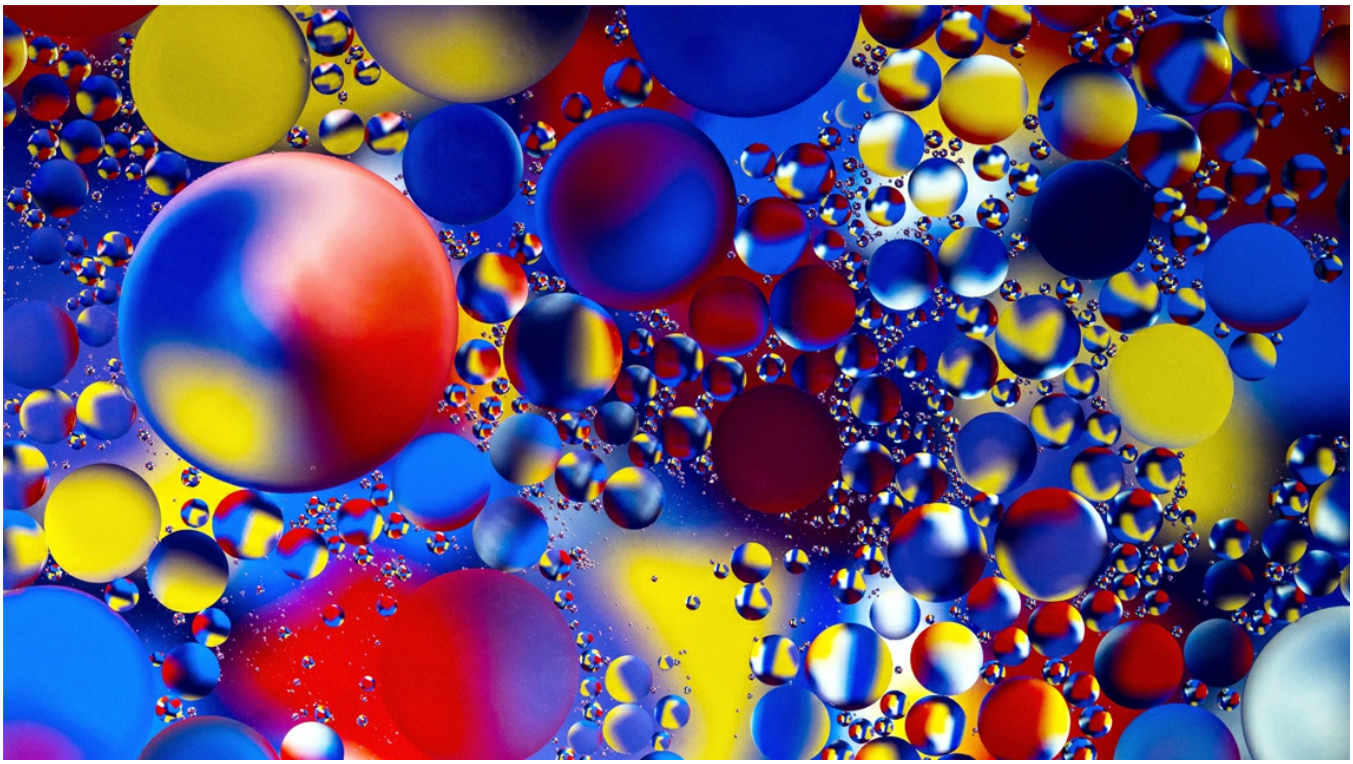
33丨如何使用性能分析工具定位SQL执行慢的原因？

2019-08-26 陈旸



在上一篇文章中，我们了解了查询优化器，知道在查询优化器中会经历逻辑查询优化和物理查询优化。需要注意的是，查询优化器只能在已经确定的情况下（SQL语句、索引设计、缓冲池大小、查询优化器参数等已知的情况）决定最优的查询执行计划。

但实际上SQL执行起来可能还是很慢，那么到底从哪里定位SQL查询慢的问题呢？是索引设计的问题？服务器参数配置的问题？还是需要增加缓存的问题呢？今天我们就从性能分析来入手，定位导致SQL执行慢的原因。

