10 | 分布式体系结构之非集中式结构：众生平等

2019-10-14 聂鹏程 来自北京

《分布式技术原理与算法解析》

你好，我是聂鹏程。今天，我来继续带你打卡分布式核心技术。

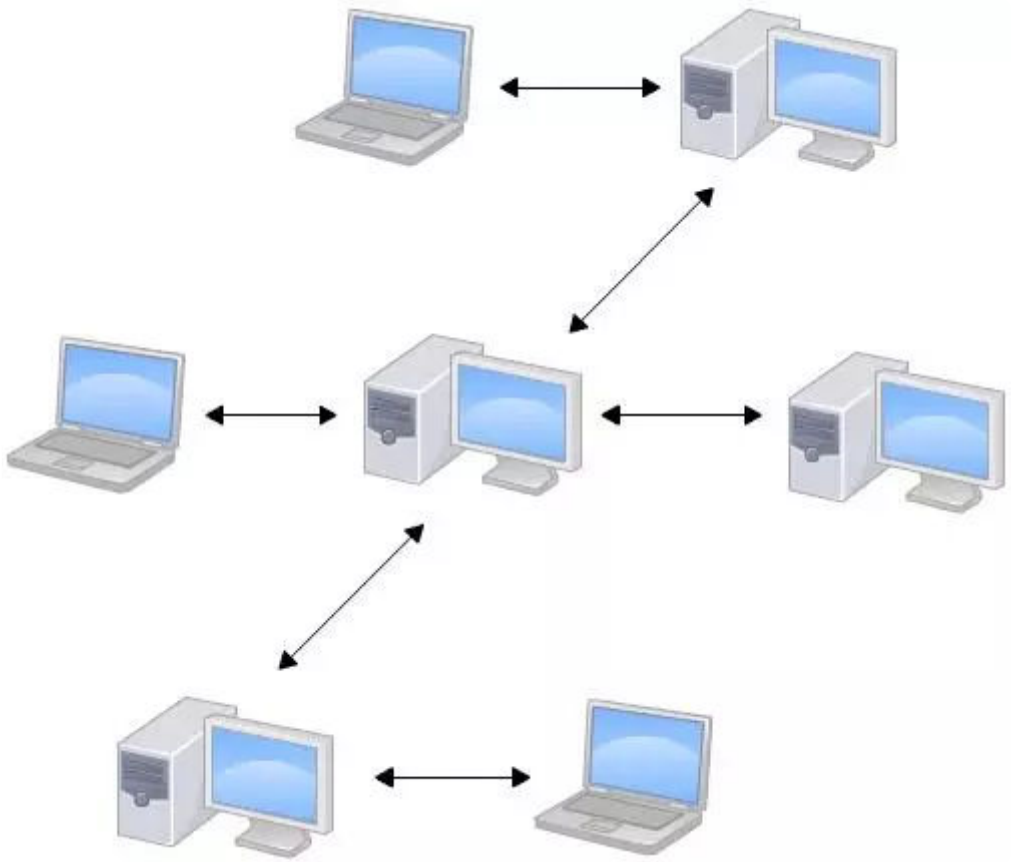
在上一篇文章中，我带你了解了分布式体系结构中的集中式结构。虽然很多云上的管理都采用了集中式结构，但是这种结构对中心服务器性能要求很高，而且存在单点瓶颈和单点故障问题。

为了解决这个问题，分布式领域中又出现了另一个经典的系统结构，即非集中式结构，也叫作分布式结构。那什么是非集中式结构呢，它的原理是什么样的，又有哪些集群采用了这种结构呢？

今天，我们就一起打卡非集中式结构，揭开它的神秘面纱吧。

什么是非集中式结构？

在非集中式结构中，服务的执行和数据的存储被分散到不同的服务器集群，服务器集群间通过消息传递进行通信和协调。



也就是说，在非集中式结构中，没有中央服务器和节点服务器之分，所有的服务器地位都是平等（对等）的，也就是我们常说的“众生平等”。这样一来，相比于集中式结构，非集中式结构就降低了某一个或者某一簇计算机集群的压力，在解决了单点瓶颈和单点故障问题的同时，还提升了系统的并发度，比较适合大规模集群的管理。

