实验三: 导航软件实验报告

舒文炫 PB18000029

2021 年 12 月 21 日

目录

Chapter 1

实验要求

导航软件主要是进行最短路径算法的应用，基本要求是在给定数据集上建立图结构，并在建立的图结构上实现 Dijkstra 算法求解任意两点的最短路径，这里只需要朴素的 Dijkstra 算法 (时间复杂度为 $O(|V|^2)$), 且正确预处理数据为二进制文件并读入，并且通过助教验收时给出的测试样例

除了基础要求，我在此基础上实现了更多的要求，将 dijkstra 算法时间复杂度降低到 $O(|E|log|V|)$, 而且我这里的平均运行时间远小于 100s，达到了后面的 25s 以内，同时我将预处理的二进制文件压缩为 $O(2|E|+|V|)$ 大小。

Chapter 2

设计思路

为了实现更好的文件管理和功能的模块化，我将这个实验代码拆分成实现不同功能的各个文件，这也方便进行 debug。

首先是一些全局变量的定义，这里实际上就是定义一下预处理产生的文件的名称，存放的位置，将其集中到一个地方，方便管理，这一部分放在 config.h 中

然后是数据结构定义模块，这里需要定义图结构，这里考虑到文件很大，结点很多，如果使用邻接矩阵大概率直接爆炸，而且一般而言这种都是稀疏图，这里按照邻接链表来设计，由于需要输出最短路径，所以这里也需要对路径定义一个结构体，用来保存到到某个顶点路径长度，这一部分放在 graph.h 中

由于我们不能直接用原文件操作，这样会产生大量的 IO，很花时间，所以这里我需要定义一些关于文件预处理的操作，这一部分放在 fileop.h 中

定义完这个数据结构，就能在其基础上实现图的一系列操作了，比如读入一般的二进制文件的图的创建，创建弧结点，插入弧结点，打印图。考虑到这里的压缩二进制文件，需要大小 $O(2|E|+|V|)$，感觉可以直接把这个图转为二进制文件保存下来，大小肯定是满足的，所以我还增添了将图转为二进制文件的功能，然后配套的读入这种文件的图的创建这一部分放在 graphop.h 中

然后考虑到在进行 dijkstra 算法时，有大量的对顶点队列的操作，所以这里需要补充一下，从而让算法显得更简洁，队列的数据结构也在这里定义了，需要设计插入，删除等基本操作，同时我的改进 dijkstra 算法是基于不同的队列操作策略，这里设计了两套操作，一套就是普通的有序队列，一条就是使用二叉堆实现的优先队列, 将其放在 queueop.h 中

设计完这一系列操作，可以着手更高层的操作了

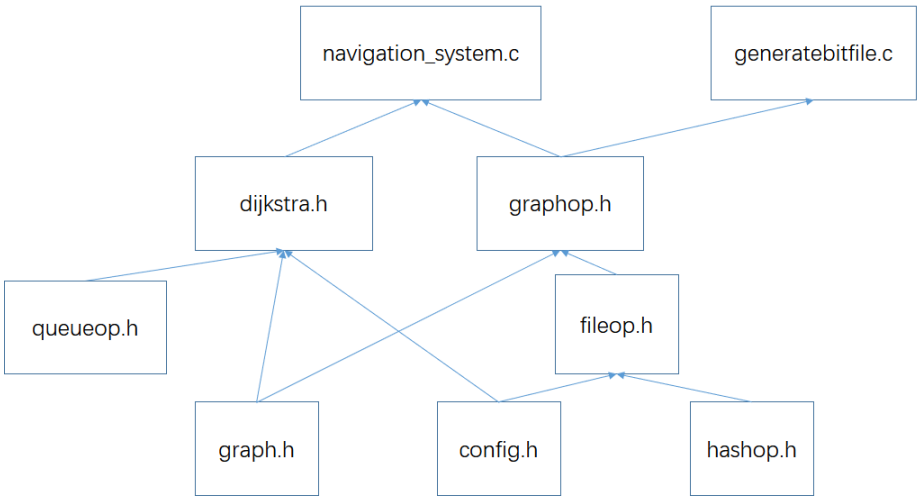
首先是预处理模块，这一模块我准备将其独立出来，不放在导航软件这个大系统里面，而是成为一个单独的程序, 主要是这种程序只需要运行一次，得到二进制文件就可以了，没必要每次跑导航软件直接还去询问是否运行，这一程序我将其命名为 generatebitfile.c

然后是最核心的 dijkstra 算法实现了，这里需要一个朴素的 dijkstra 算法，一个优化的 dijkstra 算法，将其放到 dijkstra.h 中

最后就是导航软件的综合封装，通过命令行输入进行交互，这一模块就是 navigation_system.c

上面的文字用一张图表示就是

箭头表示依赖关系


navigation_system.c
generatebitfile.c
dijkstra.h
graphop.h
queueop.h
fileop.h
graph.h
config.h
hashop.h