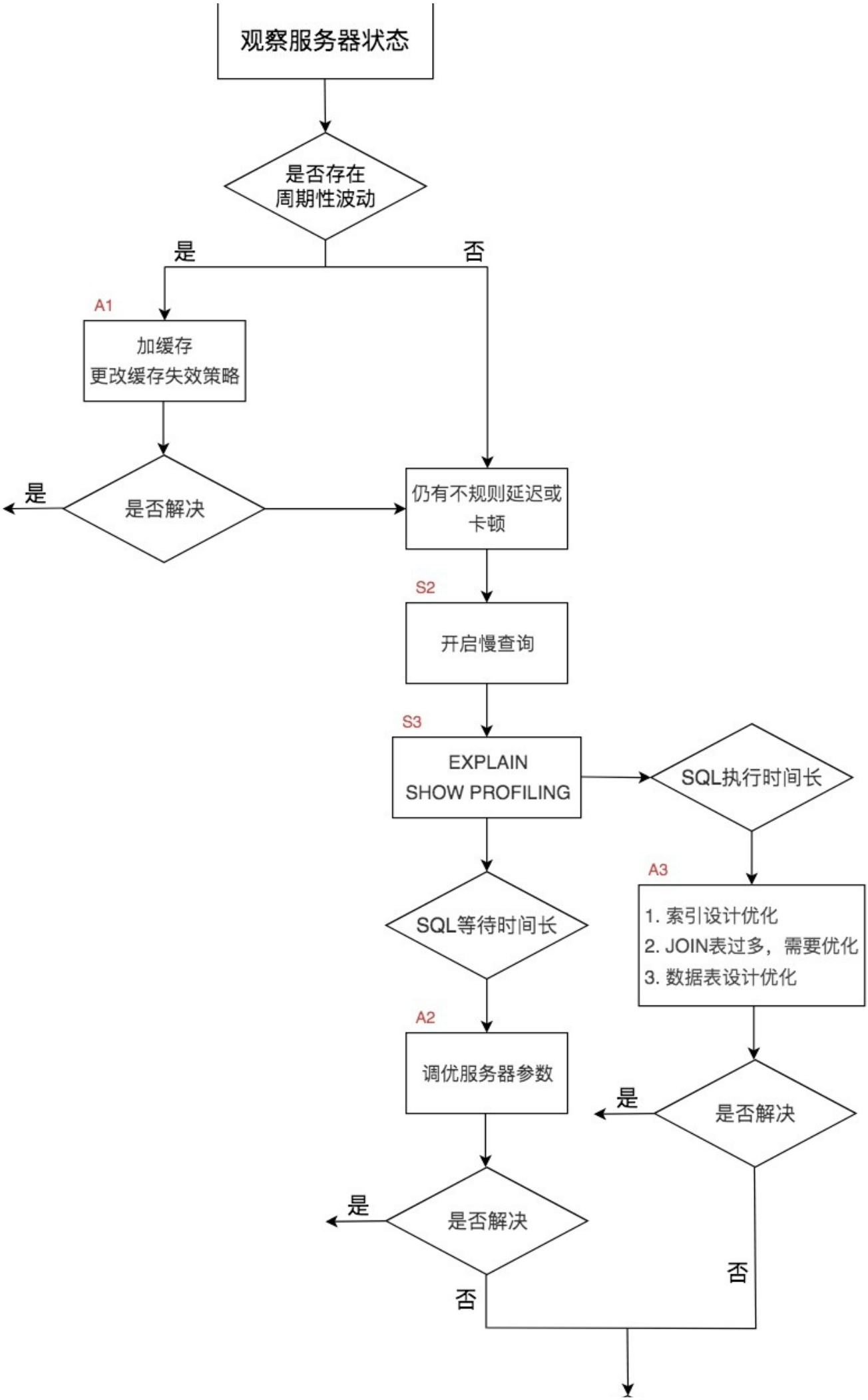
今天的内容主要包括以下几个部分：

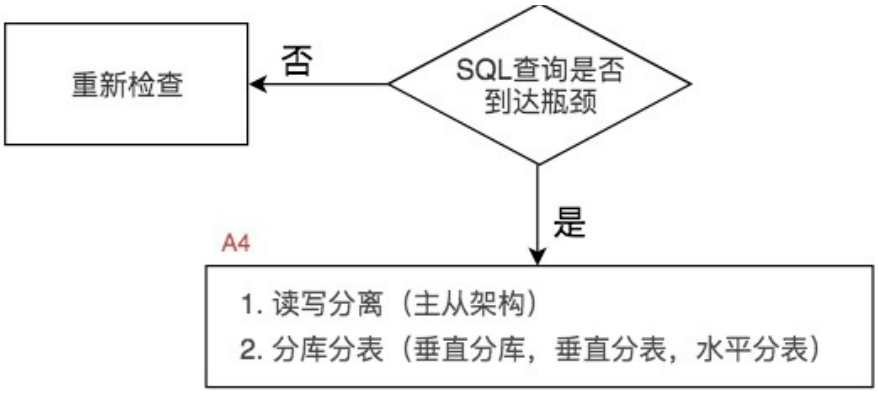
1. 数据库服务器的优化分析的步骤是怎样的？中间有哪些需要注意的地方？
2. 如何使用慢查询日志查找执行慢的SQL语句？
3. 如何使用EXPLAIN查看SQL执行计划？
4. 如何使用SHOW PROFILING分析SQL执行步骤中的每一步的执行时间？