所以近几年来，Google、 Amazon、Facebook、阿里巴巴、腾讯等互联网公司在一些业务中也相继采用了非集中式结构。

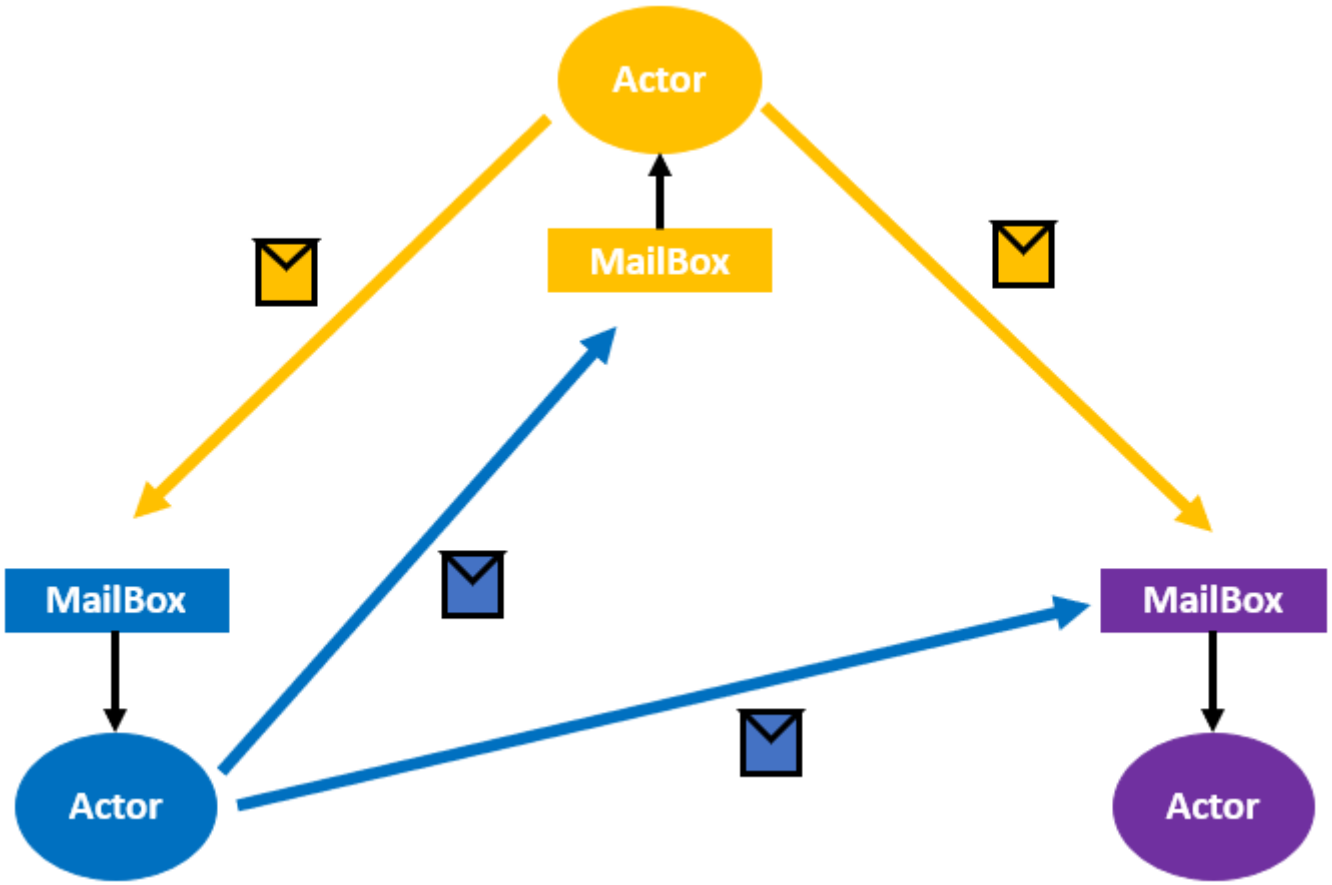
接下来，我将为你介绍 3 种典型的非集中式架构系统，包括 Akka 集群、Redis 集群和 Cassandra 集群，来帮助你深入理解非集中式架构。

Akka 集群

在介绍 Akka 集群的结构之前，我带你了解一下什么是 Akka 框架吧。

Akka 是一个开发库和运行环境，用于构建可扩展的、弹性的、快速响应的应用程序。Akka 框架是基于 Actor 模型实现的，Actor 模型是一个封装了状态和行为的对象，它接收消息并基于该消息执行计算。Actor 之间通信的唯一机制就是消息传递，每个 Actor 都有自己的 MailBox。

比如，在分布式系统中，一个服务器或一个节点可以视为一个 Actor，Actor 与 Actor 之间采用 mail 进行通信，如下图所示：



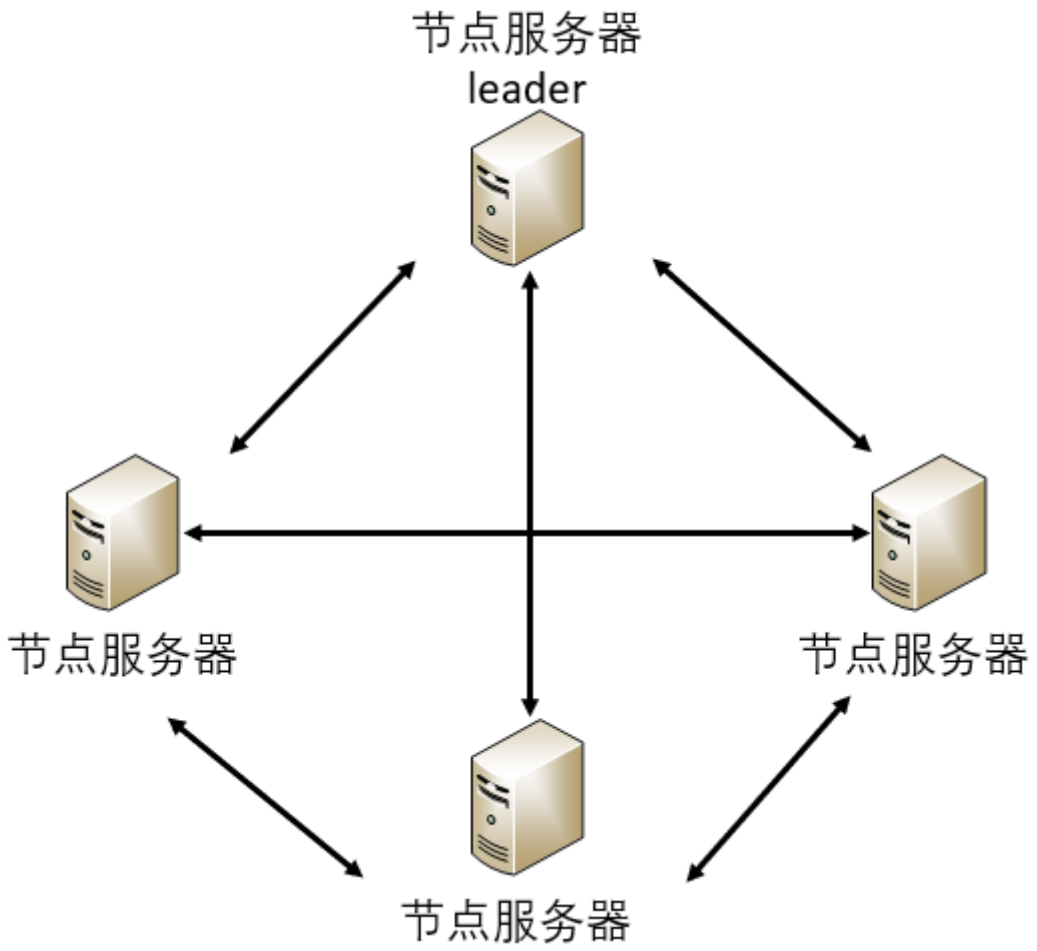
可以看到，Actor 发送的 Mail 消息会存储在接收方的 MailBox 中。默认情况下，接收方按照 mail 到达的先后顺序，从 MailBox 中提取 mail 消息，并进行相应的计算处理。