Chapter 3

关键代码讲解

这一部分将具体展示我的代码

3.1 参数及数据结构

```
#ifndef CONFIG
#define CONFIG
char rawbitfile[30]="bitstream/bit.dat";
char usedbitfile[30]="bitstream/ubit.dat";
char cpedbitfile[30]="bitstream/cbit.dat";
#endif // CONFIG
```

这一部分就定义了我会将产生的二进制文件存放的位置，这里会将所有文件放在 bitstream 文件夹，rawbitfile 是第一步产生的二进制文件，是通过原始文件直接产生的二进制文件，usedbitfile 是对第一步二进制文件稍微处理之后的文件，这样可以方便我创建图，cpedbitfile 是压缩之后的二进制文件

```
#ifndef GRAPH
#define GRAPH
typedef struct ArcNode {  //结点的组成域
    int adjvex;   //边指向的顶点位置
    struct ArcNode* nextarc;    //指向下一条弧的指针
    int info;  //该弧相关信息指针（长度）
}ArcNode;
typedef struct VNode {   //表头结点
    ArcNode* firstarc;  //指向第一条依附该顶点的边的指针
}VNode, * AdjList;
typedef struct {   //图
    AdjList vertices;  //可以间接使用数组
    int vexnum, arcnum;     //图的当前顶点数和弧数
}ALGraph;
typedef struct {
    int vex;
    int length;
}path;









#endif // GRAPH
```

这一部分定义了我使用的数据结构，和课本上的邻接链表数据结构定义基本一致，不多赘述，这里主要还定义了路径这一结构体，用来储存到对应顶点路径长度

```c
#include<string.h>
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
#include"config.h"
#include"hashop.h"
int preprocfile();//预处理原文件
int procbitfile();//处理原二进制文件
int countfilevex();//数文件中顶点的个数

int preprocfile(){
FILE *fp1,*fp2;
int i,count1=0;
char src[20],dst[20],distance[20];
int buffer1[3];
char filename[100];
printf("input the filename\n");
scanf("%s",filename);
fp1=fopen(filename,"r");
fp2=fopen(rawbitfile,"wb");
if(fp1==NULL||fp2==NULL){
     printf("\nCannot open file!");
     exit(-1);
}
while(!feof(fp1)){//每次读出三个整型数，分别是源点，目的点，距离，将其按照二进制写入既定文件
    fscanf(fp1,"%s%s%s",src,dst,distance);
    buffer1[0]=atoi(src);
    buffer1[1]=atoi(dst);
    buffer1[2]=atoi(distance);
    fwrite(buffer1,sizeof(int),3,fp2);
    count1++;
}
printf("--%d\n",count1);
fclose(fp1);
fclose(fp2);
return 0;
}
```

3.2 文件预处理模块

这一部分进行原始文件的预处理，将其转为二进制文件，主要的思想就是按照原始文件的格式读入，然后转为整型数，然后按照二进制的形式写入给定的文件即可

```c
int procbitfile(){
FILE *fp,*fp1;
int maxvex=0;
int i;
int buffer[3];
fp=fopen(rawbitfile,"rb");
fp1=fopen(usedbitfile,"wb");
if(fp==NULL||fp1==NULL){
    printf("file does not exist,please create it first\n");
    exit(-1);
}
while(1){//这一部分主要是看数值最大的顶点是多少，这个就是创建图的顶点数
    fread(buffer,sizeof(int),3,fp);
    if(feof(fp))
        break;
    if(maxvex<buffer[0])
        maxvex=buffer[0];
    if(maxvex<buffer[1])
        maxvex=buffer[1];
}

rewind(fp);
fwrite(&maxvex,sizeof(int),1,fp1);
while(1){
    fread(buffer,sizeof(int),3,fp);
    if(feof(fp))
        break;
    fwrite(buffer,sizeof(int),3,fp1);
}
fclose(fp);
fclose(fp1);
return 0;
}
```

这一部分进行原始二进制文件的处理，这一部分主要是为了方便创建图，我需要顶点的个数才能创建顶点列表，所以在这里我猜测这里面最大的数值，就是顶点个数

```
int countfilevex(){
FILE *fp;
int vexnum=0;
int* vexlist;
int* hashlist;
int buffer[3];
vexlist=(int*)malloc(30000000*sizeof(int));
memset(vexlist,0,30000000);
hashlist=(int*)malloc(40000000*sizeof(int));
memset(vexlist,0,40000000);
fp=fopen(rawbitfile,"rb");
if(fp==NULL){
    printf("file does not exist,please create it first\n");
    exit(-1);
}
while(1){//使用哈希查找，快速统计出有多少个顶点
    fread(buffer,sizeof(int),3,fp);
    if(feof(fp))
        break;
    if(!hashfind(hashlist,buffer[0])){
        vexlist[vexnum]=buffer[0];
        vexnum+ int countfilevex::vexnum
    }

    if(!hashfind(hashlist,buffer[1])){
        vexlist[vexnum]=buffer[1];
        vexnum++;
    }
}
fclose(fp);
printf("the vexnum is %d\n",vexnum);
return 0;
}
```

