

# 分布式缓存

Redis集群



黑马程序员  
[www.itheima.com](http://www.itheima.com)

传智教育旗下  
高端IT教育品牌

## 单点Redis的问题



### 数据丢失问题

Redis是内存存储，服务重启可能会丢失数据

## 单点Redis的问题



### 并发能力问题

单节点Redis并发能力虽然不错，但也无法满足如618这样的高并发场景

## 单点Redis的问题



### 故障恢复问题

如果Redis宕机，则服务不可用，需要一种自动的故障恢复手段

## 单点Redis的问题



故障恢复问题

Redis是内存存储，需要一种自



### 存储能力问题

Redis基于内存，单节点能存储的数据量难以满足海量数据需求



Redis是内存存储

## 单点Redis的问题

### 数据丢失问题

实现Redis数据持久化

01

02

### 并发能力问题

搭建主从集群，实现读写分离

04

03

### 存储能力问题

搭建分片集群，利用插槽机制实现动态扩容

### 故障恢复问题

利用Redis哨兵，实现健康检测和自动恢复



# 目录

Contents

- ◆ Redis持久化
- ◆ Redis主从
- ◆ Redis哨兵
- ◆ Redis分片集群



# Redis持久化

- RDB持久化
- AOF持久化





# 目录

Contents

- ◆ RDB持久化
- ◆ AOF持久化

## RDB

RDB全称Redis Database Backup file（Redis数据备份文件），也被叫做Redis数据快照。简单来说就是把内存中的所有数据都记录到磁盘中。当Redis实例故障重启后，从磁盘读取快照文件，恢复数据。

快照文件称为RDB文件，默认是保存在当前运行目录。

```
[root@localhost ~]# redis-cli  
127.0.0.1:6379> save #由Redis主进程来执行RDB，会阻塞所有命令
```

Redis停机时会执行一次RDB。

## RDB

首先需要在Linux系统中安装一个Redis，如果尚未安装的同学，可以参考课前资料《Redis集群.md》：



Redis集群.md

## RDB

Redis内部有触发RDB的机制，可以在redis.conf文件中找到，格式如下：

```
# 900秒内，如果至少有1个key被修改，则执行bgsave，如果是save ""则表示禁用RDB
save 900 1
save 300 10
save 60 10000
```

RDB的其它配置也可以在redis.conf文件中设置：

```
# 是否压缩，建议不开启，压缩也会消耗cpu，磁盘的话不值钱
rdbcompression yes

# RDB文件名称
dbfilename dump.rdb

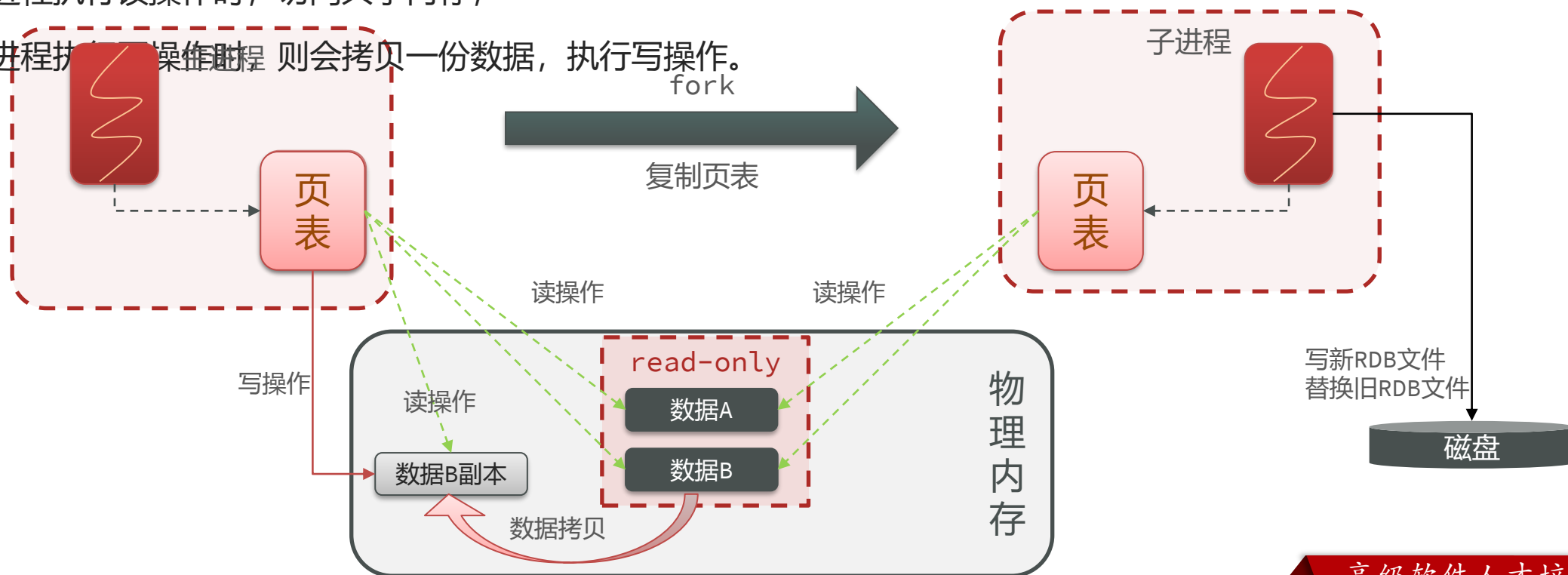
# 文件保存的路径目录
dir ./
```

## RDB

bgsave开始时fork主进程得到子进程，子进程**共享**主进程的内存数据。完成fork后读取内存数据并写入 RDB 文件

fork采用的是copy-on-write技术:

- 当主进程执行读操作时，访问共享内存;
- 当主进程执行写操作时，则会拷贝一份数据，执行写操作。





# 总结

## RDB方式bgsave的基本流程?

- fork主进程得到一个子进程，共享内存空间
- 子进程读取内存数据并写入新的RDB文件
- 用新RDB文件替换旧的RDB文件。

## RDB会在什么时候执行? save 60 1000代表什么含义?

- 默认是服务停止时。
- 代表60秒内至少执行1000次修改则触发RDB

## RDB的缺点?

- RDB执行间隔时间长，两次RDB之间写入数据有丢失的风险
- fork子进程、压缩、写出RDB文件都比较耗时



# 目录

Contents

- ◆ RDB持久化
- ◆ AOF持久化

## AOF

AOF全称为Append Only File（追加文件）。Redis处理的每一个写命令都会记录在AOF文件，可以看做是命令日志文件。

```
[root@localhost redis-6.2.4]# redis-cli  
127.0.0.1:6379> set num 123  
OK
```



```
$3  
set  
$3  
num  
$3  
123
```