> 备注：关于 Actor 模型更详细的内容，我会在第 17 篇文章中与你讲述。

显然，Actor 模型采用异步消息调用机制，具有非阻塞、高性能等特点，可以用于处理并发问题。Akka 集群充分利用了 Actor 模型的优势，提供了一个非集中式架构的集群管理模块，用来构建可扩展的、弹性的分布式应用程序。

Akka 集群负责 Actor 模型底层的节点管理，包括故障检测、节点加入 / 退出集群等。也就是说，Akka 集群为 Actor 模型提供了一个可容错、去中心化的节点集群管理系统，来保证 Actor 的运行和 Actor 之间的通信。

如下图所示，Akka 集群是一个完全去中心化的分布式集群管理系统。一个集群由多个节点组成，每个节点都可以进行数据处理和任务执行，节点之间均可进行通信。节点有 Leader 节点和非 Leader 节点之分。与非 Leader 节点相比，**Leader 节点只是增加了负责节点的加入和移除集群的功能**，所以并不会影响非集中式结构中节点的平等关系。



可以看到，Akka 集群的两个重点是数据传输和集群组建及管理，所以接下来我将从这两个方面与你介绍 Akka 集群。

首先，我们看一下数据传输。在 Akka 集群中，节点是对等的，也就是说每个节点是可以并发处理的，因此必然存在数据传输和一致性的问题。

比如，我们要针对数据进行操作，将 X=1 修改为 X=2。现在集群中节点 1 进行了修改使得 X=2，但其他节点上还是 X=1，因此节点 1 需要将 X=2 的消息告知其他节点，以保证最终集群中所有节点上均为 X=2。

其实，这个问题就是分布式共识问题。我已经在第 5 篇文章“分布式共识：存异求同”中，与你介绍了 PoW、PoS 和 DPoS 三种达成共识的方法，你可以再复习下相关内容。

Akka 集群主要采用的是谁的时间戳最新（也就是数据最新），就以谁为准的原则。在这里我要重点与你讲述的是，如何将 X=2 这个消息传输给集群中的每个节点。

Akka 集群采用了 **Gossip 协议**，该协议是最终一致性协议。它的原理是每个节点周期性地从自己维护的集群节点列表中，随机选择 k 个节点，将自己存储的数据信息发给这 k 个节点，接收到该信息的节点采用前面讲的共识原则，对收到的数据和本地数据进行合并，这样迭代几个周期后，集群中所有节点上的数据信息就一致了。

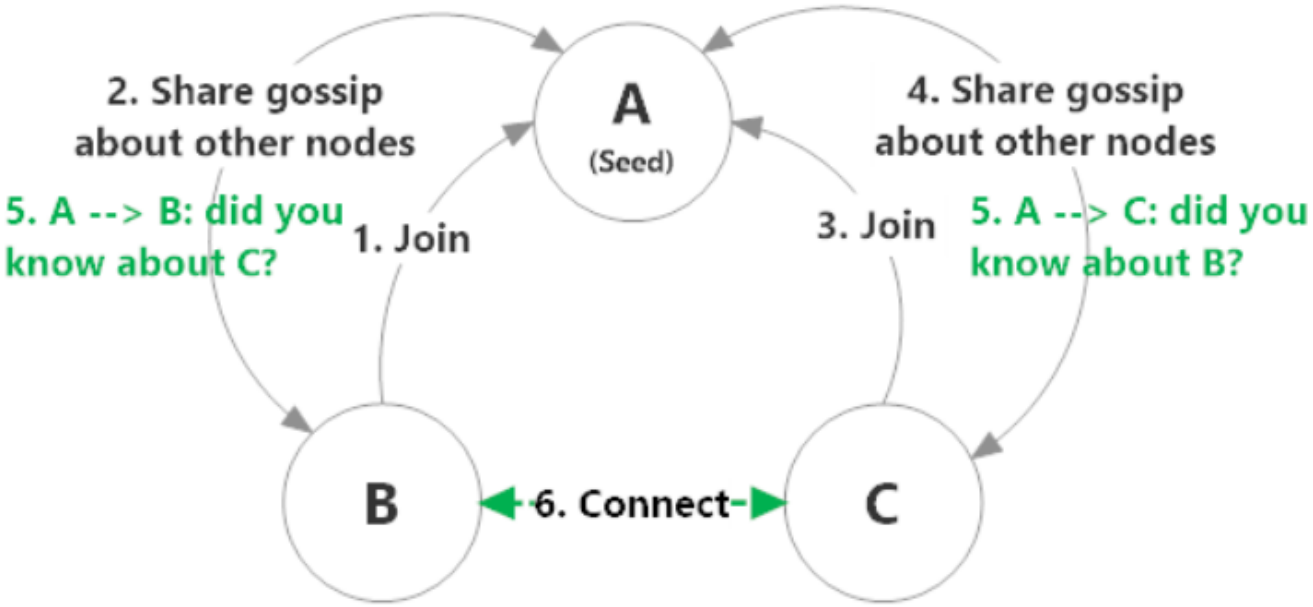
这就好比我们生活中的“谣言传播”一样，用户 A 告诉用户 B“商场新开了一家火锅店”，用户 B 收到信息后再告诉用户 C，然后用户 C 再告诉用户 D。这样，用户 A、B、C、D 最终都知道了这个消息。

