

白话解析：一致性哈希算法 consistent hashing

在了解一致性哈希算法之前，最好先了解一下缓存中的一个应用场景，了解了这个应用场景之后，再来理解一致性哈希算法，就容易多了，也更能体现出一致性哈希那么，我们先来描述一下这个经典的分布式缓存的应用场景。

场景描述

假设，我们有三台缓存服务器，用于缓存图片，我们为这三台缓存服务器编号为0号、1号、2号，现在，有3万张图片需要缓存，我们希望这些图片被均匀的缓存到3台服务器上，以便它们能够分摊缓存的压力。也就是说，我们希望每台服务器能够缓存1万张左右的图片，那么，我们应该怎样做呢？如果我们没有任何规律的将3万张图片分到3台服务器上，可以满足我们的要求吗？可以！但是如果这样做，当我们需要访问某个缓存项时，则需要遍历3台缓存服务器，从3万个缓存项中找到我们需要访问的项，效率太低，时间太长，当我们找到需要访问的缓存项时，时长可能是不能被接受的，也就失去了缓存的意义，缓存的目的就是提高速度，改善用户体验，减轻后端压力。如果每次访问一个缓存项都需要遍历所有缓存服务器的所有缓存项，想想就觉得很累，那么，我们该怎么办呢？原始的做法是对缓存项的键进行哈希，将hash后的结果与服务器的数量进行取模操作，通过取模后的结果，决定缓存项将会缓存在哪一台服务器上，这样说可能不太容易理解，我们举例说明，仍然以刚才描述的场景为例，假设名称作为访问图片的key，假设图片名称是不重复的，那么，我们可以使用如下公式，计算出图片应该存放在哪台服务器上。

hash (图片名称) % N

因为图片的名称是不重复的，所以，当我们对同一个图片名称做相同的哈希计算时，得出的结果应该是不变的，如果我们有3台服务器，使用哈希后的结果对3求余，是0、1或者2，没错，正好与我们之前的服务器编号相同，如果求余的结果为0，我们就把当前图片名称对应的图片缓存在0号服务器上，如果余数为1，就把当前图片缓存在1号服务器上，如果余数为2，同理，那么，当我们访问任意一个图片的时候，只要再次对图片名称进行上述运算，即可得出对应的图片应该存放在哪一台服务器上，我们只要在这一台服务器上查找图片即可，如果图片在对应的服务器上不存在，则证明对应的图片没有被缓存，也不用再去遍历其他缓存服务器了，通过这样的方法，3万张图片随机的分布到3台缓存服务器上了，而且下次访问某张图片时，直接能够判断出该图片应该存在于哪台缓存服务器上，这样就能满足我们的需求了，我们暂时称这个算法为HASH算法或者取模算法，取模算法的过程可以用下图表示。



zsythink.net 朱双印博客

但是，使用上述HASH算法进行缓存时，会出现一些缺陷，试想一下，如果3台缓存服务器已经不能满足我们的缓存需求，那么我们应该怎么做呢？没错，很简单，增加缓存服务器不就行了，假设，我们增加了一台缓存服务器，那么缓存服务器的数量就由3台变成了4台，此时，如果仍然使用上述方法对同一张图片进行缓存，那么这台服务器的编号必定与原来3台服务器时所在的服务器编号不同，因为除数由3变为了4，被除数不变的情况下，余数肯定不同，这种情况带来的结果就是当服务器数量变动的位置都要发生改变，换句话说，当服务器数量发生改变时，所有缓存在一定时间内是失效的，当应用无法从缓存中获取数据时，则会向后端服务器请求数据，同理，缓存中突然有一台缓存服务器出现了故障，无法进行缓存，那么我们则需要将故障机器移除，但是如果移除了一台缓存服务器，那么缓存服务器数量从3台变为2台，这张图片，这张图片的缓存位置必定会发生改变，以前缓存的图片也会失去缓存的作用与意义，由于大量缓存在同一时间失效，造成了缓存的雪崩，此时前端缓存已经无法承受部分压力的作用，后端服务器将会承受巨大的压力，整个系统很有可能被压垮，所以，我们应该想办法不让这种情况发生，但是由于上述HASH算法本身的缘故，使缓存时，这种情况是无法避免的，为了解决这些问题，一致性哈希算法诞生了。

