MySQL 可重复读隔离级别，完全解决幻读了吗?

大家好，我是小林。

我在上一篇文章 提到，MySQL InnoDB 引擎的默认隔离级别虽然是「可重复读」，但是它很大程度上避免幻读现象（并不是完全解决了），解决的方案有两种：

- 针对**快照读**（普通 select 语句），是**通过 MVCC 方式解决了幻读**，因为可重复读隔离级别下，事务执行过程中看到的数据，一直跟这个事务启动时看到的数据是一致的，即使中途有其他事务插入了一条数据，是查询不出来这条数据的，所以就很好了避免幻读问题。
- 针对**当前读**（select ... for update 等语句），是**通过 next-key lock（记录锁+间隙锁）方式解决了幻读**，因为当执行 select ... for update 语句的时候，会加上 next-key lock，如果有其他事务在 next-key lock 锁范围内插入了一条记录，那么这个插入语句就会被阻塞，无法成功插入，所以就很好了避免幻读问题。

这两个解决方案是很大程度上解决了幻读现象，但是还是有个别的情况造成的幻读现象是无法解决的。

这次，就跟大家好好聊这个问题。

什么是幻读?

首先来看看 MySQL 文档是怎么定义幻读（Phantom Read）的:

The so-called phantom problem occurs within a transaction when the same query produces different sets of rows at different times. For example, if a SELECT is executed twice, but returns a row the second time that was not returned the first time, the row is a "phantom" row.

翻译：当同一个查询在不同的时间产生不同的结果集时，事务中就会出现所谓的幻象问题。例如，如果 SELECT 执行了两次，但第二次返回了第一次没有返回的行，则该行是"幻像"行。

举个例子，假设一个事务在 T1 时刻和 T2 时刻分别执行了下面查询语句，途中没有执行其他任何语句：

```
SELECT * FROM t_test WHERE id > 100;
```

只要 T1 和 T2 时刻执行产生的结果集是不相同的，那就发生了幻读的问题，比如：

- T1 时间执行的结果是有 5 条行记录，而 T2 时间执行的结果是有 6 条行记录，那就发生了幻读的问题。
- T1 时间执行的结果是有 5 条行记录，而 T2 时间执行的结果是有 4 条行记录，也是发生了幻读的问题。

快照读是如何避免幻读的?

可重复读隔离级是由 MVCC（多版本并发控制）实现的，实现的方式是开始事务后（执行 begin 语句后），在执行第一个查询语句后，会创建一个 Read View，**后续的查询语句利用这个 Read View，通过这个 Read View 就可以在 undo log 版本链找到事务开始时的数据，所以事务过程中每次查询的数据都是一样的**，即使中途有其他事务插入了新纪录，是查询不出来这条数据的，所以就很好了避免幻读问题。

做个实验，数据库表 t_stu 如下，其中 id 为主键。

id	name	score
1	小林	50
2	小明	60
3	小红	70
4	小蓝	80

然后在可重复读隔离级别下，有两个事务的执行顺序如下：

从这个实验结果可以看到，即使事务 B 中途插入了一条记录，事务 A 前后两次查询的结果集都是一样的，并没有出现所谓的幻读现象。

当前读是如何避免幻读的?

MySQL 里除了普通查询是快照读，其他都是**当前读**，比如 update、insert、delete，这些语句执行前都会查询最新版本的数据，然后再做进一步的操作。

这很好理解，假设你要 update 一个记录，另一个事务已经 delete 这条记录并且提交事务了，这样不是会产生冲突吗，所以 update 的时候肯定要知道最新的数据。