接下来，我们看一下集群组建及管理。下图展示了 Akka 集群的创建过程。在创建集群时，节点被分为三种类型，即：

种子节点。使用静态配置文件方式或者系统运行时指定方式，可以生成种子节点；种子节点是普通节点加入集群的联系点，可以自动接收新加入集群的节点的信息。

首种子节点。首种子节点是配置文件中的第一个种子节点，其功能是集群第一次启动时，首种子节点启动起来，集群才能组建成功，保证集群第一次创建时只有一个集群。如下图 A 节点，就是 Akka 集群的首种子节点。

普通节点。可以向种子节点或集群中的任意节点发送 Join 消息，请求加入集群。如下图的 B 和 C 节点，通过向 A 节点发送 Join 消息，从而加入到 Akka 集群。



> 图片来源：https://getakka.net/articles/clustering/cluster-overview.html

Akka 集群的每个节点启动后，读取配置文件获取种子节点列表，然后开始组建集群：

- 如果本节点为首种子节点，则把自己加入到集群列表中，即以自己为中心构建集群；
- 如果本节点为种子节点，则向首种子节点请求加入集群，当首种子节点回复同意消息后，可以加入集群，否则不可加入集群；
- 如果本节点为普通节点，则可以向任一种子节点（包括首种子节点）请求加入集群，收到同意后，则加入集群，否则不可加入集群。

加入首种子节点或种子节点的节点信息，会通过 Gossip 协议的传播方式传播给当前已加入的所有节点，以完成集群组建。当集群组建完成后，就不存在种子节点与普通节点之分了，每个节点均可执行 Actor 应用程序。

Akka 集群可以构建可扩展的、弹性的分布式应用程序，因此在 JVM 中应用了 Akka 框架，从而实现并发编程。目前，豌豆荚、蘑菇街等公司采用了 Akka 集群。

到这里，我们小结一下吧。Akka 集群是一个完全去中心化的集群管理系统，当集群组建完成后，每个节点均可执行 Actor 应用程序，因此支持并发操作。但，这个并发操作引入了数据

同步和一致性问题，所以 Akka 集群采用了 Gossip 协议进行数据同步，通过谁的时间戳最新就以谁为准，来解决一致性问题。

在实际业务场景中，除了面向应用程序平台的分布式集群管理之外，分布式数据存储也是一个非常重要的话题。在这其中，分布式数据存储中的集群管理便是一个关键因素。那么接下来，我就以开源数据库 Redis 的集群管理系统为例，与你展开介绍吧。

Redis 集群

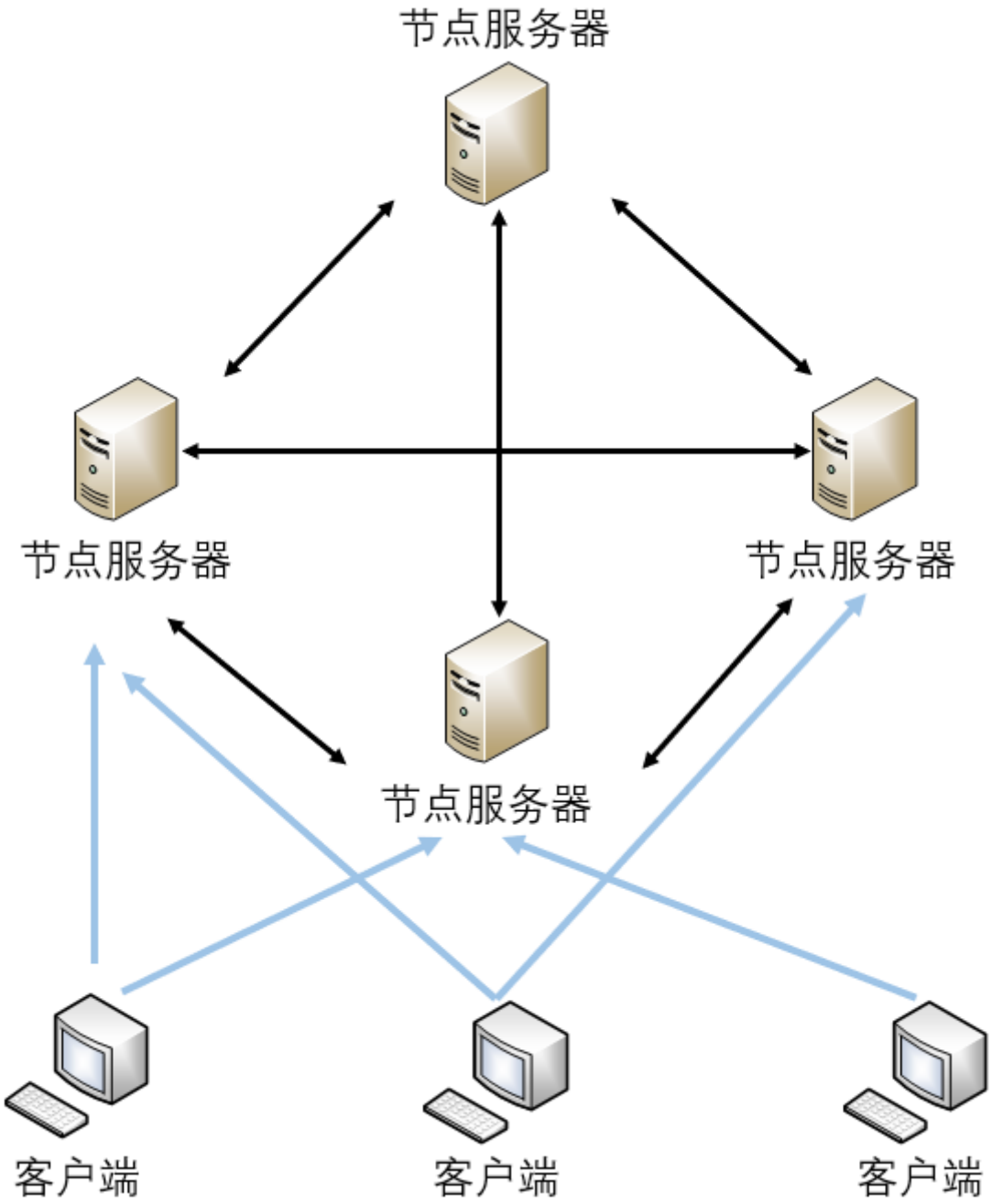
Redis 是一个开源的、包含多种数据结构的高性能 Key-value 数据库，主要有以下特征：