AOF



## AOF

AOF默认是关闭的，需要修改redis.conf配置文件来开启AOF：

```
# 是否开启AOF功能，默认是no  
appendonly yes  
# AOF文件的名称  
appendfilename "appendonly.aof"
```

AOF的命令记录的频率也可以通过redis.conf文件来配：

```
# 表示每执行一次写命令，立即记录到AOF文件  
appendfsync always  
# 写命令执行完先放入AOF缓冲区，然后表示每隔1秒将缓冲区数据写到AOF文件，是默认方案  
appendfsync everysec  
# 写命令执行完先放入AOF缓冲区，由操作系统决定何时将缓冲区内容写回磁盘  
appendfsync no
```

配置项	刷盘时机	优点	缺点
Always	同步刷盘	可靠性高，几乎不丢数据	性能影响大
everysec	每秒刷盘	性能适中	最多丢失1秒数据
no	操作系统控制	性能最好	可靠性较差，可能丢失大量数据

## AOF

因为是记录命令，AOF文件会比RDB文件大的多。而且AOF会记录对同一个key的多次写操作，但只有最后一次写操作才有意义。通过执行**bgrewriteaof**命令，可以让AOF文件执行重写功能，用最少的命令达到相同效果。



Redis也会在触发阈值时自动去重写AOF文件。阈值也可以在redis.conf中配置：

```
# AOF文件比上次文件 增长超过多少百分比则触发重写
auto-aof-rewrite-percentage 100
# AOF文件体积最小多大以上才触发重写
auto-aof-rewrite-min-size 64mb
```

## AOF

RDB和AOF各有自己的优缺点，如果对数据安全性要求较高，在实际开发中往往会**结合**两者来使用。

	RDB	AOF
持久化方式	定时对整个内存做快照	记录每一次执行的命令
数据完整性	不完整，两次备份之间会丢失	相对完整，取决于刷盘策略
文件大小	会有压缩，文件体积小	记录命令，文件体积很大
宕机恢复速度	很快	慢
数据恢复优先级	低，因为数据完整性不如AOF	高，因为数据完整性更高
系统资源占用	高，大量CPU和内存消耗	低，主要是磁盘IO资源 但AOF重写时会占用大量CPU和内存资源
使用场景	可以容忍数分钟的数据丢失，追求更快的启动速度	对数据安全性要求较高常见



# Redis主从

- 搭建主从架构
- 主从数据同步原理



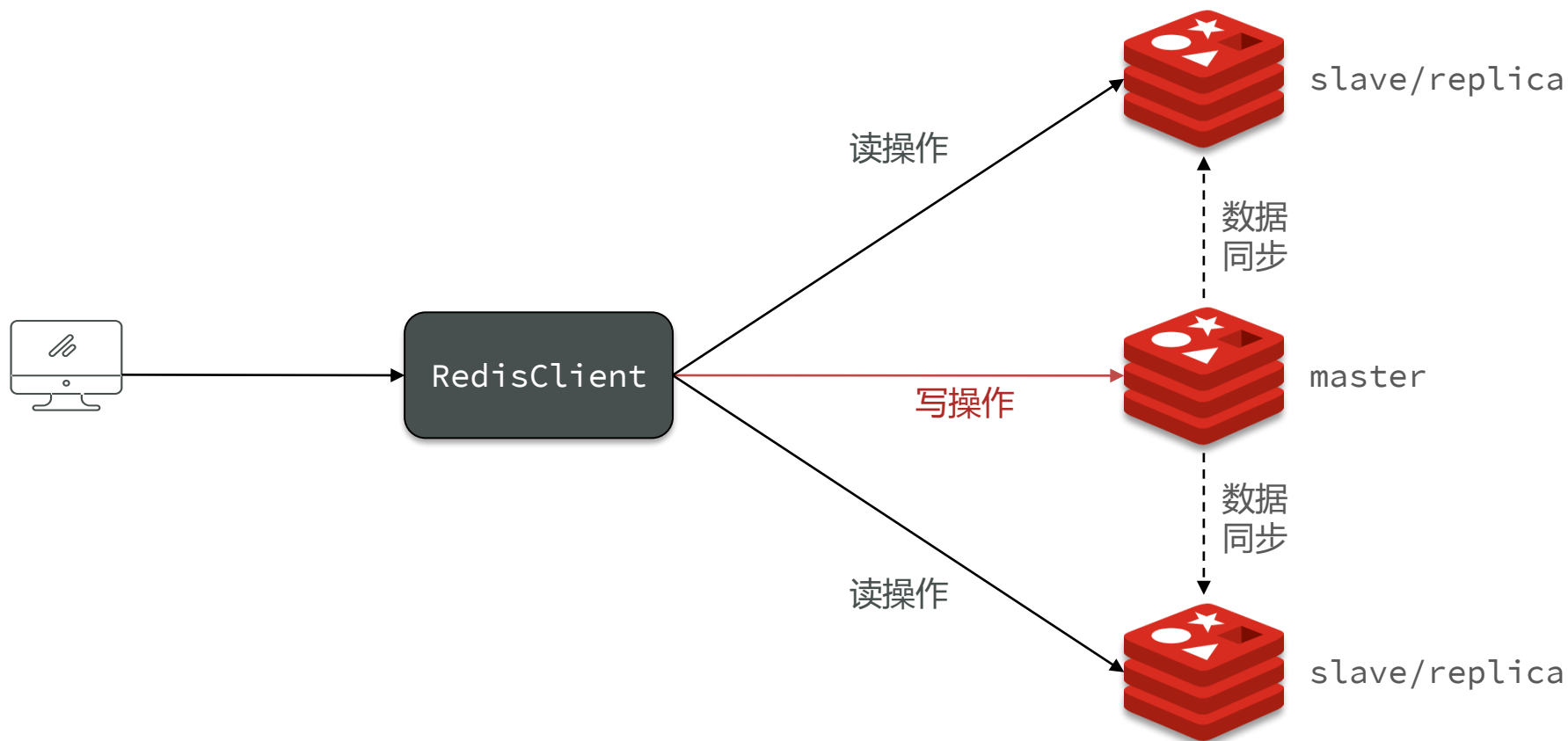
# 目录

Contents

- ◆ 搭建主从架构
- ◆ 主从数据同步原理

## 搭建主从架构

单节点Redis的并发能力是有上限的，要进一步提高Redis的并发能力，就需要搭建主从集群，实现读写分离。



## 搭建主从架构

具体搭建流程参考课前资料《Redis集群.md》：



Redis集群.md



# 总结

假设有A、B两个Redis实例，如何让B作为A的slave节点?

