

浙江大学

本科实验报告

课程名称: 数据库系统

实验名称: MiniSQL

姓 名: 陈皓天 张远帆

实验地点: 西教 506

指导教师: 苗晓烨

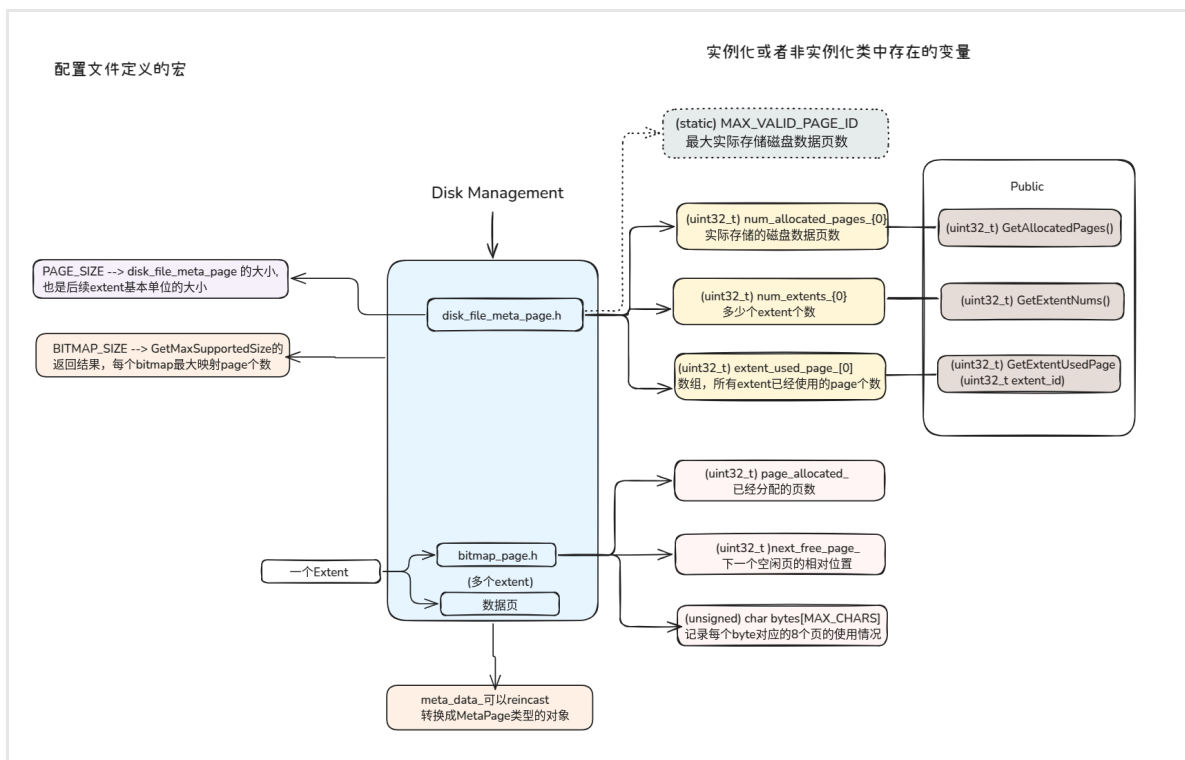
报告日期: 2025/04/19

第一章 模块 1

该模块实现了磁盘数据页管理、位图页、缓冲池管理和 LRU 替换策略，并加以必要的并发控制锁。其中，磁盘数据页管理和缓冲池管理的变量较多，逻辑较为复杂，我通过绘画思维导图的方式帮助自己完成代码。

1. 磁盘数据页管理

以 AllocatePage 为例，虽然这是个磁盘数据页管理类，但他一开始并不直接与磁盘相交互，而是先将 disk_file_meta_page 从内存中读取信息，然后根据需要创建特定索引的 Bitpage 类，然后从磁盘读入这个类，经过修改后再写回磁盘。我绘制的思维导图图如下：



