实验内容

基于哈夫曼（Huffmen）编码的通信系统的设计与实现

【问题描述】

利用哈夫曼编码进行通信可以大大提高信道利用率，缩短信息传输时间，降低传输成本。但是，这要求在发送端通过一个编码系统对待传输数据预先编码，在接收端将传来的数据进行译码（复原）。对于双工信道（即可以双向传输信息的信道），每端都需要一个完整的编/译码系统。试为这样的信息收发站写一个哈夫曼的编/译码系统。

【基本要求】

一个完整的系统应具有以下功能：

- （1） I：初始化（Initialization）。从终端读入字符集大小n，以及n个字符和n个权值，建立哈夫曼树，并将它存于文件hfmTree中。
- （2） E：编码（Encoding）。利用以建好的哈夫曼树（如不在内存，则从文件hfmTree中读入），对文件ToBeTran中的正文进行编码，然后将结果存入文件CodeFile中。
- （3） D：译码（Decoding）。利用已经建好的哈夫曼树将文件CodeFile中的代码进行译码，结果存入文件TextFile中。
- （4） P：打印代码文件（Print）。将文件CodeFile以紧凑格式显示在终端上，每行50个代码，同时将此字符形式的编码写入文件CodePrint中。
- （5） T：打印哈夫曼树（Tree printing）。将已经在内存中的哈夫曼树以直观的方式（树或凹入表形式）显示在终端上，同时将此字符形式的哈夫曼树写入文件TreePrint中。

【测试数据】

（1） 利用教科书例6-2中的数据调试程序。

（2） 用下表给出的字符集和频度的实际统计数据建立哈夫曼树，并实现以下报文的编码和译码：“THIS PROGRAM IS MY FAVORITE”。

字符	**A B C D E F G H I J K L M**
频度	186 64 13 22 32 103 21 15 47 57 1 5 32 20
字符	N O P Q R S T U V W X Y Z
频度	57 63 15 1 48 51 80 23 8 18 1 16 1

实验目的

- （1） 掌握二叉树的存储结构及其相关操作。
- （2） 掌握构造哈夫曼树的基本思想，及其编码/译码过程。

程序清单

```
#include<stdio.h>
```

```c
#include<stdlib.h>
#include<string.h>

// 字符及其权值表
typedef struct{
    char c;
    unsigned int weight;
}CharNode,* CharMap;

// huffman 数组
//- 这里应该让HuffmanTree类型独立出来,
//- 让HTNode数组成为 HuffmanTree类型的一个元素。
//- 同时让 len 属性独立出来
typedef struct{
    int len;  // 叶子数
    char c;
    unsigned int weight;
    unsigned int parent, lchild, rchild;
    char * code;  // 叶子对应的编码
}HTNode, * HuffmanTree;

HuffmanTree Initalization();  //



// 将内存中的hftree写入文件hfmTree中
void WriteHfm(HuffmanTree hf){
    FILE * fp;
    fp = fopen("htmTree.dat", "w");


        fprintf(fp, "hufman数组结构: \n权\t父\t左\t右\n");
        HuffmanTree  p =hf;
        while(p->parent!=0){
            fprintf(fp,"%d\t%d\t%d\t%d\n",p->weight,p->parent,p->lchild,p->rchild);
            p++;
        }
        fprintf(fp,"%d\t%d\t%d\t%d\n",p->weight,p->parent,p->lchild,p->rchild);

    fclose(fp);
    //if(fclose(fp)!=0)printf("Error with closing");
}

//-  应该边输入边初始化hf, 不必使用map字符表
HuffmanTree Initalization(){
    // 构建字符表
    unsigned int map_len;
    printf("请输入字符集大小（任意整数, 如27）:\n");
    scanf("%d", &map_len);getchar();  // getchar()读取回车
    CharMap map = (CharMap)malloc(map_len*sizeof(CharNode));
    printf("以 字符, 权值 方式输入数据( ,186 A,64 B,13 C,22 D,32 E,103 F,21 G,15 H,47 I,57
J,1 K,5 L,32 M,20 N,57 O,63 P,15 Q,1 R,48 S,51 T,80 U,23 V,8 W,18 X,1 Y,16 Z,1): \n");
    for(int i=0;i<map_len;i++){
```

```
        scanf("%c,%d",&map[i].c, &map[i].weight);getchar();
    }

    // 创建huffman树
    int m = 2*map_len-1;
    HuffmanTree hf = (HuffmanTree)malloc(m*sizeof(HTNode));
    hf->len = map_len;
    unsigned i=0;HTNode*p=hf;
    for(;i<map_len;++i,++p){  // 赋值叶子节点
        p->c = map[i].c;
        p->weight = map[i].weight;
        p->parent=p->rchild=p->rchild=0;
        p->code = NULL;
    }
    for(;i<m-1;i++,++p){  // 赋值中间节点
        p->c='\0';
        p->weight=p->parent=p->rchild=p->rchild=0;
    }

    for(i=map_len;i<m;++i){  // 建huffman树
        // 取得最小的两个权值的下标
        unsigned int min[2] = {0,0}; // 存储最小的两个权值
        int flag0=1, flag1=1; // 最小值未被初始化
        for(unsigned int j=0;j<i;j++){
            if(hf[j].parent==0){
                if(flag0){min[0]=j;flag0--;}
                else if(flag1){min[1]=j;flag1--;
                    if(min[0]>min[1]){
                        unsigned int tmp = min[0];
                        min[0] = min[1];
                        min[1] = tmp;
                    }
                }
                else {
                    if(hf[j].weight < hf[min[0]].weight){min[1] = min[0]; min[0] = j;}
                    else if (hf[j].weight < hf[min[1]].weight)min[1] = j;
                }
            }
        }

        hf[min[0]].parent = hf[min[1]].parent = i;
        hf[i].lchild = min[0];
        hf[i].rchild = min[1];
        hf[i].weight = hf[min[0]].weight + hf[min[1]].weight;
    }
    free(map);
    //WriteHfm(hf);
    //? 为什么这条语句会影响到encoding 函数的写
    return hf;
}

void Encoding(HuffmanTree hf){
```