- 支持多种数据结构，包括字符串（String）、散列（Hash）、列表（List）、集合（Set）、有序集合（Sorted Set）等；
- 支持数据的持久化和备份。数据可以保存在磁盘中，下次直接加载使用，且可以采用主从模式（Master/Slave）进行数据备份。
- 基于内存运行，具有极高的性能。

Redis 的这些特征均是为数据存储进行服务的，数据可分片存储在不同的 Redis 节点上，多个 Redis 节点间可共享数据，而提供这项能力的就是 Redis 集群。

Redis 集群中不存在中央节点，是典型的去中心化结构，每个节点均可与其他节点通信。所有节点均可负责存储数据、记录集群的状态（包括键值到正确节点的映射），客户端可以访问或连接到任一节点上。Redis 集群的架构图，如下所示。

当然，节点之间的数据传输仍采用了 Gossip 协议，来保证集群中数据的最终一致性。



Redis 集群中的节点用于数据存储，所以**在设计时，需要考虑数据的可靠性和分片存储问题。**

对于可靠性的问题，集群中每个节点均存在主备，也就是说每台服务器上都运行两个 Redis 服务，分别为主备，主故障后，备升主。

而对于数据的分片存储问题，Redis 集群引入了**“哈希槽”**的这一概念。Redis 集群内置了 16384 个哈希槽，每个节点负责一部分哈希槽。当客户端要存储一个数据或对象时，Redis 先对 key 进行 CRC16 校验，然后进行 16384 取模，也即 HASH_SLOT = CRC16(key) mod 16384，来决定哈希槽的编号，从而确定存储在哪个节点上。

比如，当前集群有 3 个节点，那么:

节点 A 包含 0 到 5500 号哈希槽；

节点 B 包含 5501 到 11000 号哈希槽；

节点 C 包含 11001 到 16383 号哈希槽。

Redis 集群利用哈希槽实现了数据的分片存储，从而将 Redis 的写操作分摊到了多个节点上，提高了写并发能力。

到这里，我们小结一下。Redis 集群是一个非集中式集群管理系统，没有中心节点，不会因为某个节点造成性能瓶颈，每个节点均支持数据存储，且采用分片存储方式，提高了写的并发能力。同时，每个节点的设计采用主备设计，提高了数据的可靠性。

