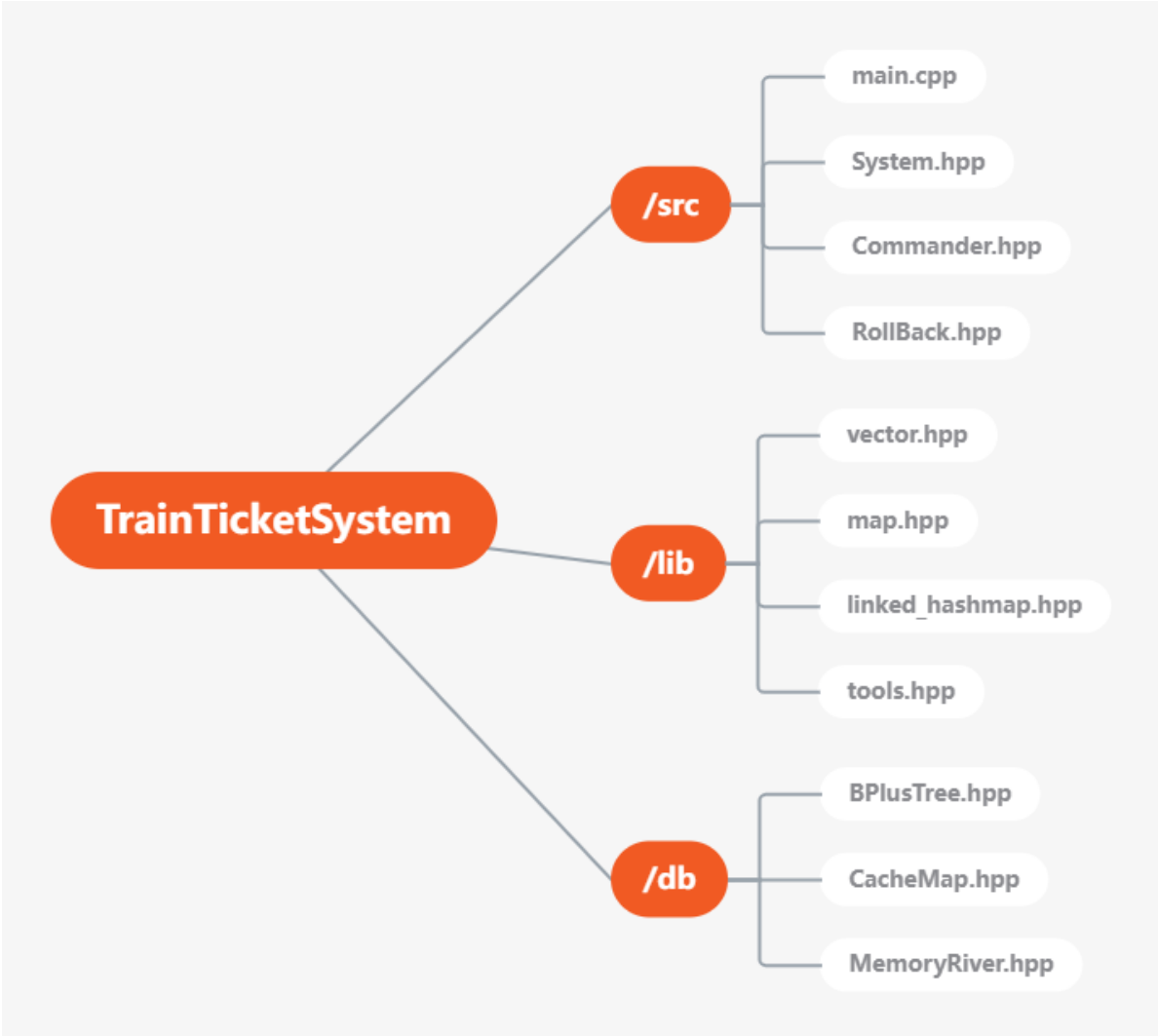
# ACM TrainTicketSystem 开发文档

| 小组成员 | 组内分工 |
| --- | --- |
| 尹良升(@hnyls2002) | 程序后端逻辑部分 |
| 董珅 (@RabbitCabbage) | 文件存储和B+树主体 |