数据库服务器的优化步骤

当我们遇到数据库调优问题的时候，该如何思考呢？我把思考的流程整理成了下面这张图。

整个流程划分成了观察（Show status）和行动（Action）两个部分。字母S的部分代表观察（会使用相应的分析工具），字母A代表的部分是行动（对应分析可以采取的行动）。


观察服务器状态
是否存在
周期性波动
是
否
A1
加缓存
更改缓存失效策略
是
是否解决
仍有不规则延迟或
卡顿
S2
开启慢查询
S3
EXPLAIN
SHOW PROFILING
SQL执行时间长
A3
1. 索引设计优化
2. JOIN表过多，需要优化
3. 数据表设计优化
SQL等待时间长
A2
调优服务器参数
是
是否解决
是
是否解决
否
否



我们可以通过观察了解数据库整体的运行状态，通过性能分析工具可以让我们了解执行慢的SQL都有哪些，查看具体的SQL执行计划，甚至是SQL执行中的每一步的成本代价，这样才能定位问题所在，找到了问题，再采取相应的行动。

我来详细解释一下这张图。

首先在S1部分，我们需要观察服务器的状态是否存在周期性的波动。如果存在周期性波动，有可能是周期性节点的原因，比如双十一、促销活动等。这样的话，我们可以通过A1这一步骤解决，也就是加缓存，或者更改缓存失效策略。

如果缓存策略没有解决，或者不是周期性波动的原因，我们就需要进一步分析查询延迟和卡顿的原因。接下来进入S2这一步，我们需要开启慢查询。慢查询可以帮我们定位执行慢的SQL语句。我们可以通过设置long_query_time参数定义“慢”的阈值，如果SQL执行时间超过了long_query_time，则会认为是慢查询。当收集上来这些慢查询之后，我们就可以通过分析工具对慢查询日志进行分析。

在S3这一步骤中，我们就知道了执行慢的SQL语句，这样就可以针对性地用EXPLAIN查看对应SQL语句的执行计划，或者使用SHOW PROFILE查看SQL中每一个步骤的时间成本。这样我们就可以了解SQL查询慢是因为执行时间长，还是等待时间长。

如果是SQL等待时间长，我们进入A2步骤。在这一步骤中，我们可以调优服务器的参数，比如适当增加数据库缓冲池等。如果是SQL执行时间长，就进入A3步骤，这一步中我们需要考虑是索引设计的问题？还是查询关联的数据表过多？还是因为数据表的字段设计问题导致了这一现象。然后在这些维度上进行对应的调整。

如果A2和A3都不能解决问题，我们需要考虑数据库自身的SQL查询性能是否已经达到了瓶颈，如果确认没有达到性能瓶颈，就需要重新检查，重复以上的步骤。如果已经达到了性能瓶颈，进入A4阶段，需要考虑增加服务器，采用读写分离的架构，或者考虑对数据库分库分表，比如垂直分库、垂直分表和水平分表等。

以上就是数据库调优的流程思路。当我们发现执行SQL时存在不规则延迟或卡顿的时候，就可以采用分析工具帮我们定位有问题的SQL，这三种分析工具你可以理解是SQL调优的三个步骤：慢

查询、EXPLAIN和SHOW PROFILE。

使用慢查询定位执行慢的SQL

慢查询可以帮我们找到执行慢的SQL，在使用前，我们需要先看下慢查询是否已经开启，使用下面这条命令即可：

```
mysql > show variables like '%slow_query_log';
```

```
mysql> show variables like 'slow_query_log';
+----------------+-------+
| Variable_name  | Value |
+----------------+-------+
| slow_query_log | OFF   |
+----------------+-------+
1 row in set, 1 warning (0.00 sec)
```

我们能看到slow_query_log=OFF，也就是说慢查询日志此时是关上的。我们可以把慢查询日志打开，注意设置变量值的时候需要使用global，否则会报错：

```
mysql > set global slow_query_log='ON';
```

