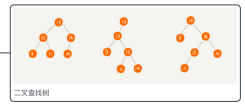
15. 树--二叉查找树

1. 概念与理解

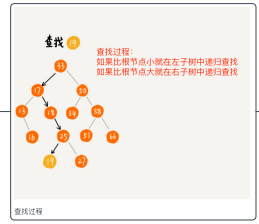
概念：
二叉查找树最大的特点就是，支持动态数据集合的快速插入、删除、查找操作

要求：
在树中的任意一个节点，其左子树中的每个节点的值，都要小于这个节点的值，而右子树节点的值都大于这个节点的值


二叉查找树

2. 查找树的操作

查找



查找过程

```
public class BinarySearchTree {
  private Node tree;

  public Node find(int data) {
    Node p = tree;
    while (p != null) {        // p不等于null就继续递归查找
      if (data < p.data) p = p.left;
      else if (data > p.data) p = p.right;
      else return p;
    }
    return null;
  }

  public static class Node {
    private int data;
    private Node left;
    private Node right;

    public Node(int data) {
      this.data = data;
    }
  }
}
```
查找代码

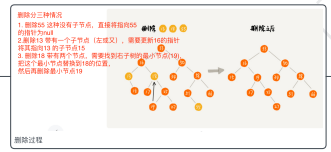
插入

插入过程

```
public void insert(int data) {
  if (tree == null) {
    tree = new Node(data);
    return;
  }

  Node p = tree;
  while (p != null) {
    if (data > p.data) {
      if (p.right == null) {
        p.right = new Node(data);
        return;
      }
      p = p.right;
    } else { // data < p.data
      if (p.left == null) {
        p.left = new Node(data);
        return;
      }
      p = p.left;
    }
  }
}
```
插入代码

删除



删除过程

```
public void delete(int data) {
  Node p = tree; // p指向要删除的节点，初始化指向根节点
  Node pp = null; // pp记录的是p的父节点
  while (p != null && p.data != data) {
    pp = p;
    if (data > p.data) p = p.right;
    else p = p.left;
  }
  if (p == null) return; // 没有找到

  // 要删除的节点有两个子节点
  if (p.left != null && p.right != null) { // 查找右子树中最小节点
    Node minP = p.right;
    Node minPP = p; // minP的父节点
    while (minP.left != null) {
      minPP = minP;
      minP = minP.left;
    }
    p.data = minP.data; // 将minP的数据替换到p中
    p = minP; // 下面就变成了删除minP了
    pp = minPP;
  }

  // 删除节点是叶子节点或者仅有一个子节点
  Node child; // p的子节点
  if (p.left != null) child = p.left;
  else if (p.right != null) child = p.right;
  else child = null;

  if (pp == null) tree = child; // 删除的是根节点
  else if (pp.left == p) pp.left = child;
  else pp.right = child;
}
```
对于删除操作还可以将删除节点标记为删除，这样比较装查空间，但是操作会比较简单

删除代码

3. 重复数据的处理方式

重复数据处理有两种方式
第一种方法比较容易。二叉查找树中每一个节点不仅会存储一个数据，因此我们通过链表和支持动态扩容的数组等数据结构，把值相同的数据都存储在同一个节点上。

第二种方法比较不好理解，不过更加优雅。每个节点仍然只存储一个数据。在查找插入位置的过程中，如果碰到一个节点的值，与要插入数据的值相同，我们就将这个要插入的数据放到这个节点的右子树，也就是说，把这个新插入的数据当作大于这个节点的值来处理

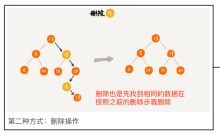
4.复杂度分析

查找、插入、删除等很多操作的时间复杂度都跟树的高度成正比，两个极端情况的时间复杂度分别是 O(n) 和 O(logn)，分别对应二叉树退化成链表的情况和完全二叉树

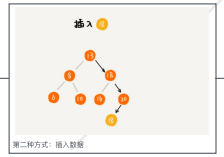
5. 练习

1.散列表的操作复杂度可以做到常量级的 O(1)，而二叉查找树在比较平衡的情况下，插入、删除、查找操作时间复杂度才是 O(logn)，那我们为什么还要用二叉查找树呢?

第一，散列表中的数据是无序存储的，如果要输出有序的数据，需要先进行排序，而对于二叉查找树来说，我们只需要中序遍历，就可以在 O(n) 的时间复杂度内，输出有序的数据序列。
第二，散列表扩容耗时很多，而且当遇到散列冲突时，性能不稳定，尽管二叉查找树的性能不稳定，但是在工程中，我们最常用的平衡二叉查找树的性能非常稳定，时间复杂度稳定在 O(logn)。
第三，笼统地来说，尽管散列表的查找等操作的时间复杂度是常量级的，但因为哈希冲突的存在，这个常量不一定比 logn 小，所以实际的查找速度可能不一定比 O(logn) 快。加上哈希函数的耗时，也不一定就比平衡二叉查找树的效率高。
第四，散列表的构造比二叉查找树要复杂，需要考虑的东西很多。比如散列函数的设计、冲突解决办法、扩容、缩容等，平衡二叉查找树只需要考虑平衡性这一个问题，而且这个问题的解决方案比较成熟、固定。
最后，为了避免过多的散列冲突，散列表装载因子不能太大，特别是基于开放寻址法解决冲突的散列表，不然会浪费一定的存储空间



第二种方式：删除操作



第二种方式：插入数据

第二种方式：查找操作