实验2：记录管理器实现

邹兆年，哈尔滨工业大学计算学部，znzou@hit.edu.cn

https://gitee.com/HIT-DB/hit-db-class-rucbase-lab

一、实验目的

掌握Rucbase记录管理器的实现方法。

二、相关知识

1. 分槽页面布局
2. 堆文件组织

三、实验内容

本实验包括2项任务。

任务1：记录操作实现

补全`RMFileHandle`类，实现文件记录的获取、插入、删除和修改操作。

每个`RMFileHandle`对象对应一个文件，当`RMManager`执行打开文件操作时，会创建一个指向`RMFileHandle`对象的指针。`RMFileHandle`类的接口如下：

```
class RmFileHandle {
   public:
    RmFileHandle(DiskManager *disk_manager, BufferPoolManager *buffer_pool_manager, int
fd);
    // 不考虑事务的记录操作（事务将在后续实验使用）
    std::unique_ptr<RmRecord> get_record(const Rid &rid, Context *context) const;
    Rid insert_record(char *buf, Context *context);
    void delete_record(const Rid &rid, Context *context);
    void update_record(const Rid &rid, char *buf, Context *context);
    // 辅助函数
    RmPageHandle create_new_page_handle();
    RmPageHandle fetch_page_handle(int page_no) const;
    RmPageHandle create_page_handle();
    void release_page_handle(RmPageHandle &page_handle);
};
```