这一部分是验证我的猜想，统计出现的不重复的顶点个数，这里我就把不重复的顶点存到 hash 表中，这样会加快速度，这一函数也确实验证了我的猜想

```
#include<stdio.h>

int hashfind(int* vexlist,int a);//fina a in vexlist,if not found insert it;


int hashfind(int* hashlist,int a){
int hashvalue;
hashvalue=(a+7857649)%40000000;
if(hashlist[hashvalue]==0){
    hashlist[hashvalue]=a;
    return 0;
    }
else{
    while(hashlist[hashvalue]!=a&&hashlist[hashvalue]!=0){
        hashvalue=(hashvalue+7860767)%40000000;
    }
    if(hashlist[hashvalue]==a)
        return 1;
    else{
        hashlist[hashvalue]=a;
        return 0;
    }
}
```

这个就是 hash 方法，就是简单的线性探测

3.3 图操作模块

```
#include"fileop.h"
#include<malloc.h>
#include"graph.h"

ALGraph* Create_Graph();//创建图
ArcNode* create_node(int a,int b);//创建结点
int insert_node(ALGraph* G,int i,ArcNode* p);//将弧结点插入到图中
int Print_Graph(ALGraph* G);//打印图
int turnbitfile(ALGraph* G);//将图转为二进制文件
ALGraph* Create_Graph_by_compress();//通过压缩后文件创建图

ArcNode* create_node(int a,int b){
    ArcNode* p;
    p=(ArcNode*)malloc(sizeof(ArcNode));
    p->adjvex=a;
    p->info=b;
    p->nextarc=NULL;
    return p;
}
int insert_node(ALGraph* G,int i,ArcNode* p){//头插
    p->nextarc=G->vertices[i].firstarc;
    G->vertices[i].firstarc=p;
    return 0;
}
```

这里就是创建弧结点和插入弧结点，为了简便使用头插法

```
ALGraph* Create_Graph(){
int vexnum,arcnum,vex1;
ALGraph* G;
int buffer[3];
int i=0;
ArcNode* p;
FILE* fp;
G=(ALGraph*)malloc(sizeof(ALGraph));
fp=fopen(usedbitfile,"rb");
if(fp==NULL){
    printf("file does not exist,please create it first\n");
    exit(-1);
}
fread(&vexnum,sizeof(int),1,fp);
G->vexnum=vexnum;
G->vertices=(AdjList)malloc((vexnum+1)*sizeof(VNode));
for(i=0;i<=vexnum;i++)
    G->vertices[i].firstarc=NULL;
while(1){//read the file to get the graph
    fread(buffer,sizeof(int),3,fp);
    if(feof(fp))
        break;
    p=create_node(buffer[1],buffer[2]);
    insert_node(G,buffer[0],p);
    arcnum++;
}
G->arcnum=arcnum;
fclose(fp);
return G;

}
```

这里是读入稍微处理之后的二进制文件，创建图，先读入一个整型数这个是顶点个数，然后就能创建顶点列表，之后就是把弧一个一个的填进去就好了

```c
int turnbitfile(ALGraph* G){
FILE* fp;
int i,j,k;
int* arcarray;
ArcNode* p;
fp=fopen(cpedbitfile,"wb");
if(fp==NULL){
    printf("failed\n");
    exit(-1);
}
arcarray=(int*)malloc((G->vexnum+1)*sizeof(int));
arcarray[0]=0;
for(i=1;i<=G->vexnum;i++){
    j=0;
    p=G->vertices[i].firstarc;
    while(p){
        j++;
        p=p->nextarc;
    }
    arcarray[i]=j;
}
fwrite(&G->vexnum,sizeof(int),1,fp);
fwrite(arcarray,sizeof(int),G->vexnum+1,fp);
for(i=1;i<=G->vexnum;i++){
    p=G->vertices[i].firstarc;
    while(p){
        fwrite(&p->adjvex,sizeof(int),1,fp);
        fwrite(&p->info,sizeof(int),1,fp);
        p=p->nextarc;
    }
}
fclose(fp);
return 0;
}
```

这里是将创建好的图转为二进制文件，通过这个可以实现二进制文件的压缩，因为这在某种情况下是构建一个图所需最基本的条件了，思想就是先统计每个顶点有几条弧，这样可以构成一个数组，存的时候先把这个数组存到二进制文件中，大小就是 O(V) 的，然后直接把所有的弧按顶点顺序存进去，大小就是 O(E), 这样总体来看就是 O(V+E) 也就实现了压缩的要求

```c
ALGraph* Create_Graph_by_compress(){
FILE* fp;
int vexnum,arcnum,vex1;
int adj,info;
int* arcarray;
ALGraph* G;
int i=0,j;
ArcNode* p;
G=(ALGraph*)malloc(sizeof(ALGraph));
fp=fopen(cpedbitfile,"rb");
if(fp==NULL){
    printf("file does not exist,please create it first\n");
    exit(-1);
}
fread(&vexnum,sizeof(int),1,fp);
G->vexnum=vexnum;
G->vertices=(AdjList)malloc((vexnum+1)*sizeof(VNode));
arcarray=(int*)malloc((vexnum+1)*sizeof(int));
fread(arcarray,sizeof(int),vexnum+1,fp);
for(i=0;i<=vexnum;i++)
    G->vertices[i].firstarc=NULL;
for(i=1;i<=vexnum;i++){
    for(j=0;j<arcarray[i];j++){
        fread(&adj,sizeof(int),1,fp);
        fread(&info,sizeof(int),1,fp);
        p=create_node(adj,info);
        insert_node(G,i,p);
        arcnum++;
    }
}
G->arcnum=arcnum;
fclose(fp);
return G;
}
```