然后我们再来查看下慢查询日志是否开启，以及慢查询日志文件的位置：

```
mysql> show variables like '%slow_query_log%';
+---------------------+--------------------------------+
| Variable_name       | Value                          |
+---------------------+--------------------------------+
| slow_query_log      | ON                             |
| slow_query_log_file | DESKTOP-4BK02RP-slow.log |
+---------------------+--------------------------------+
2 rows in set, 1 warning (0.00 sec)
```

你能看到这时慢查询分析已经开启，同时文件保存在DESKTOP-4BK02RP-slow文件中。

接下来我们来看下慢查询的时间阈值设置，使用如下命令：

```
mysql > show variables like '%long_query_time%';
```

```
mysql> show variables like '%long_query_time%';
+-----------------+-----------+
| Variable_name   | Value     |
+-----------------+-----------+
| long_query_time | 10.000000 |
+-----------------+-----------+
1 row in set, 1 warning (0.03 sec)
```

这里如果我们想把时间缩短，比如设置为3秒，可以这样设置：

```
mysql > set global long_query_time = 3;
```

```
mysql> set global long_query_time = 3;
Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)

mysql> show variables like '%long_query_time%';
+-----------------+----------+
| Variable_name   | Value    |
+-----------------+----------+
| long_query_time | 3.000000 |
+-----------------+----------+
1 row in set, 1 warning (0.00 sec)
```

我们可以使用MySQL自带的mysqldumpslow工具统计慢查询日志（这个工具是个Perl脚本，你需要先安装好Perl）。

mysqldumpslow命令的具体参数如下：

- -s：采用order排序的方式，排序方式可以有以下几种。分别是c（访问次数）、t（查询时间）、l（锁定时间）、r（返回记录）、ac（平均查询次数）、al（平均锁定时间）、ar（平均返回记录数）和at（平均查询时间）。其中at为默认排序方式。
- -t：返回前N条数据 。
- -g：后面可以是正则表达式，对大小写不敏感。

比如我们想要按照查询时间排序，查看前两条SQL语句，这样写即可：

```
perl mysqldumpslow.pl -s t -t 2 "C:\ProgramData\MySQL\MySQL Server 8.0\Data\DESKTOP-4BK02RP-slow.log"
```

```
C:\Program Files\MySQL\MySQL Server 8.0\bin>perl mysqldumpslow.pl -s t -t 2 "C:\ProgramData\MySQL\MySQL Server 8.0\Data\
DESKTOP-4BK02RP-slow.log"

Reading mysql slow query log from C:\ProgramData\MySQL\MySQL Server 8.0\Data\DESKTOP-4BK02RP-slow.log
Count: 1  Time=695.43s (695s)  Lock=0.00s (0s)  Rows=0.0 (0), root[root]@localhost
  update product_comment2 set product_comment2.user_name =
  (select user_name from user
  where product_comment2.user_id = user.user_id)

Count: 4  Time=164.04s (656s)  Lock=0.00s (0s)  Rows=25.0 (100), root[root]@localhost
  SELECT user_id, count(*) as num FROM product_comment group by user_id order by comment_time desc limit N
```

你能看到开启了慢查询日志，并设置了相应的慢查询时间阈值之后，只要查询时间大于这个阈值的SQL语句都会保存在慢查询日志中，然后我们就可以通过mysqldumpslow工具提取想要查找的SQL语句了。

如何使用EXPLAIN查看执行计划

定位了查询慢的SQL之后，我们就可以使用EXPLAIN工具做针对性的分析，比如我们想要了解product_comment和user表进行联查的时候所采用的的执行计划，可以使用下面这条语句：

```
EXPLAIN SELECT comment_id, product_id, comment_text, product_comment.user_id, user_name FROM produc
```

id	select_type	table	partitions	type	possible_keys	key	key_len	ref	rows	filtered	Extra
1	SIMPLE	product_comment	(Null)	ALL	user_id	(Null)	(Null)	(Null)	996424	100.00	(Null)
1	SIMPLE	user	(Null)	eq_ref	PRIMARY	PRIMARY	4	wucai.product_comment.user_id	1	100.00	(Null)

EXPLAIN可以帮助我们了解数据表的读取顺序、SELECT子句的类型、数据表的访问类型、可使用的索引、实际使用的索引、使用的索引长度、上一个表的连接匹配条件、被优化器查询的行的数量以及额外的信息（比如是否使用了外部排序，是否使用了临时表等）等。

SQL执行的顺序是根据id从大到小执行的，也就是id越大越先执行，当id相同时，从上到下执行。

数据表的访问类型所对应的type列是我们比较关注的信息。type可能有以下几种情况：

type	说明
all	全数据表扫描
index	全索引表扫描
range	对索引列进行范围查找
index_merge	合并索引，使用多个单列索引搜索
ref	根据索引查找一个或多个值
eq_ref	搜索时使用primary key或unique类型，常用于多表联查
const	常量，表最多有一个匹配行，因为只有一行，在这行的列值可被优化器认为是常数。
system	系统，表只有一行（一般用于MyISAM或Memory表）。是const连接类型的特例。

