

拓展 5：优胜劣汰 —— LRU

当 Redis 内存超出物理内存限制时，内存的数据会开始和磁盘产生频繁的交流 (swap)。交换会让 Redis 的性能急剧下降，对于访问量比较频繁的 Redis 来说，这样龟速的存取效率基本上等于不可用。

在生产环境中我们是不允许 Redis 出现交换行为的，为了限制最大使用内存，Redis 提供了配置参数 `maxmemory` 来限制内存超出期望大小。

当实际内存超出 `maxmemory` 时，Redis 提供了几种可选策略 (`maxmemory-policy`) 来让用户自己决定该如何腾出新的空间以继续提供读写服务。

noeviction

不会继续服务写请求 (DEL 请求可以继续服务)，读请求可以继续进行。这样可以保证不会丢失数据，但是会让线上的业务不能持续进行。这是默认的淘汰策略。

volatile-lru

尝试淘汰设置了过期时间的 key，最少使用的 key 优先被淘汰。没有设置过期时间的 key 不会被淘汰，这样可以保证需要持久化的数据不会突然丢失。

volatile-ttl

跟上面一样，除了淘汰的策略不是 LRU，而是 key 的剩余寿命 `ttl` 的值，`ttl` 越小越优先被淘汰。

volatile-random

跟上面一样，不过淘汰的 key 是过期 key 集合中随机的 key。

allkeys-lru

区别于 volatile-lru，这个策略要淘汰的 key 对象是全体的 key 集合，而不只是过期的 key 集合。这意味着没有设置过期时间的 key 也会被淘汰。

allkeys-random

跟上面一样，不过淘汰的策略是随机的 key。

volatile-xxx 策略只会针对带过期时间的 key 进行淘汰，allkeys-xxx 策略会对所有的 key 进行淘汰。如果你只是拿 Redis 做缓存，那应该使用 allkeys-xxx，客户端写缓存时不必携带过期时间。如果你还想同时使用 Redis 的持久化功能，那就使用 volatile-xxx 策略，这样可以保留没有设置过期时间的 key，它们是永久的 key 不会被 LRU 算法淘汰。

LRU 算法

实现 LRU 算法除了需要 key/value 字典外，还需要附加一个链表，链表中的元素按照一定的顺序进行排列。当空间满的时候，会踢掉链表尾部的元素。当字典的某个元素被访问时，它在链表中的位置会被移动到表头。所以链表的元素排列顺序就是元素最近被访问的时间顺序。

位于链表尾部的元素就是不被重用的元素，所以会被踢掉。位于表头的元素就是最近刚刚被人用过的元素，所以暂时不会被踢。

下面我们使用 Python 的 OrderedDict(双向链表 + 字典) 来实现一个简单的 LRU 算法。

```
from collections import OrderedDict

class LRUDict(OrderedDict):

    def __init__(self, capacity):
```

```
self.capacity = capacity
self.items = OrderedDict()

def __setitem__(self, key, value):
    old_value = self.items.get(key)
    if old_value is not None:
        self.items.pop(key)
        self.items[key] = value
    elif len(self.items) < self.capacity:
        self.items[key] = value
    else:
        self.items.popitem(last=True)
        self.items[key] = value

def __getitem__(self, key):
    value = self.items.get(key)
    if value is not None:
        self.items.pop(key)
        self.items[key] = value
    return value

def __repr__(self):
    return repr(self.items)

d = LRUDict(10)

for i in range(15):
    d[i] = i
print d
```