- 在B节点执行命令：slaveof A的IP A的port





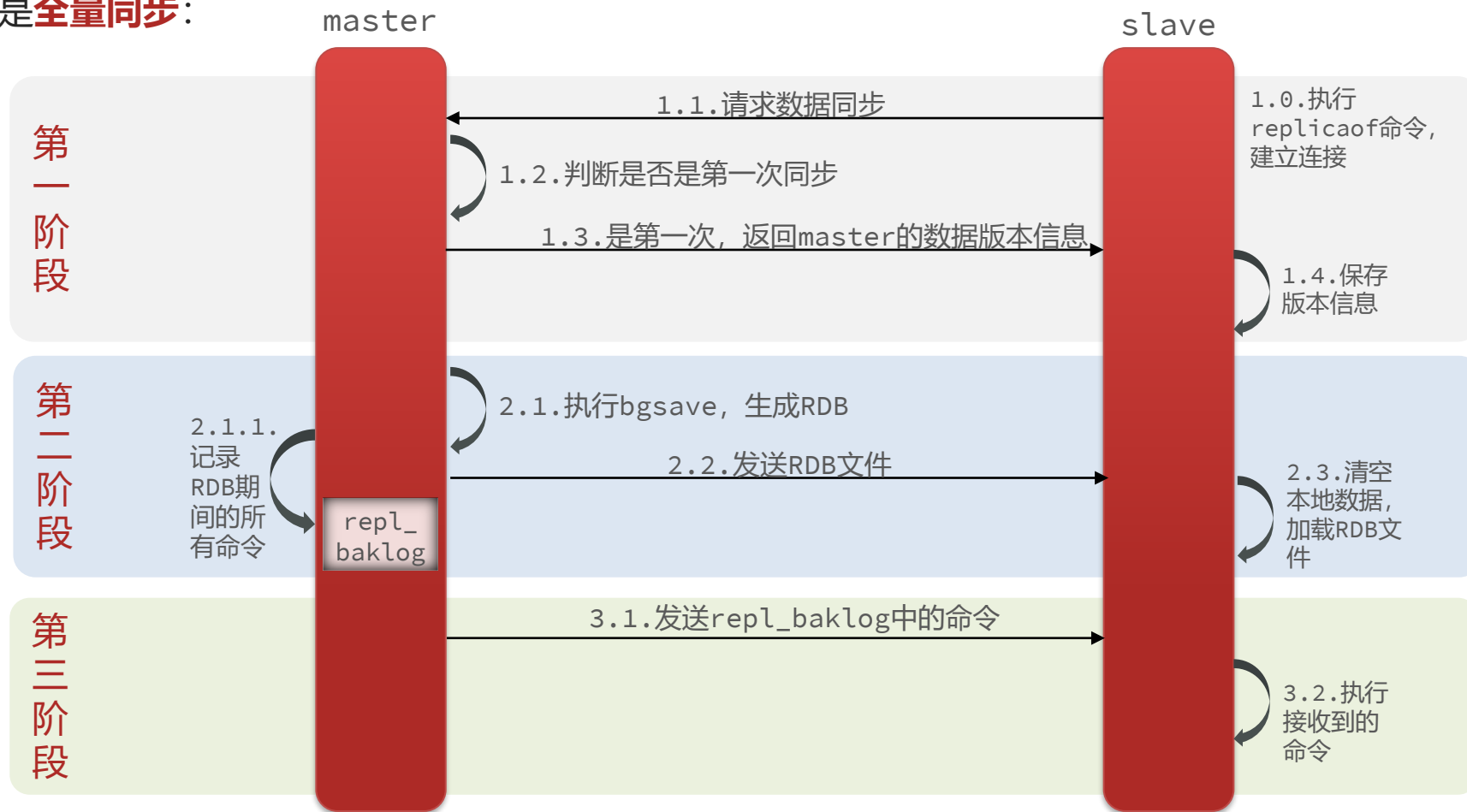
# 目录

Contents

- ◆ 搭建主从架构
- ◆ 数据同步原理

## 数据同步原理

主从第一次同步是**全量同步**:



## 数据同步原理

master如何判断slave是不是第一次来同步数据？这里会用到两个很重要的概念：

- **Replication Id**：简称replid，是数据集的标记，id一致则说明是同一数据集。每一个master都有唯一的replid，slave则会继承master节点的replid
- **offset**：偏移量，随着记录在repl\_baklog中的数据增多而逐渐增大。slave完成同步时也会记录当前同步的offset。如果slave的offset小于master的offset，说明slave数据落后于master，需要更新。

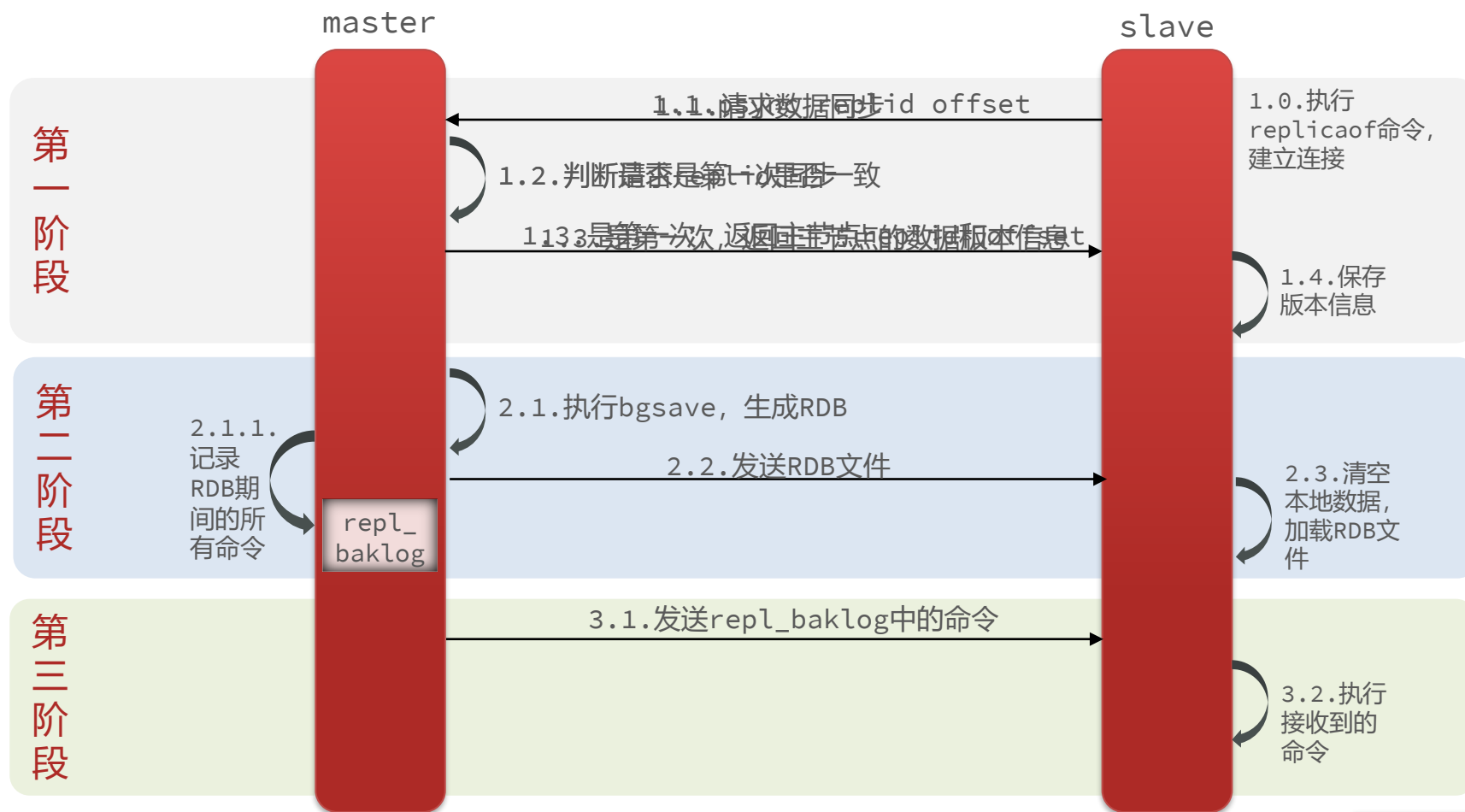
因此slave做数据同步，必须向master声明自己的**replication id** 和**offset**，master才可以判断到底需要同步哪些数据