我们来回顾一下使用上述算法会出现的问题。

问题1：当缓存服务器数量发生变化时，会引起缓存的雪崩，可能会引起整体系统压力过大而崩溃（大量缓存同一时间失效）。

问题2：当缓存服务器数量发生变化时，几乎所有缓存的位置都会发生改变，怎样才能尽量减少受影响的缓存呢？

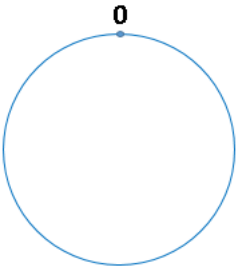
其实，上面两个问题是一个问题，那么，一致性哈希算法能够解决上述问题吗？

我们现在就来了解一下一致性哈希算法。

一致性哈希算法的基本概念

其实，一致性哈希算法也是使用取模的方法，只是，刚才描述的取模法是对服务器的数量进行取模，而一致性哈希算法是对 2^{32} 取模，什么意思呢？我们慢慢聊。

首先，我们把二的三十二次方想象成一个圆，就像钟表一样，钟表的圆可以理解成由60个点组成的圆，而此处我们把这个圆想象成由 2^{32} 个点组成的圆，示意图如

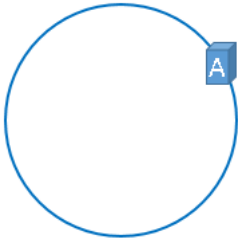


圆环的正上方的点代表0，0点右侧的第一个点代表1，以此类推，2、3、4、5、6.....直到 $2^{32}-1$,也就是说0点左侧的第一个点代表 $2^{32}-1$ 。我们把这个由 2^{32} 个点组成的圆环称为hash环。

那么，一致性哈希算法与上图中的圆环有什么关系呢？我们继续聊，仍然以之前描述的场景为例，假设我们有3台缓存服务器，服务器A、服务器B、服务器C，那么中，这三台服务器肯定有自己的IP地址，我们使用它们各自的IP地址进行哈希计算，使用哈希后的结果对 2^{32} 取模，可以使用如下公式示意。

$\text{hash}(\text{服务器A的IP地址}) \% 2^{32}$

通过上述公式算出的结果一定是一个0到 $2^{32}-1$ 之间的一个整数，我们就用算出的这个整数，代表服务器A，既然这个整数肯定处于0到 $2^{32}-1$ 之间，那么，上图中定有一个点与这个整数对应，而我们刚才已经说明，使用这个整数代表服务器A，那么，服务器A就可以映射到这个环上，用下图示意

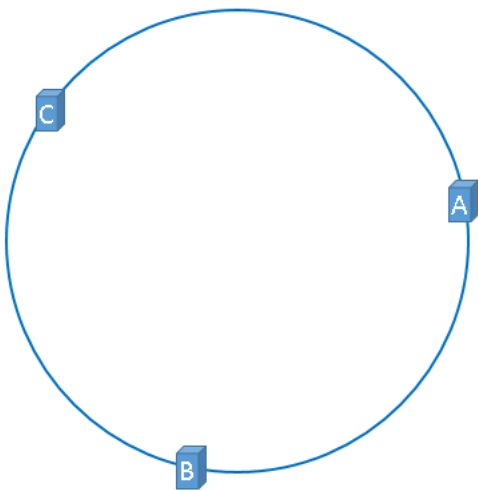


同理，服务器B与服务器C也可以通过相同的方法映射到上图中的hash环中

$\text{hash}(\text{服务器B的IP地址}) \% 2^{32}$

$\text{hash}(\text{服务器C的IP地址}) \% 2^{32}$

通过上述方法，可以将服务器B与服务器C映射到上图中的hash环上，示意图如下



zsytthink.net 朱双印博客

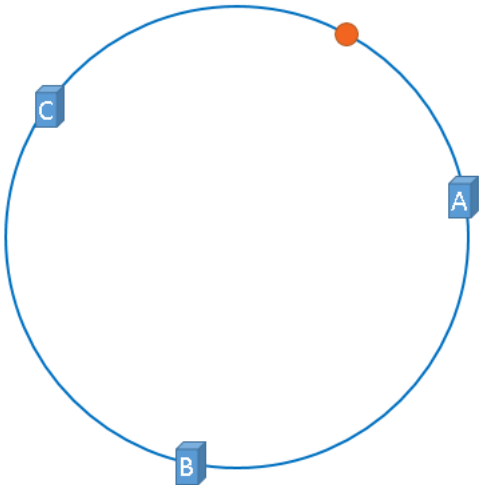
假设3台服务器映射到hash环上以后如上图所示（当然，这是理想的情况，我们慢慢聊）。

好了，到目前为止，我们已经把缓存服务器与hash环联系在了一起，我们通过上述方法，把缓存服务器映射到了hash环上，那么使用同样的方法，我们也可以将需!映射到hash环上。

