# 背景

Innodb为了解决磁盘上磁盘速度和CPU速度不一致的问题，在操作磁盘上的数据时，先将数据加载至内存中，在内存中对数据页进行操作。

Mysql在启动的时候，会向内存申请一块连续的空间，这块空间名为Bufffer Pool，也就是缓冲池，默认情况下Buffer Pool只有128M。

# 概述

在InnoDB存储引擎中，缓冲池的大小默认16KB，使用LRU算法对缓冲池进行管理。稍有不同的是InnoDB存储引擎对传统的LRU算法做了一些优化，在InnoDB存储引擎中，LRU列表中还加入了midpoint位置。新读取到的页，虽然是新访问的页，但并不是放入到 LRU列表的首部，而是放入LRU列表的midpoint位置。这个算法在InnoDB存储引擎下称为midpoint insertion strategy。默认配置下，该位置在LRU列表长度的5/8处。midpoint位置可由参数innodb\_old\_blocks\_pct控制：

mysql> show variables like 'innodb\_old\_blocks\_pct' G

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\* 1. row \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

Variable\_name: innodb\_old\_blocks\_pct

Value: 37

1 row in set (0.01 sec)

从上面的例子中可以看出，参数 innodb\_old\_blocks\_pct 的默认值是37，表示新读取的页插入到 LRU 列表尾端的37%的位置（差不多3/8）。在 InnoDB 存储引擎中，把 midpoint 之后的列表称为old列表，之前的列表称为new列表。可以简单的理解为new列表中的页都是最为活跃的热点数据。

为什么不采用朴素LRU算法，因为如果直接读取到页放到LRU首部，那么某些SQL操作可能会是缓冲池中的页被刷出，从而影响缓冲池的效率。常见索引或数据的扫描操作，这类操作需要访问表中的许多页，甚至全部页，而这些页通常来说又仅仅在这次查询操作中需要，并不是活跃的热点数据，如果页被放入LRU 列表首部，那么非常可能将所需要的热点数据从LRU 列表中删除，而在下一次需要读取该页数据时，InnoDB 存储引擎需要再次访问磁盘。

为了解决这个问题，InnoDB存储引擎引入了另一个参数来进一步管理LRU列表，这个参数是 innodb\_old\_blocks\_time，用于表示页读取到mid位置后需要等待多久才会被加入到LRU列表的热端。因此当需要执行上述所说的SQL操作时，可以通过下面方式尽量使LRU列表中热点数据不被刷出

1mysql> set global innodb\_old\_blocks\_time =1000;

2Query OK, 0 rows affected (0.01 sec)

如果用户预估自己的热点数据不知63%，可以执行下面语句设置

1mysql> set global innodb\_old\_blocks\_pct =20;

2Query OK, 0 rows affected (0.01 sec)

# 原理

## Free List

LRU 列表用来管理已经读取的数据，但当数据库刚启动时，LRU 列表时空的，即没有任何页。这时页都存放在 free列表中。当需要从缓冲池中分页时，首先从 free 表中查找是否有可用的空闲页，若有则将该页从 free列表中删除，放入到 LRU 列表中。否则，根据LRU 算法，淘汰LRU 列表末尾的页，将该内存空间分配给新的页。当页从LRU列表的old部分加入到new部分时，称此时发生的操作为page made young，而因为innodb\_old\_blocks\_time 的设置而导致页没有从 old 部分移到new部分的操作称为page not made young。可以通过命令 show engine innodb status 来观察LRU列表及Free列表的使用情况和运行状态。

mysql> show engine innodb status G

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\* 1. row \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

Type: InnoDB

Name:

Status:

=====================================

2019-09-18 16:53:18 0x7f5fa5f3b700 INNODB MONITOR OUTPUT

=====================================

Per second averages calculated from the last 10 seconds

----------------------

BUFFER POOL AND MEMORY

----------------------

Total large memory allocated 137428992

Dictionary memory allocated 687641

Buffer pool size 8191

Free buffers 7063

Database pages 1099

Old database pages 238

Modified db pages 0

Pending reads 0

Pending writes: LRU 0, flush list 0, single page 0

Pages made young 0, not young 0

0.00 youngs/s, 0.00 non-youngs/s

Pages read 842, created 257, written 7490

0.00 reads/s, 0.00 creates/s, 0.00 writes/s

Buffer pool hit rate 1000 / 1000, young-making rate 0 / 1000 not 0 / 1000

1 row in set (0.00 sec)