### 思考一下

master如何判断slave节点是不是第一次来做数据同步？

## 数据同步原理

主从第一次同步是**全量同步**





# 总结

## 简述全量同步的流程?

- slave节点请求增量同步
- master节点判断replid, 发现不一致, 拒绝增量同步
- master将完整内存数据生成RDB, 发送RDB到slave
- slave清空本地数据, 加载master的RDB
- master将RDB期间的命令记录在repl\_baklog, 并持续将log中的命令发送给slave
- slave执行接收到的命令, 保持与master之间的同步

## 数据同步原理

主从第一次同步是**全量同步**



## 数据同步原理

主从第一次同步是**全量同步**，但如果slave重启后同步，则执行**增量同步**



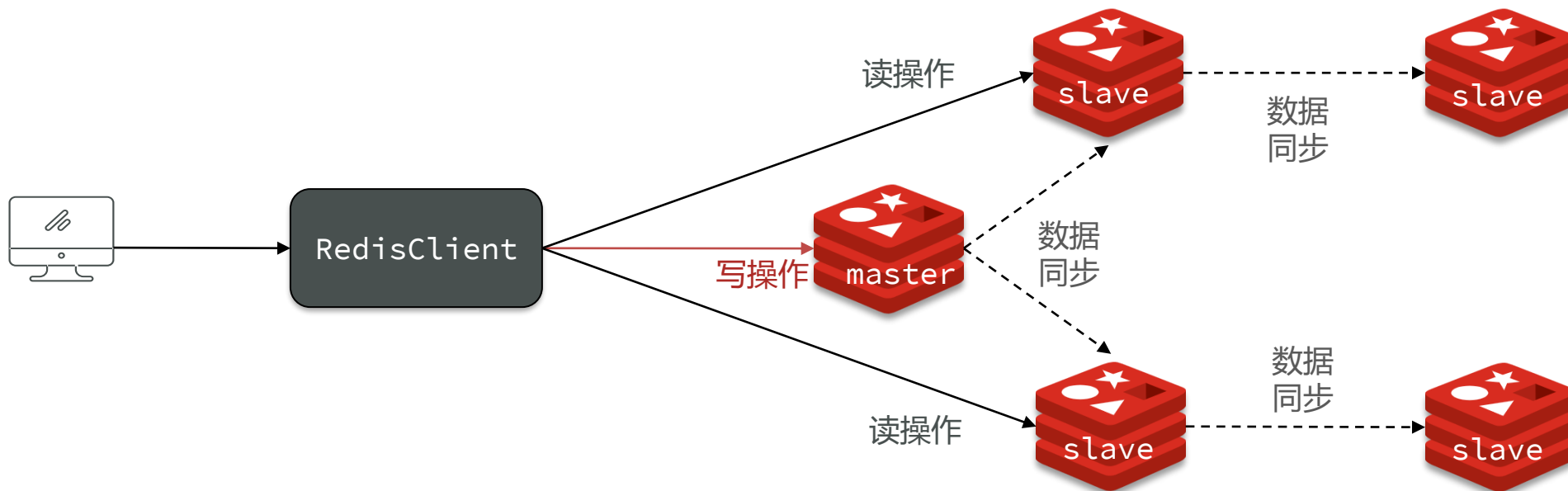
### 注意

repl\_baklog大小有上限，写满后会覆盖最早的数据。如果slave断开时间过久，导致尚未备份的数据被覆盖，则无法基于log做增量同步，只能再次全量同步。

## 数据同步原理

可以从以下几个方面来优化Redis主从就集群:

- 在master中配置repl-diskless-sync yes启用无磁盘复制，避免全量同步时的磁盘IO。
- Redis单节点上的内存占用不要太大，减少RDB导致的过多磁盘IO
- 适当提高repl\_baklog的大小，发现slave宕机时尽快实现故障恢复，尽可能避免全量同步
- 限制一个master上的slave节点数量，如果实在是太多slave，则可以采用主-从-从链式结构，减少master压力







# 总结

## 简述全量同步和增量同步区别?

- 全量同步：master将完整内存数据生成RDB，发送RDB到slave。后续命令则记录在repl\_baklog，逐个发送给slave。
- 增量同步：slave提交自己的offset到master，master获取repl\_baklog中从offset之后的命令给slave

