

1、锁定义

锁是计算机协调多个进程或线程并发访问某一资源的机制。

在数据库中，除了传统的计算资源（如CPU、RAM、I/O等）的争用以外，数据也是一种供需要用户共享的资源。如何保证数据并发访问的一致性、有效性是所有数据库必须解决的一个问题，锁冲突也是影响数据库并发访问性能的一个重要因素。

2、锁分类

- 从性能上分为乐观锁(用版本对比来实现)和悲观锁
- 从对数据库操作的类型分，分为读锁和写锁(都属于悲观锁)

读锁（共享锁）：针对同一份数据，多个读操作可以同时进行而不会互相影响

写锁（排它锁）：当前写操作没有完成前，它会阻断其他写锁和读锁

- 从对数据操作的粒度分，分为表锁和行锁

2.1 表锁

每次操作锁住整张表。开销小，加锁快；不会出现死锁；锁定粒度大，发生锁冲突的概率最高，并发度最低；

2.1.1 基本操作

```
1  --建表SQL
2  CREATE TABLE `mylock` (
3    `id` INT (11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
4    `NAME` VARCHAR (20) DEFAULT NULL,
5    PRIMARY KEY (`id`)
6  ) ENGINE = MyISAM DEFAULT CHARSET = utf8;
7
8  --插入数据
9  INSERT INTO`test`.`mylock` (`id`, `NAME`) VALUES ('1', 'a');
10 INSERT INTO`test`.`mylock` (`id`, `NAME`) VALUES ('2', 'b');
11 INSERT INTO`test`.`mylock` (`id`, `NAME`) VALUES ('3', 'c');
12 INSERT INTO`test`.`mylock` (`id`, `NAME`) VALUES ('4', 'd');
```

- 手动增加表锁

lock table 表名称 read(write),表名称2 read(write);

- 查看表上加过的锁

`show open tables;`

- 删除表锁

`unlock tables;`

2.1.2 案例分析(加读锁)

```
mysql> lock table mylock read;  
Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)
```

当前session和其他session都可以读该表

当前session中插入或者更新锁定的表都会报错，其他session插入或更新则会等待

2.1.3 案例分析(加写锁)

```
mysql> lock table mylock write;  
Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)
```

当前session对该表的增删改查都没有问题，其他session对该表的所有操作被阻塞

2.1.4 案例结论

MyISAM在执行查询语句(SELECT)前,会自动给涉及的所有表加读锁,在执行增删改操作前,会自动给涉及的表加写锁。

1、对MyISAM表的读操作(加读锁),不会阻塞其他进程对同一表的读请求,但会阻塞对同一表的写请求。只有当读锁释放后,才会执行其它进程的写操作。

2、对MyISAM表的写操作(加写锁),会阻塞其他进程对同一表的读和写操作,只有当写锁释放后,才会执行其它进程的读写操作

总结:

简而言之，就是**读锁会阻塞写，但是不会阻塞读。而写锁则会把读和写都阻塞。**

2.2 行锁

每次操作锁住一行数据。开销大，加锁慢；会出现死锁；锁定粒度最小，发生锁冲突的概率最低，并发度最高。

InnoDB与MYISAM的最大不同有两点：

- **支持事务 (TRANSACTION)**
- **支持行级锁**

2.2.1 行锁支持事务

- **事务 (Transaction) 及其ACID属性**

事务是由一组SQL语句组成的逻辑处理单元,事务具有以下4个属性,通常简称为事务的ACID属性。

原子性(Atomicity)：事务是一个原子操作单元,其对数据的修改,要么全都执行,要么全都不执行。

一致性(Consistent)：在事务开始和完成时,数据都必须保持一致状态。这意味着所有相关的数据规则都必须应用于事务的修改,以保持数据的完整性;事务结束时,所有的内部数据结构(如B树索引或双向链表)也都必须是正确的。

隔离性(Isolation)：数据库系统提供一定的隔离机制,保证事务在不受外部并发操作影响的“独立”环境执行。这意味着事务处理过程中的中间状态对外部是不可见的,反之亦然。

