

12 | 为什么我的MySQL会“抖”一下？

2018-12-10 林晓斌



平时的工作中，不知道你有没有遇到过这样的场景，一条SQL语句，正常执行的时候特别快，但是有时也不知道怎么回事，它就会变得特别慢，并且这样的场景很难复现，它不只随机，而且持续时间还很短。

看上去，这就像是数据库“抖”了一下。今天，我们就一起来看一看这是什么原因。

你的SQL语句为什么变“慢”了

在前面第2篇文章 [《日志系统：一条SQL更新语句是如何执行的？》](#) 中，我为你介绍了WAL机制。现在你知道了，InnoDB在处理更新语句的时候，只做了写日志这一个磁盘操作。这个日志叫作redo log（重做日志），也就是《孔乙己》里咸亨酒店掌柜用来记账的粉板，在更新内存写完redo log后，就返回给客户端，本次更新成功。

做下类比的话，掌柜记账的账本是数据文件，记账用的粉板是日志文件（redo log），掌柜的记忆就是内存。

掌柜总要找时间把账本更新一下，这对应的就是把内存里的数据写入磁盘的过程，术语就是flush。在这个flush操作执行之前，孔乙己的赊账总额，其实跟掌柜手中账本里面的记录是不一致的。因为孔乙己今天的赊账金额还只在粉板上，而账本里的记录是老的，还没把今天的赊账算进去。

