

## 5. 二叉树

### (d) 二叉树实现

邓俊辉

[deng@tsinghua.edu.cn](mailto:deng@tsinghua.edu.cn)

## BinNode模板类

❖ #define BinNodePosi(T) BinNode<T>\* //节点位置

❖ template <typename T> struct BinNode {

BinNodePosi(T) parent, lChild, rChild; //父亲、孩子

T data; int height; int size(); //高度、子树规模

BinNodePosi(T) insertAsLC( T const & ); //作为左孩子插入新节点

BinNodePosi(T) insertAsRC( T const & ); //作为右孩子插入新节点

BinNodePosi(T) succ(); // ( 中序遍历意义下 ) 当前节点的直接后继

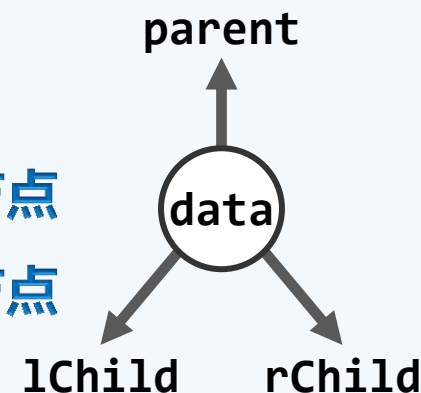
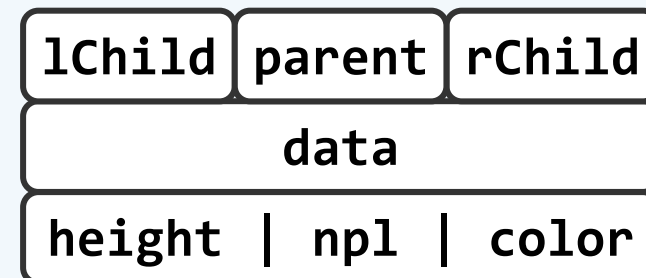
template <typename VST> void travLevel( VST & ); //子树层次遍历

template <typename VST> void travPre( VST & ); //子树先序遍历

template <typename VST> void travIn( VST & ); //子树中序遍历

template <typename VST> void travPost( VST & ); //子树后序遍历

};



## BinNode接口实现

❖ `template <typename T> BinNodePosi(T) BinNode<T>::insertAsLC( T const & e )`  
`{ return lChild = new BinNode( e, this ); }`

❖ `template <typename T> BinNodePosi(T) BinNode<T>::insertAsRC( T const & e )`  
`{ return rChild = new BinNode( e, this ); }`

❖ `template <typename T>`

`int BinNode<T>::size() { //后代总数，亦即以其为根的子树的规模`

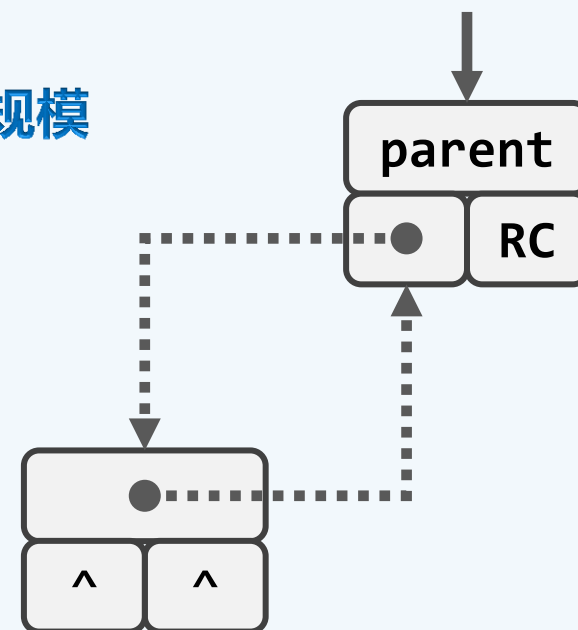
`int s = 1; //计入本身`

`if (lChild) s += lChild->size(); //递归计入左子树规模`

`if (rChild) s += rChild->size(); //递归计入右子树规模`

`return s;`

`} //O( n = |size| )`



## BinTree模板类

```
❖ template <typename T> class BinTree {  
    protected:  
        int _size; //规模  
        BinNodePosi(T) _root; //根节点  
        virtual int updateHeight( BinNodePosi(T) x ); //更新节点x的高度  
        void updateHeightAbove( BinNodePosi(T) x ); //更新x及祖先的高度  
    public:  
        int size() const { return _size; } //规模  
        bool empty() const { return !_root; } //判空  
        BinNodePosi(T) root() const { return _root; } //树根  
        /* ... 子树接入、删除和分离接口 ... */  
        /* ... 遍历接口 ... */  
}
```

## 高度更新

❖ #define stature(p) ( (p) ? (p)->height : -1 ) //节点高度——约定空树高度为-1

❖ template <typename T> //更新节点x高度，具体规则因树不同而异

```
int BinTree<T>::updateHeight( BinNodePosi(T) x ) {  
    return x->height = 1 +  
        max( stature( x->lChild ), stature( x->rChild ) );  
} //此处采用常规二叉树规则，O(1)
```