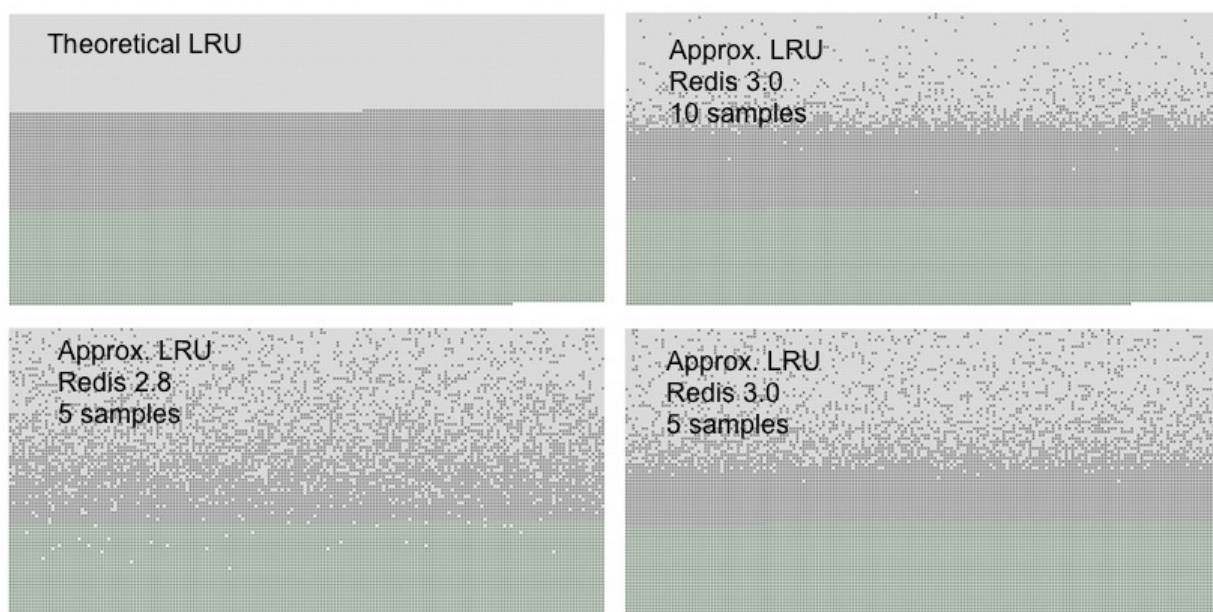
近似 LRU 算法

Redis 使用的是一种近似 LRU 算法，它跟 LRU 算法还不太一样。之所以不使用 LRU 算法，是因为需要消耗大量的额外的内存，需要对现有的数据结构进行较大的改造。近似 LRU 算法则很简单，在现有数据结构的基础上使用随机采样法来淘汰元素，能达到和 LRU 算法非常近似的效果。Redis 为实现近似 LRU 算法，它给每个 key 增加了一个额外的小字段，这个字段的长度是 24 个 bit，也就是最后一次被访问的时间戳。

上一节提到处理 key 过期方式分为集中处理和懒惰处理，LRU 淘汰不一样，它的处理方式只有懒惰处理。当 Redis 执行写操作时，发现内存超出 maxmemory，就会执行一次 LRU 淘汰算法。这个算法也很简单，就是随机采样出 5(可以配置) 个 key，然后淘汰掉最旧的 key，如果淘汰后内存还是超出 maxmemory，那就继续随机采样淘汰，直到内存低于 maxmemory 为止。

如何采样就是看 maxmemory-policy 的配置，如果是 allkeys 就是从所有的 key 字典中随机，如果是 volatile 就从带过期时间的 key 字典中随机。每次采样多少个 key 看的是 maxmemory_samples 的配置，默认为 5。

下面是随机 LRU 算法和严格 LRU 算法的效果对比图：



图中绿色部分是新加入的 key，深灰色部分是老旧的 key，浅灰色部分是通过 LRU 算法淘汰掉的 key。从图中可以看出采样数量越大，近似 LRU 算法的效果越接近严格 LRU 算法。同时 Redis3.0 在算法中增加了淘汰池，进一步提升了近似 LRU 算法的效果。

淘汰池是一个数组，它的大小是 `maxmemory_samples`，在每一次淘汰循环中，新随机出来的 key 列表会和淘汰池中的 key 列表进行融合，淘汰掉最旧的一个 key 之后，保留剩余较旧的 key 列表放入淘汰池中留待下一个循环。

扩展阅读

- [《Redis 作为 LRU Cache 的实现》](https://yq.aliyun.com/articles/63034)
(<https://yq.aliyun.com/articles/63034>)
- [《Redis LRU 实现策略》](https://blog.csdn.net/mysqldba23/article/details/6848)
(<https://blog.csdn.net/mysqldba23/article/details/6848>)

思考 & 作业

1. 如果你是 Java 用户，试一试用 `LinkedHashMap` 实现一个 LRU 字典。
2. 如果你是 Golang 用户，阅读一下 [golang-lru](https://github.com/hashicorp/golang-lru)
(<https://github.com/hashicorp/golang-lru>) 的源码。