另外， `select ... for update` 这种查询语句是当前读，每次执行的时候都是读取最新的数据。

接下来，我们假设 `select ... for update` 当前读是不会加锁的（实际上是会加锁的），在做一遍实验。

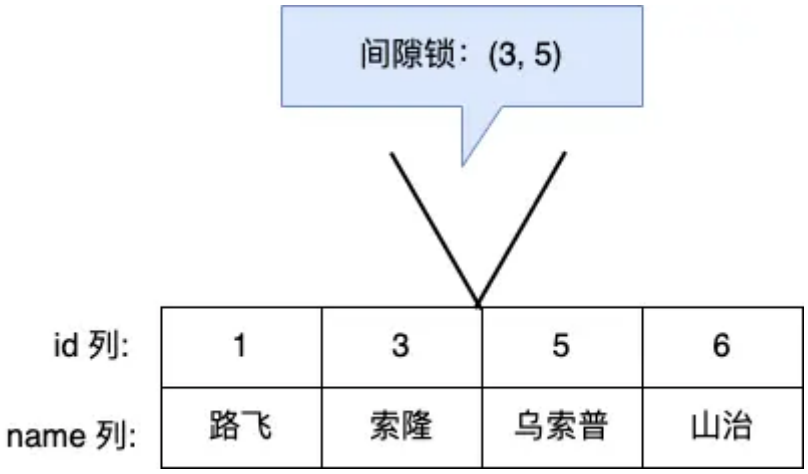
假设 select ... for update 当前读是不会加锁

事务A	事务B
begin; select name from t_stu where id > 2 **for update** **查询结果：小红、小蓝**	
	begin; insert into t_stu values(5,"小飞", 100);
	commit;
select name from t_stu where id > 2 **for update** **查询结果：小红、小蓝、小飞**	
commit;	

这时候，事务 B 插入的记录，就会被事务 A 的第二条查询语句查询到（因为是当前读），这样就会出现前后两次查询的结果集合不一样，这就出现了幻读。

所以，**Innodb 引擎为了解决「可重复读」隔离级别使用「当前读」而造成的幻读问题，就引出了间隙锁**。

假设，表中有一个范围 id 为（3，5）间隙锁，那么其他事务就无法插入 id = 4 这条记录了，这样就有效的防止幻读现象的发生。



举个具体例子，场景如下：

事务A	事务B
begin; select name from t_stu where id > 2 **for update**	
	begin; insert into t_stu values(5,"小飞", 100); 阻塞！

事务 A 执行了这面这条锁定读语句后，就在对表中的记录加上 id 范围为 (2, +∞] 的 next-key lock（next-key lock 是间隙锁+记录锁的组合）。

然后，事务 B 在执行插入语句的时候，判断到插入的位置被事务 A 加了 next-key lock，于是事物 B 会生成一个插入意向锁，同时进入等待状态，直到事务 A 提交了事务。这就避免了由于事务 B 插入新记录而导致事务 A 发生幻读的现象。

幻读被完全解决了吗?

可重复读隔离级别下虽然很大程度上避免了幻读，但是还是没有能完全解决幻读。

我举例一个可重复读隔离级别发生幻读现象的场景。

第一个发生幻读现象的场景

还是以这张表作为例子：

id	name	score
1	小林	50
2	小明	60
3	小红	70
4	小蓝	80

事务 A 执行查询 id = 5 的记录，此时表中是没有该记录的，所以查询不出来。

```
# 事务 A
mysql> begin;
Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)

mysql> select * from t_stu where id = 5;
Empty set (0.01 sec)
```

然后事务 B 插入一条 id = 5 的记录，并且提交了事务。

```
# 事务 B
mysql> begin;
Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)

mysql> insert into t_stu values(5, '小美', 18);
Query OK, 1 row affected (0.00 sec)

mysql> commit;
Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)
```