持久性(Durable)：事务完成之后,它对于数据的修改是永久性的,即使出现系统故障也能够保持。

- **并发事务处理带来的问题**

更新丢失 (Lost Update)

当两个或多个事务选择同一行,然后基于最初选定的值更新该行时,由于每个事务都不知道其他事务的存在,就会发生丢失更新问题-最后的更新覆盖了由其他事务所做的更新。

脏读 (Dirty Reads)

一个事务正在对一条记录做修改,在这个事务完成并提交前,这条记录的数据就处于不一致的状态;这时,另一个事务也来读取同一条记录,如果不加控制,第二个事务读取了这些“脏”数据,并据此作进一步的处理,就会产生未提交的数据依赖关系。这种现象被形象的叫做“脏读”。

一句话：事务A读取到了事务B已经修改但尚未提交的数据,还在这个数据基础上做了操作。此时,如果B事务回滚,A读取的数据无效,不符合一致性要求。

不可重读 (Non-Repeatable Reads)

一个事务在读取某些数据后的某个时间，再次读取以前读过的数据，却发现其读出的数据已经发生了改变、或某些记录已经被删除了！这种现象就叫做“不可重复读”。

一句话：事务A读取到了事务B已经提交的修改数据，不符合隔离性

幻读 (Phantom Reads)

一个事务按相同的查询条件重新读取以前检索过的数据，却发现其他事务插入了满足其查询条件的新数据，这种现象就称为“幻读”。

一句话：事务A读取到了事务B提交的新增数据，不符合隔离性

- 事务隔离级别**

脏读”、“不可重复读”和“幻读”，其实都是数据库读一致性问题,必须由数据库提供一定的事务隔离机制来解决。

隔离级别	脏读 (Dirty Read)	不可重复读 (NonRepeatable Read)	幻读 (Phantom Read)
读未提交 (Read uncommitted)	可能	可能	可能
读已提交 (Read committed)	不可能	可能	可能
可重复读 (Repeatable read)	不可能	不可能	可能
可串行化 (Serializable)	不可能	不可能	不可能

数据库的事务隔离越严格,并发副作用越小,但付出的代价也就越大,因为事务隔离实质上就是使事务在一定程度上“串行化”进行,这显然与“并发”是矛盾的。

同时,不同的应用对读一致性和事务隔离程度的要求也是不同的,比如许多应用对“不可重复读”和“幻读”并不敏感,可能更关心数据并发访问的能力。

常看当前数据库的事务隔离级别: `show variables like 'tx_isolation';`

设置事务隔离级别: `set tx_isolation='REPEATABLE-READ';`

2.2.2 行锁与隔离级别案例分析

```
1 CREATE TABLE `account` (  
2   `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,  
3   `name` varchar(255) DEFAULT NULL,  
4   `balance` int(11) DEFAULT NULL,  
5   PRIMARY KEY (`id`))
```

```
6 ) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8;
7 INSERT INTO `test`.`account` (`name`, `balance`) VALUES ('lilei', '450');
8 INSERT INTO `test`.`account` (`name`, `balance`) VALUES ('hanmei',
'16000');
9 INSERT INTO `test`.`account` (`name`, `balance`) VALUES ('lucy', '2400');
```

1、行锁演示

一个session开启事务更新不提交，另一个session更新同一条记录会阻塞，更新不同记录不会阻塞

2、读未提交：

(1) 打开一个客户端A，并设置当前事务模式为read uncommitted（未提交读），查询表account的初始值：

set tx_isolation='read-uncommitted';

```
mysql> set session transaction isolation level read uncommitted;
Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)

mysql> start transaction;
Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)

mysql> select * from account;
+-----+-----+-----+
| id | name | balance |
+-----+-----+-----+
| 1 | lilei | 450 |
| 2 | hanmei | 16000 |
| 3 | lucy | 2400 |
+-----+-----+-----+
3 rows in set (0.00 sec)
```

