

CAP 定理的含义

作者： 阮一峰

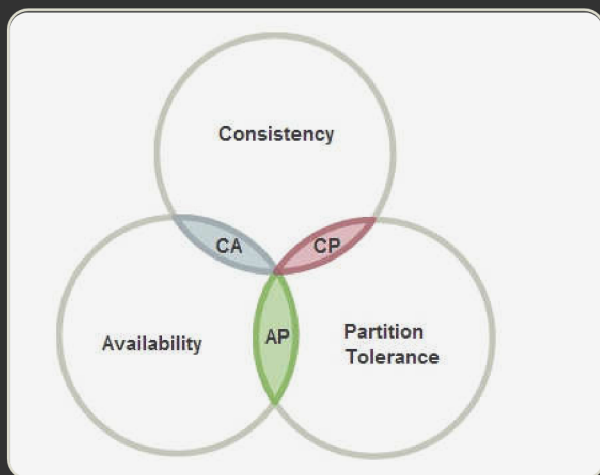
日期： 2018年7月16日

分布式系统（distributed system）正变得越来越重要，大型网站几乎都是分布式的。

分布式系统的最大难点，就是各个节点的状态如何同步。CAP 定理是这方面的基本定理，也是理解分布式系统的起点。

本文介绍该定理。它其实很好懂，而且是显而易见的。下面的内容主要参考了 Michael Whittaker 的[文章](#)。

一、分布式系统的三个指标



1998年，加州大学的计算机科学家 Eric Brewer 提出，分布式系统有三个指标。

- Consistency
- Availability
- Partition tolerance

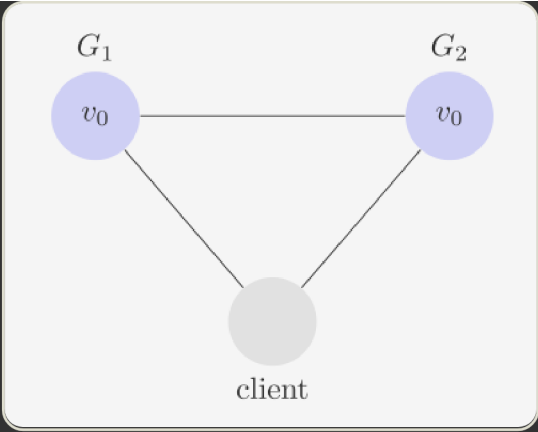
它们的第一个字母分别是 C、A、P。

Eric Brewer 说，这三个指标不可能同时做到。这个结论就叫做 CAP 定理。

二、Partition tolerance

先看 Partition tolerance，中文叫做“分区容错”。

大多数分布式系统都分布在多个子网络。每个子网络就叫做一个区（partition）。分区容错的意思是，区间通信可能失败。比如，一台服务器放在中国，另一台服务器放在美国，这就是两个区，它们之间可能无法通信。

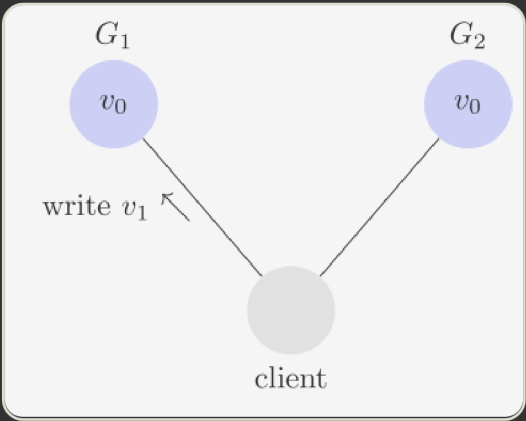


上图中， G_1 和 G_2 是两台跨区的服务器。 G_1 向 G_2 发送一条消息， G_2 可能无法收到。系统设计的时候，必须考虑到这种情况。

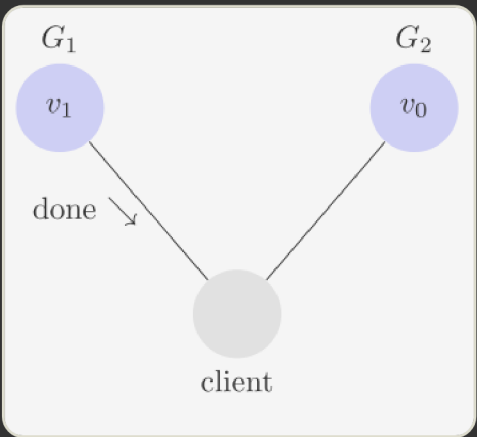
一般来说，分区容错无法避免，因此可以认为 CAP 的 P 总是成立。CAP 定理告诉我们，剩下的 C 和 A 无法同时做到。