## 什么时候执行全量同步?

- slave节点第一次连接master节点时
- slave节点断开时间太久，repl\_baklog中的offset已经被覆盖时

## 什么时候执行增量同步?

- slave节点断开又恢复，并且在repl\_baklog中能找到offset时



思考

- slave节点宕机恢复后可以找master节点同步数据，  
那master节点宕机怎么办？



# Redis哨兵

- 哨兵的作用和原理
- 搭建哨兵集群
- RedisTemplate的哨兵模式



# 目录

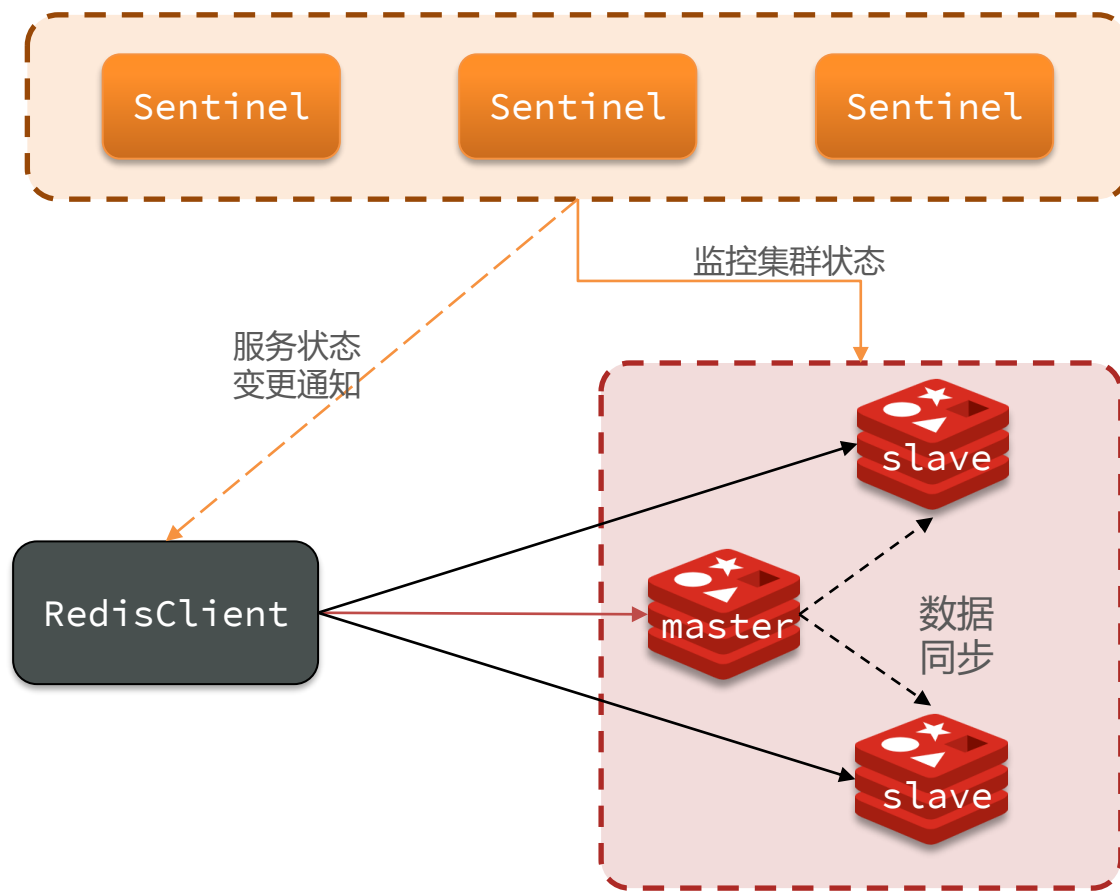
Contents

- ◆ 哨兵的作用和原理
- ◆ 搭建哨兵集群
- ◆ RedisTemplate的哨兵模式

## 哨兵的作用

Redis提供了哨兵（Sentinel）机制来实现主从集群的自动故障恢复。哨兵的结构和作用如下：

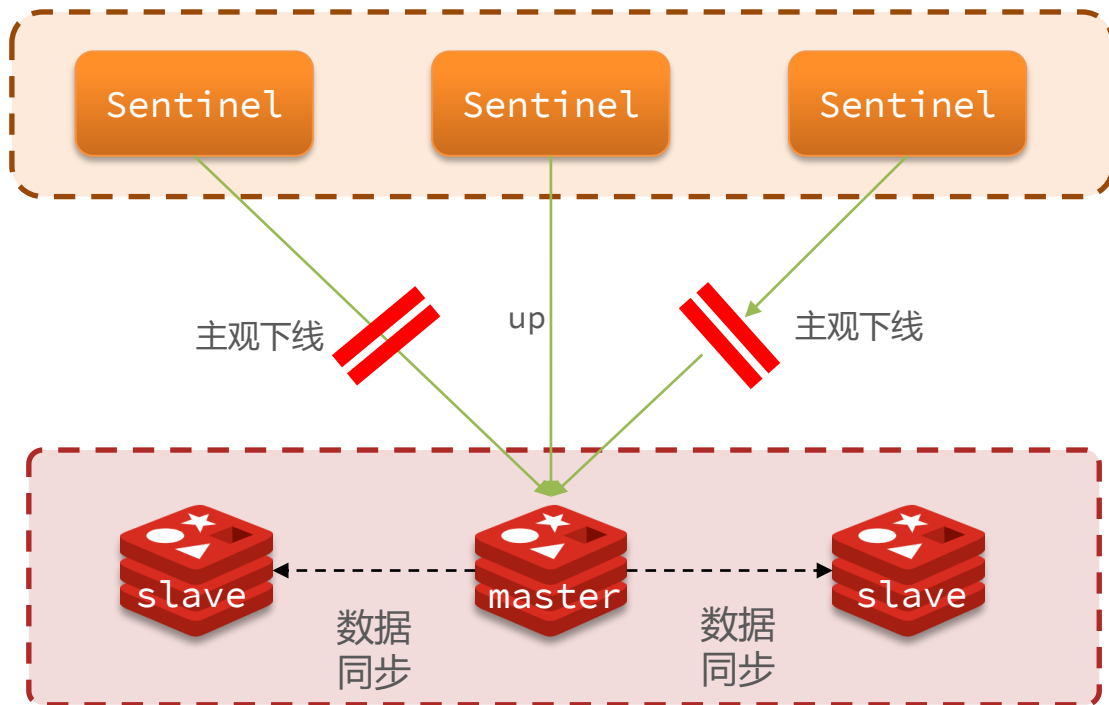
- **监控**：Sentinel 会不断检查您的master和slave 是否按预期工作
- **自动故障恢复**：如果master故障，Sentinel会将一个slave提升为master。当故障实例恢复后也以新的master为主
- **通知**：Sentinel充当Redis客户端的服务发现来源，当集群发生故障转移时，会将最新信息推送给Redis的客户端



## 服务状态监控

Sentinel基于心跳机制监测服务状态，每隔1秒向集群的每个实例发送ping命令：

- 主观下线：如果某sentinel节点发现某实例未在规定时间内响应，则认为该实例**主观下线**。
- 客观下线：若超过指定数量（quorum）的sentinel都认为该实例主观下线，则该实例**客观下线**。quorum值最好超过Sentinel实例数量的一半。