可见当前Buffer pool size共有8191页，即8191\*16K缓冲池。Free buffers表示当前free 列表中页的数量，Database pages代表LRU列表中页的数量。可能的情况是Free buffers和 Database pages的数量只和不等于Buffer pool size，因为缓冲池中的页还可能会被分配给自适应哈希，lock 信息，Insert Buffer 等页，而这部分不需要LRU 算法维护，因此不在LRU 列表中。

Pages made young 显示了LRU列表中页移动到前端的次数，因此该服务在运行阶段没有改变innodb\_old\_blocks\_time的值，因此not young为0，youngs/s，non-youngs/s表示每秒这两类操作的次数。Buffer pool hit rate命中率为100%，说明缓冲池运行良好，通常该值不应该小于95%，若小于此值，用户需要考试是否是全表扫描引起的 LRU列表被污染的问题。

从 InnoDB 1.2 版本开始，还可以通过表INNODB\_BUFFER\_POOL\_STATS来观察缓冲池的运行状态，还可以通过INNODB\_BUFFER\_PAGE\_LRU来观察每个LRU列表中每个页的具体信息。

InnoDB存储引擎从1.0.x版本开始支持压缩页的功能，即将原本16K的页压缩为1KB, 2KB, 4KB和8KB，由于页的大小发生了变化，LRU列表也有了些许改变，对于非16KB的页，是通过unzip\_LRU列表进行管理的。通过命令show engine innodb statsu可观察如下：

mysql> show engine innodb status G;

......

Pages read 842, created 257, written 7522

0.00 reads/s, 0.00 creates/s, 0.00 writes/s

No buffer pool page gets since the last printout

Pages read ahead 0.00/s, evicted without access 0.00/s, Random read ahead 0.00/s

LRU len: 1099, unzip\_LRU len: 0

I/O sum[0]:cur[0], unzip sum[0]:cur[0]

可以看到LRU列表中一共 1099页，而 unzip\_LRU 为0，注意，这里LRU列表页包含了unzip\_LRU中的页。

对于压缩页的列表，每个表的压缩比率可能各不相同。那unzip\_LRU是怎样从缓冲池中分配内存呢？

首先，在unzip\_LRU列表中对不同压缩页大小的页进行分别管理，其次，通过伙伴算法进行内存的分配。例如对需要从缓冲池中申请页为 4KB 的大小，过程如下：

1、检查4KB 的unzip\_LRU列表，检查是否有可用的空闲页

2、若有，直接使用

3、否则，检查8KB 的unzip\_LRU列表

4、若能够得到空闲页，将分页成2个4KB页，存放4KB 的unzip\_LRU列表

5、若不能得到空闲页，从LRU列表中申请一个16KB的页，将页氛围一个8KB 的页，2个4KB的页，分别存放对应的unzip\_LRU列表中。

同样可以通过 information\_schema 架构下的表 INNODB\_BUFFER\_PAGE\_LRU 来观察unzip\_LRU列表中的页。

mysql> select table\_name, space, page\_number, compressed\_size from innodb\_buffer\_page\_lru where compressed\_size <>0;

Empty set (0.01 sec)

## Flush List

在LRU列表中的页被修改后，称该页为脏页（dirty page），即缓冲池中页和磁盘上的数据产生了不一致。这时数据库会通过CHECKPOINT机制将脏页刷新回磁盘，而Flush列表中的页即为脏页列表。需要注意的是，脏页即存在于LRU列表中，页存在于Flush列表中。**LRU 列表用来管理缓冲池中页的可用性，Flush列表用来管理将页面刷新回磁盘，二者互不影响**。

同LRU列表一样，Flush列表也可以通过命令show engine innodb status来查看，前面的例子中Modified db pages 0就显示了脏页数据为0。information\_schema架构下并没有类似 INNODB\_BUFFER\_PAGE\_LRU的表来显示脏页的数量及脏页的类型，但正如前面所述的那样，脏页同样存在于LRU列表中，故用户可以通过元数据表INNODB\_BUFFER\_PAGE\_LRU 来查看，唯一不同的是需要加入oldest\_modification > 0的查询条件：

1mysql> select table\_name, space, page\_number, page\_type from INNODB\_BUFFER\_PAGE\_LRU where oldest\_modification > 0;

2Empty set (0.08 sec)

如上，查询没有脏页。