当内存数据页跟磁盘数据页内容不一致的时候，我们称这个内存页为“脏页”。内存数据写

入到磁盘后，内存和磁盘上的数据页的内容就一致了，称为“干净页”。

不论是脏页还是干净页，都在内存中。在这个例子里，内存对应的就是掌柜的记忆。

接下来，我们用一个示意图来展示一下“孔乙己赊账”的整个操作过程。假设原来孔乙己欠账10文，这次又要赊9文。

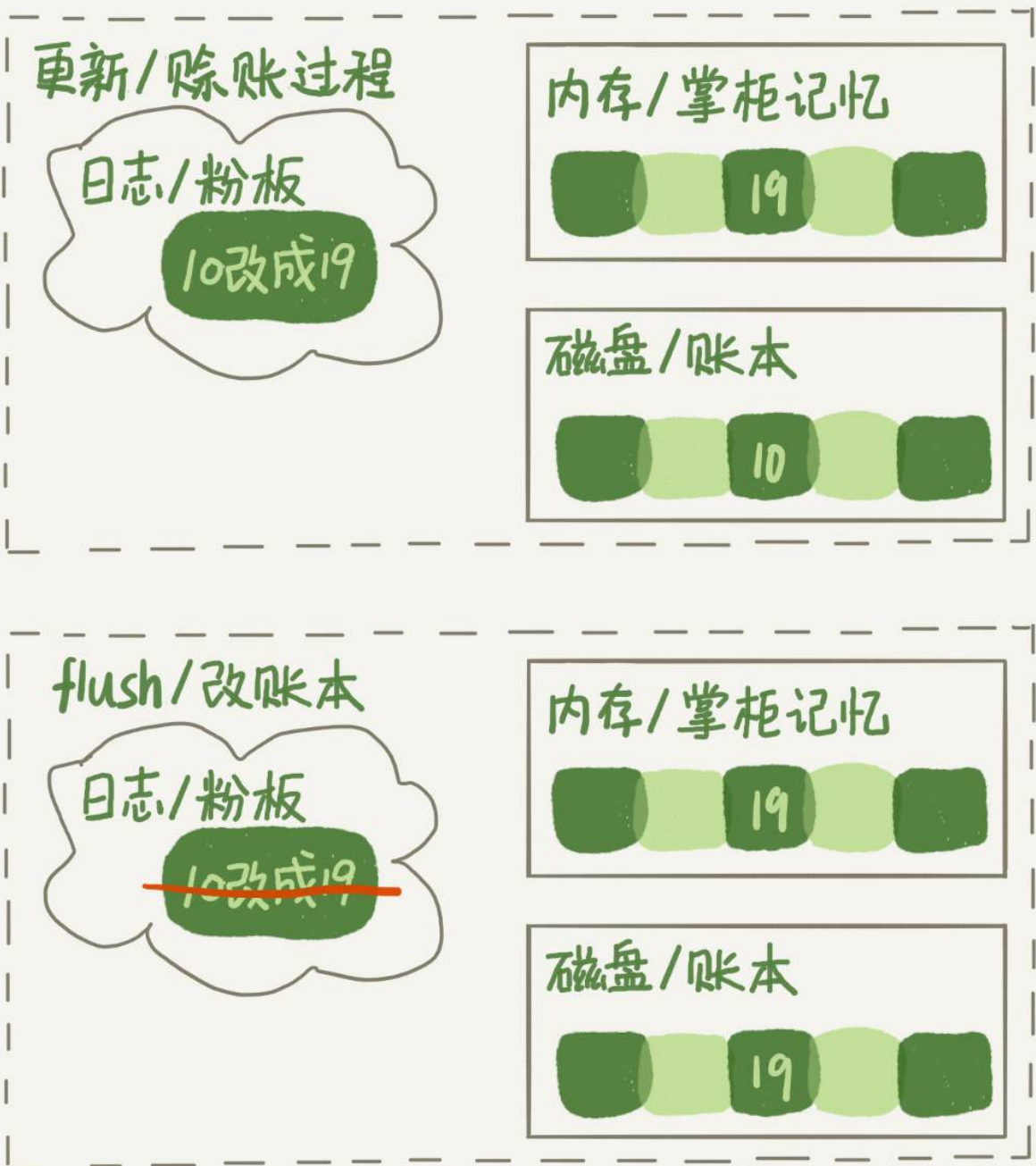


图1 “孔乙己结账”更新和flush过程

回到文章开头的问题，你不难想象，平时执行很快的更新操作，其实就是在写内存和日志，而MySQL偶尔“抖”一下的那个瞬间，可能就是在刷脏页（flush）。

那么，什么情况会引发数据库的flush过程呢？

我们还是继续用咸亨酒店掌柜的这个例子，想一想：掌柜在什么情况下会把粉板上的赊账记录改到账本上？

- 第一种场景是，粉板满了，记不下了。这时候如果再有人来赊账，掌柜就只得放下手里的活儿，将粉板上的记录擦掉一些，留出空位以便继续记账。当然在擦掉之前，他必须先将正确的账目记录到账本中才行。

这个场景，对应的就是InnoDB的redo log写满了。这时候系统会停止所有更新操作，把checkpoint往前推进，redo log留出空间可以继续写。我在第二讲画了一个redo log的示意图，这里我改成环形，便于大家理解。