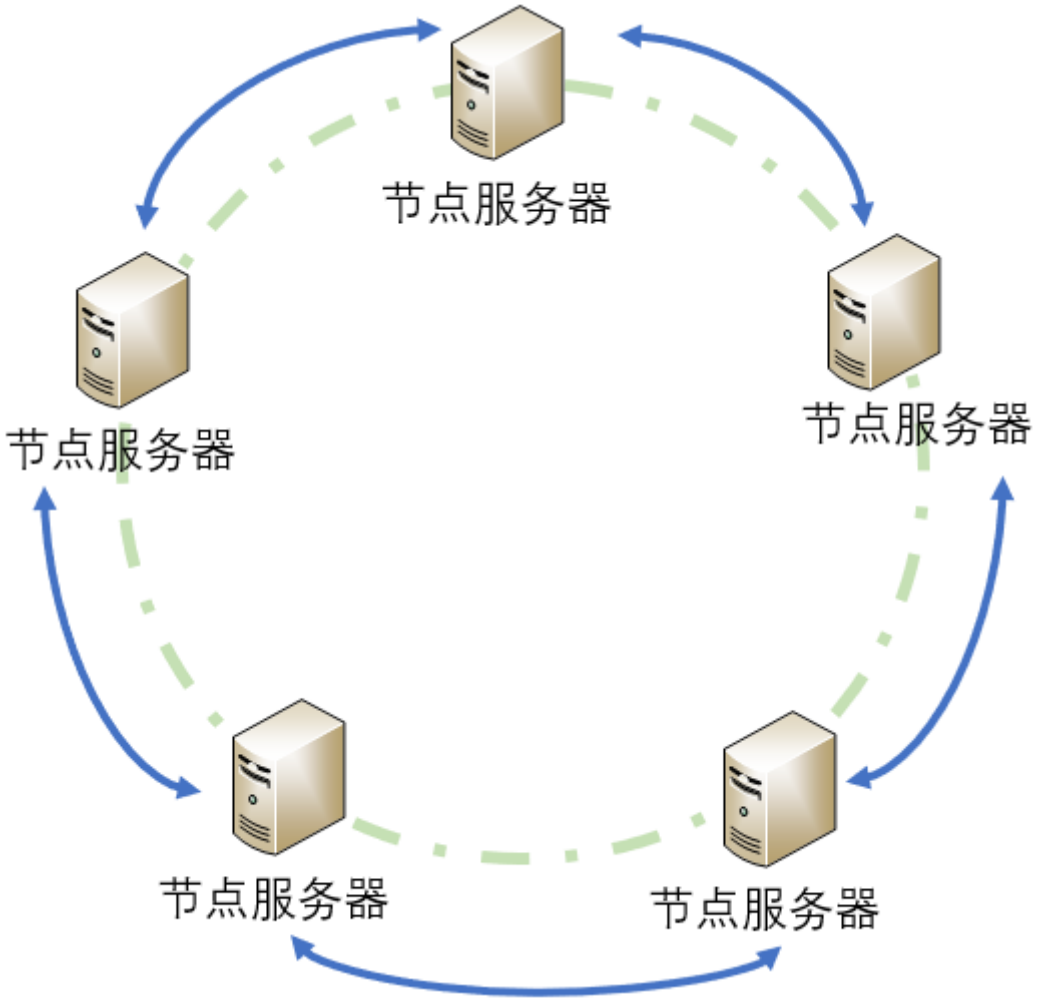
鉴于这些优点，Redis 已被 Twitter、Uber、GitHub、Instagaram 等公司采用。

除了 Redis 外，还有一个开源分布式 key-value 数据库系统 Cassandra。接下来，我就再与你分享下 Cassandra 集群的设计，以加深你对非集中式架构的理解。

Cassandra 集群

与 Redis 类似，Cassandra 也支持数据的分布式存储和操作。因此，Cassandra 的集群架构与数据分片存储方案，与 Redis 集群类似。

如下图所示，Cassandra 集群的系统架构是基于一致性哈希的完全 P2P 结构，没有 Master 的概念，所有节点都是同样的角色，彻底避免了因为单点问题导致的系统不稳定。Cassandra 集群节点间的状态同步，也是通过 Gossip 协议来进行 P2P 通信的。



集群中的每个节点，都可以存储数据，并接收来自客户端的请求。**Cassandra 集群数据存储与 Redis 的不同之处是，**Redis 集群每个节点代表一部分哈希槽，一个哈希槽代表一个哈希值区间，而 Cassandra 集群中每个节点代表一个哈希值。

在 Cassandra 集群中，每次客户端可以向集群中的任意一个节点请求数据，接收到请求的节点将 key 值进行哈希操作，找出在一致性哈希环上是哪些节点应该存储这个数据，然后将请求转发到相应节点上，并将查询结果反馈返回给客户端。

目前，Cassandra 集群因为完全去中心化的结构模式，已经被 Hulu、Apple、Comcast、Instagram、Spotify、eBay、Netflix 等公司使用。

到这里，我们小结一下吧。Cassandra 采用去中心化的架构，解决了集中式结构的单点故障问题，同时因为数据基于哈希值分区存储，提高了读写数据的并发能力。在 Cassandra 集群中，没有 Master 的概念，每个节点代表一个哈希值，通过哈希映射的方式决定数据存储的位置。集群间的状态同步通过 Gossip 协议来进行 P2P 的通信。

对比分析

好了，以上就是 Akka 集群、Redis 集群和 Cassandra 集群的主要内容了。为了便于理解与记忆，我将这 3 个集群的主要特征梳理为了一张表格，如下所示：

	Akka集群	Redis集群	Cassandra集群
支持模型	Actor模型	key-value数据库模型	key-value数据库模型
系统结构	基于成员关系的P2P结构	基于哈希槽的网状拓扑	一致性哈希的P2P结构
通信协议	Gossip协议	Gossip协议	Gossip协议
数据存储方式	由负责数据存储的节点来存储数据	分片存储，并基于Master/Slave模式实现了数据备份	基于哈希值分区存储
是否需要集群选主	需要	需要	不需要

知识扩展：如何优化 Gossip 协议中的重复消息问题？

非集中式结构的通信协议采用了 Gossip 协议。而 Gossip 是一种谣言传播协议，每个节点周期性地从节点列表中选择 k 个节点，将本节点存储的信息传播出去，直到所有节点信息一致，即算法收敛了。

这里有个问题，如果每次都是随机选择 k 个节点的话，势必会存在重复选择同样节点的可能，增加消息量。你觉得这个问题是否可以优化，又应该如何优化呢？

首先，这个问题肯定是可以优化的。解决方案是，每个节点记录当前传输的消息且还未达到收敛的时候，已经发送给了哪些节点，然后每次选择时从没有发送过的节点列表中随机选择 k 个节点，直到所有节点均被传输或集群收敛为止。这样，一方面减少了重复消息量，另一方面加快了收敛速度。