这个就是用压缩后的文件创建图，根据我的压缩算法去反过来就可以了，先读出每个顶点的弧个数数组，然后依次读出弧，插入到顶点中即可

3.4 队列操作模块

这一模块是我导航算法的核心，这里使用了两套队列操作，下面依次讲解

```
typedef struct qwq{
    path* queuelist;
    int maxlen;
    int currlen;
}my_queue;

my_queue* initqueue(int maxlen);//初始化队列
//常规方法
my_queue* enqueue(my_queue *q,path p);//常规入队列
int dequeue(my_queue *q,path* p);//常规出队列
int printqueue(my_queue *q);//打印队列
//二叉堆
my_queue* enheapqueue(my_queue *q,path p);//入二叉堆
int deheapqueue(my_queue* q,path* p);//拿出二叉堆根节点
```

首先是我对队列的定义，由于需要把距离作为权，每次找距离最小的，所以每个结点除了需要结点本身还需要到这个点的路径长度，这样整合为一个结构体，作为队列元素。后面的就是两套队列的操作

```
my_queue* initqueue(int maxlen){
    my_queue* q;
    q=(my_queue*)malloc(sizeof(my_queue));
    q->maxlen=maxlen;
    q->currlen=0;
    q->queuelist=(path*)malloc((maxlen+1)*sizeof(path));
    return q;
}
```

这是对队列初始化，构建这样一个空的优先队列

```
my_queue* enqueue(my_queue* q,path p){
    int j,k;
    if(q->currlen>=q->maxlen){
        printf("overflow!\n");
        exit(-1);
    }

    for(j=0;j<q->currlen;j++){
        if(q->queuelist[j].length>p.length)
            break;
    }
    if(j>=q->currlen){
        q->queuelist[j].vex=p.vex;
        q->queuelist[j].length=p.length;
    }
    else{
        for(k=q->currlen;k>j;k--){
            q->queuelist[k].vex=q->queuelist[k-1].vex;
            q->queuelist[k].length=q->queuelist[k-1].length;
        }
        q->queuelist[j].vex=p.vex;
        q->queuelist[j].length=p.length;
    }
    q->currlen++;
    return q;
}
```

这一函数是普通的队列插入，由于是需要队列的头为距离最小的，这样出队列只要把第一个拿出去就好，其实这里叫优先队列好一点，方法就每次插入结点时，依次比较距离找到位置，然后空出这个位置，然后插入即可

```
int dequeue(my_queue* q,path* p){
    int k;
    if(q->currlen==0){
        return(-1);
    }
    p->length=q->queuelist[0].length;
    p->vex=q->queuelist[0].vex;
    for(k=0;k<q->currlen-1;k++){
        q->queuelist[k].length=q->queuelist[k+1].length;
        q->queuelist[k].vex=q->queuelist[k+1].vex;
    }
    q->currlen--;
    return 0;
}

int printqueue(my_queue *q){
    int i;
    for(i=0;i<q->currlen;i++){
        printf("%d,%d->",q->queuelist[i].vex,q->queuelist[i].length);

    }
    printf("\n");
}
```

由于插入保证了队列有序，出队列直接拿走第一个结点就可以了,注意到不存在最短路径的判断，就是如果这个优先队列空了，那说明找不到通往所需顶点的路径，返回-1. 后面的打印队列也比较简单，就是简单遍历，不多赘述

```
my_queue* enheapqueue(my_queue *q,path p){
    int j,k;
    if(q->currlen>=q->maxlen){
        printf("overflow!\n");
         exit(-1);
    }
    for(j=q->currlen+1;j>1;j=j/2){
        if(q->queuelist[j/2].length>p.length){
            q->queuelist[j].length=q->queuelist[j/2].length;
            q->queuelist[j].vex=q->queuelist[j/2].vex;
        }
        else{

            break;
        }

    }
            q->queuelist[j].length=p.length;
            q->queuelist[j].vex=p.vex;
            q->currlen++;
            return q;

}
```

这个是优化算法的优先队列实现，使用二叉堆，每次插入就是先将其放在队尾，然后一路向上交换，不过为了减少交换的次数，这里我稍微优化了一下，就是先不把要插入的元素放进去，而是先去自下而上挪位置，找到了位置后，把要插入的元素放进去就可以了,这样可以减少一些常数因子，稍微加快算法

```
int deheapqueue(my_queue* q,path* p){
    int k;
    if(q->currlen==0){
        return(-1);
    }
    p->length=q->queuelist[1].length;
    p->vex=q->queuelist[1].vex;
    q->currlen--;
    for(k=2;k<=q->currlen;k=k*2){
        if(k<q->currlen&&(q->queuelist[k].length>q->queuelist[k+1].length))
            k++;
        if(k<=q->currlen&&(q->queuelist[q->currlen+1].length>q->queuelist[k].length)){
            q->queuelist[k/2].length=q->queuelist[k].length;
            q->queuelist[k/2].vex=q->queuelist[k].vex;
        }
        else
            break;

    }
    q->queuelist[k/2].length=q->queuelist[q->currlen+1].length;
    q->queuelist[k/2].vex=q->queuelist[q->currlen+1].vex;
    return 0;
}
```