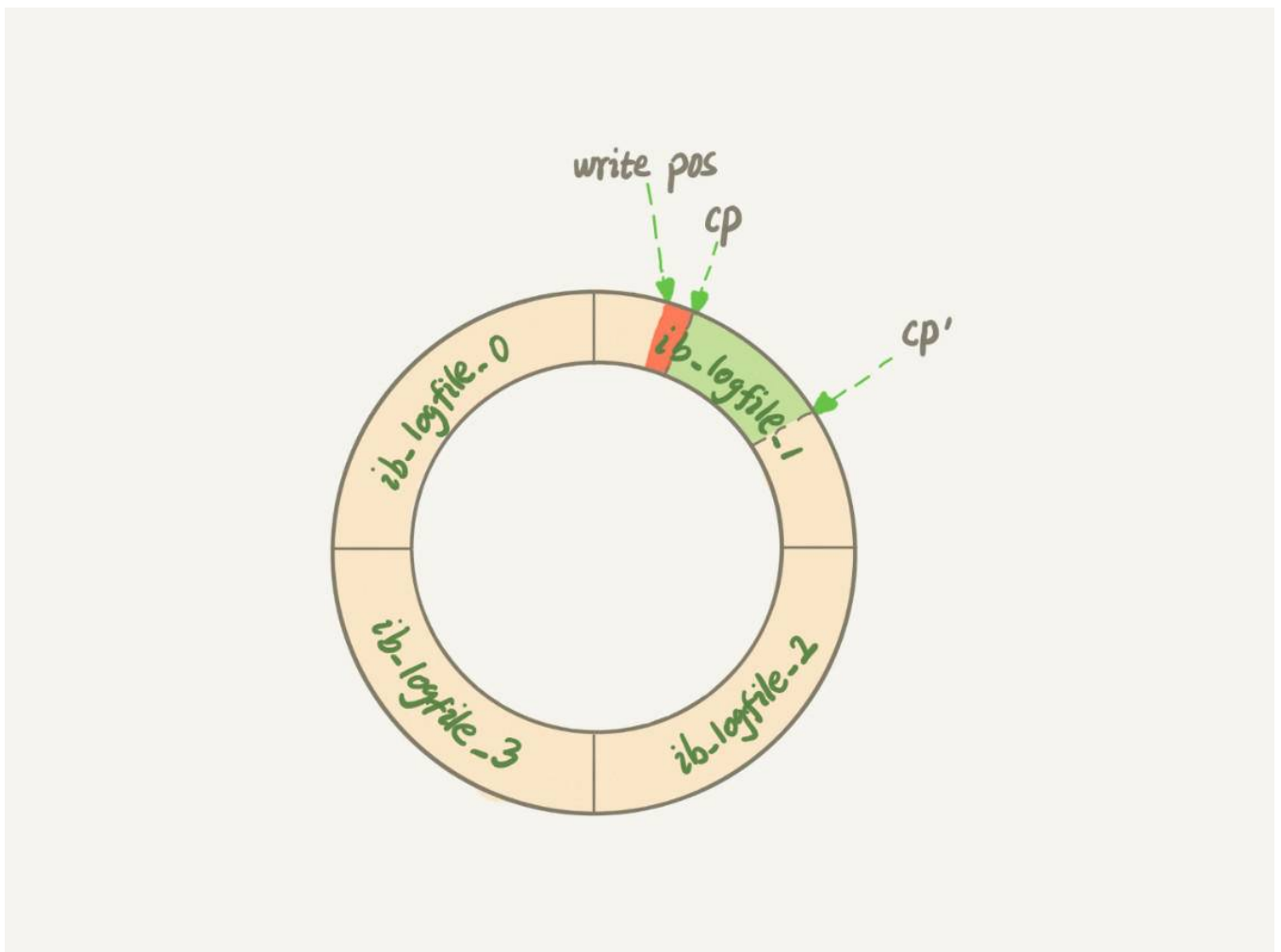


图2 redo log状态图

checkpoint可不是随便往前修改一下位置就可以的。比如图2中，把checkpoint位置从CP推进到CP'，就需要将两个点之间的日志（浅绿色部分），对应的所有脏页都flush到磁盘上。之后，图中从write pos到CP'之间就是可以再写入的redo log的区域。

- 第二种场景是，这一天生意太好，要记住的事情太多，掌柜发现自己快记不住了，赶紧找出账本把孔乙己这笔账先加进去。

这种场景，对应的就是系统内存不足。当需要新的内存页，而内存不够用的时候，就要淘汰

一些数据页，空出内存给别的数据页使用。如果淘汰的是“脏页”，就要先将脏页写到磁盘。你一定会说，这时候难道不能直接把内存淘汰掉，下次需要请求的时候，从磁盘读入数据页，然后拿redo log出来应用不就行了？这里其实是从性能考虑的。如果刷脏页一定会写盘，就保证了每个数据页有两种状态：

- 一种是内存里存在，内存里就肯定是正确的结果，直接返回；
 - 另一种是内存里没有数据，就可以肯定数据文件上是正确的结果，读入内存后返回。
- 这样的效率最高。

- 第三种场景是，生意不忙的时候，或者打烊之后。这时候柜台没事，掌柜闲着也是闲着，不如更新账本。

这种场景，对应的就是MySQL认为系统“空闲”的时候。当然，MySQL“这家酒店”的生意好起来可是会很快就能把粉板记满的，所以“掌柜”要合理地安排时间，即使是“生意好”的时候，也要见缝插针地找时间，只要有机会就刷一点“脏页”。

- 第四种场景是，年底了咸亨酒店要关门几天，需要把账结清一下。这时候掌柜要把所有账都记到账本上，这样过完年重新开张的时候，就能就着账本明确账目情况了。

这种场景，对应的就是MySQL正常关闭的情况。这时候，MySQL会把内存的脏页都flush到磁盘上，这样下次MySQL启动的时候，就可以直接从磁盘上读数据，启动速度会很快。

接下来，你可以分析一下上面四种场景对性能的影响。

其中，第三种情况是属于MySQL空闲时的操作，这时系统没什么压力，而第四种场景是数据库本来就要关闭了。这两种情况下，你不会太关注“性能”问题。所以这里，我们主要来分析一下前两种场景下的性能问题。

第一种是“redo log写满了，要flush脏页”，这种情况是InnoDB要尽量避免的。因为出现这种情况的时候，整个系统就不能再接受更新了，所有的更新都必须堵住。如果你从监控上看，这时候更新数会跌为0。