三、Consistency

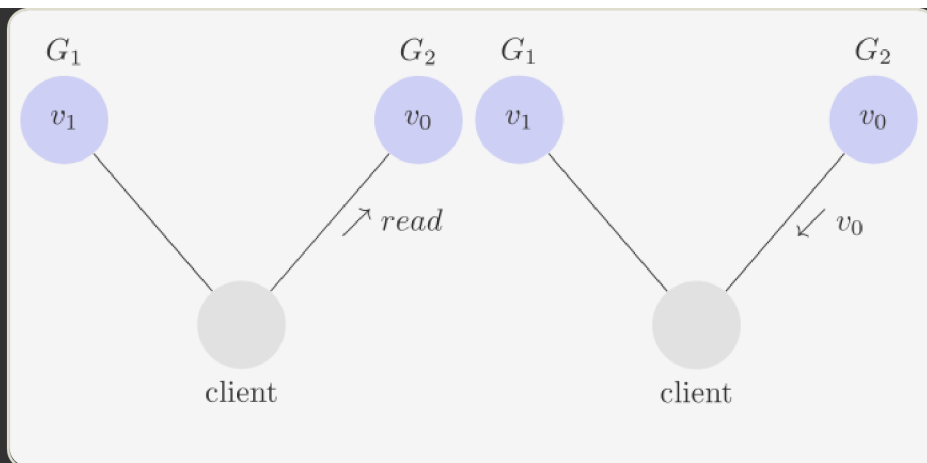
Consistency 中文叫做"一致性"。意思是，写操作之后的读操作，必须返回该值。举例来说，某条记录是 v_0 ，用户向 G_1 发起一个写操作，将其改为 v_1 。



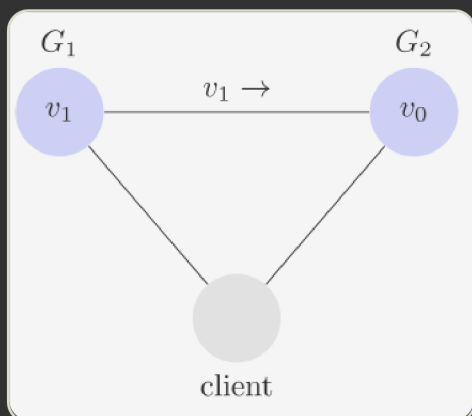
接下来，用户的读操作就会得到 v_1 。这就叫一致性。



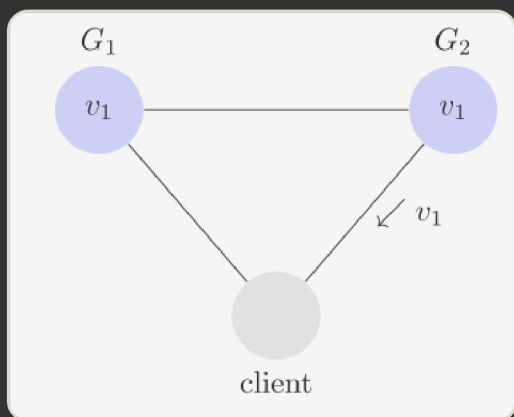
问题是，用户有可能向 G_2 发起读操作，由于 G_2 的值没有发生变化，因此返回的是 v_0 。 G_1 和 G_2 读操作的结果不一致，这就不满足一致性了。



为了让 G_2 也能变为 v_1 ，就要在 G_1 写操作的时候，让 G_1 向 G_2 发送一条消息，要求 G_2 也改成 v_1 。



这样的话，用户向 G_2 发起读操作，也能得到 v_1 。



四、Availability

Availability 中文叫做“可用性”，意思是只要收到用户的请求，服务器就必须给出回应。

用户可以选择向 G_1 或 G_2 发起读操作。不管是哪台服务器，只要收到请求，就必须告诉用户，到底是 v_0 还是 v_1 ，否则就不满足可用性。

五、Consistency 和 Availability 的矛盾

一致性和可用性，为什么不可能同时成立？答案很简单，因为可能通信失败（即出现分区容错）。

如果保证 G_2 的一致性，那么 G_1 必须在写操作时，锁定 G_2 的读操作和写操作。只有数据同步后，才能重新开放读写。锁定期间， G_2 不能读写，没有可用性不。

如果保证 G_2 的可用性，那么势必不能锁定 G_2 ，所以一致性不成立。

综上所述，G2 无法同时做到一致性和可用性。系统设计时只能选择一个目标。如果追求一致性，那么无法保证所有节点的可用性；如果追求所有节点的可用性，那就没法做到一致性。

[更新 2018.7.17]

读者问，在什么场合，可用性高于一致性？

举例来说，发布一张网页到 CDN，多个服务器有这张网页的副本。后来发现一个错误，需要更新网页，这时只能每个服务器都更新一遍。

一般来说，网页的更新不是特别强调一致性。短时期内，一些用户拿到老版本，另一些用户拿到新版本，问题不会特别大。当然，所有人最终都会看到新版本。所以，这个场合就是可用性高于一致性。

（完）

文档信息

- 版权声明：自由转载-非商用-非衍生-保持署名（[创意共享3.0许可证](#)）
- 发表日期： 2018年7月16日

相关文章

▪ 2019.11.03: [关于计算机科学的50个误解](#)

计算机科学（Computer Science，简称 CS）是大学的热门专业。但是，社会上对这个专业有很多误解，甚至本专业的学生也有误解。

▪ 2019.10.29: [你所不知道的 AI 进展](#)

人工智能现在是常见词汇，大多数人可能觉得，它是学术话题，跟普通人关系不大。

▪ 2019.08.01: [信息论入门教程](#)

1948年，美国数学家克劳德·香农发表论文《通信的数学理论》（A Mathematical Theory of Communication），奠定了信息论的基础。

▪ 2018.10.16: [exFAT 文件系统指南](#)

国庆假期，我拍了一些手机视频，打算存到新买的移动硬盘。

关注我

[微博](#)

[推特](#)

[GitHub](#)

[Instagram](#)

[邮件订阅](#)

支持我

[投放广告](#)

联系我

支付宝: yifeng.ruan@gmail.com

Email: yifeng.ruan@gmail.com