具体完成如下任务。

（1）阅读代码

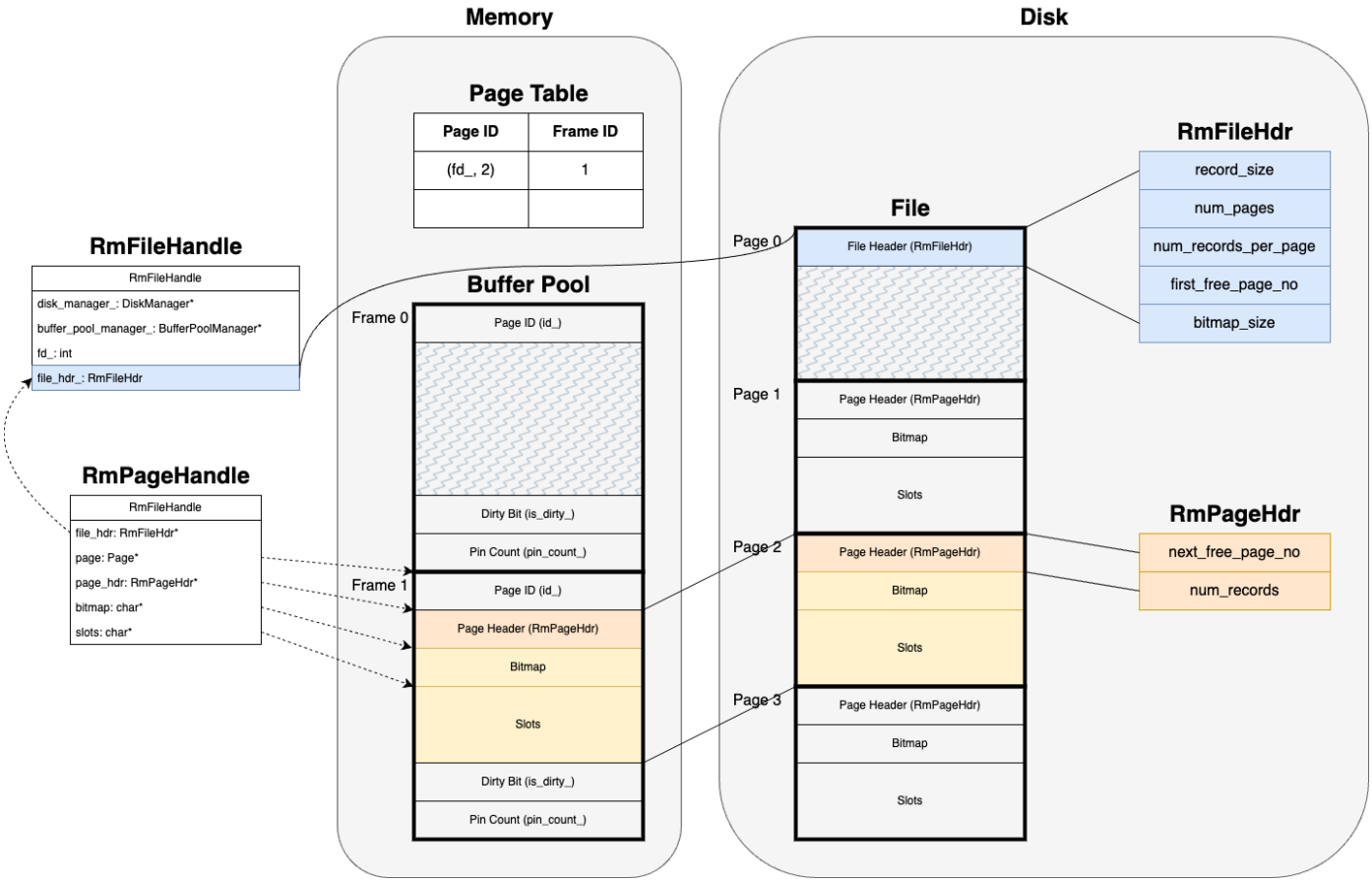
阅读`src/record`目录下的代码。

- `src/record/rm_defs.h`
- `src/record/rm_manager.h`
- `src/record/rm_file_handle.h`
- `src/record/rm_file_handle.cpp`

理解`RMManager`类、`RMFileHandle`类和`RMPageHandle`类的设计。

- `RMManager`类提供了创建、打开、关闭、删除记录文件的接口，其内部实现调用了实验1实现的`DiskManager`和`BufferPoolManager`类的接口。
- `Rid`类定义了记录ID。
- `RmReocrd`类定义了记录存储结构。
- `RMPageHandle`类定义了分槽页面布局。
- `RMFileHandle`类定义了文件记录的获取、插入、删除和修改操作。

参考下图理清重要概念之间的关系。



（2）实现`RmFileHandle::get_record`函数

函数声明：

```
std::unique_ptr<RmRecord> RmFileHandle::get_record(const Rid& rid, Context* context)
const;
```

功能：获取一条记录。参数和返回值的含义参考代码注释。

实现：参考代码注释。

（3）实现`RmFileHandle::insert_record`函数

函数声明：

```
Rid RmFileHandle::insert_record(char* buf, Context* context);
```

功能：插入一条记录。参数和返回值的含义参考代码注释。

实现：参考代码注释。对于堆文件组织形式，只需找到一个有足够空间存放该记录的页面即可。如果所有已分配页面中都没有足够空间，则申请一个新页面来存放该记录。注意更新页中的位图（bitmap），它记录了每个槽（slot）中是否存放了记录。此外，如果当前页在插入后变满，则需要更新`file_hdr`的第一个空闲页。

（4）实现`RmFileHandle::delete_record`函数

函数声明：

```
void RmFileHandle::delete_record(const Rid& rid, Context* context);
```

功能：删除一条记录。参数和返回值的含义参考代码注释。

实现：参考代码注释。先获取page handle，然后将页中的位图（bitmap）中与删除记录槽位对应的位置0。如果删除操作导致该页面恰好从已满变为未满，则需要调用`release_page_handle`函数。

（5）实现`RmFileHandle::update_record`函数

函数声明：

```
void RmFileHandle::update_record(const Rid& rid, char* buf, Context* context);
```