假设，我们需要使用缓存服务器缓存图片，而且我们仍然使用图片的名称作为找到图片的key，那么我们使用如下公式可以将图片映射到上图中的hash环上。

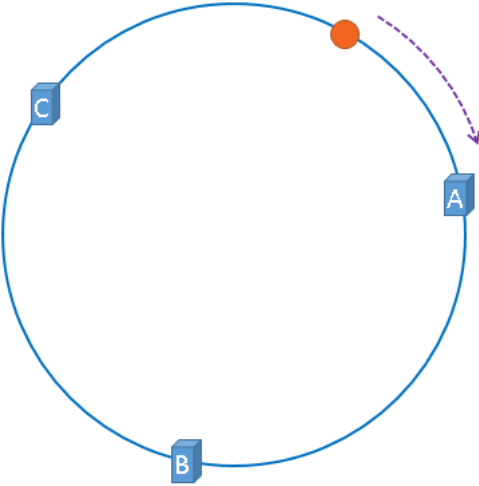
$\text{hash}(\text{图片名称}) \% 2^{32}$

映射后的示意图如下，下图中的橘黄色圆形表示图片



zsythink.net 朱双印博客

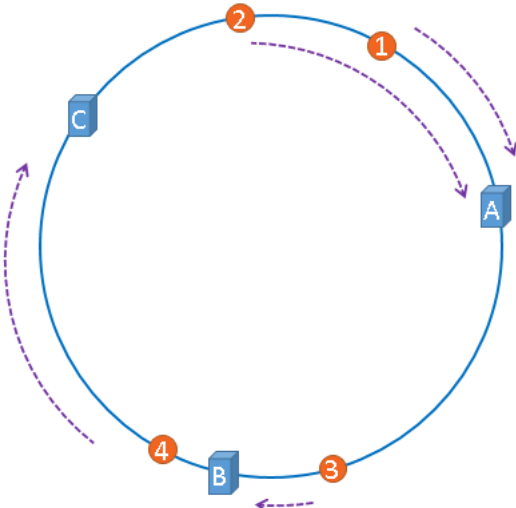
好了，现在服务器与图片都被映射到了hash环上，那么上图中的这个图片到底应该被缓存到哪一台服务器上呢？上图中的图片将会被缓存到服务器A上，为什么呢？位置开始，沿顺时针方向遇到的第一个服务器就是A服务器，所以，上图中的图片将会被缓存到服务器A上，如下图所示。



zsythink.net 朱双印博客

没错，一致性哈希算法就是通过这种方法，判断一个对象应该被缓存到哪台服务器上的，将缓存服务器与被缓存对象都映射到hash环上以后，从被缓存对象的位置上方向遇到的第一个服务器，就是当前对象将要缓存于的服务器，由于被缓存对象与服务器hash后的值是固定的，所以，在服务器不变的情况下，一张图片必定会被缓存到服务器上，那么，当下次想要访问这张图片时，只要再次使用相同的算法进行计算，即可算出这个图片被缓存存在哪个服务器上，直接去对应的服务器查找对应的图片即可。