## 整体架构

### 模块划分图




### 火车票系统模块`/src`

- `main.cpp` **最终的工作程序**
- `System.hpp` **火车票系统主体**
- `Commander.hpp` **命令行解析库**
- `RollBack.hpp` **回滚类**

### 工具库模块 `/lib`

- `vector.hpp`,`map.hpp`,`linked_hashmap.hpp`
- `tools.hpp` **自己写的一些工具**

### 数据库内存管理模块 `/db`

- `BPlusTree.hpp` **B+树的主体部分**
- `CacheMap.hpp` **缓存类**
- `MemoryRiver.hpp` **文件读写接口**

---

## 设计思路

### 逻辑主体

- 定长的信息直接用B+树单键值索引的方式，存在外存中。
- 不定长的信息，例如**每个用户的所有订单**，**每一个站的所有经过车次**等，使用二元组来存储在B+树中，形如`std::pair<class A,class B>`的形式。查找时可以先固定第一维的大小，这样可以实现所有第一维相同元素的遍历。
- 获取键值为一段连续区间的信息，采用B+树内置的迭代器完成。
- 每一条指令均由`Commander.hpp`解析后返回一个标准化指令类，该指令类经过`System.hpp`的函数处理后配送到不同的操作函数去。

### 回滚策略

- 对于三种操作，**插入**的逆操作为**删除**，**删除**的逆操作为**插入**，**修改**的逆操作为**修改**。
- 于是对于每一颗`bptree`，开一个外存的栈来实现逆操作序列的存储。
- 外存的栈同样采用分块的形式，对象中自带一个大小约为`4096`的块进行缓存。

### 缓存策略

- 对`bptree`的`find`操作，`modify`操作进行缓存。
- 用一个闭散列表来实现，有冲突时直接下放到外存。
- 发生修改的元素使用链表连接，在`bptree`中执行`lower_bound`操作时，先遍历链表执行`flush`操作。

---

## 类和成员的设计

逻辑部分主要由`hnyls2002`负责，为了让各个功能更加清晰，此处的类与成员的设计均根据功能展开。

### 火车票系统主体`/src/System.hpp`

#### 核心类

- `class System`

  整个火车票系统的**核心类**，所有的操作都在此类中完成。

## 用户信息的维护

- `struct UserInfo`
  用户信息类，储存每一个用户的**基本信息**。
- `bptree UserDb (UserName -> UserInfo)`

  用于储存用户的信息的**数据库**，添加和删除用户信息在`bptree`上操作。

## 用户的登录状态

- `struct LoggedUser (UserId -> int)`

  一个由**平衡树**或者**哈希表**来维护的目前登录的用户，里面只存`UserID`和`privilege`。

## 车次信息的维护

- `struct BasicTrainInfo`

  每一列车次的**最为基本的信息**（不包括所有停靠的车站名），由于**除了站名之外的所有信息**都会频繁地被访问，而所有停靠站的站名**空间占用十分庞大**，所以这样的设计可以尽可能地减少一个对象的大小，从而增大一个数据块的数据个数，**减少树高**。
- `bptree BasicTrainDb (TrainID -> BasicTrainInfo)`

  用于储存列车的信息的**数据库**。
- `class TrainInfo`、`bptree TrainDb`

  主要用于储存一辆列车**经过的所有车站**，可以发现只有在`query_train`操作中才会要连续地访问这些车站，于是整个`TrainDb`只会在`query_train`中被用到。

## 车票查询&换乘功能

需要对于每一个车站，查找所有经过该站的车次，于是用`bptree`维护一个**一对多**的数据类型。

- `struct StInfo`、`bptree StDb`

  即一个站对应的列车信息，不难发现只需要简单维护**这个站在这辆车上的序号**，**票价前缀和**，**时间前缀和**等几个简单的数据即可。

## 当日车次状态查询

- `struct DayTrain`

  每一天的列车由于售票情况不同因此需要一个**单独的对象**来表示。
- `struct DayTrainDataBase ({Train,day} -> DayTrain)`

