实现

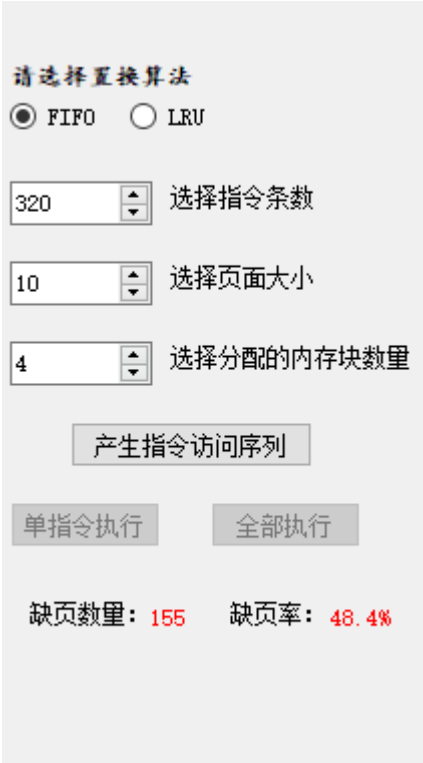
本次页面置换算法项目采用C++语言编写并在Visual Studio 2017上开发，图形界面基于Qt平台。本程序的基本运行机制如下：

- **首先**设置相关参数，例如**指令数量**、页面大小等
- **然后**产生指令的**随机访问序列**，该序列会在指令序列框中显示
- **最后**可**单步执行**指令，也可**全部执行**完余下的所有指令
- 页面调度情况会在**日志框**中显示
- 每次重新产生指令序列都会**刷新**日志框
- 相应的**页错误次数**和**页错误率**会在右下角显示

界面

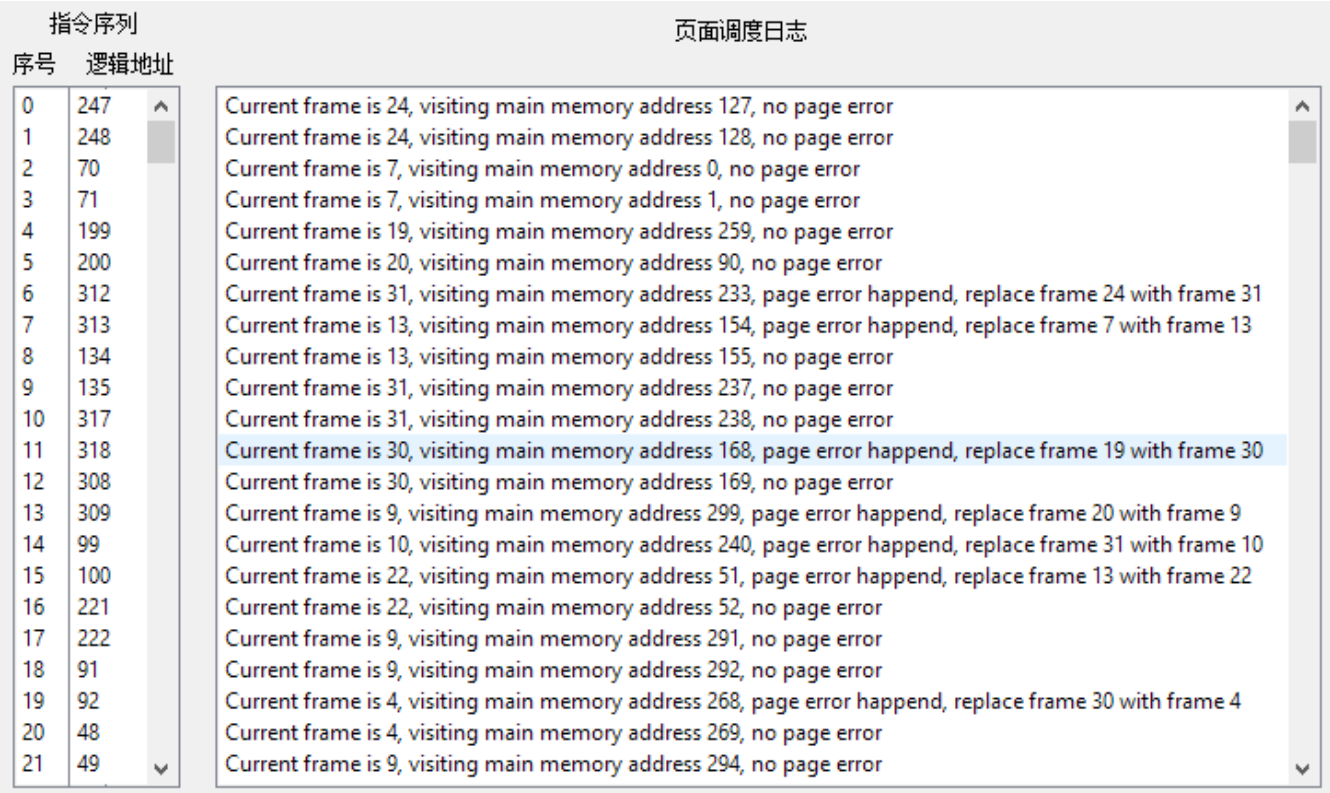
本程序界面主要分为**控制部分**和**显示部分**。控制部分用于**设置调度算法运行环境的相关参数**，显示部分用于显示**指令访问序列**以及访问每条指令时的**相关日志**。