由于要维护二叉堆，所以删除算法就变得复杂了一些，这里维护就是自上而下维护，同样的为了减少常数因子，也就是交换次序，我先不把最后一个放到第一个，而是先去挪位置，把位置空好再插入，这里判断最短路径不存在也是用相同的方法

3.5 生成所需二进制文件

```c
#include"graphop.h"

int main(){
int start,compress_en;
ALGraph* G;
printf("if you have the bitfile already,please input 0,or input 1 to generate it\n");
scanf("%d",&start);
if(start){
preprocfile();
procbitfile();
}
printf("do you want to compress it?if so input 1 or input 0\n");
scanf("%d",&compress_en);
if(compress_en){
    G=Create_Graph();
    turnbitfile(G);
}
printf("you have got the bitfile,please close the window\n");
return 0;
}
```

这个函数需要调用 graphop.h，顺便也调用了 fileop.h 里面定义了需要的函数，这里逻辑比较简单，就是输入要转为二进制文件的文件名，转完之后问一下是否需要压缩，如果要压缩就进一步操作一下

3.6 寻找最短路径模块

这一模块进行指定起始点到目的地的最短路径的寻找，分为两个，一个朴素方法，一个优化方法，他们最基本的区别就是优先队列的实现不同

```c
int naiveshortestPath(ALGraph *G,int v0,int v1){
int w=v0;
int i,vex1,findflag;
double start_time,finish_time;
my_queue* q;
int* d;

int* vfinal = (int*)malloc((G->vexnum + 1) * sizeof(int));//判断结点v是否已经被使用了，使用了为1，没使用为0
d=(int*)malloc((G->vexnum+1)*sizeof(int));//该顶点在该条路径上的前一个顶点，用来反向输出路径
path temp_path;
path* pa = (path*)malloc((G->vexnum + 1) * sizeof(path));//该顶点是否在路径上
ArcNode* pt;                ALGraph* naiveshortestPath::G
start_time=clock();
q=initqueue(G->vexnum);
for(i=0;i<G->vexnum+1;i++){//初始化
    vfinal[i]=0;
    pa[i].vex=i;
    pa[i].length=-1;
    d[i]=-1;
}
pa[v0].length=0;
vfinal[v0]=1;
for(i=0;i<G->vexnum;i++){
    pt=G->vertices[w].firstarc;
    while(pt){
        if(pa[pt->adjvex].length < 0||(pa[pt->adjvex].length > pa[w].length + pt->info)){//如果下一个结点还没加入，或者到下一个结点长度比当前
            d[pt->adjvex]=w;//更改到pt->adjvex的最小路径
            pa[pt->adjvex].length=pa[w].length+pt->info;//更新最小路径值
            q=enqueue(q,pa[pt->adjvex]);//更改的结点加入优先队列
            //printqueue(q);

        }
        pt=pt->nextarc;//去看与w相连的下一个顶点
    }
    if(dequeue(q,&temp_path)!=-1){//将距离最小的出队列
    //printqueue(q);
    w=temp_path.vex;
    vfinal[w]=1;//结点被使用
```

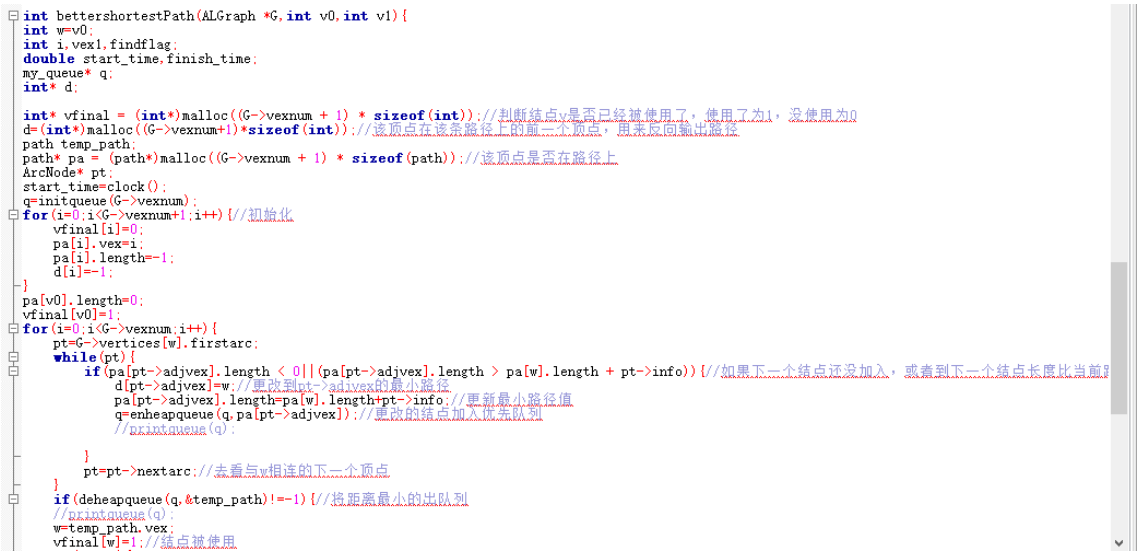
```c
    }
    if(dequeue(q,&temp_path)!=-1){//将距离最小的出队列
    //printqueue(q);
    w=temp_path.vex;
    vfinal[w]=1;//结点被使用
    if(w==v1){
        findflag=1;
        finish_time=clock();
        break;
    }
    }
    else{
        findflag=0;
        finish_time=clock();
        printf("the path does not exist!\n");
        break;
        }

}
 printf("the time consumed is %lf s\n",(double)(finish_time-start_time)/CLOCKS_PER_SEC);
if(findflag){

    printf("the length of the path is %d\n",pa[v1].length);
    printf("the path is below\n");
    vex1=v1;
    while(vex1!=v0){
        printf("%d<-",vex1);
        vex1=d[vex1];
    }
    printf("%d\n",vex1);
    printf("have fun for your journey!\n");

}
return 0;
}
```