  用于储存某一天某一列车信息的**数据库**。

## 查询订单功能

- `struct Order`

  用于保存一份订单的**基本信息**，每一位用户的**订单记录**也是使用B+树的**一对多**类型数据。

## 候补列表查询

- `struct Pender`

  候补的用户为一个**队列结构**，同样采用**一对多**类型存储在B+树种，储存的信息类为`Pender`。

## 自定义工具类 `/lib/algorithm.hpp`

- `struct Date`

  用于存储火车的日期。

- `struct Time`

  用于存储火车的时间。

- `struct fstr<len>`

  固定长度字符串

# 函数接口（逻辑部分）

## 火车票系统主体 `/src/System.hpp`

通过`Opt`来调用相应的操作函数，所有的返回值均用`vector<string>`的形式来存储，输出的时候再进行转换，函数的`arguments`类型待定。

```
vector<std::string>Add_User
vector<std::string>Login
vector<std::string>Logout
vector<std::string>Query_Profile
vector<std::string>Modify_Profile
vector<std::string>Add_Train
vector<std::string>Release_Train
vector<std::string>Query_Train
vector<std::string>Query_Ticket
vector<std::string>Query_Transfer
vector<std::string>Buy_Ticket
vector<std::string>Query_Order
vector<std::string>Refund_Ticket

std::string Opt(cosnt CmdType & arg);
```

## 命令行解析库 `/src/Commander.hpp`

传入由`main.cpp`读取的一列字符串，将其发送给解析类，解析类返回一个标准命令类。

```
CmdType Parser(const std::string &arg);
```

## B+ Tree

文件读写部分由董珅(@RabbitCabbage)负责
设计用B+树+链表的储存结构，分别存储需要支持随机访问和顺序访问的数据库
先封装一个MemoryRiver类，进行底层的文件读写操作

```

template<typename T>
class MemoryRiver {
private:
    std::fstream file;
    char file_name[20];
public:
```

```
    MemoryRiver(char *file_name);

    ~MemoryRiver();

    void Write(const T &t, const int index);

    T Read(const int index);
};
```

用数据结构B+树实现信息的存储，用户信息和列车信息都以B+树的形式存储到外存
同时实现信息的缓存以减少外存读取次数，最终封装为CacheMap的public函数，可以直接调用
BPlusTree提供的函数接口如下：（具体实现时会有其他某些private工具函数）,并且是写给Cache调用的

```
template<typename Key, typename Info, class KeyCompare = std::less<Key>>

class BPlusTree {
    //以下两个值暂定，可能以后根据实际情况更改
    static const int max_key_num = 100;//一个数据块最多记有多少个键值
    static const int max_rcd_num = 30;//一个数据块最多存多少条记录
    char index_file[20];
    char record_file[20];
    MemoryRiver memory;
private:
    class Node {
        int nxt, before;// B+树叶子节点构成的的链表
        bool isleaf;//标记是不是叶节点
        int children[max_key_num + 1];
        Key keys[max_key_num];
    };

    class Block {
        Info record[max_rcd_num];
    };

public:
    //B+树的构造函数,由一个文件构造
    BPlusTree(const char *file_name, int cache_size) {}

    //B+树的析构函数
    ~BPlusTree() {}

    //插入一个元素，参数是插入元素的键值和记录的详细信息，返回插入是否成功
    //如果说这个元素本来存在，插入失败返回false
    bool Insert(const Key &key, const Info &info) {}

    //删除一个元素，参数是要删除元素的键值，返回是否删除成功，
    //如果这个元素在B+树中不存在就删除失败
    bool Erase(const Key &key) {}

    //查询一个元素，参数是要查询元素的键值
    //返回值是一个pair，bool代表有没有找到
    //如果找到这个元素存在，返回true，同时返回记录信息的具体值
    //如果没有找到，返回false，这时的返回struct是随机值，不应该被访问
    std::pair<bool, Info> Find(const Key &key) {}
```

```
    //修改一个元素，参数是要修改元素的键值和修改之后的信息
    //返回一个bool，修改成功返回true，否则返回false
    //如果这个要修改的元素在B+树中不存在就会返回false
    bool Modify(const Key &key, const Info &new_info) {}

    //清空B+树的有关文件
    void Clear() {}

    //返回现在总共有多少条记录
    int GetSize() {}

};
```

