

整个Zookeeper就是一个多节点分布式一致性算法的实现，底层采用的实现协议是ZAB。

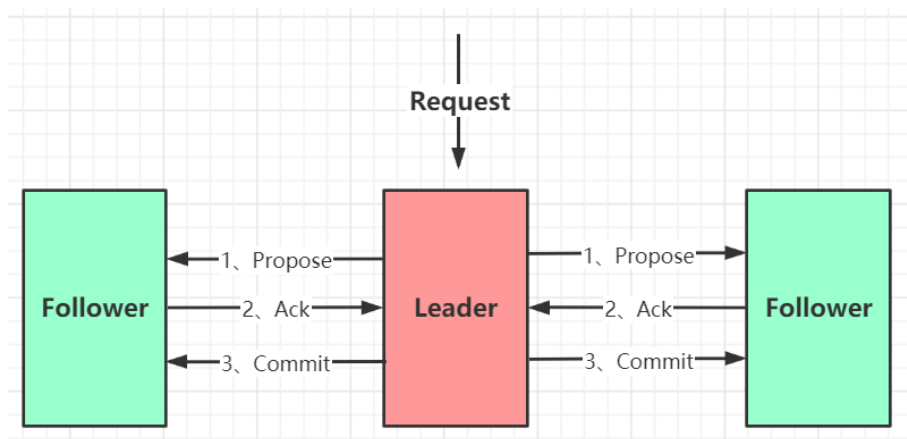
ZAB协议介绍

ZAB 协议全称：Zookeeper Atomic Broadcast（Zookeeper 原子广播协议）。

Zookeeper 是一个为分布式应用提供高效且可靠的分布式协调服务。在解决分布式一致性方面，Zookeeper 并没有使用 Paxos，而是采用了 ZAB 协议，ZAB是Paxos算法的一种简化实现。

ZAB 协议定义：**ZAB 协议是为分布式协调服务 Zookeeper 专门设计的一种支持 崩溃恢复 和 原子广播 协议。**下面我们会重点讲这两个东西。

基于该协议，Zookeeper 实现了一种 主备模式 的系统架构来保持集群中各个副本之间数据一致性。具体如下图所示：

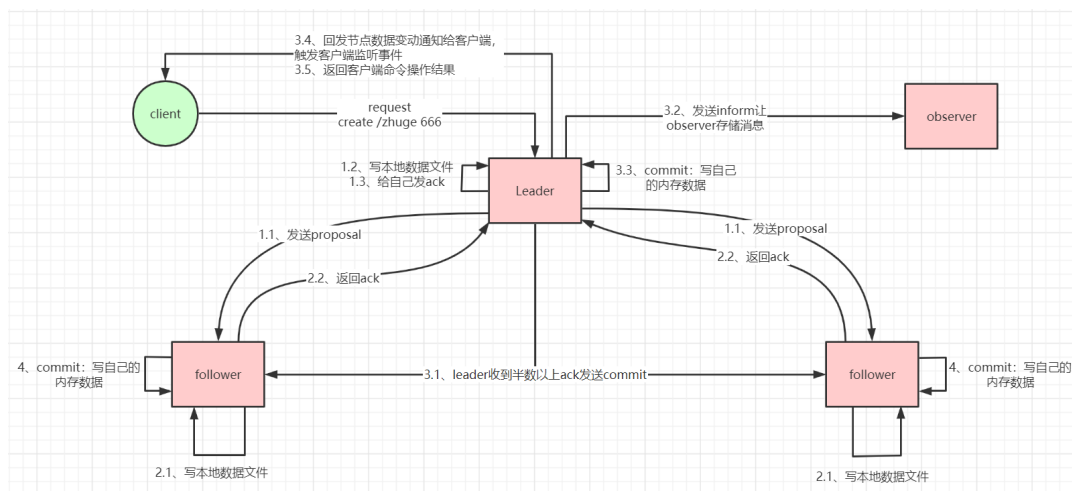


上图显示了 Zookeeper 如何处理集群中的数据。所有客户端写入数据都是写入到 主进程（称为 Leader）中，然后，由 Leader 复制到备份进程（称为 Follower）中。从而保证数据一致性。那么复制过程又是如何的呢？复制过程类似 2PC，ZAB 只需要 Follower 有一半以上返回 Ack 信息就可以执行提交，大大减小了同步阻塞。也提高了可用性。

简单介绍完，开始重点介绍 消息广播 和 崩溃恢复。**整个 Zookeeper 就是在这两个模式之间切换。**简而言之，当 Leader 服务可以正常使用，就进入消息广播模式，当 Leader 不可用时，则进入崩溃恢复模式。

消息广播

ZAB 协议的消息广播过程使用的是一个原子广播协议，类似一个 **二阶段提交过程**。对于客户端发送的写请求，全部由 Leader 接收，Leader 将请求封装成一个事务 Proposal，将其发送给所有 Follower，然后，根据所有 Follower 的反馈，如果超过半数成功响应，则执行 commit 操作。**整个广播流程如下：**



