

31-事务机制：Redis能实现ACID属性吗？

你好，我是蒋德钧。

事务是数据库的一个重要功能。所谓的事务，就是指对数据进行读写的一系列操作。事务在执行时，会提供专门的属性保证，包括原子性（Atomicity）、一致性（Consistency）、隔离性（Isolation）和持久性（Durability），也就是ACID属性。这些属性既包括了对事务执行结果的要求，也有对数据库在事务执行前后的数据状态变化的要求。

那么，Redis可以完全保证ACID属性吗？毕竟，如果有些属性在一些场景下不能保证的话，很可能会导致数据出错，所以，我们必须掌握Redis对这些属性的支持情况，并且提前准备应对策略。

接下来，我们就先了解ACID属性对事务执行的具体要求，有了这个知识基础后，我们才能准确地判断Redis的事务机制能否保证ACID属性。

事务ACID属性的要求

首先来看原子性。原子性的要求很明确，就是一个事务中的多个操作必须都完成，或者都不完成。业务应用使用事务时，原子性也是最被看重的一个属性。

我给你举个例子。假如用户在一个订单中购买了两个商品A和B，那么，数据库就需要把这两个商品的库存都进行扣减。如果只扣减了一个商品的库存，那么，这个订单完成后，另一个商品的库存肯定就错了。

第二个属性是一致性。这个很容易理解，就是指数据库中的数据在事务执行前后是一致的。

第三个属性是隔离性。它要求数据库在执行一个事务时，其它操作无法存取到正在执行事务访问的数据。

我还是借助用户下单的例子给你解释下。假设商品A和B的现有库存分别是5和10，用户X对A、B下单的数量分别是3、6。如果事务不具备隔离性，在用户X下单事务执行的过程中，用户Y一下子也购买了5件B，这和X购买的6件B累加后，就超过B的总库存值了，这就不符合业务要求了。

最后一个属性是持久性。数据库执行事务后，数据的修改要被持久化保存下来。当数据库重启后，数据的值需要是被修改后的值。

了解了ACID属性的具体要求后，我们再来看下Redis是如何实现事务机制的。

Redis如何实现事务？

事务的执行过程包含三个步骤，Redis提供了MULTI、EXEC两个命令来完成这三个步骤。下面我们来分析一下。

第一步，客户端要使用一个命令显式地表示一个事务的开启。在Redis中，这个命令就是MULTI。

第二步，客户端把事务中本身要执行的具体操作（例如增删改数据）发送给服务器端。这些操作就是Redis本身提供的数据库读写命令，例如GET、SET等。不过，这些命令虽然被客户端发送到了服务器端，但Redis实例只是把这些命令暂存到一个命令队列中，并不会立即执行。

第三步，客户端向服务器端发送提交事务的命令，让数据库实际执行第二步中发送的具体操作。Redis提供的**EXEC命令**就是执行事务提交的。当服务器端收到EXEC命令后，才会实际执行命令队列中的所有命令。

下面的代码就显示了使用MULTI和EXEC执行一个事务的过程，你可以看下。

```
#开启事务
127.0.0.1:6379> MULTI
OK
#将a:stock减1
127.0.0.1:6379> DECR a:stock
QUEUED
#将b:stock减1
127.0.0.1:6379> DECR b:stock
QUEUED
#实际执行事务
127.0.0.1:6379> EXEC
1) (integer) 4
2) (integer) 9
```

我们假设a:stock、b:stock两个键的初始值是5和10。在MULTI命令后执行的两个DECR命令，是把a:stock、b:stock两个键的值分别减1，它们执行后的返回结果都是QUEUED，这就表示，这些操作都被暂存到了命令队列，还没有实际执行。等到执行了EXEC命令后，可以看到返回了4、9，这就表明，两个DECR命令已经成功地执行了。