客户端A

(2) 在客户端A的事务提交之前，打开另一个客户端B，更新表account：

```
mysql> set session transaction isolation level read uncommitted;
Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)

mysql> start transaction;
Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)

mysql> update account set balance = balance - 50 where id = 1;
Query OK, 1 row affected (0.00 sec)
Rows matched: 1  Changed: 1  Warnings: 0

mysql> select * from account;
+-----+-----+-----+
| id | name | balance |
+-----+-----+-----+
| 1 | lilei | 400 |
| 2 | hanmei | 16000 |
| 3 | lucy | 2400 |
+-----+-----+-----+
3 rows in set (0.00 sec)
```

客户端B

(3) 这时，虽然客户端B的事务还没提交，但是客户端A就可以查询到B已经更新的数据：

```
mysql> set session transaction isolation level read uncommitted;
Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)

mysql> start transaction;
Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)

mysql> select * from account;
+-----+-----+-----+
| id | name | balance |
+-----+-----+-----+
| 1 | lilei | 450 |
| 2 | hanmei | 16000 |
| 3 | lucy | 2400 |
+-----+-----+-----+
3 rows in set (0.00 sec)

mysql> select * from account;
+-----+-----+-----+
| id | name | balance |
+-----+-----+-----+
| 1 | lilei | 400 |
| 2 | hanmei | 16000 |
| 3 | lucy | 2400 |
+-----+-----+-----+
3 rows in set (0.00 sec)
```

客户端A

(4) 一旦客户端B的事务因为某种原因回滚，所有的操作都将会被撤销，那客户端A查询到的数据其实就是**脏数据**：

```
mysql> select * from account;
+-----+-----+-----+
| id | name | balance |
+-----+-----+-----+
| 1 | lilei | 400 |
| 2 | hanmei | 16000 |
| 3 | lucy | 2400 |
+-----+-----+-----+
3 rows in set (0.00 sec)

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

mysql> select * from account;
+-----+-----+-----+
| id | name | balance |
+-----+-----+-----+
| 1 | lilei | 450 |
| 2 | hanmei | 16000 |
| 3 | lucy | 2400 |
+-----+-----+-----+
3 rows in set (0.00 sec)
```

客户端B

(5) 在客户端A执行更新语句update account set balance = balance - 50 where id =1, lilei的balance没有变成350，居然是400，是不是很奇怪，数据不一致啊，如果你这么想就太天真了，在应用程序中，我们会用 $400 - 50 = 350$ ，并不知道其他会话回滚了，要想解决这个问题可以采用读已提交的隔离级别

```
mysql> select * from account;
+-----+-----+-----+
| id | name | balance |
+-----+-----+-----+
| 1 | lilei | 400 |
| 2 | hanmei | 16000 |
| 3 | lucy | 2400 |
+-----+-----+-----+
3 rows in set (0.00 sec)

mysql> update account set balance = balance - 50 where id =1;
Query OK, 1 row affected (0.00 sec)
Rows matched: 1 Changed: 1 Warnings: 0

mysql> select * from account;
+-----+-----+-----+
| id | name | balance |
+-----+-----+-----+
| 1 | lilei | 400 |
| 2 | hanmei | 16000 |
| 3 | lucy | 2400 |
+-----+-----+-----+
3 rows in set (0.00 sec)
```

客户端A

3、读已提交

(1) 打开一个客户端A，并设置当前事务模式为read committed（未提交读），查询表account的所有记录：

set tx_isolation='read-committed';

```
mysql> set session transaction isolation level read committed;
Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)
```

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

```
mysql> select * from account;
```

id	name	balance
1	lilei	450
2	hanmei	16000
3	lucy	2400

```
3 rows in set (0.00 sec)
```

客户端A

(2) 在客户端A的事务提交之前，打开另一个客户端B，更新表account：

```
mysql> set session transaction isolation level read committed;
Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)
```