在这些情况里，all是最坏的情况，因为采用了全表扫描的方式。index和all差不多，只不过index对索引表进行全扫描，这样做的好处是不再需要对数据进行排序，但是开销依然很大。如果我们在Extral列中看到Using index，说明采用了索引覆盖，也就是索引可以覆盖所需的SELECT字段，就不需要进行回表，这样就减少了数据查找的开销。

比如我们对product_comment数据表进行查询，设计了联合索引composite_index (user_id, comment_text)，然后对数据表中的comment_id、comment_text、user_id这三个字段进行查询，最后用EXPLAIN看下执行计划：

```
EXPLAIN SELECT comment_id, comment_text, user_id FROM product_comment
```

id	select_type	table	partitions	type	possible_key	key	key_len	ref	rows	filtered	Extra
1	SIMPLE	product_comment	(Null)	index	(Null)	composite_index	771	(Null)	996424	100.00	Using index

你能看到这里的访问方式采用了index的方式，key列采用了联合索引，进行扫描。Extral列为Using index，告诉我们索引可以覆盖SELECT中的字段，也就不需要回表查询了。

range表示采用了索引范围扫描，这里不进行举例，从这一级别开始，索引的作用会越来越明显，因此我们需要尽量让SQL查询可以使用到range这一级别及以上的type访问方式。

index_merge说明查询同时使用了两个或以上的索引，最后取了交集或者并集。比如想要对comment_id=500000 或者user_id=500000的数据进行查询，数据表中comment_id为主键，user_id是普通索引，我们可以查看下执行计划：

```
EXPLAIN SELECT comment_id, product_id, comment_text, user_id FROM product_comment WHERE comment_
```

id	select_type	table	partitions	type	possible_keys	key	key_len	ref	rows	filtered	Extra
1	SIMPLE	product_comment	(Null)	index_merge	PRIMARY,user_id	PRIMARY,user_id	4,4	(Null)	3	100.00	Using union(PRIMARY,user_id

你能看到这里同时使用到了两个索引，分别是主键和user_id，采用的数据表访问类型是index_merge，通过union的方式对两个索引检索的数据进行合并。

ref类型表示采用了非唯一索引，或者是唯一索引的非唯一性前缀。比如我们想要对user_id=500000的评论进行查询，使用EXPLAIN查看执行计划：

```
EXPLAIN SELECT comment_id, comment_text, user_id FROM product_comment WHERE user_id = 500000
```

id	select_type	table	partitions	type	possible_keys	key	key_len	ref	rows	filtered	Extra
1	SIMPLE	product_comment	(Null)	ref	user_id,composite_index	user_id	4	const	2	100.00	(Null)

这里user_id为普通索引（因为user_id在商品评论表中可能是重复的），因此采用的访问类型是ref，同时在ref列中显示const，表示连接匹配条件是常量，用于索引列的查找。

eq_ref类型是使用主键或唯一索引时产生的访问方式，通常使用在多表联查中。假设我们对product_comment表和usre表进行联查，关联条件是两张表的user_id相等，使用EXPLAIN进行执行计划查看：

```
EXPLAIN SELECT * FROM product_comment JOIN user WHERE product_comment.user_id = user.user_id
```

id	select_type	table	partitions	type	possible_keys	key	key_len	ref	rows	filtered	Extra
1	SIMPLE	product_comment	(Null)	ALL	user_id	(Null)	(Null)	(Null)	996424	100.00	(Null)
1	SIMPLE	user	(Null)	eq_ref	PRIMARY	PRIMARY	4	wucai.product_comment.user_id	1	100.00	(Null)

const类型表示我们使用了主键或者唯一索引（所有的部分）与常量值进行比较，比如我们想要查看comment_id=500000，查看执行计划：

```
EXPLAIN SELECT comment_id, comment_text, user_id FROM product_comment WHERE comment_id = 500000
```

id	select_type	table	partitions	type	possible_keys	key	key_len	ref	rows	filtered	Extra
1	SIMPLE	product_comment	(Null)	const	PRIMARY	PRIMARY	4	const	1	100.00	(Null)