功能：更新一条记录。参数和返回值的含义参考代码注释。

实现：参考代码注释。先获取page handle，然后直接更新页的数据即可。

（6）实现`RmFileHandle::fetch_page_handle`函数

函数声明：

```
RmPageHandle RmFileHandle::fetch_page_handle(int page_no) const;
```

功能：获取指定页面对应的`RmPageHandle`对象。参数和返回值的含义参考代码注释。

实现：参考代码注释。需要调用`BufferPoolManager::fetch_page()`获取指定页面。

（7）实现`RmFileHandle::create_new_page_handle`函数

函数声明：

```
RmPageHandle RmFileHandle::create_new_page_handle();
```

功能：创建一个新的`RmPageHandle`对象。返回值的含义参考代码注释。

实现：参考代码注释。需要调用`BufferPoolManager::new_page()`，在缓冲池中创建新页，并更新`page_hdr`和`file_hdr`中各项内容。

（8）实现`RmFileHandle::create_page_handle`函数

函数声明：

```
RmPageHandle RmFileHandle::create_page_handle();
```

功能：创建或获取一个空闲的`RmPageHandle`对象。返回值的含义参考代码注释。

实现：参考代码注释。基本实现逻辑是先判断第一个空闲页是否存在，如果存在，就调用`fetch_page_handle`函数获取它；否则，调用`create_new_page_handle`函数创建一个新的`RmPageHandle`对象。

（9）实现`RmFileHandle::release_page_handle`函数

函数声明：

```
void RmFileHandle::release_page_handle(RmPageHandle &page_handle);
```

功能：当page handle中的page从已满变成未满的时候调用此函数。参数的含义参考代码注释。

实现：参考代码注释。更新`page_hdr`的下一个空闲页和`file_hdr`的第一个空闲页。

（10）单元测试

单元测试代码在文件`src/test/storage/record_manager_test.cpp`中。

执行下列命令，进行单元测试。

```
cd build
make record_manager_test
./bin/record_manager_test
```

（11）注意事项

不允许修改任何公有函数的声明。

任务2：记录迭代器实现

补全`RmScan`类，实现对文件记录的遍历。

`RmScan`类继承于`RecScan`类，它们的接口如下：

```
class RecScan {
public:
    virtual ~RecScan() = default;
    virtual void next() = 0;
    virtual bool is_end() const = 0;
    virtual Rid rid() const = 0;
};

class RmScan : public RecScan {
public:
    RmScan(const RmFileHandle *file_handle);
    void next() override;
    bool is_end() const override;
    Rid rid() const override;
};
```

具体完成如下任务。

（1）阅读代码

阅读下列文件中的代码：

- `src/record/rm_scan.h`
- `src/record/rm_scan.cpp`

理解`RmScan`类的设计。

（2）实现`RmScan::RmScan`构造函数

函数声明：

```
RmScan::RmScan(const RmFileHandle *file_handle);
```

功能：构造函数。参数的含义参考代码注释。

实现：参考代码注释。传入`file_handle`，初始化`rid`。`RmScan`内部存放了`rid`，用于指向一个记录。

（3）实现`RmScan::next`函数

函数声明：

```
void RmScan::next();
```

功能：找到文件中下一个存放记录的位置。

实现：参考代码注释。对于当前页面，基于位图（bitmap）找到值为1的位对应的槽号（slot_no）。如果当前页面的所有槽中都没有存放记录，就找下一个页面。

（4）实现`RmScan::is_end`函数

函数声明：

```
bool RmScan::is_end() const;
```

功能：判断是否到达文件末尾，即最后一个页面的最后一个槽。返回值的含义参考代码注释。

实现：参考代码注释。可以自主定义末尾的标识符，如`RM_NO_PAGE`。

（5）单元测试

单元测试代码在文件`src/test/storage/record_manager_test.cpp`中。

执行下列命令，进行单元测试。

```
cd build
make record_manager_test
./bin/record_manager_test
```

（6）注意事项

不允许修改任何公有函数的声明。

四、考核方法

1. 实验完成情况（80%）。根据单元测试通过情况和代码理解情况给分。
    - 任务1：记录操作实现（50%）
    - 任务2：记录迭代器实现（30%）
2. 实验报告（20%）。根据实验报告的完整性、科学性和规范性评分。