总结

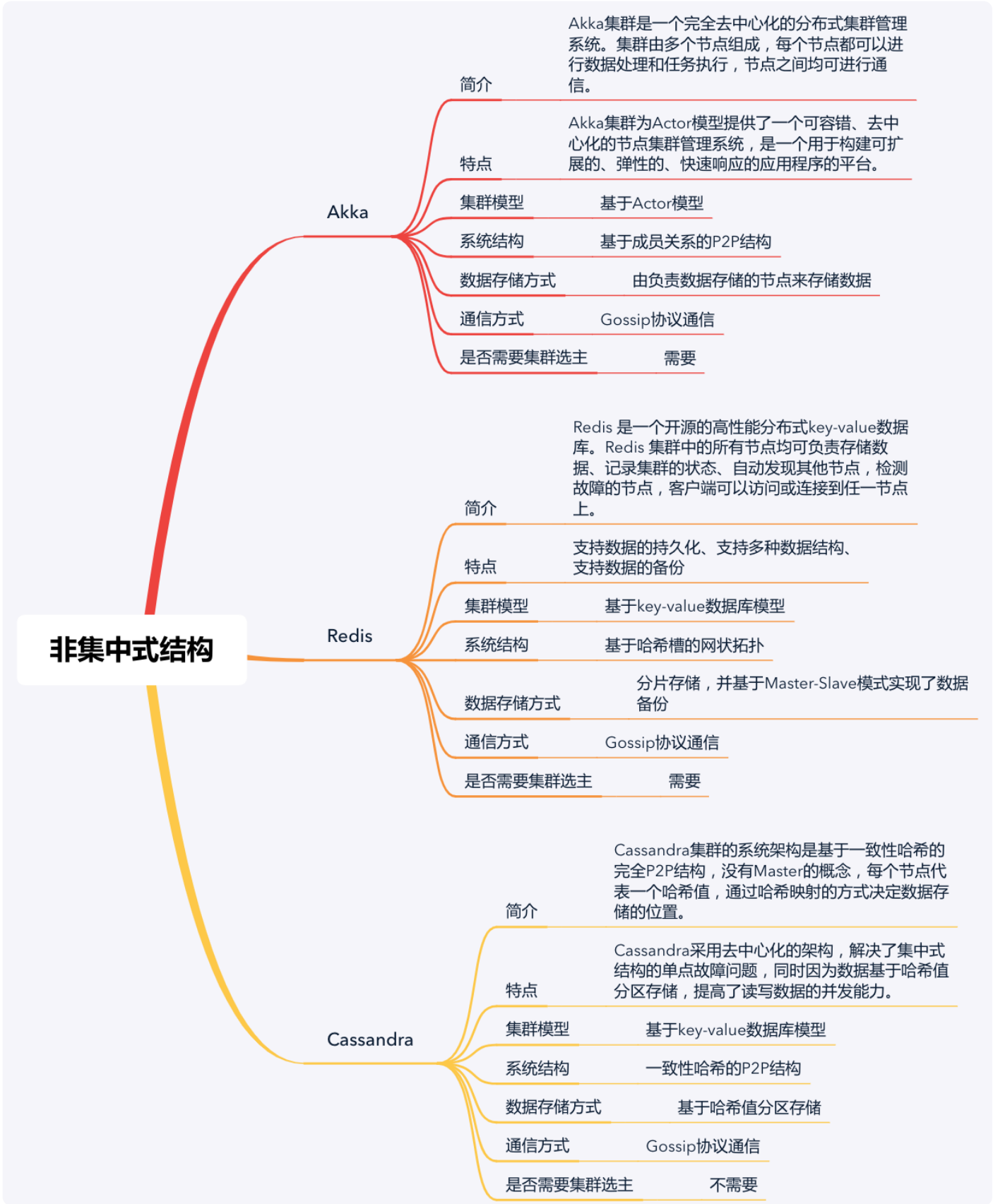
集中式结构虽然易于理解，但容易出现单点瓶颈和单点故障等问题，而非集中结构才是超大规模分布式系统的首选结构。所以今天，我以 Akka 集群、Redis 集群和 Cassandra 集群的结构为例，与你详细介绍了非集中式架构。

Akka 集群是一个完全去中心化的集群管理系统，节点之间都是 P2P 的连接模式，通过 Gossip 协议来进行通信，节点之间有角色划分，负责数据存储的节点会进行存储数据。

Redis 集群也是 P2P 的网状连接模式，但是基于 key-value 的数据库模型，每个节点都可以执行数据的计算和存储。此外，Redis 集群引入了哈希槽的概念，来解决数据的分片存储问题。

Cassandra 集群的结构是一致性哈希的 P2P，节点会构成一个环结构，通过哈希映射来选择对应的节点。

好了，到最后，我再以一个思维导图为你总结一下这三个集群核心知识点，以方便你理解与记忆。



虽然这三种集群的节点组织结构各有不同，但节点之间都是通过 Gossip 协议来传递信息的。因此，在实现过程中，集群的消息传输、节点的功能等，在不同的分布式系统中都是类似的，而难点主要在于集群结构的设计。

由于 Akka 集群、Redis 集群和 Cassandra 集群都是典型的非集中式集群组织结构，目前应用已经非常广泛了，所以有很多的实现案例可供你借鉴了。对于具体集群使用配置可参考相应的官网手册，讲得比较全和细。

相信你通过对今天的学习，很快就可以上手非集中式架构的集群管理应用和实践了。加油，挑战一下自己吧！

思考题

边缘计算中边缘设备的管理，你认为适合非集中式结构还是集中式结构呢，原因又是什么呢？

我是聂鹏程，感谢你的收听，欢迎你在评论区给我留言分享你的观点，也欢迎你把这篇文章分享给更多的朋友一起阅读。我们下期再会！

精选留言 (29)