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

```
mysql> update account set balance = balance - 50 where id = 1;
Query OK, 1 row affected (0.00 sec)
Rows matched: 1  Changed: 1  Warnings: 0
```

```
mysql> select * from account;
```

id	name	balance
1	lilei	400
2	hanmei	16000
3	lucy	2400

```
3 rows in set (0.00 sec)
```

客户端B

(3) 这时，客户端B的事务还没提交，客户端A不能查询到B已经更新的数据，**解决了脏读问题**：


```
mysql> select * from account;
```

id	name	balance
1	lilei	450
2	hanmei	16000
3	lucy	2400

```
3 rows in set (0.00 sec)
```

```
mysql> select * from account;
```

id	name	balance
1	lilei	450
2	hanmei	16000
3	lucy	2400

```
3 rows in set (0.00 sec)
```

客户端A

(4) 客户端B的事务提交

```
mysql> update account set balance = balance - 50 where id = 1;
```

```
Query OK, 1 row affected (0.00 sec)
```

```
Rows matched: 1  Changed: 1  Warnings: 0
```

```
mysql> select * from account;
```

id	name	balance
1	lilei	400
2	hanmei	16000
3	lucy	2400

```
3 rows in set (0.00 sec)
```

```
mysql> commit;
```

```
Query OK, 0 rows affected (0.01 sec)
```

客户端B

(5) 客户端A执行与上一步相同的查询，结果与上一步不一致，即产生了不可重复读的问题

```
mysql> select * from account;
```

id	name	balance
1	lilei	450
2	hanmei	16000
3	lucy	2400

3 rows in set (0.00 sec)

```
mysql> select * from account;
```

id	name	balance
1	lilei	400
2	hanmei	16000
3	lucy	2400

3 rows in set (0.00 sec)

不可重复读

客户端A

4、可重复读

(1) 打开一个客户端A，并设置当前事务模式为repeatable read，查询表account的所有记录

set tx_isolation='repeatable-read';

```
mysql> set session transaction isolation level repeatable read;  
Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)
```

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

```
mysql> select * from account;
```

id	name	balance
1	lilei	400
2	hanmei	16000
3	lucy	2400

3 rows in set (0.00 sec)

客户端A

(2) 在客户端A的事务提交之前，打开另一个客户端B，更新表account并提交

```
mysql> set session transaction isolation level repeatable read;
Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)

mysql> start transaction;
Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)

mysql> update account set balance = balance - 50 where id = 1;
Query OK, 1 row affected (0.00 sec)
Rows matched: 1  Changed: 1  Warnings: 0

mysql> select * from account;
+----+-----+-----+
| id | name  | balance |
+----+-----+-----+
| 1  | lilei | 350     |
| 2  | hanmei | 16000  |
| 3  | lucy  | 2400   |
+----+-----+-----+
3 rows in set (0.00 sec)

mysql> commit;
Query OK, 0 rows affected (0.01 sec)
```

客户端B

(3) 在客户端A查询表account的所有记录，与步骤（1）查询结果一致，没有出现不可重复读的问题

```
mysql> select * from account;
+----+-----+-----+
| id | name  | balance |
+----+-----+-----+
| 1  | lilei | 400     |
| 2  | hanmei | 16000  |
| 3  | lucy  | 2400   |
+----+-----+-----+
3 rows in set (0.00 sec)

mysql> select * from account;
+----+-----+-----+
| id | name  | balance |
+----+-----+-----+
| 1  | lilei | 400     |
| 2  | hanmei | 16000  |
| 3  | lucy  | 2400   |
+----+-----+-----+
3 rows in set (0.00 sec)
```

两次读取的结果一致

客户端A

(4) 在客户端A，接着执行update account set balance = balance - 50 where id = 1, balance没有变成400-50=350, lilei的balance值用的是步骤（2）中的350来算的，所以是300，数据的一致性倒是没有被破坏。可重复读的隔离级别下使用了MVCC(multi-version concurrency control)机制，select操作