## 选举新的master

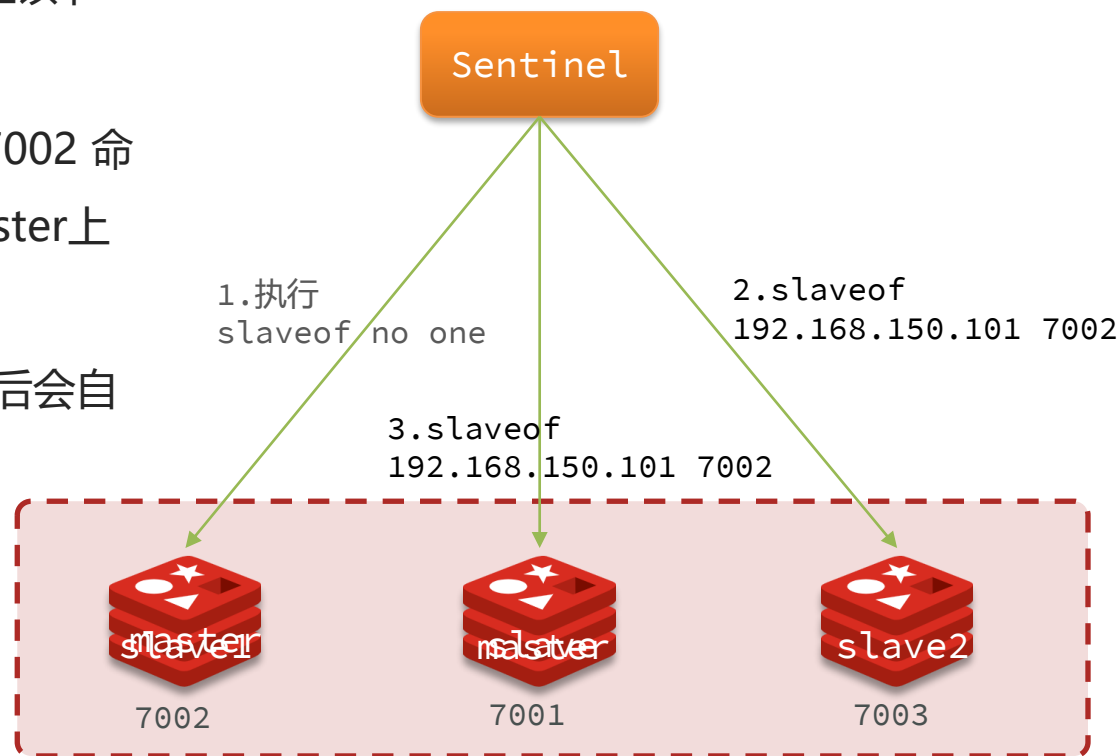
一旦发现master故障，sentinel需要在salve中选择一个作为新的master，选择依据是这样的：

- 首先会判断slave节点与master节点断开时间长短，如果超过指定值 ( $\text{down-after-milliseconds} * 10$ ) 则会排除该slave节点
- 然后判断slave节点的slave-priority值，越小优先级越高，如果是0则永不参与选举
- 如果slave-prority一样，则判断slave节点的offset值，越大说明数据越新，优先级越高
- 最后是判断slave节点的运行id大小，越小优先级越高。

## 如何实现故障转移

当选中了其中一个slave为新的master后（例如slave1），故障的转移的步骤如下：

- sentinel给备选的slave1节点发送slaveof no one命令，让该节点成为master
- sentinel给所有其它slave发送slaveof 192.168.150.101 7002 命令，让这些slave成为新master的从节点，开始从新的master上同步数据。
- 最后，sentinel将故障节点标记为slave，当故障节点恢复后会自动成为新的master的slave节点







# 总结

Sentinel的三个作用是什么?

- 监控
- 故障转移
- 通知

Sentinel如何判断一个redis实例是否健康?

- 每隔1秒发送一次ping命令，如果超过一定时间没有相向则认为主观下线
- 如果大多数sentinel都认为实例主观下线，则判定服务下线

故障转移步骤有哪些?

- 首先选定一个slave作为新的master，执行slaveof no one
- 然后让所有节点都执行slaveof 新master
- 修改故障节点，执行slaveof 新master



# 目录

Contents

- ◆ 哨兵的作用和原理
- ◆ 搭建哨兵集群
- ◆ RedisTemplate的哨兵模式

## 搭建哨兵架构

具体搭建流程参考课前资料《Redis集群.md》：



Redis集群.md



# 目录

Contents

- ◆ 哨兵的作用和原理
- ◆ 搭建哨兵集群
- ◆ RedisTemplate的哨兵模式

## RedisTemplate的哨兵模式

在Sentinel集群监管下的Redis主从集群，其节点会因为自动故障转移而发生变化，Redis的客户端必须感知这种变化，及时更新连接信息。Spring的RedisTemplate底层利用lettuce实现了节点的感知和自动切换。

首先，我们引入课前资料提供的Demo工程：



redis-demo

## RedisTemplate的哨兵模式

1. 在pom文件中引入redis的starter依赖:

```
<dependency>  
  <groupId>org.springframework.boot</groupId>  
  <artifactId>spring-boot-starter-data-redis</artifactId>  
</dependency>
```

2. 然后在配置文件application.yml中指定sentinel相关信息:

```
spring:  
  redis:  
    sentinel:  
      master: mymaster # 指定master名称  
      nodes: # 指定redis-sentinel集群信息  
        - 192.168.150.101:27001  
        - 192.168.150.101:27002  
        - 192.168.150.101:27003
```

## RedisTemplate的哨兵模式

### 3. 配置主从读写分离

```
@Bean
public LettuceClientConfigurationBuilderCustomizer configurationBuilderCustomizer(){
    return configBuilder -> configBuilder.readFrom(ReadFrom.REPLICA_PREFERRED);
}
```

这里的ReadFrom是配置Redis的读取策略，是一个枚举，包括下面选择：

- MASTER：从主节点读取
- MASTER\_PREFERRED：优先从master节点读取，master不可用才读取replica
- REPLICA：从slave (replica) 节点读取
- REPLICA\_PREFERRED：优先从slave (replica) 节点读取，所有的slave都不可用才读取master