通过以上步骤，就能够保持集群之间数据的一致性。

还有一些细节：

1. Leader 在收到客户端请求之后，会将这个请求封装成一个事务，并给这个事务分配一个全局递增的唯一 ID，称为事务ID（ZXID），ZAB 协议需要保证事务的顺序，因此必须将每一个事务按照 ZXID 进行先后排序然后处理，主要通过消息队列实现。
2. 在 Leader 和 Follower 之间还有一个消息队列，用来解耦他们之间的耦合，解除同步阻塞。
3. zookeeper集群中为保证任何所有进程能够有序的顺序执行，只能是 Leader 服务器接受写请求，即使是 Follower 服务器接受到客户端的写请求，也会转发到 Leader 服务器进行处理，Follower只能处理读请求。
4. ZAB协议规定了如果一个事务在一台机器上被处理(commit)成功，那么应该在所有的机器上都被处理成功，哪怕机器出现故障崩溃。

崩溃恢复

刚刚我们说消息广播过程中，Leader 崩溃怎么办？还能保证数据一致吗？如果 Leader 先本地提交了，然后 commit 请求没有发送出去，怎么办？

实际上，当 Leader 崩溃，即进入我们开头所说的崩溃恢复模式（崩溃即：Leader 失去与过半 Follower 的联系）。下面来详细讲述。

假设1：Leader 在复制数据给所有 Follower 之后，还没来得及收到Follower的ack返回就崩溃，怎么办？

假设2：Leader 在收到 ack 并提交了自己，同时发送了部分 commit 出去之后崩溃怎么办？

针对这些问题，ZAB 定义了 2 个原则：

1. ZAB 协议确保丢弃那些只在 Leader 提出/复制，但没有提交的事务。
2. ZAB 协议确保那些已经在 Leader 提交的事务最终会被所有服务器提交。

所以，ZAB 设计了下面这样一个选举算法：

能够确保提交已经被 Leader 提交的事务，同时丢弃已经被跳过的事务。

针对这个要求，如果让 Leader 选举算法能够保证新选举出来的 Leader 服务器拥有集群中所有机器 ZXID 最大的事务，那么就能够保证这个新选举出来的 Leader 一定具有所有已经提交的提案。

而且这么做有一个好处是：可以省去 Leader 服务器检查事务的提交和丢弃工作的这一步操作。

数据同步

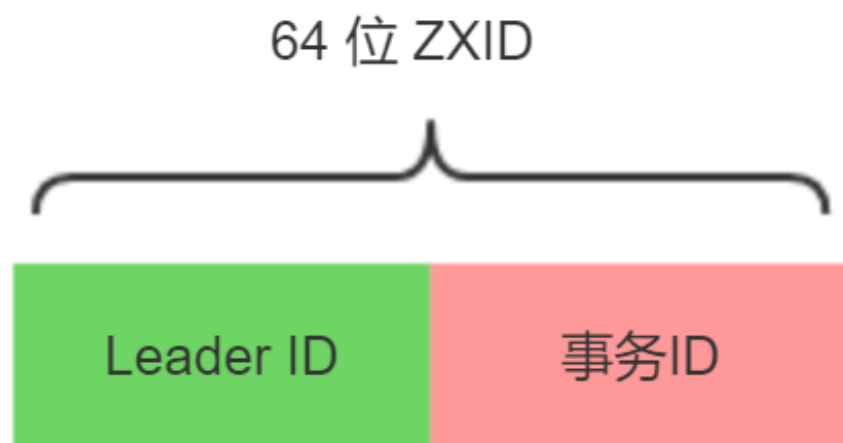
当崩溃恢复之后，需要在正式工作之前（接收客户端请求），Leader 服务器首先确认事务是否都被过半的 Follower 提交了，即是否完成了数据同步。目的是为了保持数据一致。

当 Follower 服务器成功同步之后，Leader 会将这些服务器加入到可用服务器列表中。

实际上，Leader 服务器处理或丢弃事务都是依赖着 ZXID 的，那么这个 ZXID 如何生成呢？

答：在 ZAB 协议的事务编号 ZXID 设计中，ZXID 是一个 64 位的数字，其中低 32 位可以看作是一个简单的递增的计数器，针对客户端的每一个事务请求，Leader 都会产生一个新的事务 Proposal 并对该计数器进行 + 1 操作。

而高 32 位则代表了 Leader 服务器上取出本地日志中最大事务 Proposal 的 ZXID，并从该 ZXID 中解析出对应的 epoch 值(leader选举周期)，当一轮新的选举结束后，会对这个值加一，并且事务id又从0开始自增。



高 32 位代表了每代 Leader 的唯一性，低 32 代表了每代 Leader 中事务的唯一性。同时，也能让 Follower 通过高 32 位识别不同的 Leader。简化了数据恢复流程。

基于这样的策略：当 Follower 连接上 Leader 之后，Leader 服务器会根据自己服务器上最后被提交的 ZXID 和 Follower 上的 ZXID 进行比对，比对结果要么回滚，要么和 Leader 同步。