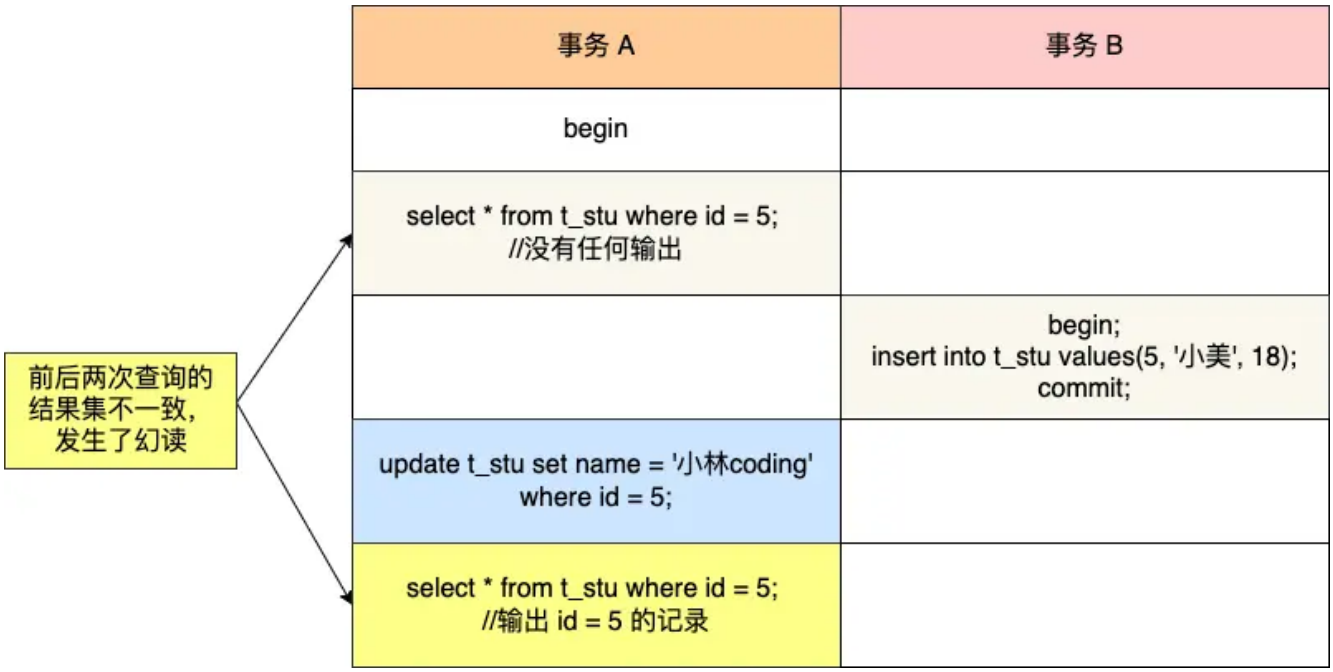
此时，**事务 A 更新 id = 5 这条记录，对没错，事务 A 看不到 id = 5 这条记录，但是他去更新了这条记录，这场景确实很违和，然后再次查询 id = 5 的记录，事务 A 就能看到事务 B 插入的纪录了，幻读就是发生在这种违和的场景**。

```
# 事务 A
mysql> update t_stu set name = '小林coding' where id = 5;
Query OK, 1 row affected (0.01 sec)
Rows matched: 1  Changed: 1  Warnings: 0

mysql> select * from t_stu where id = 5;
```

```
+----+-------------+------+
| id | name        | age  |
+----+-------------+------+
|  5 | 小林coding   |   18 |
+----+-------------+------+
1 row in set (0.00 sec)
```

整个发生幻读的时序图如下：



在可重复读隔离级别下，事务 A 第一次执行普通的 select 语句时生成了一个 ReadView，之后事务 B 向表中新插入了一条 id = 5 的记录并提交。接着，事务 A 对 id = 5 这条记录进行了更新操作，在这个时刻，这条新记录的 trx_id 隐藏列的值就变成了事务 A 的事务 id，之后事务 A 再使用普通 select 语句去查询这条记录时就可以看到这条记录了，于是就发生了幻读。

因为这种特殊现象的存在，所以我们认为 **MySQL Innodb 中的 MVCC 并不能完全避免幻读现象**。

第二个发生幻读现象的场景

除了上面这一种场景会发生幻读现象之外，还有下面这个场景也会发生幻读现象。

- T1 时刻：事务 A 先执行「快照读语句」：select * from t_test where id > 100 得到了 3 条记录。
- T2 时刻：事务 B 往插入一个 id= 200 的记录并提交；

- T3 时刻：事务 A 再执行「当前读语句」 select * from t_test where id > 100 for update 就会得到 4 条记录，此时也发生了幻读现象。

要避免这类特殊场景下发生幻读的现象的话，就是尽量在开启事务之后，马上执行 select ... for update 这类当前读的语句，因为它会对记录加 next-key lock，从而避免其他事务插入一条新记录。

总结

MySQL InnoDB 引擎的可重复读隔离级别（默认隔离级），根据不同的查询方式，分别提出了避免幻读的方案：

- 针对**快照读**（普通 select 语句），是通过 MVCC 方式解决了幻读。
- 针对**当前读**（select ... for update 等语句），是通过 next-key lock（记录锁+间隙锁）方式解决了幻读。

我举例了两个发生幻读场景的例子。

第一个例子：对于快照读， MVCC 并不能完全避免幻读现象。因为当事务 A 更新了一条事务 B 插入的记录，那么事务 A 前后两次查询的记录条目就不一样了，所以就发生幻读。

第二个例子：对于当前读，如果事务开启后，并没有执行当前读，而是先快照读，然后这期间如果其他事务插入了一条记录，那么事务后续使用当前读进行查询的时候，就会发现两次查询的记录条目就不一样了，所以就发生幻读。

所以，**MySQL 可重复读隔离级别并没有彻底解决幻读，只是很大程度上避免了幻读现象的发生。**

要避免这类特殊场景下发生幻读的现象的话，就是尽量在开启事务之后，马上执行 select ... for update 这类当前读的语句，因为它会对记录加 next-key lock，从而避免其他事务插入一条新记录。