好了，通过使用MULTI和EXEC命令，我们可以实现多个操作的共同执行，但是这符合事务要求的ACID属性吗？接下来，我们就来具体分析下。

Redis的事务机制能保证哪些属性？

原子性是事务操作最重要的一个属性，所以，我们先来分析下Redis事务机制能否保证原子性。

原子性

如果事务正常执行，没有发生任何错误，那么，MULTI和EXEC配合使用，就可以保证多个操作都完成。但是，如果事务执行发生错误了，原子性还能保证吗？我们需要分三种情况来看。

第一种情况是，**在执行EXEC命令前，客户端发送的操作命令本身就有错误**（比如语法错误，使用了不存在的命令），在命令入队时就被Redis实例判断出来了。

对于这种情况，在命令入队时，Redis就会报错并且记录下这个错误。此时，我们还能继续提交命令操作。等到执行了EXEC命令之后，Redis就会拒绝执行所有提交的命令操作，返回事务失败的结果。这样一来，事务中的所有命令都不会再被执行了，保证了原子性。

我们来看一个因为事务操作入队时发生错误，而导致事务失败的小例子。

```
#开启事务
127.0.0.1:6379> MULTI
```

```
#发送事务中的第一个操作，但是redis不支持该命令，返回报错信息
127.0.0.1:6379> PUT a:stock 5
(error) ERR unknown command 'PUT', with args beginning with: 'a:stock', '5',
#发送事务中的第二个操作，这个操作是正确的命令，Redis将该命令入队
127.0.0.1:6379> DECR b:stock
QUEUED
#实际执行事务，但是之前命令有错误，所以Redis拒绝执行
127.0.0.1:6379> EXEC
(error) EXECABORT Transaction discarded because of previous errors.
```

在这个例子中，事务里包含了一个Redis本身就不支持的PUT命令，所以，在PUT命令入队时，Redis就报错了。虽然，事务里还有一个正确的DECR命令，但是，在最后执行EXEC命令后，整个事务被放弃执行了。

我们再来看第二种情况。

和第一种情况不同的是，**事务操作入队时，命令和操作的数据类型不匹配，但Redis实例没有检查出错误。**但是，在执行完EXEC命令以后，Redis实际执行这些事务操作时，就会报错。不过，需要注意的是，虽然Redis会对错误命令报错，但还是会把正确的命令执行完。在这种情况下，事务的原子性就无法得到保证了。

举个小例子。事务中的LPOP命令对String类型数据进行操作，入队时没有报错，但是，在EXEC执行时报错了。LPOP命令本身没有执行成功，但是事务中的DECR命令却成功执行了。

```
#开启事务
127.0.0.1:6379> MULTI
OK
#发送事务中的第一个操作，LPOP命令操作的数据类型不匹配，此时并不报错
127.0.0.1:6379> LPOP a:stock
QUEUED
#发送事务中的第二个操作
127.0.0.1:6379> DECR b:stock
QUEUED
#实际执行事务，事务第一个操作执行报错
127.0.0.1:6379> EXEC
1) (error) WRONGTYPE Operation against a key holding the wrong kind of value
2) (integer) 8
```

看到这里，你可能有个疑问，传统数据库（例如MySQL）在执行事务时，会提供回滚机制，当事务执行发生错误时，事务中的所有操作都会撤销，已经修改的数据也会被恢复到事务执行前的状态，那么，在刚才的例子中，如果命令实际执行时报错了，是不是可以用回滚机制恢复原来的数据呢？

其实，Redis中并没有提供回滚机制。虽然Redis提供了DISCARD命令，但是，这个命令只能用来主动放弃事务执行，把暂存的命令队列清空，起不到回滚的效果。

DISCARD命令具体怎么用呢？我们来看下下面的代码。

```
#读取a:stock的值4
```

```
"4"
#开启事务
127.0.0.1:6379> MULTI
OK
#发送事务的第一个操作，对a:stock减1
127.0.0.1:6379> DECR a:stock
QUEUED
#执行DISCARD命令，主动放弃事务
127.0.0.1:6379> DISCARD
OK
#再次读取a:stock的值，值没有被修改
127.0.0.1:6379> GET a:stock
"4"
```