需要说明的是const类型和eq_ref都使用了主键或唯一索引，不过这两个类型有所区别，const是与常量进行比较，查询效率会更快，而eq_ref通常用于多表联查中。

system类型一般用于MyISAM或Memory表，属于const类型的特例，当表只有一行时连接类型为system（我在GitHub上上传了test_myisam数据表，该数据表只有一行记录，下载地址：https://github.com/cystanford/SQL_MyISAM）。我们查看下执行计划：

```
EXPLAIN SELECT * FROM test_myisam
```

id	select_type	table	partitions	type	possible_keys	key	key_len	ref	rows	filtered	Extra
1	SIMPLE	test_myisam	(Null)	system	(Null)	(Null)	(Null)	(Null)	1	100.00	(Null)

你能看到除了all类型外，其他类型都可以使用到索引，但是不同的连接方式的效率也会有所不同，效率从低到高依次为all < index < range < index_merge < ref < eq_ref < const/system。我们在查看执行计划的时候，通常希望执行计划至少可以使用到range级别以上的连接方式，如果只使用到了all或者index连接方式，我们可以从SQL语句和索引设计的角度上进行改进。

使用SHOW PROFILE查看SQL的具体执行成本

SHOW PROFILE相比EXPLAIN能看到更进一步的执行解析，包括SQL都做了什么、所花费的时间等。默认情况下，profiling是关闭的，我们可以在会话级别开启这个功能。

```
mysql > show variables like 'profiling';
```

```
mysql> show variables like 'profiling';
+---------------+-------+
| Variable_name | Value |
+---------------+-------+
| profiling     | OFF   |
+---------------+-------+
1 row in set, 1 warning (0.00 sec)
```

通过设置profiling='ON'来开启show profile：

```
mysql > set profiling = 'ON';
```

```
mysql> set profiling = 'ON';
Query OK, 0 rows affected, 1 warning (0.00 sec)

mysql> show variables like 'profiling';
+---------------+-------+
| Variable_name | Value |
+---------------+-------+
| profiling     | ON    |
+---------------+-------+
1 row in set, 1 warning (0.01 sec)
```

我们可以看下当前会话都有哪些profiles，使用下面这条命令：

```
mysql > show profiles;
```

```
mysql> show profiles;
+----------+------------+---------------------------------------+
| Query_ID | Duration   | Query                                 |
+----------+------------+---------------------------------------+
|        1 | 0.00028275 | set profiling = 'ON'                  |
|        2 | 0.00037775 | select * from product_comment limit 10 |
+----------+------------+---------------------------------------+
2 rows in set, 1 warning (0.00 sec)
```

你能看到当前会话一共有2个查询，如果我们想要查看上一个查询的开销，可以使用：

```
mysql > show profile;
```

```
mysql> show profile;
+----------------------------------+----------+
| Status                           | Duration |
+----------------------------------+----------+
| starting                         | 0.000063 |
| checking permissions             | 0.000007 |
| Opening tables                   | 0.000036 |
| init                             | 0.000020 |
| System lock                      | 0.000009 |
| optimizing                       | 0.000004 |
| statistics                       | 0.000040 |
| preparing                        | 0.000012 |
| executing                        | 0.000004 |
| Sending data                     | 0.000049 |
| end                              | 0.000005 |
| query end                        | 0.000004 |
| waiting for handler commit       | 0.000006 |
| query end                        | 0.000006 |
| closing tables                   | 0.000008 |
| freeing items                    | 0.000093 |
| cleaning up                      | 0.000014 |
+----------------------------------+----------+
17 rows in set, 1 warning (0.00 sec)
```

我们也可以查看指定的Query ID的开销，比如show profile for query 2查询结果是一样的。在SHOW PROFILE中我们可以查看不同部分的开销，比如cpu、block.io等：

```
mysql> show profile cpu, block io for query 2;
+----------------------------+----------+----------+------------+--------------+---------------+
| Status                     | Duration | CPU_user | CPU_system | Block_ops_in | Block_ops_out |
+----------------------------+----------+----------+------------+--------------+---------------+
| starting                   | 0.000063 | 0.000000 |   0.000000 |         NULL |          NULL |
| checking permissions       | 0.000007 | 0.000000 |   0.000000 |         NULL |          NULL |
| Opening tables             | 0.000036 | 0.000000 |   0.000000 |         NULL |          NULL |
| init                       | 0.000020 | 0.000000 |   0.000000 |         NULL |          NULL |
| System lock                | 0.000009 | 0.000000 |   0.000000 |         NULL |          NULL |
| optimizing                 | 0.000004 | 0.000000 |   0.000000 |         NULL |          NULL |
| statistics                 | 0.000040 | 0.000000 |   0.000000 |         NULL |          NULL |
| preparing                  | 0.000012 | 0.000000 |   0.000000 |         NULL |          NULL |
| executing                  | 0.000004 | 0.000000 |   0.000000 |         NULL |          NULL |
| Sending data               | 0.000049 | 0.000000 |   0.000000 |         NULL |          NULL |
| end                        | 0.000005 | 0.000000 |   0.000000 |         NULL |          NULL |
| query end                  | 0.000004 | 0.000000 |   0.000000 |         NULL |          NULL |
| waiting for handler commit | 0.000006 | 0.000000 |   0.000000 |         NULL |          NULL |
| query end                  | 0.000006 | 0.000000 |   0.000000 |         NULL |          NULL |
| closing tables             | 0.000008 | 0.000000 |   0.000000 |         NULL |          NULL |
| freeing items              | 0.000093 | 0.000000 |   0.000000 |         NULL |          NULL |
| cleaning up                | 0.000014 | 0.000000 |   0.000000 |         NULL |          NULL |
+----------------------------+----------+----------+------------+--------------+---------------+
17 rows in set, 1 warning (0.00 sec)
```