# Redis分片集群

- 搭建分片集群
- 散列插槽
- 集群伸缩
- 故障转移
- RedisTemplate访问分片集群





# 目录

Contents

- ◆ 搭建分片集群
- ◆ 散列插槽
- ◆ 集群伸缩
- ◆ 故障转移
- ◆ RedisTemplate访问分片集群

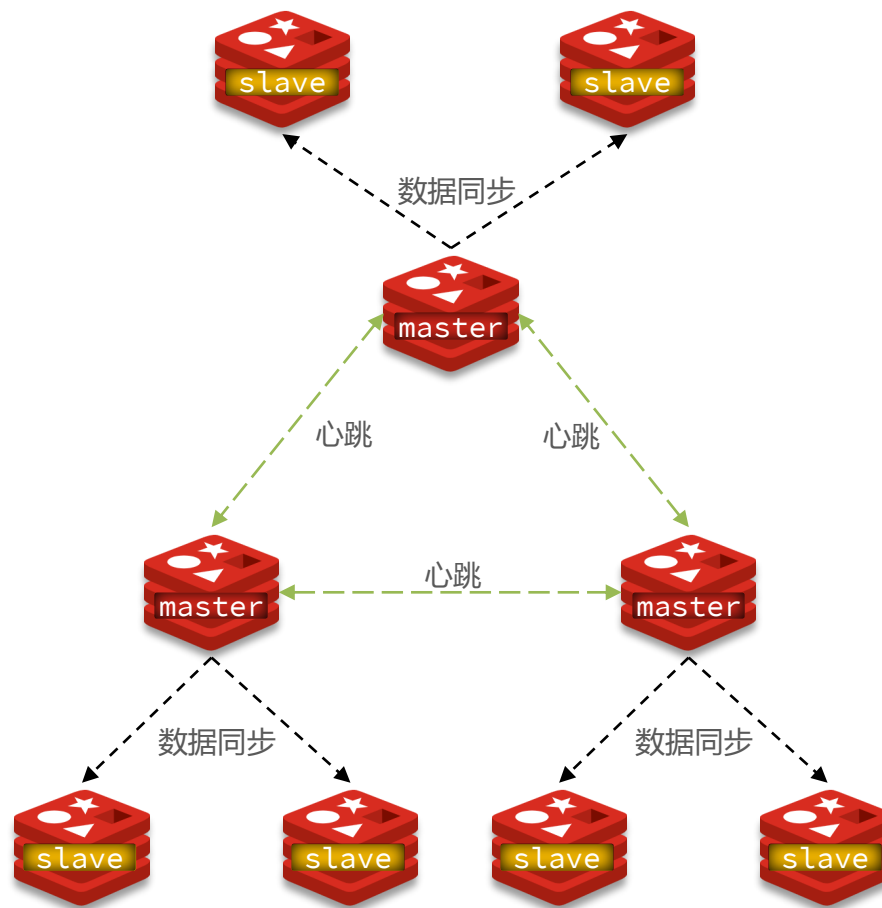
## 分片集群结构

主从和哨兵可以解决高可用、高并发读的问题。但是依然有两个问题没有解决：

- 海量数据存储问题
- 高并发写的问题

使用分片集群可以解决上述问题，分片集群特征：

- 集群中有多个master，每个master保存不同数据
- 每个master都可以有多个slave节点
- master之间通过ping监测彼此健康状态
- 客户端请求可以访问集群任意节点，最终都会被转发到正确节点



## 搭建分片集群

具体搭建流程参考课前资料《Redis集群.md》：



Redis集群.md



# 目录

Contents

- ◆ 搭建分片集群
- ◆ 散列插槽
- ◆ 集群伸缩
- ◆ 故障转移
- ◆ RedisTemplate访问分片集群

## 散列插槽

Redis会把每一个master节点映射到0~16383共16384个插槽 (hash slot) 上，查看集群信息时就能看到：

```
M: f5fc58defbebb957e47fb0d8327a09dc4f1678f5 192.168.150.101:7001
  slots:[0-5460] (5461 slots) master
M: afaaa70d6528fc72490e0f3f7b32731a12c12bb8 192.168.150.101:7002
  slots:[5461-10922] (5462 slots) master
M: 1c00e5f9e158b169f199f15884ab43bc433b1a06 192.168.150.101:7003
  slots:[10923-16383] (5461 slots) master
```

数据key不是与节点绑定，而是与插槽绑定。redis会根据key的有效部分计算插槽值，分两种情况：

- key中包含"{}"，且 "{}" 中至少包含1个字符， "{}" 中的部分是有效部分
- key中不包含 "{}" ，整个key都是有效部分

例如：key是num，那么就根据num计算，如果是{itcast}num，则根据itcast计算。计算方式是利用CRC16算法得到一个hash值，然后对16384取余，得到的结果就是slot值。

```
127.0.0.1:7001> set a 1
-> Redirected to slot [15495] located at 192.168.150.101:7003
OK
192.168.150.101:7003> get num
-> Redirected to slot [2765] located at 192.168.150.101:7001
"123"
```



# 总结

Redis如何判断某个key应该在哪个实例?

- 将16384个插槽分配到不同的实例
- 根据key的有效部分计算哈希值，对16384取余
- 余数作为插槽，寻找插槽所在实例即可

如何将同一类数据固定的保存在同一个Redis实例?

- 这一类数据使用相同的有效部分，例如key都以{typeId}为前缀



# 目录

Contents

- ◆ 搭建分片集群
- ◆ 散列插槽
- ◆ 集群伸缩
- ◆ 故障转移
- ◆ RedisTemplate访问分片集群

## 添加一个节点到集群

redis-cli --cluster提供了很多操作集群的命令，可以通过下面方式查看：

```
[root@localhost ~]# redis-cli --cluster help
Cluster Manager Commands:
  create      host1:port1 ... hostN:portN
              --cluster-replicas <arg>
  check      host:port
              --cluster-search-multiple-owners
  info       host:port
  fix        host:port
              --cluster-search-multiple-owners
              --cluster-fix-with-unreachable-masters
```

比如，添加节点的命令：

```
[root@localhost ~]# redis-cli --cluster help
Cluster Manager Commands:
  create      host1:port1 ... hostN:portN
              --cluster-replicas <arg>
  add-node   new_host:new_port existing_host:existing_port
              --cluster-slave
              --cluster-master-id <arg>
```



案例

向集群中添加一个新的master节点，并向其中存储 num = 10

需求:

- 启动一个新的redis实例，端口为7004
- 添加7004到之前的集群，并作为一个master节点
- 给7004节点分配插槽，使得num这个key可以存储到7004实例

练习

- 删除集群中的一个节点

需求:

- 删除7004这个实例



# 目录

Contents

- ◆ 搭建分片集群
- ◆ 散列插槽
- ◆ 集群伸缩
- ◆ 故障转移
- ◆ RedisTemplate访问分片集群

## 故障转移

当集群中有一个master宕机会发生什么呢?