这里我定义了一些变量，注释里面也写了其功能，我就讲解一下我的实现思路，Dijkstra 算法每次选出一个顶点，所以最多需要循环顶点数量次，所以这里循环中止条件就是循环了超过顶点数量次，不过如果提前找到了所要的目的顶点，会通过 break 直接中止循环。每一次循环回去把当前队列第一个顶点拿出来，这里需要注意的就是队列会不会空，空了说明不存在路径第一次循环就是起始点，然后将该顶点的所有没有加入队列的邻接顶点加入到优先队列中，这里如果顶点还没加入对应的路径长度域值为-1，可以通过这个判断，然后如果加入这个顶点使得一些最短路径得到更新，就去更新，更新后的值存到对应顶点路径长度域里面。结束是 vfinal 数组中对该节点标记为 1，表示该结点以后不讨论了，运行这个算法之前和之后我都计时函数，记下开始运行时间和结束时间，两者做差然后把结果转为秒，就能得到程序运行时间了, 最后如果没找到路径就说路径不存在，找到了就把路径长度以及具体路径给出来



```
int bettershortestPath(ALGraph *G,int v0,int v1){
int w=v0;
int i,vex1,findflag;
double start_time,finish_time;
my_queue* q;
int* d;

int* vfinal = (int*)malloc((G->vexnum + 1) * sizeof(int));//判断结点v是否已经被使用了，使用了为1，没使用为0
d=(int*)malloc((G->vexnum+1)*sizeof(int));//该顶点在该条路径上的前一个顶点，用来反向输出路径
path temp_path;
path* pa = (path*)malloc((G->vexnum + 1) * sizeof(path));//该顶点是否在路径上
ArcNode* pt;
start_time=clock();
q=initqueue(G->vexnum);
for(i=0;i<G->vexnum+1;i++){//初始化
    vfinal[i]=0;
    pa[i].vex=i;
    pa[i].length=-1;
    d[i]=-1;
}
pa[v0].length=0;
vfinal[v0]=1;
for(i=0;i<G->vexnum;i++){
    pt=G->vertices[w].firstarc;
    while(pt){
        if(pa[pt->adjvex].length < 0||(pa[pt->adjvex].length > pa[w].length + pt->info)){//如果下一个结点还没加入，或者到下一个结点长度比当前路
            d[pt->adjvex]=w;//更改到pt->adjvex的最小路径
            pa[pt->adjvex].length=pa[w].length+pt->info;//更新最小路径值
            q=enheapqueue(q,pa[pt->adjvex]);//更改的结点加入优先队列
            //printqueue(q);

        }
        pt=pt->nextarc;//去看与w相连的下一个顶点
    }
    if(deheapqueue(q,&temp_path)!=-1){//将距离最小的出队列
    //printqueue(q);
    w=temp_path.vex;
    vfinal[w]=1;//结点被使用
```

```
        }
        pt=pt->nextarc;//去看与w相连的下一个顶点
    }
    if(deheapqueue(q,&temp_path)!=-1){//将距离最小的出队列
    //printqueue(q);
    w=temp_path.vex;
    vfinal[w]=1;//结点被使用
    if(w==v1){
        findflag=1;
        finish_time=clock();
        break;
    }
    }
    else{
        findflag=0;
        finish_time=clock();
        printf("the path does not exist!\n");
        break;
        }

}
 printf("the time consumed is %lf s\n",(double)(finish_time-start_time)/CLOCKS_PER_SEC);
if(findflag){

    printf("the length of the path is %d\n",pa[v1].length);
    printf("the path is below\n");
    vex1=v1;
    while(vex1!=v0){
        printf("%d<-",vex1);
        vex1=d[vex1];
    }
    printf("%d\n",vex1);
    printf("have fun for your journey!\n");

}
return 0;

}
```