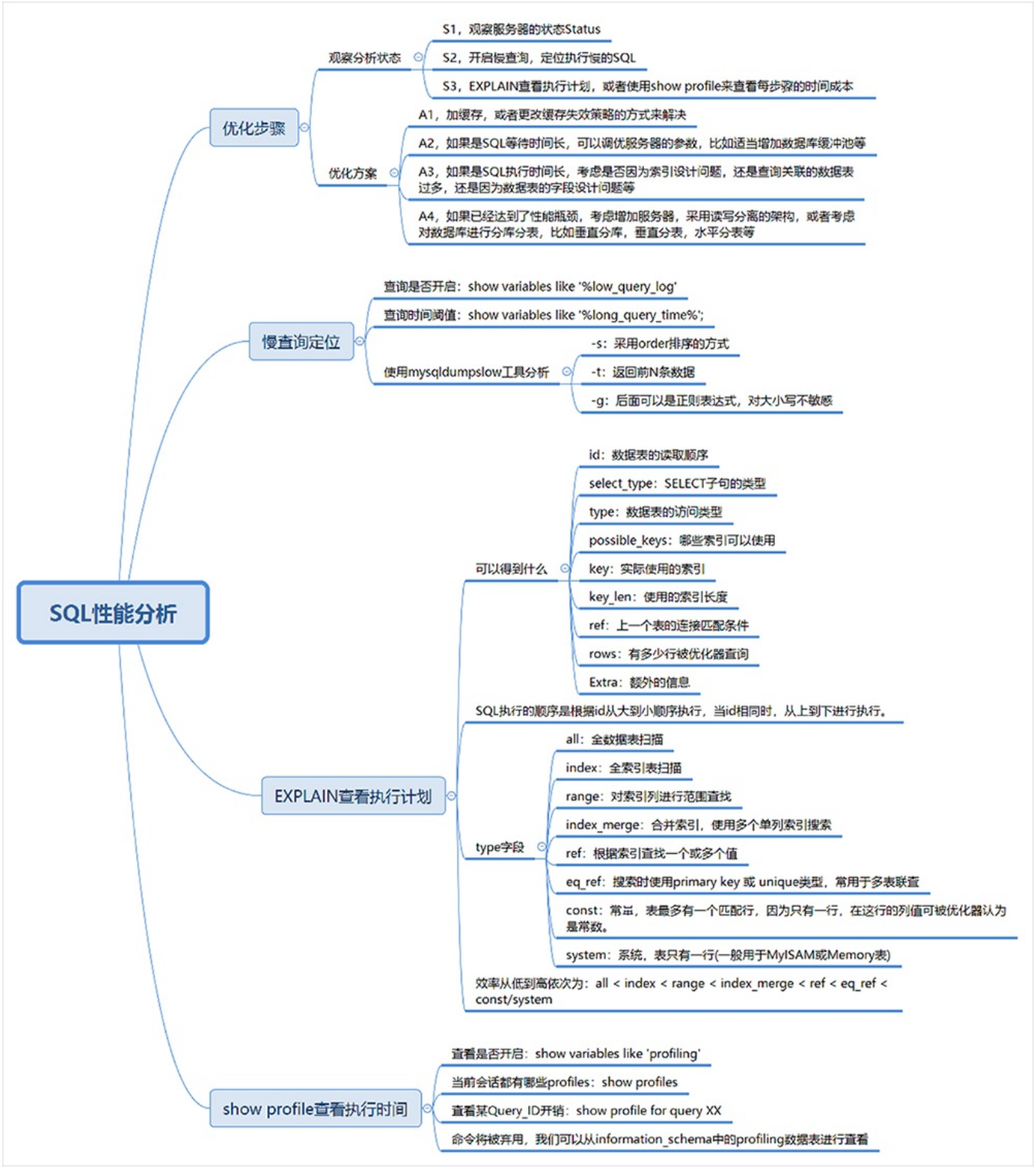
通过上面的结果，我们可以弄清楚每一步骤的耗时，以及在不同部分，比如CPU、block.io 的执行时间，这样我们就可以判断出来SQL到底慢在哪里。

