 WR 必为黑色。

  对 P 左旋，互换 P 和 W 的颜色，节点 W 重新指向 X 当前的兄弟 WL 。此时所有路径的黑色节点数并未受到影响，即经过 X 的路径（路径1、2）上的黑色节点依然比其他路径少一个，和删除 Z 之后一样。但已经将该情况转变为 case 3 ，再根据当前黑色 W 的两个孩子的颜色继续调整。



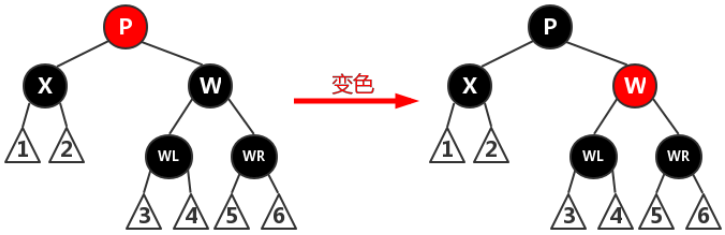
- case 3 ： W 为黑色， X 为黑色。
  - case 3.1 ： W 的孩子节点 WL 、 WR 均为黑色。
    - case 3.1.1 ： P 为黑色。

      只需把 W 变为红色，这样所有经过 W 的路径（路径3~6）比之前少一个黑色节点，就与经过 X 的路径（路径1、2）上的黑色节点数一致了。但经过 P 的路径（1~6）比不经过 P 的路径少一个黑色节点，再把 X 节点指向 P ，从 case 2 开始重新进行平衡处理。



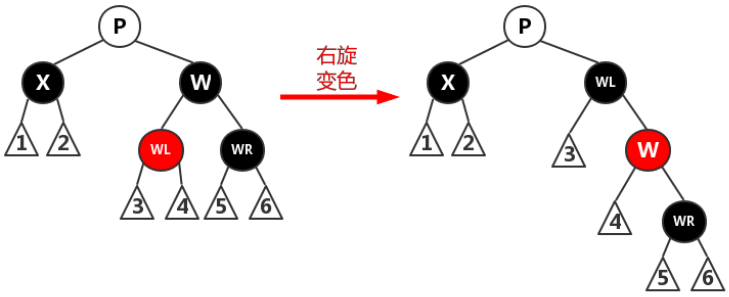
    - case 3.1.2 ： P 为红色。 (终止情况)

      只需互换 W 和 P 的颜色即可。因为 P 变为黑色，经过 X 的路径（路径1、2）多了一个黑色节点，与删除 Z 节点前的数量一致。而其他路径（路径3~6）上的黑色节点数并未受到影响，因此红黑树恢复性质 4 ，重平衡完毕。



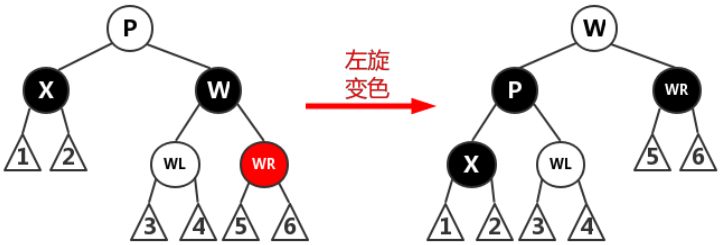
  - case 3.2 ： W 的孩子节点有红色， P 可红可黑。
    - case 3.2.1 ： WL 为红色， WR 为黑色。

      对 W 进行右旋操作，并互换 W 和 WL 的颜色，此时所有路径的黑色节点数并未受到影响，但将该情况转化为 case 3.2.2 。



- `case 3.2.2` ： `WR` 为红色， `WL` 可红可黑。 （终止情况）

  对 `P` 进行左旋操作，并互换 `P` 和 `W` 的颜色，并将 `WR` 变为黑色。因为 `P` 变为黑色，经过 `X` 的路径（路径1、2）多了一个黑色节点，与删除 `Z` 节点前的数量一致。而其他路径（路径3~6）上的黑色节点数并未受到影响，因此红黑树恢复性质 `4` ，重平衡完毕。



总结

学习红黑树时，发现许多数据结构相关书籍，包括《STL源码剖析》都没有详细分析红黑树的删除操作。网上博客的许多资料总觉得不够清晰，关于删除节点后重新平衡这一关键步骤讲得不够有条理。总之， `case 1` 、 `case 2` 、 `case 3` 通过相互转化，不断调整红黑树，最终转化成终止情况 `case 1` 、 `case 3.1.2` 、 `case 3.2.2` 结束调整。具体代码可以参见我 github 中实现的 TinySTL 中的 `tree.h` 头文件。

#数据结构 #C/C++

‹ 链表排序 Effective C++ 笔记 ›

Like Issue Page

No Comment Yet

Write Preview Login with GitHub

Leave a comment

Styling with Markdown is supported Comment

Powered by Gitment