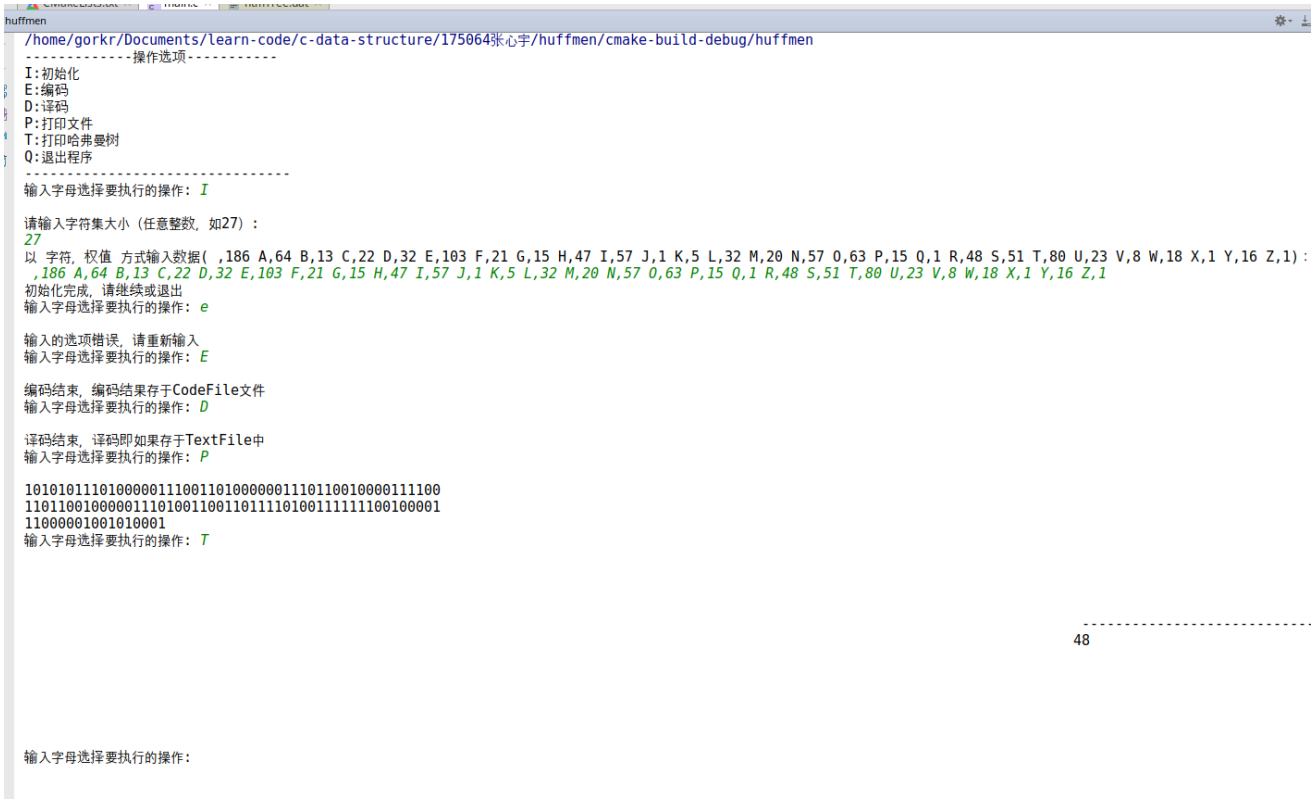
```
    // 字符对应编码
    char * code = (char *)malloc(hf->len*sizeof(char));
    if(!code)exit(-1);

    for(int i=0;i<hf->len;++i){  // 从叶子节点，向上回溯
        int start = hf->len-1;
        //? ~~code字符串为什么无法更改字符~~， 不是无法更改,是前面是空白,认定为空字符串,无法输出,也无法执行其他操作
        code[hf->len]='\0';
        int j =i;
        for(int p=hf[j].parent; p!=0;j=p,p=hf[p].parent){
            if(hf[p].lchild==j){
                code[--start] = '0';
                }
            else {code[--start] = '1';
                }
        }
        hf[i].code = (char*)malloc((hf->len-start)*sizeof(char));

        //e strcpy(hf[i].code, code);  这样只会把空串复制过去
        for(int k=0;start<hf->len;start++,k++){
            hf[i].code[k]=code[start];
        }
    }
    free(code);

    // 读取文件，并进行编码
    FILE * fp_r, * fp_w;
    fp_r = fopen("ToBeTran.txt", "r");
    fp_w = fopen("CodeFile.dat", "w");
    int ch;
    ch = getc(fp_r);
    while(ch != EOF){
        HuffmanTree p = hf;
        for(int i = 0; i<hf->len; i++,p++){
            if(p->c==ch)break;
        }
        ch = getc(fp_r);
        fputs(p->code, fp_w);
    }
    fclose(fp_r);fclose(fp_w);
}

void Decoding(HuffmanTree hf){
    FILE * fp_r, * fp_w;
    fp_r = fopen("CodeFile.dat", "r");
    fp_w = fopen("TextFile.txt", "w");
    HTNode root = hf[2*hf->len-2];  // 根节点
    HTNode p =root;
    int ch;
    ch = getc(fp_r);
    while(ch!=EOF){
        if(p.code==NULL){
```