不过SHOW PROFILE命令将被弃用，我们可以从information_schema中的profiling数据表进行查看。

总结

我今天梳理了SQL优化的思路，从步骤上看，我们需要先进行观察和分析，分析工具的使用在日常工作中还是很重要的。今天只介绍了常用的三种分析工具，实际上可以使用的分析工具还有很多。

我在这里总结一下今天文章里提到的三种分析工具。我们可以通过慢查询日志定位执行慢的SQL，然后通过EXPLAIN分析该SQL语句是否使用到了索引，以及具体的数据表访问方式是怎样的。我们也可以使用SHOW PROFILE进一步了解SQL每一步的执行时间，包括I/O和CPU等资源的使用情况。



今天我介绍了EXPLAIN和SHOW PROFILE这两个工具，你还使用过哪些分析工具呢？

另外我们在进行数据表连接的时候，会有多种访问类型，你可以讲一下ref、eq_ref和 const 这三种类型的区别吗？查询效率有何不同？

欢迎你在评论区写下你的思考，也欢迎把这篇文章分享给你的朋友或者同事，一起交流进步。

精选留言

老毕

8

如果两表关联查询，可以这样理解：

1. ref - 双层循环，直到找出所有匹配。
2. eq_ref - 双层循环，借助索引的唯一性，找到匹配就马上退出内层循环。
3. const: 单层循环。

按照循环次数递减的顺序排列它们，应该是 ref > eq_ref > const，循环次数越少，查询效率越高。

2019-08-26

作者回复

对的，所以效率上来说一般是 ref < eq_ref < const

2019-08-27

leslie

4

explain看的东西不止这点吧：老师是不是针对错了DB，至少现实生产这点东西的定位完全不够；老师在生产中不看表的状态就做explain么？如果表的DML过高的话，explain的操作完全没有价值。

如果一张表的自增跑到了100万，数据量只有10万；说明这张表可能已经损坏了，第一步就是修复表而不是一开始做explain。就像我们拿到一台设备不是先去测功能，首先应当坚持设备是否完全OK再去测试，数据库不可能拿到的是一张全新的表；首先应当是表的性能评估，然后再

说相关的检查吧。
个人觉得今天的讲解的时候漏了真正的第一步：设备没坚持就开始检查设备性能了。

2019-08-27

大牛凯 2

SHOW PROFILE还会再有细致一点的说明么？一般看到都是sending data这个时间最长，不知道包含了哪些具体操作在里面？

2019-08-27

作者回复

一般来说sending data相比于其他部分会比较长。你也可以查看不同的模块时间，比如SHOW PROFILE cpu,block_io for query ...

2019-08-27

安静的boy 2

index_merge的那个例子中，查询的type怎么是ref

2019-08-26

law 0

生产环境遇到一种情况，有两个组合索引：coupon_code(tenant_id,coupon_code,platforms), idx_eq_coupon8(tenant_id,end_date,state),有个查询条件按照第二个组合索引的条件查询，但没有用到第二个索引，而是用到了第一个，麻烦老师帮忙分析下这种情况怎么定位什么原因？

2019-08-28

Jack 乐 0

老师，你好！百万级大表创建联合索引，导致阻塞现象，如何解决？

2019-08-28

听雨 0

用EXPLAIN查看SQL执行顺序：如果SQL使用EXISTS嵌套子查询，按说，执行顺序是先执行主查询，再执行子查询，但是EXPLAIN出来的结果是主查询的id为1，子查询的id为2，也就是说是先执行的子查询，这是为什么呢

2019-08-27

许童童 0

你可以讲一下 ref、eq_ref 和 const 这三种类型的区别吗？查询效率有何不同？
ref 是使用了非唯一索引
eq_ref 是使用了主键或唯一索引，一般在两表连接查询中索引
const 是使用了主键或唯一索引 与常量值进行比较

查询效率 ref < eq_ref < const

2019-08-26

土土人 0

oracle是否有对应工呢？

2019-08-26