第二种是“内存不够用了，要先将脏页写到磁盘”，这种情况其实是常态。InnoDB用缓冲池（buffer pool）管理内存，缓冲池中的内存页有三种状态：

- 第一种是，还没有使用的；
- 第二种是，使用了并且是干净页；
- 第三种是，使用了并且是脏页。

InnoDB的策略是尽量使用内存，因此对于一个长时间运行的库来说，未被使用的页面很少。

而当要读入的数据页没有在内存的时候，就必须到缓冲池中申请一个数据页。这时候只能把最久不使用的数据页从内存中淘汰掉：如果要淘汰的是一个干净页，就直接释放出来复用；但如果是

脏页呢，就必须将脏页先刷到磁盘，变成干净页后才能复用。

所以，刷脏页虽然是常态，但是出现以下这两种情况，都是会明显影响性能的：

1. 一个查询要淘汰的脏页个数太多，会导致查询的响应时间明显变长；

2. 日志写满，更新全部堵住，写性能跌为0，这种情况对敏感业务来说，是不能接受的。

所以，InnoDB需要有控制脏页比例的机制，来尽量避免上面的这两种情况。

InnoDB刷脏页的控制策略

接下来，我就来和你说说InnoDB脏页的控制策略，以及和这些策略相关的参数。

首先，你要正确地告诉InnoDB所在主机的IO能力，这样InnoDB才能知道需要全力刷脏页的时候，可以刷多快。

这就要用到`innodb_io_capacity`这个参数了，它会告诉InnoDB你的磁盘能力。这个值我建议你设置成磁盘的IOPS。磁盘的IOPS可以通过`fio`这个工具来测试，下面的语句是我用来测试磁盘随机读写的命令：

```
fio -filename=$filename -direct=1 -iodepth 1 -thread -rw=randrw -ioengine=psync -bs=16k -size
```

其实，因为没能正确地设置`innodb_io_capacity`参数，而导致的性能问题也比比皆是。之前，就曾有其他公司的开发负责人找我看一个库的性能问题，说MySQL的写入速度很慢，TPS很低，但是数据库主机的IO压力并不大。经过一番排查，发现罪魁祸首就是这个参数的设置出了问题。

他的主机磁盘用的是SSD，但是`innodb_io_capacity`的值设置的是300。于是，InnoDB认为这个系统的能力就这么差，所以刷脏页刷得特别慢，甚至比脏页生成的速度还慢，这样就造成了脏页累积，影响了查询和更新性能。

虽然我们现在已经定义了“全力刷脏页”的行为，但平时总不能一直是全力刷吧？毕竟磁盘能力不能只用来刷脏页，还需要服务用户请求。所以接下来，我们就一起看看InnoDB怎么控制引擎按照“全力”的百分比来刷脏页。

根据我前面提到的知识点，试想一下，如果你来设计策略控制刷脏页的速度，会参考哪些因素呢？

这个问题可以这么想，如果刷太慢，会出现什么情况？首先是内存脏页太多，其次是redo log写满。

所以，InnoDB的刷盘速度就是要参考这两个因素：一个是脏页比例，一个是redo log写盘速度。

InnoDB会根据这两个因素先单独算出两个数字。

90%

参数`innodb_max_dirty_pages_pct`是脏页比例上限，默认值是75%。InnoDB会根据当前的脏页比例（假设为M），算出一个范围在0到100之间的数字，计算这个数字的伪代码类似这样：

```
F1(M)
{
    if M>=innodb_max_dirty_pages_pct then
        return 100;
    return 100*M/innodb_max_dirty_pages_pct;
}
```

InnoDB每次写入的日志都有一个序号，当前写入的序号跟checkpoint对应的序号之间的差值，我们假设为N。InnoDB会根据这个N算出一个范围在0到100之间的数字，这个计算公式可以记为F2(N)。F2(N)算法比较复杂，你只要知道N越大，算出来的值越大就好了。

然后，根据上述算得的F1(M)和F2(N)两个值，取其中较大的值记为R，之后引擎就可以按照`innodb_io_capacity`定义的能力乘以R%来控制刷脏页的速度。