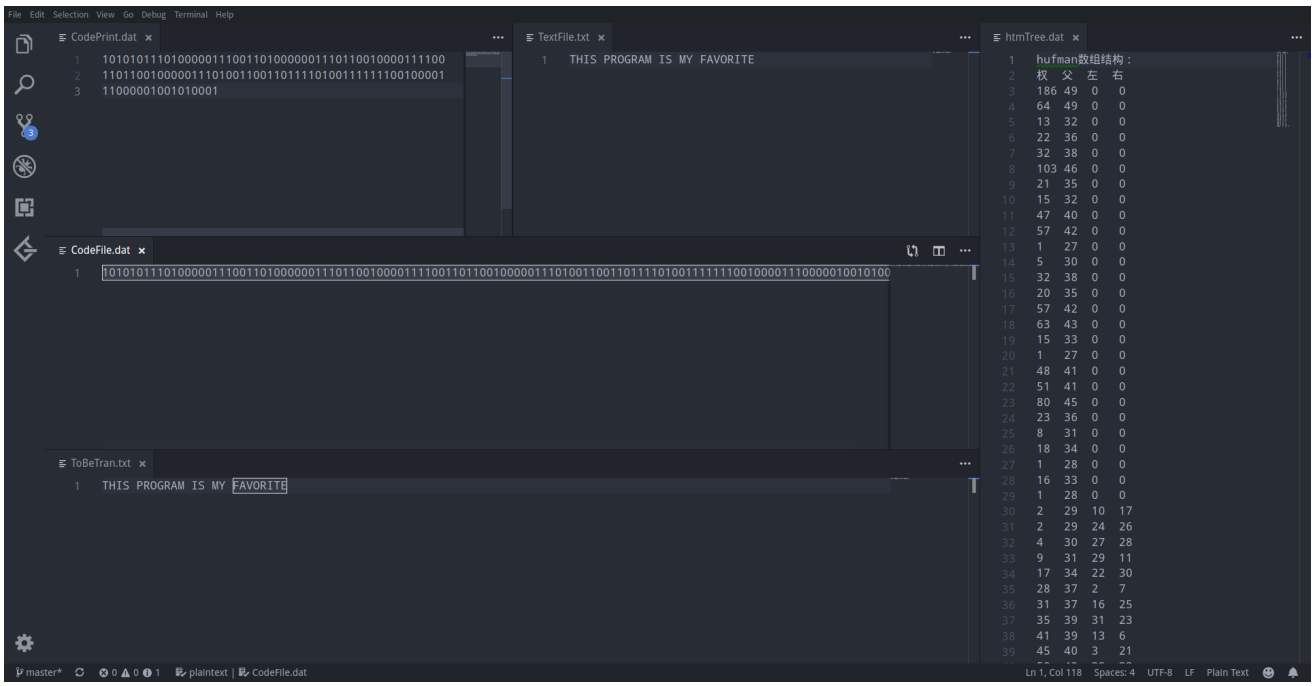
```
            // p节点不是叶子节点
            if(ch=='0')p=hf[p.lchild];
            else p=hf[p.rchild];
            ch = getc(fp_r);
        }else{
            // p节点是叶子 节点
            fputc(p.c, fp_w);
            p = root;
        }

    }
    fputc(p.c, fp_w);
    fclose(fp_r);fclose(fp_w);
}

/**
 * @param root 树的根节点
 * @param hf huffman树
 * @return 树的深度
 */
int maxDepth(HTNode root, HuffmanTree hf){
    if(root.rchild==0&&root.lchild==0)
        return 1;
    int ldepth = maxDepth(hf[root.lchild], hf)+1;
    int rdepth = maxDepth(hf[root.rchild], hf)+1;
    return ldepth>rdepth?ldepth:rdepth;
}
/**
 * huffman树节点表
 * @param map  满二叉树对应的表,  空位代表不存在的节点
 */
void fillMap(HTNode **map, HTNode * n,int index,HuffmanTree hf){
    int i;
    map[index] = n;
    if(!(n->lchild==0&&n->rchild==0)){
        fillMap(map, &hf[n->lchild], index*2+1, hf);
        fillMap(map, &hf[n->rchild], index*2+2, hf);
    }
}
// 打印n个c
int putchars(char c, int n){
    int value =n;
    while(n--)putchar(c);
    return value;
}
// 打印节点
int printNode(HTNode *n, int w){
    int num;
    if(n->rchild==0&&n->lchild==0){
        return printf("%*d", w, n->weight);
    }else{
        num = putchars(' ', w/2-1)+putchars('-', w/2-2)+printf("%4d",n-
>weight)+putchars('-', w/2-2);
```

```
        return num;
    }
}

// 将huffman树以ascii形式打印在终端
void TreePrint(HuffmanTree hf){
    HTNode *root = &hf[hf->len*2-2];
    int depth = maxDepth(*root, hf), i, j, index;

    HTNode **map = (HTNode**)calloc((1<<depth)-1,sizeof(HTNode*));  // depth深度的满二叉树所有节点个数为（2的depth次方-1）
    fillMap(map, root, 0, hf);
    for(j=0, index=0; j<depth; j++){