这个例子中，a:stock键的值一开始为4，然后，我们执行一个事务，想对a:stock的值减1。但是，在事务的最后，我们执行的是DISCARD命令，所以事务就被放弃了。我们再次查看a:stock的值，会发现仍然为4。

最后，我们再来看下第三种情况：**在执行事务的EXEC命令时，Redis实例发生了故障，导致事务执行失败。**

在这种情况下，如果Redis开启了AOF日志，那么，只有部分的事务操作被记录到AOF日志中。我们需要使用redis-check-aof工具检查AOF日志文件，这个工具可以把已完成的事务操作从AOF文件中去除。这样一来，我们使用AOF恢复实例后，事务操作不会再被执行，从而保证了原子性。

当然，如果AOF日志并没有开启，那么实例重启后，数据也都没法恢复了，此时，也就谈不上原子性了。

好了，到这里，你了解了Redis对事务原子性属性的保证情况，我们来简单小结下：

- 命令入队时就报错，会放弃事务执行，保证原子性；
- 命令入队时没报错，实际执行时报错，不保证原子性；
- EXEC命令执行时实例故障，如果开启了AOF日志，可以保证原子性。

接下来，我们再学习下一致性属性的保证情况。

一致性

事务的一致性保证会受到错误命令、实例故障的影响。所以，我们按照命令出错和实例故障的发生时机，分成三种情况来看。

情况一：命令入队时就报错

在这种情况下，事务本身就会被放弃执行，所以可以保证数据库的一致性。

情况二：命令入队时没报错，实际执行时报错

在这种情况下，有错误的命令不会被执行，正确的命令可以正常执行，也不会改变数据库的一致性。

情况三：EXEC命令执行时实例发生故障

在这种情况下，实例故障后会进行重启，这就和数据恢复的方式有关了，我们要根据实例是否开启了RDB或AOF来分情况讨论下。

如果我们没有开启RDB或AOF，那么，实例故障重启后，数据都没有了，数据库是一致的。

如果我们使用了RDB快照，因为RDB快照不会在事务执行时执行，所以，事务命令操作的结果不会被保存到RDB快照中，使用RDB快照进行恢复时，数据库里的数据也是一致的。

如果我们使用了AOF日志，而事务操作还没有被记录到AOF日志时，实例就发生了故障，那么，使用AOF日志恢复的数据库数据是一致的。如果只有部分操作被记录到了AOF日志，我们可以使用redis-check-aof清除事务中已经完成的操作，数据库恢复后也是一致的。

所以，总结来说，在命令执行错误或Redis发生故障的情况下，Redis事务机制对一致性属性是有保证的。接下来，我们再继续分析下隔离性。

隔离性

事务的隔离性保证，会受到和事务一起执行的并发操作的影响。而事务执行又可以分成命令入队（EXEC命令执行前）和命令实际执行（EXEC命令执行后）两个阶段，所以，我们就针对这两个阶段，分成两种情况来分析：

1. 并发操作在EXEC命令前执行，此时，隔离性的保证要使用WATCH机制来实现，否则隔离性无法保证；
2. 并发操作在EXEC命令后执行，此时，隔离性可以保证。

我们先来看第一种情况。一个事务的EXEC命令还没有执行时，事务的命令操作是暂存在命令队列中的。此时，如果有其它的并发操作，我们就需要看事务是否使用了WATCH机制。

WATCH机制的作用是，在事务执行前，监控一个或多个键的值变化情况，当事务调用EXEC命令执行时，WATCH机制会先检查监控的键是否被其它客户端修改了。如果修改了，就放弃事务执行，避免事务的隔离性被破坏。然后，客户端可以再次执行事务，此时，如果没有并发修改事务数据的操作了，事务就能正常执行，隔离性也得到了保证。