1.控制模块



这里可以设置页面置换算法，指令条数，页面大小以及分配的内存块数量，以观察这些参数对缺页率的影响。

2.显示模块



这里，访问每条指令时都会产生一条日志消息，以表示当前访问的逻辑块地址、主存地址、有无页错误发生以及发生页错误后采取的措施。

算法

本程序提供的页面置换算法有FIFO和LRU。FIFO和LRU均采用C++中的std::list数据结构实现，具体实现如下：

1.FIFO

```
//单步执行FIFO
void PRA::singleFIFO() {
    int currentInsAddr = insSeq[currentInsIndex];
    int pageIndex = getPageIndex(currentInsAddr, pageSize);

    if (pageTable[pageIndex].validation) {              //有效则直接访问
        emit(status(getPhysicalAddr(currentInsAddr, pageTable, pageSize), false, pageError,
pageIndex));
    }
    else if (!isFull) {                 //内存列表没空时加到空位置
        auto emptyAddr = getFrameIter(frameQueue, -1);
        if (emptyAddr != frameQueue.end()) {
            *emptyAddr = pageIndex;
            pageTable[pageIndex].validation = true;
            pageError++;
            emit(status(getPhysicalAddr(currentInsAddr, pageTable, pageSize), false,
pageError, pageIndex));
        }
        else
            isFull = true;
    }
    else {                      //置换队列头块
        pageError++;
        int frontAddr = frameQueue.front();
        if (frontAddr >= 0 && pageTable[frontAddr].validation)
            pageTable[frontAddr].validation = false;
        frameQueue.pop_front();
        frameQueue.push_back(pageIndex);
        pageTable[pageIndex].validation = true;
        emit(status(getPhysicalAddr(currentInsAddr, pageTable, pageSize), true, pageError,
pageIndex, frontAddr));
    }
    currentInsIndex++;
}
```

在发生页错误时，FIFO总是替换队列头的块，以实现”先进先出“。

2.LRU

```
//单步执行LRU
void PRA::singleLRU() {
    int currentInsAddr = insSeq[currentInsIndex];
```

```
    int pageIndex = getPageIndex(currentInsAddr, pageSize);

    if (pageTable[pageIndex].validation) {              //有效则直接访问，并将被访问的块提到队前
        cout << getPhysicalAddr(currentInsAddr, pageTable, pageSize) << endl;
        auto frameIter = getFrameIter(frameQueue, pageIndex);
        if (frameIter != frameQueue.end()) {
            frameQueue.erase(frameIter);
            frameQueue.push_front(pageIndex);
        }
        emit(status(getPhysicalAddr(currentInsAddr, pageTable, pageSize), false, pageError,
pageIndex));
    }
    else if (!isFull) {          //内存列表没空时加到空位置
        auto emptyAddr = getFrameIter(frameQueue, -1);
        if (emptyAddr != frameQueue.end()) {
            *emptyAddr = pageIndex;
            pageTable[pageIndex].validation = true;
            pageError++;
            emit(status(getPhysicalAddr(currentInsAddr, pageTable, pageSize), false,
pageError, pageIndex));
        }
        else
            isFull = true;
    }
    else {                      //置换队列尾块
        pageError++;
        int backAddr = frameQueue.back();
        if (backAddr >= 0 && pageTable[backAddr].validation)
            pageTable[backAddr].validation = false;
        frameQueue.pop_back();
        frameQueue.push_back(pageIndex);
        pageTable[pageIndex].validation = true;
        emit(status(getPhysicalAddr(currentInsAddr, pageTable, pageSize), true, pageError,
pageIndex, backAddr));
    }
    currentInsIndex++;
}
```

在发生页错误时，LRU总是替换队列尾的块，也即“最近最不经常访问”块

性能

1.FIFO

- 不命中时，FIFO只需将内存列表头的块替换掉，执行两个操作。
- 命中时，FIFO直接访问，不操作。

若指令数量为n，额外时间复杂度为O(n)

2.LRU

- 不命中时，LRU只需将内存列表尾的块替换掉，执行两个操作。
- 命中时，LRU直接访问，并将被访问的块提到队头，这里执行查找、删除和插入三个个操作

若指令数量为n，缺页率为r，则额外时间复杂度为:

$$O(n(1-r)+n^2r/2)$$

结果分析

序号	指令条数	页面大小	内存块数量	**FFIFO**缺页率	**LRU**缺页率
0	320	10	4	45.3%	47.8%
1	480	10	4	47.2%	48.1%
2	640	10	4	46.2%	47.5%
3	800	10	4	46.0%	47.5%
4	320	10	4	46.4%	46.6%
5	1120	10	4	46.1%	46.1%
6	320	15	4	40.9%	40.6%
7	320	20	4	36.8%	39.6%
8	320	25	4	32.5%	35.0%
9	320	30	4	25.9%	29.0%
10	320	35	4	22.1%	23.4%
11	320	10	8	36.5%	40.9%
12	320	10	12	29.6%	30.1%
13	320	10	16	24.6%	22.1%
14	320	10	20	17.5%	12.5%
15	320	10	24	11.2%	9.06%

一些结论

- 从表中可以看出，**在基准情况下**指令数量对缺页率**几乎没有什么影响**。
- **页面大小**和**内存块数量**对缺页率有很大影响。增加页面大小或增加分配的内存块数量都能有效减少缺页率。
- 表中没有体现出LRU相对于FIFO的优越性，可能与指令访问序列有关系，在真实情况下，LRU应该比FIFO性能要好。

- 这里FIFO没有表现出Belady异常，可能与指令访问序列和内存块设置有关。