只需要稍作比较就可以发现，这与前一个的差别仅仅只在优先队列的实现上面，这里使用了二叉堆来实现，所有运行速度更快，其他的由于和上面一样，不做赘述

3.7 顶层模块

```
#include"graphop.h"
#include"dijkstra.h"
int main(){
int i,flag=1,method,filetype;
int src,dst;
ALGraph* G;
printf("欢迎进入导航系统,输入1读入原始二进制文件，输入0读入压缩二进制文件\n");
scanf("%d",&filetype);
printf("读入并创建中，这可能会花一些时间.....\n");
if(filetype)
    G=Create_Graph();
else
    G=Create_Graph_by_compress();
printf("文件读入完成，地图已经创建，缺德地图持续为您导航\n");
//Print_Graph(G);
while(flag){
    printf("please input the src and dst\n");
    scanf("%d %d",&src,&dst);
    printf("input 1 for naive method, 2 for better method\n");
    scanf("%d",&method);
    printf("正在为您规划路径，请稍等\n");
    if(method==1)
        naiveshortestPath(G,src,dst);
    else
        bettershortestPath(G,src,dst);
    printf("input 1 to continue,0 to finish\n");
    scanf("%d",&flag);
}

return 0;

}
```

经过前面的准备，这里的顶层导航软件框架就很清晰了，应该不需要我多做解释，一目了然

Chapter 4

调试分析

4.1 时空复杂度分析

这一部分我只分析关键代码的时空复杂度，主要是很多都很容易，全分析的话报告实在是太长了，而且没必要 orz(第一次实验报告太详细了，写吐了)。在 fileop.h 中处理原文件，原二进制文件由于都是把整个文件读一遍，时间复杂度就说里面的行数，也就是弧的数目。在 queueop.h 中，对应一般的优先队列，插入需要 O(V) 的时间，因为最坏的情况可能需要遍历整个队列才能找到位置，删除对应也需要 O(V) 因为不光要删除结点，还要把后面的往前移。对于二叉堆，插入需要 O(logV) 时间，删除也是 O(logV) 时间。最后来到朴素的 dijkkstra 算法，循环次数最多顶点数目次，然后里面插入删除结点最多也是需要顶点数目时间，所有时间复杂度 $O(V^2)$，优化后的算法，循环次数改不了，但是插入删除结点时间变为 O(logV) 插入次数最多为 O(E), 因为可能每看一条边都要变一次，删除次数最多为 O(V), 所以总时间复杂度变为 $O((E+V)logV)$, 这里如果所有结点都可从源节点到达，时间复杂度变为 O(ElogV)

4.2 实验中遇到的问题及解决

- 文件预处理那一块，所给初始文件只有每条弧的信息，没有给有多少顶点，这使得没有办法方便的构造图，解决方法就是堆初始文件进行处理，统计顶点个数，但是一个一个统计又太慢，这里我猜想是从一开始到最大值，中间没有漏的，也就是顶点数值最大值就是顶点个数，同时为了验证我的猜想，我使用哈希查找的办法加快统计速度，结果验证了我的猜想，不过还是跑了将近一个小时 orz。

- 文件压缩那一块，一开始并没有什么压缩的思路，Huffman 压缩是不可能的，这辈子都不可能的 (越压越大.jpg)，但是实验报告里面要求的空间大小提供了一些提示，就是把所有的顶点以及其对于弧的数目存下来，外加上每个顶点的弧按顺序存好就行
- 内存空间的问题，书上给的算法是在邻接矩阵下实现的，但是对于这个如果使用邻接矩阵，电脑内存远远不够，所以我考虑使用邻接表，这样也就对应需要修改算法使用邻接表实现

Chapter 5

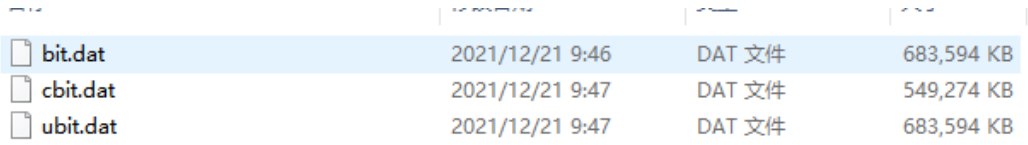
代码测试

首先是对预处理文件的测试，将测试文件放到导航软件相同目录下，运行 generatebitfile 程序，按照程序提示依次输入，得到下面的结果

```
if you have the bitfile already,please input 0,or input 1 to generate it
1
input the filename
distance_info.txt
--58333345
do you want to compress it?if so input 1 or input 0
1
you have got the bitfile,please close the window

Process returned 0 (0x0)   execution time : 164.132 s
Press any key to continue.
```

