

树状数组

可它跟树又有多大关系呢？

说实话这个知识点是随便水的

主要应用于大部分基于区间上的更新以及求和问题。

- 1.单点修改+区间查询
- 2.区间修改+单点查询
- 3.区间修改+区间查询

优点：修改查询 $O(\log n)$, 码量少常数小

缺点：功能有限

但是避开线段树它不香吗

前置知识点：（一阶）差分思想（简）

首先大家一定都知道差分，那么差分究竟是怎么一回事呢？就让小编带大家了解一下吧！

好了不玩了

首先大家一定都知道前缀和，那么（没玩梗，真的）给定 n 个元素的数组 A 前缀和数组 B 有 $B[i] = A[i] + B[i-1]$

也就是 $B[1] = A[1]; B[2] = A[1] + A[2]; B[3] = A[1] + A[2] + A[3]; \dots$

那么所谓的（一阶）差分，就是前缀和的逆运算。设其数组为 C 则 $C[i] = A[i] - A[i-1]$ 也就是

- $C[1] = A[1]$
- $C[2] = A[2] - A[1]$
- $C[3] = A[3] - A[2]$
- \dots
- $C[i] = A[i] - A[i-1]$

则将 C 取前缀和，便得到原始数组 A

主要用途：处理区间值（加减）变更

如将区间 (l, r) 加上 val ，只需差分数组 C 中

```
C[l] += val;  
C[r+1] -= val;
```

求多次变更后某项的值，只需要求其差分数组C中该项的前缀和即可

先说灵魂

```
int lowbit(int x){return x & (-x);}
```

返回x的二进制从低到高位的第一个'1'代表的数，例如12的二进制为1100 lowbit(12) = 4

再说原理

设原始数组为A，树状数组为C，则

- C[1] = A[1];
- C[2] = A[1] + A[2];
- C[3] = A[3];
- C[4] = A[1] + A[2] + A[3] + A[4];
- C[5] = A[5];
- C[6] = A[5] + A[6];
- C[7] = A[7];
- C[8] = A[1] + A[2] + A[3] + A[4] + A[5] + A[6] + A[7] + A[8];
- ...

不难发现是有规律的： \$C[i] = A[\$i-2^k+1\$] + A[\$i-2^k+2\$] + \dots + A[i]\$ —— k为 i 的二进制中从最低位到高位连续零的长度

那么怎么求和呢？如 \$\$\sum_{i=1}^7 A[i] = C[7] + C[6] + C[4];\$\$

而7在二进制下为111，减去最低位的'1'后为110，对应6；再减去最低位的'1'后为100，对应4；正好对应上式的三个下标

那么实现方法也就一目了然了：

```
int getsum(int x){//区间查询 1-x  
    int ans = 0;  
    while(x){  
        ans += c[x];  
        x -= lowbit(x);  
    }  
    return ans;  
}
```

相应地，建立n个元素的树状数组：

```
void update(int x, int val){//单点修改，也是建立过程
```

```

    while(x <= n){
        c[x] += val;
        x += lowbit(x);
    }
}

```

```

for(int i = 1; i <= n; ++i){
    scanf("%d", &tmp);
    update(i, tmp);
}

```

以上为基础版树状数组实现，即单点修改+区间求和。

而区间修改+单点求和只需用A的差分数组建立树状数组即可。

```
update(i, tmp - last);
```

区间修改(x, y, val)[]

```

update(x, val);
update(y + 1, -val);

```

最后是类似于基础线段树的区间修改+区间求和

这里我们还是利用差分（差分数组为C[]）

$$\sum_{i=1}^n A[i] = (C[1]) + (C[1]+C[2]) + \dots + (C[1]+C[2]+\dots+C[n])$$

$$= n*C[1] + (n-1)*C[2] + \dots + C[n]$$

$$= n * (C[1]+C[2]+\dots+C[n]) - (0*C[1]+1*C[2]+\dots+(n-1)*C[n])$$

所以上式可以变为 $\sum_{i=1}^n A[i] = n * \sum_{i=1}^n C[i] - \sum_{i=1}^n (C[i] * (i-1))$

如果理解前面的都比较轻松的话，这里也就知道要干嘛了，维护两个数状数组 $sum1[i] = C[i]$ $sum2[i] = C[i] * (i-1)$

下面完整代码（稍作修改可适用于下方例题）

```

#include<bits/stdc++.h>
#define manespace namespace
using manespace std;//传统艺能

int sum1[1000086], sum2[1000086];
int n, m;

int lowbit(int x){return x & (-x);}

```

```
void update(int x, int val){
    int tmp = x;
    while(x <= n){
        sum1[x] += val;
        sum2[x] += val * (tmp - 1);
        x += lowbit(x);
    }
}

int getsum(int x){
    int ans = 0, tmp = x;
    while(x){
        ans += tmp * sum1[x] - sum2[x];
        x -= lowbit(x);
    }
    return ans;
}

int main(){
    scanf("%d%d", &n, &m);
    int tmp, last = 0;
    for(int i = 2; i <= n; ++i){
        scanf("%d", &tmp);
        update(i, tmp - last);
        last = tmp;
    }
    int op, x, y, z;
    while(m--){
        scanf("%d", &op);
        if(op == 1){
            scanf("%d %d %d", &x, &y, &z);
            update(x, z);
            update(y + 1, -z);
        }
        else{
            scanf("%d %d", &x, &y);
            printf("%d\n", getsum(y) - getsum(x-1));
        }
    }
}
```

板子例题

<https://www.luogu.com.cn/problem/P3374>

<https://www.luogu.com.cn/problem/P3368>

<https://www.luogu.com.cn/problem/P3372>

辈 级应用

咕咕咕

From:
<https://wiki.cvbbacm.com/> - CVBB ACM Team

Permanent link:
<https://wiki.cvbbacm.com/doku.php?id=2020-2021:teams:manespace:%E8%BF%99%E6%98%AF%E4%B8%80%E4%BB%BD%E5%8F%AF%E4%BB%A5%E6%8C%AA%E8%B5%BD%E7%9A%84%E6%A0%91%E7%8A%B6%E6%95%BD%E7%BB%84&rev=1589721112>

Last update: 2020/05/17 21:11