        int w =1 << (depth -j);
        for(i=0;i<1<<j;i++,index++){
            if(map[index]) putchars(' ', w*2-printNode(map[index], w));
            else putchars(' ', w*2);
        }
        putchar('\n');
    }

    free(map);
}

void Print(){
    FILE * f = fopen("CodeFile.dat", "r");
    FILE * in = fopen("CodePrint.dat", "w");
    int i = 1;
    int ch;

    // 将文件f内容输出
    while((ch=getc(f))!= EOF){
        putchar(ch);
        putc(ch, in);
        if(i%50==0){
            putchar('\n');
            putc('\n', in);
        }
        i++;
    }
    fclose(f);fclose(in);
}



void interface(HuffmanTree hf){
    char c;
    printf("-------------操作选项-----------\n");
    printf("I:初始化\nE:编码\nD:译码\nP:打印文件\nT:打印哈弗曼树\n");
    printf("Q:退出程序 \n");
    printf("--------------------------------\n");
    while (1)
    {
```

```
        printf("输入字母选择要执行的操作: ");
        scanf(" %c",&c);
        printf("\n");

        //跳出循环，退出程序
        if(c=='Q')
            break;

        switch(c)
        {
            case 'I':  hf = Initalization();printf("初始化完成，请继续或退出\n");break;
            case 'E':  Encoding(hf);printf("编码结束，编码结果存于CodeFile文件\n");break;
            case 'D':  Decoding(hf);printf("译码结束，译码即如果存于TextFile中\n");break;
            case 'T':  TreePrint(hf);break;
            case 'P':  Print();printf("\n");break;
            default:
                printf("输入的选项错误，请重新输入\n");
                break;
        }
    }
}

int main(){
    HuffmanTree hf;// = Initalization();
    interface(hf);
    return 0;

}
```

运行结果





分析与思考

1. 对数据结构的定义应该更慎重一点， 比如这个试验中，可以吧数组独立为一个属性， 而不是每个数组元素包含大量重复元素。
2. 在一个数组中找两个最小值，或许可以将叶子节点权重先排序在一个新的数组，再通过处理数组得值。这样虽然牺牲了空间，却减少了计算量。