上述的计算流程比较抽象，不容易理解，所以我画了一个简单的流程图。图中的F1、F2就是上面我们通过脏页比例和redo log写入速度算出来的两个值。

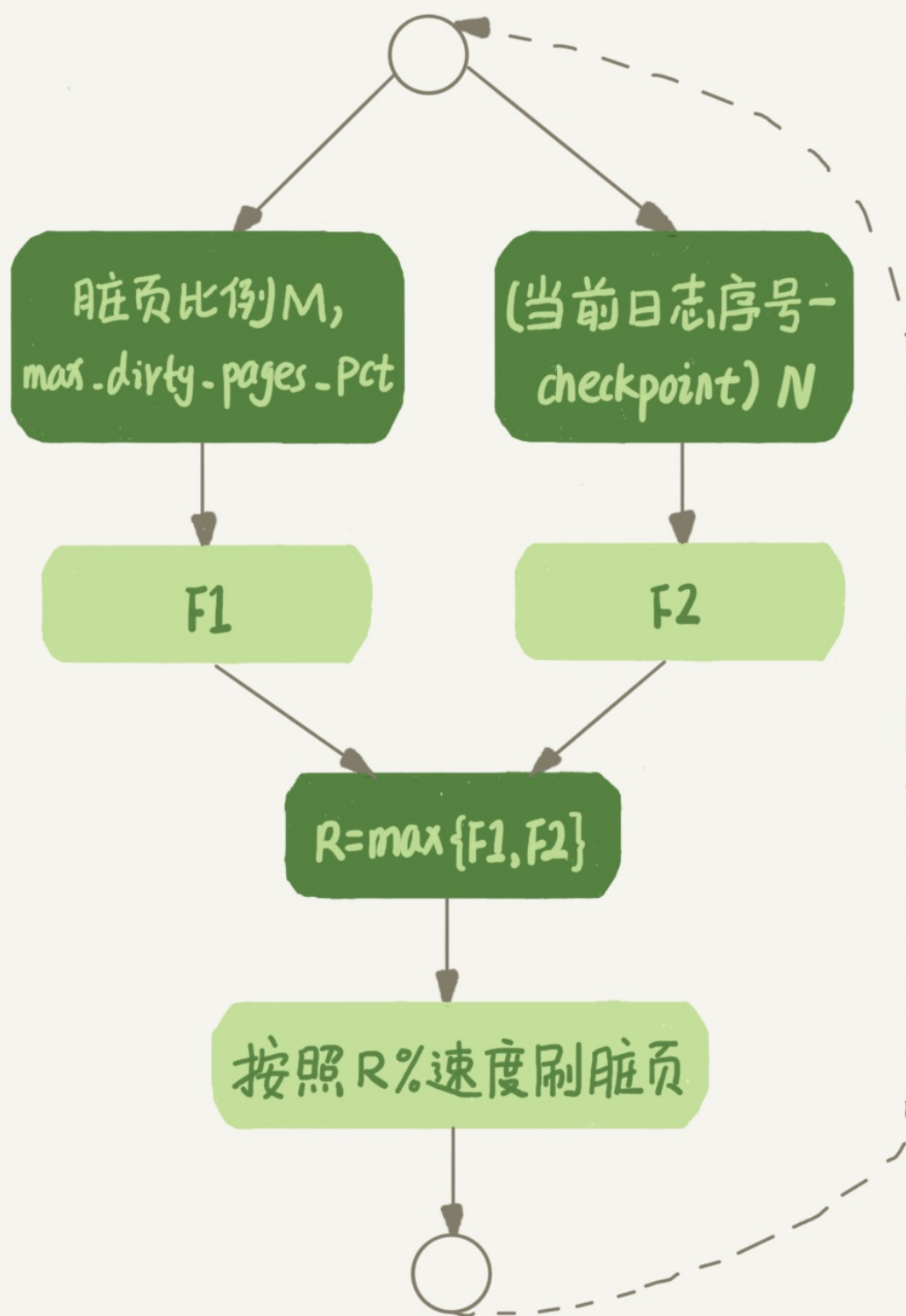


图3 InnoDB刷脏页速度策略

现在你知道了，InnoDB会在后台刷脏页，而刷脏页的过程是要将内存页写入磁盘。所以，无论是你的查询语句在需要内存的时候可能要求淘汰一个脏页，还是由于刷脏页的逻辑会占用IO资源并可能影响到了你的更新语句，都可能是造成你从业务端感知到MySQL“抖”了一下的原因。