可以看到，Disk_Management 直接与 disk_file_meta_page 和 bitmap_page 交互，来管理磁盘 page 的分配与释放；在 Allocate 中，物理地址和逻辑地址的转换尤为重要，其中 locate_Bitmap 是我命名的来索引 extent 的变量，当确定某一个 locate_Bitmap 的值之后，就需要转化为物理地址，来传入 ReadPhysicalPage 函数，于是需要以下逻辑：

```
int locate_physics = 1 + (1 + BITMAP_SIZE) * locate_Bitmap;
```

这里考虑到了实际存储数据页和 meta_page 占用的页数，直接得到了 bitmap_page 的物理索引

2. 位图页

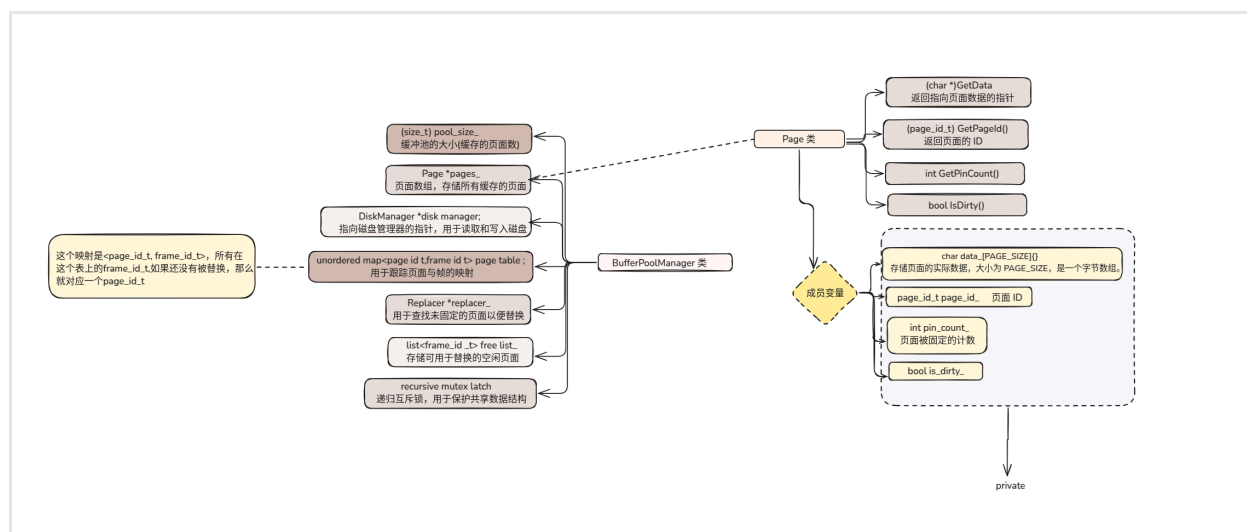
此处的代码较为简单, 在上面的磁盘数据管理的逻辑中, 一个 extent 包含着一个位图页和多个数据存储页, 位图页的目的是为了管理和快速索引数据存储页。

值得注意的是, 这个类中的 `next_free_page` 变量记录了下一个空闲的页数索引 (从 0 开始), 有助于查找空闲页的速度。

bytes 数组的每一个位的长度是 8 个 bits, 通过 `byte_index` 和 `bit_index` 的位操作可以得出该页是否空闲的信息

3. 缓冲池管理

此模块变量较多, 我同样通过 mind map 的方式帮助自己记忆



这个缓冲池管理类和刚刚的磁盘数据页管理类的区别在于, 缓冲池管理类是包含真的数据的。实际上其数据存储在一个 `Page*` 数组中, `Page*` 数组的索引是 `frame_id`; 相当于这个 `Page` 数组包含着磁盘中的某几页数据, 通过 `page_table` 将磁盘页和 `frame` 页相对应类起来; 在必要的时候可以通过 LRU 策略替换其中的某些磁盘页。