刚才的示例只使用了一张图片进行演示，假设有四张图片需要缓存，示意图如下



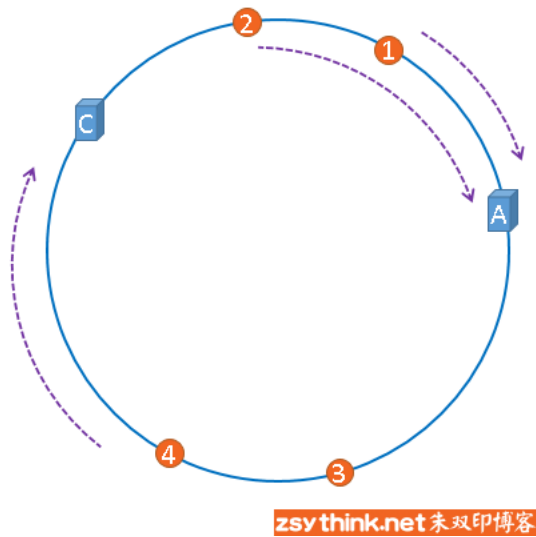
zsythink.net 朱双印博客

1号、2号图片将会被缓存到服务器A上，3号图片将会被缓存到服务器B上，4号图片将会被缓存到服务器C上。

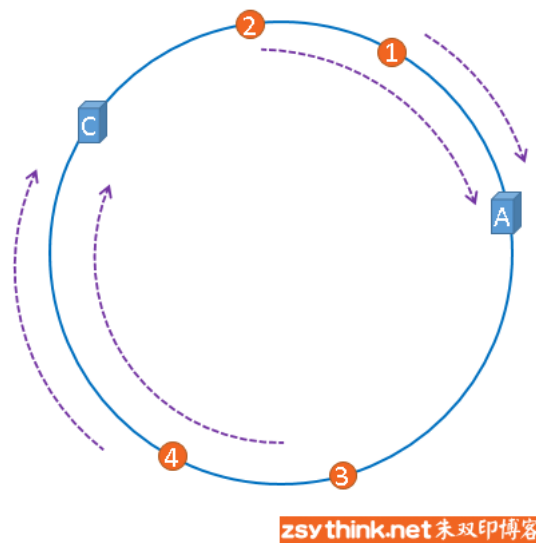
一致性哈希算法的优点

经过上述描述，我想兄弟你应该已经明白了一致性哈希算法的原理了，但是话说回来，一致性哈希算法能够解决之前出现的问题吗，我们说过，如果简单的对服务器模，那么当服务器数量发生变化时，会产生缓存的雪崩，从而很有可能导致系统崩溃，那么使用一致性哈希算法，能够避免这个问题吗？我们来模拟一遍，即可得到

假设，服务器B出现了故障，我们现在需要将服务器B移除，那么，我们将上图中的服务器B从hash环上移除即可，移除服务器B以后示意图如下。



在服务器B未移除时，图片3应该被缓存到服务器B中，可是当服务器B移除以后，按照之前描述的一致性哈希算法的规则，图片3应该被缓存到服务器C中，因为从图发，沿顺时针方向遇到的第一个缓存服务器节点就是服务器C，也就是说，如果服务器B出现故障被移除时，图片3的缓存位置会发生改变



但是，图片4仍然会被缓存到服务器C中，图片1与图片2仍然会被缓存到服务器A中，这与服务器B移除之前并没有任何区别，这就是一致性哈希算法的优点，如果使算法，服务器数量发生改变时，所有服务器的所有缓存在同一时间失效了，而使用一致性哈希算法时，服务器的数量如果发生改变，并不是所有缓存都会失效，而是会失效，前端的缓存仍然能分担整个系统的压力，而不至于所有压力都在同一时间集中到后端服务器上。

这就是一致性哈希算法所体现出的优点。

hash环的偏斜

在介绍一致性哈希的概念时，我们理想化的将3台服务器均匀的映射到了hash环上，如下图所示

但是，理想很丰满，现实很骨感，我们想象的与实际情况往往不一样。

在实际的映射中，服务器可能会被映射成如下模样。

聪明如你一定想到了，如果服务器被映射成上图中的模样，那么被缓存的对象很有可能大部分集中缓存在某一台服务器上，如下图所示。

上图中，1号、2号、3号、4号、6号图片均被缓存在了服务器A上，只有5号图片被缓存在了服务器B上，服务器C上甚至没有缓存任何图片，如果出现上图中的情况，三台服务器并没有被合理的平均的充分利用，缓存分布的极度不均匀，而且，如果此时服务器A出现故障，那么失效缓存的数量也将达到最大值，在极端情况下，仍然会导致整个系统的崩溃，上图中的情况则被称之为hash环的偏斜，那么，我们应该怎样防止hash环的偏斜呢？一致性hash算法中使用"虚拟节点"解决了这个问题，我们继续聊。

虚拟节点

话接上文，由于我们只有3台服务器，当我们把服务器映射到hash环上的时候，很有可能出现hash环偏斜的情况，当hash环偏斜以后，缓存往往会极度不均衡的分布在hash环上，聪明如你一定已经想到了，如果想要均衡的将缓存分布到3台服务器上，最好能让这3台服务器尽量多的、均匀的出现在hash环上，但是，真实的服务器资源只有一台，我们不可能凭空让它们多起来呢，没错，就是凭空的让服务器节点多起来，既然没有多余的真正的物理服务器节点，我们就只能将现有的物理节点通过虚拟的方法复制出来，节点虚拟复制而来的节点被称为"虚拟节点"。加入虚拟节点以后的hash环如下。

"虚拟节点"是"实际节点"（实际的物理服务器）在hash环上的复制品，一个实际节点可以对应多个虚拟节点。

从上图可以看出，A、B、C三台服务器分别虚拟出了一个虚拟节点，当然，如果你需要，也可以虚拟出更多的虚拟节点。引入虚拟节点的概念后，缓存的分布就均衡了，1号、3号图片被缓存在服务器A中，5号、4号图片被缓存在服务器B中，6号、2号图片被缓存在服务器C中，如果你还不放心，可以虚拟出更多的虚拟节点，以减小偏斜所带来的影响，虚拟节点越多，hash环上的节点就越多，缓存被均匀分布的概率就越大。

好了，一致性哈希算法的原理就总结到这里，如有错误，欢迎赐教，如需转载，请联系作者。

原文链接：[白话解析：一致性哈希算法 consistent hashing](#)