WATCH机制的具体实现是由WATCH命令实现的，我给你举个例子，你可以看下下面的图，进一步理解下WATCH命令的使用。



我来给你具体解释下图中的内容。

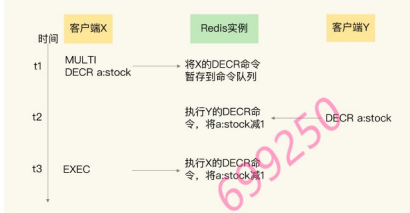
在t1时，客户端X向实例发送了WATCH命令。实例收到WATCH命令后，开始监测a:stock的值的变化情况。

紧接着，在t2时，客户端X把MULTI命令和DECR命令发送给实例，实例把DECR命令暂存入命令队列。

在t3时，客户端Y也给实例发送了一个DECR命令，要修改a:stock的值，实例收到命令后就直接执行了。

等到t4时，实例收到客户端X发送的EXEC命令，但是，实例的WATCH机制发现a:stock已经被修改了，就会放弃事务执行。这样一来，事务的隔离性就可以得到保证了。

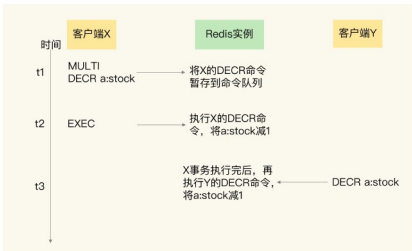
当然，如果没有使用WATCH机制，在EXEC命令前执行的并发操作是会对数据进行读写的。而且，在执行EXEC命令的时候，事务要操作的数据已经改变了，在这种情况下，Redis并没有做到让事务对其它操作隔离，隔离性也就没有得到保障。下面这张图显示了没有WATCH机制时的情况，你可以看下。



在t2时刻，客户端X发送的EXEC命令还没有执行，但是客户端Y的DECR命令就执行了，此时，a:stock的值会被修改，这就无法保证X发起的事务的隔离性了。

刚刚说的是并发操作在EXEC命令前执行的情况，下面我再来说一说第二种情况：**并发操作在EXEC命令之后被服务器端接收并执行。**

因为Redis是用单线程执行命令，而且，EXEC命令执行后，Redis会保证先把命令队列中的所有命令执行完。所以，在这种情况下，并发操作不会破坏事务的隔离性，如下图所示：



最后，我们来分析一下Redis事务的持久性属性保证情况。

持久性

如果Redis没有使用RDB或AOF，那么事务的持久化属性肯定得不到保证。如果Redis使用了RDB模式，那么，在一个事务执行后，而下一次的RDB快照还未执行前，如果发生了实例宕机，这种情况下，事务修改的数据也是不能保证持久化的。

如果Redis采用了AOF模式，因为AOF模式的三种配置选项no、everysec和always都会存在数据丢失的情况，所以，事务的持久性属性也还是得不到保证。

所以，不管Redis采用什么持久化模式，事务的持久性属性是得不到保证的。

小结

在这节课上，我们学习了Redis中的事务实现。Redis通过MULTI、EXEC、DISCARD和WATCH四个命令来支持事务机制，这4个命令的作用，我总结在下面的表中，你可以再看一下。

命令	作用
MULTI	开启一个事务
EXEC	提交事务，从命令队列中取出提交的操作命令，进行实际执行
DISCARD	放弃一个事务，清空命令队列
WATCH	检测一个或多个键的值在事务执行期间是否发生变化，如果发生变化，那么当前事务放弃执行

事务的ACID属性是我们使用事务进行正确操作的基本要求。通过这节课的分析，我们了解到了，Redis的事务机制可以保证一致性和隔离性，但是无法保证持久性。不过，因为Redis本身是内存数据库，持久性并不是一个必须的属性，我们更加关注的还是原子性、一致性 and 隔离性这三个属性。

原子性的情况比较复杂，只有当事务中使用的命令语法有误时，原子性得不到保证，在其它情况下，事务都可以原子性执行。

所以，我给你一个小建议：**严格按照Redis的命令规范进行程序开发，并且通过code review确保命令的正确性。**这样一来，Redis的事务机制就能被应用在实践中，保证多操作的正确执行。