4. LRU 替换策略

`LRUReplacer` 类提供了保存可替换 `frame` 的容器, 用于在缓冲池 `FetchPage` 方法和 `NewPage` 方法时, 当找不到空闲页的时候选择 last recently used 页进行替换, 并且当其调用 `Pin` 方法的时候将对应 `frame` 移出容器;

这里一共有两个容器来保存可替换 `frame`, 分别是 `list<frame_id_t> lru_queue`, 用作记录顺序, 以及 `unordered_set<frame_id_t> lru_set`; 用作快速查找; 两者结合, `lru` 方法的效率可以得到大幅提升。

5. 正确性测试

分别对上述四个模块进行三个测试, 均通过。

```

(base) linux@ubuntu:~/db/minisql/build/test$ ls
buffer_pool_manager_test  cmake_install.cmake  disk_manager_test  libminisql_test_main.so  Makefile
CMakeFiles               CTestTestfile.cmake  disk_test.db       lru_replacer_test
(base) linux@ubuntu:~/db/minisql/build/test$ ./disk_manager_test
[=====] Running 2 tests from 1 test suite.
[-----] Global test environment set-up.
[-----] 2 tests from DiskManagerTest
[ RUN      ] DiskManagerTest.BitMapPageTest
[ OK       ] DiskManagerTest.BitMapPageTest (4 ms)
[ RUN      ] DiskManagerTest.FreePageAllocationTest
[ OK       ] DiskManagerTest.FreePageAllocationTest (267 ms)
[-----] 2 tests from DiskManagerTest (272 ms total)

[-----] Global test environment tear-down
[=====] 2 tests from 1 test suite ran. (272 ms total)
[ PASSED  ] 2 tests.
(base) linux@ubuntu:~/db/minisql/build/test$ ./lru_replacer_test
[=====] Running 1 test from 1 test suite.
[-----] Global test environment set-up.
[-----] 1 test from LRURewriterTest
[ RUN      ] LRURewriterTest.SampleTest
[ OK       ] LRURewriterTest.SampleTest (0 ms)
[-----] 1 test from LRURewriterTest (0 ms total)

[-----] Global test environment tear-down
[=====] 1 test from 1 test suite ran. (0 ms total)
[ PASSED  ] 1 test.
(base) linux@ubuntu:~/db/minisql/build/test$ ./buffer_pool_manager_test
[=====] Running 1 test from 1 test suite.
[-----] Global test environment set-up.
[-----] 1 test from BufferPoolManagerTest
[ RUN      ] BufferPoolManagerTest.BinaryDataTest
[ OK       ] BufferPoolManagerTest.BinaryDataTest (1 ms)
[-----] 1 test from BufferPoolManagerTest (1 ms total)

[-----] Global test environment tear-down
[=====] 1 test from 1 test suite ran. (1 ms total)
[ PASSED  ] 1 test.
(base) linux@ubuntu:~/db/minisql/build/test$ █

```

以及我的 git 推送记录

Commits on Apr 16, 2025	
Initial commit cruallcollege committed 3 days ago	a9578cc <>
finish bitmap_page.cpp cruallcollege committed 3 days ago	9ebae69 <>
Commits on Apr 17, 2025	
bitmap_page.cpp accomplished cruallcollege committed 2 days ago	ef0ef1f <>
bitmap_page.cpp modified cruallcollege committed 2 days ago	e6359ab <>
Commits on Apr 18, 2025	
bitmap_page.cpp modified cruallcollege committed yesterday	45ff3dc <>
disk_manager.cpp write1 cruallcollege committed yesterday	8784e49 <>
disk_manager.cpp accomplished cruallcollege committed yesterday	bc1ff99 <>
lru accomplished cruallcollege committed yesterday	893773d <>
disk_manager.cpp modified cruallcollege committed 16 hours ago	a55108b <>
buffer_pool_manager.cpp accomplished part 1 cruallcollege committed 14 hours ago	2aaab47 <>
Commits on Apr 19, 2025	
buffer_pool_manager.cpp accomplished --all cruallcollege committed 3 hours ago	359ad58 <>