❖ template <typename T> //更新v及其历代祖先的高度

```
void BinTree<T>::updateHeightAbove( BinNodePosi(T) x ) {  
    while (x) //可优化：一旦高度未变，即可终止  
        { updateHeight(x); x = x->parent; }  
} //O( n = depth(x) )
```

## 节点插入

❖ `template <typename T> BinNodePosi(T)`

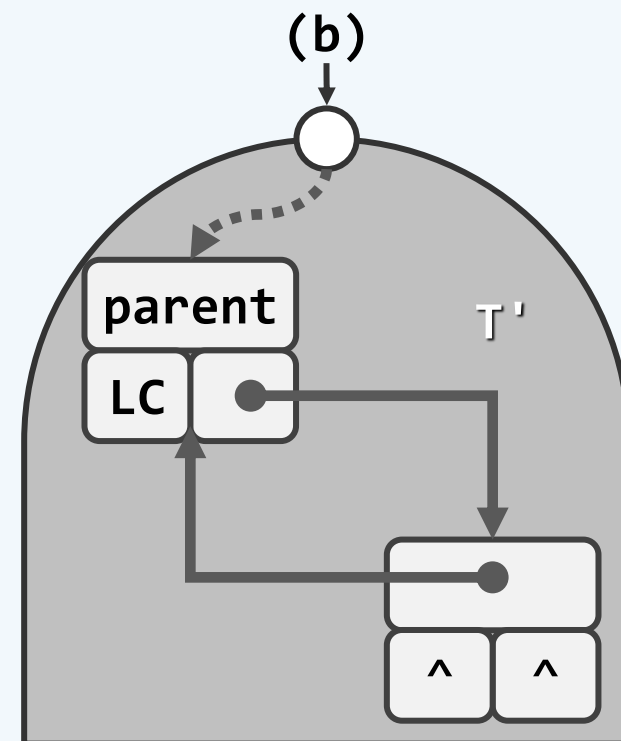
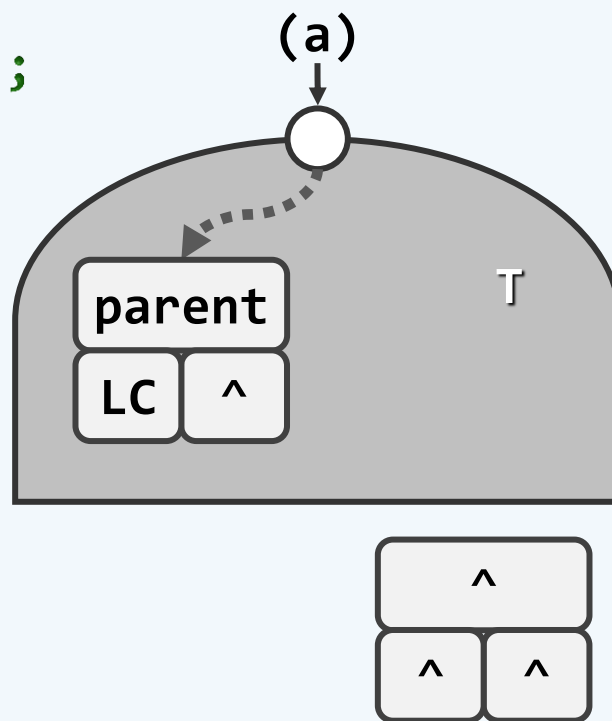
`BinTree<T>::insertAsRC( BinNodePosi(T) x, T const & e ) { //insertAsLC()对称`