然后打开 bitstream 文件夹，可以看到生成了三个二进制文件，第三个是普通的二进制文件，第二个是压缩后的二进制文件

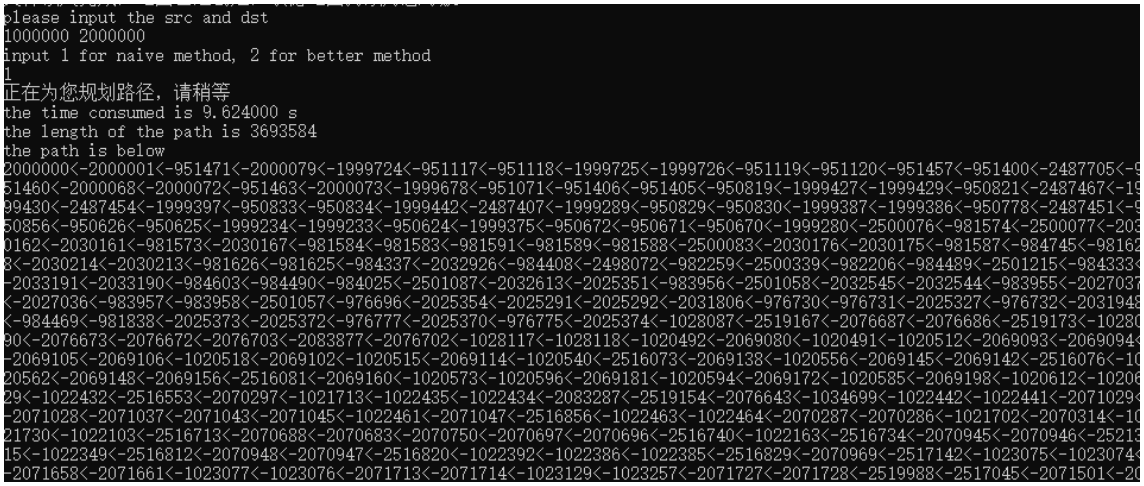


然后就是运行导航软件了，运行 navigation_system.exe, 开始会让你选择读入的文件，这里我选择读入压缩后的文件

```
欢迎进入导航系统,输入1读入原始二进制文件，输入0读入压缩二进制文件
0
读入并创建中，这可能会花一些时间.....
文件读入完成，地图已经创建，缺德地图持续为您导航
please input the src and dst
```

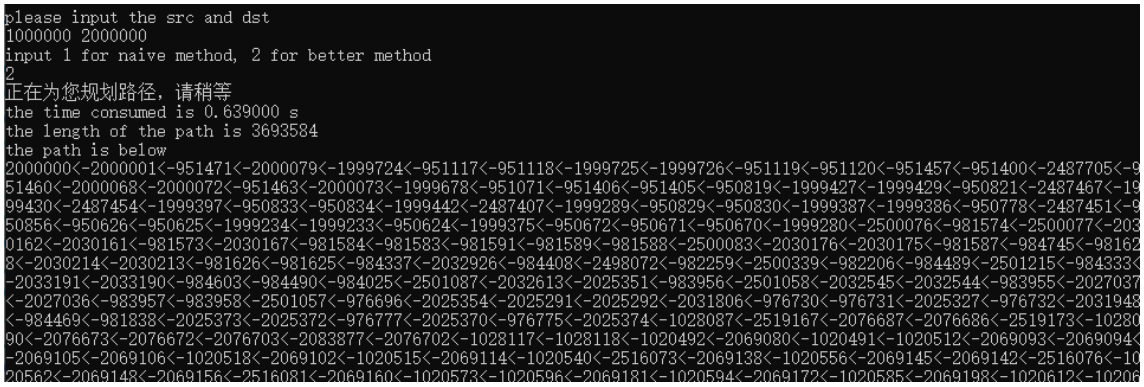
然后就是输入起点和终点，选择使用的寻路算法

首先是朴素方法



这里用了 9.6s

然后相同的起点和终点，使用优化算法



这里用了 0.63s

然后换一个例子，这个例子如果使用朴素算法，时间巨长无比，无法忍受，这里我等了十几分钟遂放弃，但是用优化算法

只用 14.12s！非常之快，可以看到我这个优化算法很好，并且常数因子也不是很大

Chapter 6

实验总结

本次实验主要是实现 Dijkstra 算法。通过这次实验，我更深入的理解了 Dijkstra 算法，也学到了如何去优化一个算法的时间复杂度，可以通过一些比较高级的数据结构，这里就是二叉堆，实际上还有裴波那契堆，不过实现起来比较麻烦，我就不考虑了，这让我切实体会到了算法的魅力。还有算法也得建立在物理基础上，实际落地时，空间有时也会成为制约因素，这里用邻接矩阵是比较困难的，但是邻接表就很好。

Chapter 7

附录

关于程序运行的说明，在测试部分已经基本给出，这里不再赘述
提交的文件清单

- bitstream 文件夹存放二进制文件
- config.h 指示二进制文件存放位置
- graph.h 数据结构定义
- hashop.h 哈希操作
- fileop.h 文件操作
- queue.h 优先队列操作
- dijkstra.h 导航算法
- graphop.h 图操作
- generatebitfile.c 生成二进制文件
- navigation_system.c 导航系统
- generatebitfile.exe 生成二进制文件程序
- navigation_system.exe 导航系统程序