不会更新版本号，是快照读（历史版本）；insert、update和delete会更新版本号，是当前读（当前版本）。

```
mysql> select * from account;
+----+-----+-----+
| id | name  | balance |
+----+-----+-----+
| 1  | lilei | 400     |
| 2  | hanmei | 16000  |
| 3  | lucy  | 2400   |
+----+-----+-----+
3 rows in set (0.00 sec)

mysql> update account set balance = balance - 50 where id = 1;
Query OK, 1 row affected (0.00 sec)
Rows matched: 1  Changed: 1  Warnings: 0

mysql> select * from account;
+----+-----+-----+
| id | name  | balance |
+----+-----+-----+
| 1  | lilei | 300     |
| 2  | hanmei | 16000  |
| 3  | lucy  | 2400   |
+----+-----+-----+
3 rows in set (0.00 sec)
```

客户端A

MVCC机制详解

```
1 id name balance 创建事务id 删除事务id
2 1 lilei 450 10 13
3 2 hanmei 16000 11 空
4 2 han666 16000 13 空
```

对于事务id为12的操作，先查询select * from account(创建了查询快照，记录执行sql这一刻最大的已提交事务id(快照点已提交最大事务id))，对于事务id为13的操作，先删除id=1的记录，然后更新id=2的记录，再提交

对于删除操作，mysql底层会记录好被删除的数据行的删除事务id，对于更新操作mysql底层会新增一行相同数据并记录好对应的创建事务id

在id为12的事务里执行查询操作mysql底层会带上过滤条件，**创建事务id <= max(当前事务id(12), 快照点已提交最大事务id)**，**删除事务id > max(当前事务id(12), 快照点已提交最大事务id)**

注意：begin/start transaction 命令并不是一个事务的起点，在执行到它们之后的第一个操作InnoDB表的语句，事务才真正启动，才会向mysql申请事务id，

mysql内部是严格按照事务的启动顺序来分配事务id的

(5) 重新打开客户端B，插入一条新数据后提交

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

mysql> insert into account values(4, 'lily', 700);
Query OK, 1 row affected (0.00 sec)

mysql> select * from account;
+----+-----+-----+
| id | name  | balance |
+----+-----+-----+
| 1  | lilei | 350     |
| 2  | hanmei | 16000  |
| 3  | lucy  | 2400    |
| 4  | lily  | 700     |
+----+-----+-----+
4 rows in set (0.00 sec)

mysql> commit;
Query OK, 0 rows affected (0.01 sec)
```

客户端B

(6) 在客户端A查询表account的所有记录，没有查出新增数据，所以没有出现幻读

```
mysql> select * from account;
+----+-----+-----+
| id | name  | balance |
+----+-----+-----+
| 1  | lilei | 300     |
| 2  | hanmei | 16000  |
| 3  | lucy  | 2400    |
+----+-----+-----+
3 rows in set (0.00 sec)
```

客户端A

(7)验证幻读

在客户端A执行update account set balance=888 where id = 4;能更新成功，再次查询能查到客户端B新增的数据

```
mysql> update account set balance=888 where id = 4;
Query OK, 1 row affected (0.00 sec)
Rows matched: 1  Changed: 1  Warnings: 0
```

```
mysql> select * from account;
```

```
+-----+-----+-----+
| id | name  | balance |
+-----+-----+-----+
| 1  | lilei | 250     |
| 2  | hanmei | 16000   |
| 3  | lucy  | 2400    |
| 4  | lily  | 888     |
+-----+-----+-----+
4 rows in set (0.00 sec)
```

客户端A

5、串行化

(1) 打开一个客户端A，并设置当前事务模式为serializable，查询表account的初始值：

set tx_isolation='serializable';

```
1 mysql> set session transaction isolation level serializable;
2 Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)
3
4 mysql> start transaction;
5 Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)
6
7 mysql> select * from account;
8 +-----+-----+-----+
9 | id | name | balance |
10 +-----+-----+-----+
11 | 1 | lilei | 10000 |
12 | 2 | hanmei | 10000 |
13 | 3 | lucy | 10000 |
14 | 4 | lily | 10000 |
15 +-----+-----+-----+
16 4 rows in set (0.00 sec)
```

(2) 打开一个客户端B，并设置当前事务模式为serializable，插入一条记录报错，表被锁了插入失败，mysql中事务隔离级别为serializable时会锁表，因此不会出现幻读的情况，这种隔离级别并发性极低，开发中很少会用到。