## 文件存储 Cache Map

Cache的实现用HashMap，用双hash解决冲突（这里默认键值应该是字符串，提供两个hash函数）

1. 记录一个bool类型的Valid数组，表示的是这里的键值是否有效，在每次程序运行时全部初始化为0
2. 记录另外一个hash的值作为Index，用来检查第一个hash值是否发生了碰撞
3. 记录一个dirty数组，表示的是这个键值对应的信息已经被修改，如果hash发生了碰撞，这里的信息要更新到外存，初始化的时候也全初始化为0；
4. 再记录一个数据集，表示的是命中之后的记录信息

当我们需要修改某个键值对应的信息时，从外存读取原始数据，修改了之后记录到Cache的数据记录中去，将对应的Valid值记为1，表示这里的信息被命中过；并且把dirty记录为1，表示的是这里的信息已经被修改，和外存中不同;当再修改一个键值对应的信息时，如果说Valid已经是1，说明这个hash已经被命中，要检查index是否相同，如果相同，直接修改，dirty记为1；如果不同说明发生了碰撞，如果说之前命中的这个元素的dirty是0，那么这个元素没有修改，直接把新元素放入cache；如果说dirty是1，就要把修改之后的信息写入外存，再放新元素；
当我们要插入一个新的元素，就把信息同时写入外存和cache，并且标注valid=1，dirty=0，相当于在cache中加入了一个被命中而没有被修改过的元素
当CacheMap的size达到上限时，以及程序结束需要析构时，就应该把它清空，调用B+Tree的Modify写入外存

```
template<typename Key, typename Info, class KeyCompare = std::less<Key>>

class CacheMap {
private:
    long long Hash1(char *s);

    long long Hash2(char *s);

    static const long long max_size = 41519;//表示的是这个link_map的最大容量，是一个质数
    bool valid[max_size];
    bool dirty[max_size];
    long long index[max_size];
public:
    CacheMap(){}
    ~CacheMap(){}
    //插入一个元素，参数是插入元素的键值和记录的详细信息，返回插入是否成功
    //如果说这个元素本来存在，插入失败返回false
    //直接操作到B+Tree，并且存入Cache
    bool Insert(const Key &key, const Info &info) {}
```

```
    //删除一个元素，参数是要删除元素的键值，返回是否删除成功，
    //如果这个元素在B+树中不存在就删除失败
    //直接操作到B+tree上
    bool Erase(const Key &key) {}

    //查询一个元素，参数是要查询元素的键值
    //返回值是一个pair，bool代表有没有找到
    //如果找到这个元素存在，返回true，同时返回记录信息的具体值
    //如果没有找到，返回false，这时的返回struct是随机值，不应该被访问
    //访问之后就要存入Cache，便于下次访问
    std::pair<bool, Info> Find(const Key &key) {}

    //修改一个元素，参数是要修改元素的键值和修改之后的信息
    //返回一个bool，修改成功返回true，否则返回false
    //如果这个要修改的元素在B+树中不存在就会返回false
    //修改的时候要进行valid,index,dirty的检查
    bool Modify(const Key &key, const Info &new_info) {}

    //清空Cache,把它全部都写到外存
    void Clear() {}

    //返回现在总共有多少条记录
    int GetSize() {}
};
```

## 基于文件读写的链表

文件存储的链表类，支持读头尾节点，以及按照插入顺序依次读取所有记录
每一个List会对应一个用户，维护这个用户的所有订单信息
所有用户的订单信息链表存在一个文档里

```
template <typename T>//T是一个定长的信息结构体
class List{
    private:
    int head,rear;//索引的头节点，尾节点
    public:
    List();
    ~List();
    void PushBack(const T&t);//在这条链表的最后插入
    T QueryHead();//询问头节点信息
    T QueryRear();//询问最后的尾节点信息
    void PopBack();//弹出最后一个节点
    vector<T> Queryall();//询问所有节点信息，按照插入顺序放入vector
};
```