`_size++; x->insertAsRC(e); //x祖先的高度可能增加, 其余节点必然不变`

`updateHeightAbove(x);`

`return x->rChild;`

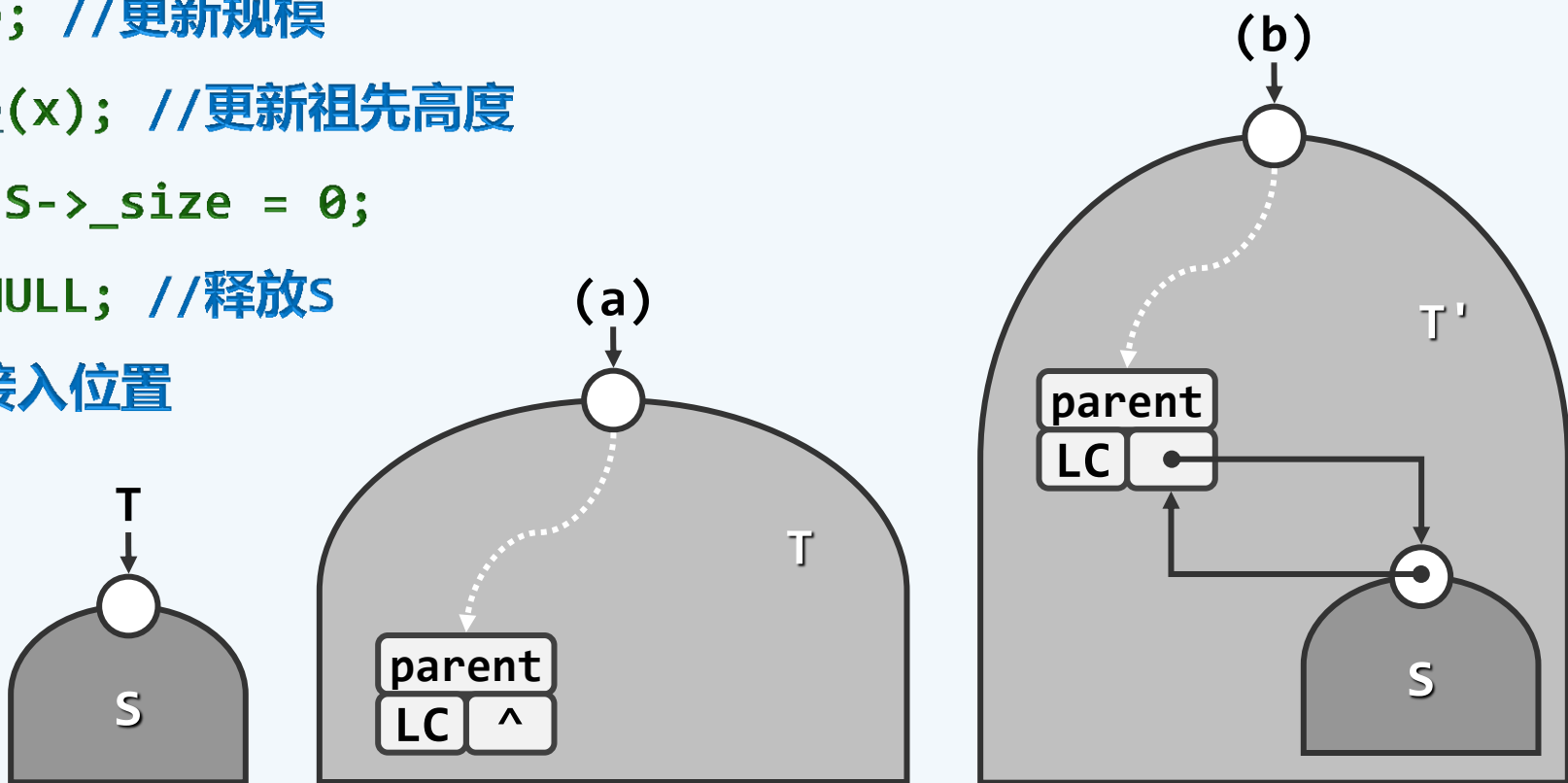
`}`



## 子树接入

❖ template <typename T>

```
BinNodePosi(T) BinTree<T>::attachAsRC( BinNodePosi(T) x, BinTree<T>* & S ) {  
    if ( x->rChild = S->_root ) x->rChild->parent = x; //接入  
    _size += S->_size; //更新规模  
    updateHeightAbove(x); //更新祖先高度  
    S->_root = NULL; S->_size = 0;  
    release(S); S = NULL; //释放S  
    return x; //返回接入位置  
} //attachAsLC()对称
```



## 子树删除

❖ template <typename T>

```
int BinTree<T>::remove( BinNodePosi(T) x ) { //子树接入的逆过程
```

```
    FromParentTo(*x) = NULL; //切断来自父节点的指针
```

```
    updateHeightAbove(x->parent); //更新祖先高度 ( 其余节点亦不变 )
```

```
    int n = removeAt(x); _size -= n; //递归删除x及其后代, 更新规模
```

```
    return n; //返回被删除节点总数
```

```
}
```

❖ template <typename T> static int removeAt( BinNodePosi(T) x ) {

```
    if (!x) return 0; //终止于空子树, 否则左、右递归
```

```
    int n = 1 + removeAt( x->lChild ) + removeAt( x->rChild );
```

```
    release(x->data); release(x); return n; //释放被摘除节点, 并返回被删除节点总数
```

```
}
```



## 子树分离

- ❖ 过程与以上的子树删除操作 `BinTree<T>::remove()` 基本一致
- ❖ 不同之处在于，需对分离出来的子树重新封装，并返回给上层调用者

❖ `template <typename T>`

```
BinTree<T>* BinTree<T>::secede( BinNodePosi(T) x ) {  
    FromParentTo(*x) = NULL; //切断来自父节点的指针  
    updateHeightAbove(x->parent); //更新原树中所有祖先的高度  
    // 以下对分离出的子树做封装  
    BinTree<T>* S = new BinTree<T>; //创建空树  
    S->_root = x; x->parent = NULL; //新树以x为根  
    S->_size = x->size(); _size -= S->_size; //更新规模  
    return S; //返回封装后的子树
```

}