```
1 mysql> set session transaction isolation level serializable;
```

```
2 Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)
3
4 mysql> start transaction;
5 Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)
6
7 mysql> insert into account values(5,'tom',0);
8 ERROR 1205 (HY000): Lock wait timeout exceeded; try restarting transaction
```

- **Mysql默认级别是repeatable-read，有办法解决幻读问题吗？**

间隙锁在某些情况下可以解决幻读问题

要避免幻读可以用间隙锁在Session_1下面执行update account set name = 'zhuge' where id > 10 and id <=20;, 则其他Session没法在这个范围所包含的间隙里插入或修改任何数据

- **无索引行锁会升级为表锁**：锁主要是加在索引上，如果对非索引字段更新, 行锁可能会变表锁

session1执行：

update account set balance = 800 where name = 'lilei';

session2对该表任一行操作都会阻塞住

InnoDB的行锁是针对索引加的锁，不是针对记录加的锁。并且该索引不能失效，否则都会从行锁升级为表锁。

- 锁定某一行还可以用lock in share mode(共享锁) 和for update(排它锁)，例如：select * from test_innodb_lock where a = 2 for update; 这样其他session只能读这行数据，修改则会被阻塞，直到锁定行的session提交

2.2.3 案例结论

Innodb存储引擎由于实现了行级锁定，虽然在锁定机制的实现方面所带来的性能损耗可能比表级锁定会要更高一下，但是在整体并发处理能力方面要远远优于MYISAM的表级锁定的。当系统并发量高的时候，Innodb的整体性能和MYISAM相比就会有比较明显的优势了。

但是，InnoDB的行级锁定同样也有其脆弱的一面，当我们使用不当的时候，可能会让InnoDB的整体性能表现不仅不能比MYISAM高，甚至可能会更差。

2.2.4 行锁分析

通过检查InnoDB_row_lock状态变量来分析系统上的行锁的争夺情况

```
show status like 'innodb_row_lock%';
```

对各个状态量的说明如下：

InnoDB_row_lock_current_waits: 当前正在等待锁定的数量

InnoDB_row_lock_time: 从系统启动到现在锁定总时间长度

InnoDB_row_lock_time_avg: 每次等待所花平均时间

InnoDB_row_lock_time_max: 从系统启动到现在等待最长的一次所花时间

InnoDB_row_lock_waits: 系统启动后到现在总共等待的次数

对于这5个状态变量，比较重要的主要是：

InnoDB_row_lock_time_avg （等待平均时长）

InnoDB_row_lock_waits （等待总次数）

InnoDB_row_lock_time （等待总时长）

尤其是当等待次数很高，而且每次等待时长也不小的时候，我们就需要分析系统中为什么会有如此多的等待，然后根据分析结果着手制定优化计划。

2.2.5 死锁

```
set tx_isolation='repeatable-read';
```

Session_1执行：select * from account where id=1 for update;

Session_2执行：select * from account where id=2 for update;

Session_1执行：select * from account where id=2 for update;

Session_2执行：select * from account where id=1 for update;

查看近期死锁日志信息：show engine innodb status\G;

大多数情况mysql可以自动检测死锁并回滚产生死锁的那个事务，但是有些情况mysql没法自动检测死锁

2.2.6 优化建议

- 尽可能让所有数据检索都通过索引来完成，避免无索引行锁升级为表锁
- 合理设计索引，尽量缩小锁的范围
- 尽可能减少检索条件范围，避免间隙锁
- 尽量控制事务大小，减少锁定资源量和时间长度，涉及事务加锁的sql尽量放在事务最后执行
- 尽可能低级别事务隔离