要尽量避免这种情况，你就要合理地设置`innodb_io_capacity`的值，并且平时要多关注脏页比例，不要让它经常接近**75%**。

其中，脏页比例是通过`Innodb_buffer_pool_pages_dirty/Innodb_buffer_pool_pages_total`得到的，具体的命令参考下面的代码：

```
mysql> select VARIABLE_VALUE into @a from global_status where VARIABLE_NAME = 'Innodb_buffer_p
select VARIABLE_VALUE into @b from global_status where VARIABLE_NAME = 'Innodb_buffer_pool_pag
select @a/@b;
```

接下来，我们再看一个有趣的策略。

一旦一个查询请求需要在执行过程中先**flush**掉一个脏页时，这个查询就可能要比平时慢了。而MySQL中的一个机制，可能让你的查询会更慢：在准备刷一个脏页的时候，如果这个数据页旁边的数据页刚好是脏页，就会把这个“邻居”也带着一起刷掉；而且这个把“邻居”拖下水的逻辑还可以继续蔓延，也就是对于每个邻居数据页，如果跟它相邻的数据页也还是脏页的话，也会被放到一起刷。

在InnoDB中，`innodb_flush_neighbors` 参数就是用来控制这个行为的，值为**1**的时候会有上述的“连坐”机制，值为**0**时表示不找邻居，自己刷自己的。

找“邻居”这个优化在机械硬盘时代是很有意义的，可以减少很多随机IO。机械硬盘的随机IOPS一般只有几百，相同的逻辑操作减少随机IO就意味着系统性能的大幅度提升。

而如果使用的是SSD这类IOPS比较高的设备的话，我就建议你把`innodb_flush_neighbors`的值设置成**0**。因为这时候IOPS往往不是瓶颈，而“只刷自己”，就能更快地执行完必要的刷脏页操作，减少SQL语句响应时间。

在MySQL 8.0中，`innodb_flush_neighbors`参数的默认值已经是**0**了。

小结

今天这篇文章，我延续第2篇中介绍的WAL的概念，和你解释了这个机制后续需要的刷脏页操作和执行时机。利用WAL技术，数据库将随机写转换成了顺序写，大大提升了数据库的性能。

但是，由此也带来了内存脏页的问题。脏页会被后台线程自动flush，也会由于数据页淘汰而触发flush，而刷脏页的过程由于会占用资源，可能会让你的更新和查询语句的响应时间长一些。在文章里，我也给你介绍了控制刷脏页的方法和对应的监控方式。

文章最后，我给你留下一个思考题吧。

一个内存配置为128GB、innodb_io_capacity设置为20000的大规格实例，正常会建议你将redo log设置成4个1GB的文件。

但如果你在配置的时候不慎将redo log设置成了1个100M的文件，会发生什么情况呢？又为什么会出现这样的情况呢？

你可以把你的分析结论写在留言区里，我会在下一篇文章的末尾和你讨论这个问题。感谢你的收听，也欢迎你把这篇文章分享给更多的朋友一起阅读。

上期问题时间

上期我留给你的问题是，给一个学号字段创建索引，有哪些方法。

由于这个学号的规则，无论是正向还是反向的前缀索引，重复度都比较高。因为维护的只是一个学校的，因此前面6位（其中，前三位是所在城市编号、第四到第六位是学校编号）其实是固定的，邮箱后缀都是@gamil.com，因此可以只存入学年份加顺序编号，它们的长度是9位。

而其实在此基础上，可以用数字类型来存这9位数字。比如201100001，这样只需要占4个字节。其实这个就是一种hash，只是它用了最简单的转换规则：字符串转数字的规则，而刚好我们设定的这个背景，可以保证这个转换后结果的唯一性。

评论区中，也有其他一些很不错的见解。

评论用户@封建的风 说，一个学校的总人数这种数据量，50年才100万学生，这个表肯定是小表。为了业务简单，直接存原来的字符串。这个答复里面包含了“优化成本和收益”的思想，我觉得值得at出来。

@小潘 同学提了另外一个极致的方向。如果碰到表数据量特别大的场景，通过这种方式的收益是很不错的。

评论区留言点赞板：

@lttzzlll，提到了用整型存“四位年份+五位编号”的方法；

由于整个学号的值超过了int上限，@老杨同志 也提到了用8个字节的bigint来存的方法。

MySQL 实战 45 讲

从原理到实战，丁奇带你搞懂 MySQL

林晓斌

网名丁奇
前阿里资深技术专家