每课一问

按照惯例，我给你提个小问题，在执行事务时，如果Redis实例发生故障，而Redis使用了RDB机制，那么，事务的原子性还能得到保证吗？

欢迎在留言区写下你的思考和答案，我们一起交流讨论。如果你觉得今天的内容对你有帮助，也欢迎你分享给你的朋友或同事。我们下节课见。

精选留言：

• Kaito 2020-10-30 00:12:21

在执行事务时，如果Redis实例发生故障，而Redis使用的RDB机制，事务的原子性还能否得到保证？

我觉得是可以保证原子性的。

如果一个事务只执行了一半，然后 Redis 实例故障宕机了，由于 RDB 不会在事务执行时执行，所以 RDB 文件中不会记录只执行了一部分的结果数据。之后用 RDB 恢复实例数据，恢复的还是事务之前的数据。但 RDB 本身是快照持久化，所以会存在数据丢失，丢失的是距离上一次 RDB 之间的所有更改操作。

关于 Redis 事务的使用，有几个细节我觉得有必要补充下，关于 Pipeline 和 WATCH 命令的使用。

1、在使用事务时，建议配合 Pipeline 使用。

a) 如果不使用 Pipeline，客户端是先发一个 MULTI 命令到服务端，客户端收到 OK，然后客户端再发送一个个操作命令，客户端依次收到 QUEUED，最后客户端发送 EXEC 执行整个事务（文章例子就是这样演示的），这样消息每次都一来一回，效率比较低，而且在这多次操作之间，别的客户端可能就把原本准备修改的值给修改了，所以无法保证隔离性。

b) 而使用 Pipeline 是一次性把所有命令打包好全部发送到服务端，服务端全部处理完成后返回。这么做的好处，一是减少了来回网络 IO 次数，提高操作性能。二是一次性发送所有命令到服务端，服务端在处理过程中，是不会被别的请求打断的（Redis 单线程特性，此时别的请求进不来），这本身就保证了隔离性。我们平时使用的 Redis SDK 在使用开启事务时，一般都会默认开启 Pipeline 的，可以留意观察一下。

2、关于 WATCH 命令的使用场景。

a) 在上面 1-a 场景中，也就是使用了事务命令，但没有配合 Pipeline 使用，如果想要保证隔离性，需要使用 WATCH 命令保证，也就是文章中讲 WATCH 的例子。但如果是 1-b 场景，使用了 Pipeline 一次发送所有命令到服务端，那么就不需要使用 WATCH 了，因为服务端本身就保证了隔离性。

b) 如果事务 + Pipeline 就可以保证隔离性，那 WATCH 还有没有使用的必要？答案是有的。对于一个资源操作为读取、修改、写回这种场景，如果需要保证事物的原子性，此时就需要用到 WATCH 了。例如想要修改某个资源，但需要事先读取它的值，再基于这个值进行计算后写回，如果在这期间担心这个资源被其他客户端修改了，那么可以先 WATCH 这个资源，再读取、修改、写回，如果写回成功，说明其他客户端在这期间没有修改这个资源。如果其他客户端修改了这个资源，那么这个事务操作会返回失败，不会执行，从而保证了原子性。

细节比较多，如果不太好理解，最好亲自动手试一下。 [15赞]

• test 2020-10-30 09:01:09

redis 开启 RDB，因为 RDB 不会在事务执行的时候执行，所以是可以保证原子性的 [1赞]

• popgis 2020-10-30 07:10:20

老师，在集群模式下，ACID 是个什么情况？ [1赞]

• JohnReese 2020-10-30 09:12:52

那请问老师，Multi 命令 和 Lua 脚本 的功能上有什么区别嘛？（似乎都是保证“原子性”地执行多命令？）

• 冯子华宝宝萌萌哒 2020-10-30 09:06:29

老师，在上一节中，分布式锁重要的就是保证操作的原子性，既然事物能保证原子性，为啥上一节中没有提到用事物来做呢？