Dale
2019-10-14

我特意查了下边缘计算的概念，边缘计算是为应用开发者和服务提供商在网络的边缘侧提供云服务和IT环境服务；目标是在靠近数据输入或用户的地方提供计算、存储和网络带宽”。边缘计算的设备众多，分散各个地方，对可靠性和速度要求高，相比而言使用非集中式更好。

12

王大伟
2019-10-16

老师好，本篇章讲到Redis通信用Gossip协议，也就是无中心化的P2P模式；前面章节讲到了Redis选主用到了Raft协议，而我们知道Raft一定会选出一个主来的。这跟无中心化的P2P不是矛盾吗

共 4 条评论 >

12

冬风向左吹
2020-04-13

consul也是非集中式结构，也使用了gossip协议传递消息。

作者回复: 👍，是的

5

小孩
2019-12-20

非集中式架构，那master/slave的master作用是什么，为啥还要选主，希望老师能看到解答一下

作者回复: 非集中式架构下，master通常称为leader节点，该leader节点与其他节点在对等的情况下，多了一些决策能力，比如故障节点是否踢出集群等

4

Jackey
2019-10-14

终于赶上老师的步伐啦哈哈哈。
这里有几个个问题想请教一下老师。
1. 文中说"当集群组建完成后，就不存在种子节点与普通节点之分了，每个节点均可执行 Actor 应用程序。"这里如何判断集群组建完成呢？没有了种子节点和普通节点的区分，后面想加入新的节点又怎么加入呢？
2. 本文讲了3个集群都使用gossip通信协议，也提到了它可能会浪费带宽，那么它的优势在哪呢？

作者回复: 1. 这里说的是两个阶段，一种是组建集群的阶段，在这种情况下，节点状态分为种子节点和非种子节点；另一种是集群运行态，这种情况下，节点状态分为leader节点和非leader节点。如果后面要加入新的节点，新节点会读取配置文件中设置的种子节点，向种子节点发送加入请求，对于新节点处于集群组建阶段。
2. gossip通信协议的优势，主要是解决了中心化架构的中心瓶颈问题，gossip协议，每个节点选择k个节点发送信息，而在中心化架构中是中心节点与其他所有节点发送信息。

3

杜子饿
2020-02-28

分布式资源管理，怎么又到了分布式存储

2

钱
2020-02-15

Gosdip协议，又称八卦协议，我们想想八卦是怎么传播的，一群爱八卦的卦友，其中一个知道了一个八卦消息，然后见着一个卦友就八卦一下，这个卦友同样也是如此见着其他卦友就八卦一次，直到所有卦友都知道这个八卦未知，人是聪明的不会重复的给一个卦友反复八卦，这就是Gossip协议的优化策略啦！
把分布式系统想象成一波人，一起搞一个事情，好多事情就比较容易理解了。

2

波波安
2019-10-19

使用非集中式更好，边缘计算是靠近用户端的，规模大，终端数量多，对性能要求高。

> 作者回复: 从边缘计算的特征来看，比如边缘计算的资源相比云侧受限，边缘计算可能存在移动性强等特征，非集中式方式可能更合适一些。

2

逍遥法外
2019-10-16

老师您好，您文中讲的：Cassandra 采用去中心化的架构，解决了集中式结构的单点故障问题。可不可以这样理解：当有节点发生故障时，该节点的数据会丢。但是并不影响整个集群接下来的整体可用性，仅仅会丢失故障节点的数据。

2

忆水寒
2019-10-14

我原来比较熟悉P2P协议特别是去中心化的DHT网络，看这篇文章能发现很多相同点，特别是co s sandra集群方案和DHT更相似。

2

奋斗的小蜗牛
2020-05-30

老师，你好！请问kafka是属于非集中式结构吗？

作者回复: 基于zookeeper协调的分布式日志系统，是集中式架构

1

88591
2020-01-21

需要理解Gossip 协议 这个谣言传播协议，才能更好的理解非集中式架构。

1

大新
2019-11-22

针对AKKA集群修改数据的操作，节点1中x=1被修改后，怎么知道其它节点的时间戳是否比1更高，万一其它节点修改的是y=2呢？麻烦老师或同学指导下，谢谢

1

泉
2019-10-14

老师好，对于分片存储，如果某节点故障（包括主备），那么数据查询和写入时应当如何处理?

共 1 条评论>

1

拒绝
2019-10-14

Gossip协议：https://www.jianshu.com/p/8279d6fd65bb

1

Dale
2019-10-14

老师，上面讲的redis集群有个疑问，数据通过hash分散存储在三台不同的服务器上，每台服务器是数据孤点，如果其中一台服务器故障了，就会导致服务异常了吧。实例这里是不是要考虑数据多副本的情况

共 4 条评论>

1

随心而至
2019-10-14

各种开源框架令人眼花缭乱，但背后所用的原理都是一致的。面对不同业务场景，大牛们各显

神通，把原理按需组合，造出一个个轮子。
通过本专栏，可以明了轮子背后的原理，从而举一反三，甚至能力到了，可以造自己的轮子。
赞赞赞

作者回复: 根据你的留言，相信你的举一反三能力一定很强，加油

共 2 条评论 >

1

edc
2022-11-05 来自北京

如果能再补充下，三个框架，各自适合什么场景，就更好了

GaGi
2021-03-17

请问下，看到Akka集群的P2P模式和Redis的P2P模式的架构图是一样，我可以理解为这两个集群都是P2P网状连接模式吗

共 1 条评论 >

gg
2020-08-25

redis也可以使用一致性hash方式构建集群吧