1. 首先是该实例与其它实例失去连接
2. 然后是疑似宕机:

```
1fa6d68d590827c24c237b1c490b78e5c7fe2ca9 192.168.150.101:8003@18003 slave f5fc58defbebb957e47fb0d8327a09dc4f1678f5 0 1625207711535 8 connected
f5fc58defbebb957e47fb0d8327a09dc4f1678f5 192.168.150.101:7001@17001 myself,master - 0 1625207710000 8 connected 0-5460
afaaa70d6528fc72490e0f3f7b32731a12c12bb8 192.168.150.101:7002@17002 master, fail? - 1625207705198 1625207703000 10 disconnected 5461-10922
6ec60fb5afd950a465f05c8024bf8f75d809b014 192.168.150.101:8002@18002 slave 1c00e5f9e158b169f199f15884ab43bc433b1a06 0 1625207710000 3 connected
1c00e5f9e158b169f199f15884ab43bc433b1a06 192.168.150.101:7003@17003 master - 0 1625207711000 3 connected 10923-16383
7b6d5ffc9a985d614dc5aeb2ee3abac1adfd3e22 192.168.150.101:8001@18001 slave afaaa70d6528fc72490e0f3f7b32731a12c12bb8 0 1625207709420 10 connected
```

3. 最后是确定下线，自动提升一个slave为新的master:

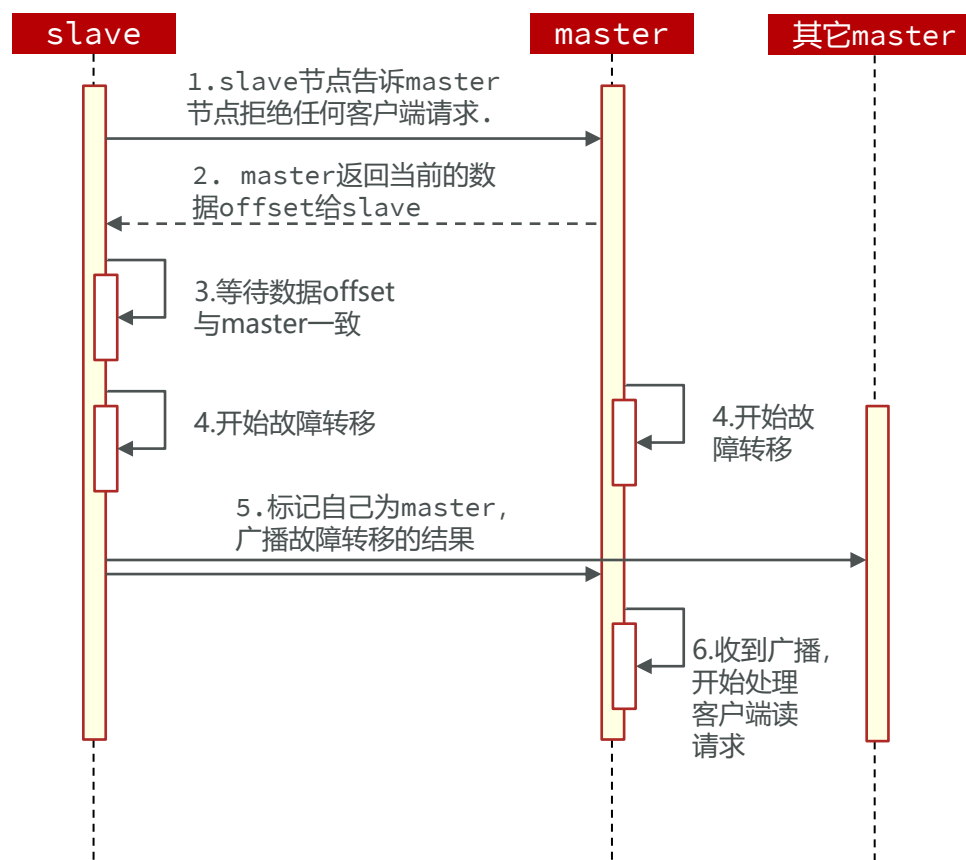
```
1fa6d68d590827c24c237b1c490b78e5c7fe2ca9 192.168.150.101:8003@18003 slave f5fc58defbebb957e47fb0d8327a09dc4f1678f5 0 1625208023157 8
f5fc58defbebb957e47fb0d8327a09dc4f1678f5 192.168.150.101:7001@17001 myself,master - 0 1625208022000 8 connected 0-5460
afaaa70d6528fc72490e0f3f7b32731a12c12bb8 192.168.150.101:7002@17002 master, fail - 1625207705198 1625207703000 10 disconnected
6ec60fb5afd950a465f05c8024bf8f75d809b014 192.168.150.101:8002@18002 slave 1c00e5f9e158b169f199f15884ab43bc433b1a06 0 1625208021035 3
1c00e5f9e158b169f199f15884ab43bc433b1a06 192.168.150.101:7003@17003 master - 0 1625208022084 3 connected 10923-16383
7b6d5ffc9a985d614dc5aeb2ee3abac1adfd3e22 192.168.150.101:8001@18001 master - 0 1625208023000 11 connected 5461-10922
```

## 数据迁移

利用cluster failover命令可以手动让集群中的某个master宕机，切换到执行cluster failover命令的这个slave节点，实现无感知的数据迁移。其流程如下：

手动的Failover支持三种不同模式：

- 缺省：默认的流程，如图1~6步
- force：省略了对offset的一致性校验
- takeover：直接执行第5步，忽略数据一致性、忽略master状态和其它master的意见



案例

在7002这个slave节点执行手动故障转移，重新夺回master地位

步骤如下：

1. 利用redis-cli连接7002这个节点
2. 执行cluster failover命令



# 目录

Contents

- ◆ 搭建分片集群
- ◆ 散列插槽
- ◆ 集群伸缩
- ◆ 故障转移
- ◆ RedisTemplate访问分片集群

## RedisTemplate访问分片集群

RedisTemplate底层同样基于lettuce实现了分片集群的支持，而使用的步骤与哨兵模式基本一致：

1. 引入redis的starter依赖
2. 配置分片集群地址
3. 配置读写分离

与哨兵模式相比，其中只有分片集群的配置方式略有差异，如下：

```
spring:
  redis:
    cluster:
      nodes: # 指定分片集群的每一个节点信息
        - 192.168.150.101:7001
        - 192.168.150.101:7002
        - 192.168.150.101:7003
        - 192.168.150.101:8001
        - 192.168.150.101:8002
        - 192.168.150.101:8003
```





思考

Redis的分片集群、Elasticsearch的分片集群有哪些共同的特征呢?



传智教育旗下高端IT教育品牌