漫画：什么是CAS机制？（进阶篇）

原创 2018-01-08 永远爱大家的 程序员小灰

上一期为大家讲解的CAS机制的基本概念，没看过的小伙伴们可以点击下面的链接：

漫画：什么是 CAS 机制？

这一期我们来深入介绍之前遗留的两个问题：

1. **Java当中CAS的底层实现**
2. **CAS的ABA问题和解决方法**

第一个问题，CAS 的底层究竟是怎么来实现的？比如 AtomicInteger，是怎么做到原子性的比较和更新一个值？

要回答这个问题，我们得先来看看 AtomicInteger 的源代码。

首先看一看AtomicInteger当中常用的自增方法 **incrementAndGet**：

```
public final int incrementAndGet() {
    for (;;) {
        int current = get();
        int next = current + 1;
        if (compareAndSet(current, next))
            return next;
    }
}
private volatile int value;
public final int get() {
    return value;
}
```

这段代码是一个无限循环，也就是CAS的**自旋**。循环体当中做了三件事：

1. 获取当前值。
2. 当前值+1，计算出目标值。
3. 进行CAS操作，如果成功则跳出循环，如果失败则重复上述步骤。

这里需要注意的重点是 get 方法，这个方法的作用是获取变量的当前值。

如何保证获得的当前值是内存中的最新值呢？很简单，用**volatile**关键字来保证。有关volatile关键字的知识，我们之前有介绍过，这里就不详细阐述了。

外面的自旋操作我看懂了，可是compareAndSet 方法是如何保证原子性操作的呢？

这就需要我们深入看一看compareAndSet 方法内部的实现。

接下来看一看compareAndSet方法的实现，以及方法所依赖对象的来历：

```
public final boolean compareAndSet(int expect, int update) {
    return unsafe.compareAndSwapInt(this, valueOffset, expect, update);
}

private static final Unsafe unsafe = Unsafe.getUnsafe();
private static final long valueOffset;

static {
  try {
    valueOffset = unsafe.objectFieldOffset
        (AtomicInteger.class.getDeclaredField("value"));
  } catch (Exception ex) { throw new Error(ex); }
}
```

compareAndSet方法的实现很简单，只有一行代码。这里涉及到两个重要的对象，一个是**unsafe**，一个是**valueOffset**。

什么是unsafe呢？Java语言不像C，C++那样可以直接访问底层操作系统，但是JVM为我们提供了一个后门，这个后门就是unsafe。unsafe为我们提供了**硬件级别的原子操作**。

至于valueOffset对象，是通过unsafe.objectFieldOffset方法得到，所代表的是**AtomicInteger对象value成员变量在内存中的偏移量**。我们可以简单地把valueOffset理解为value变量的内存地址。

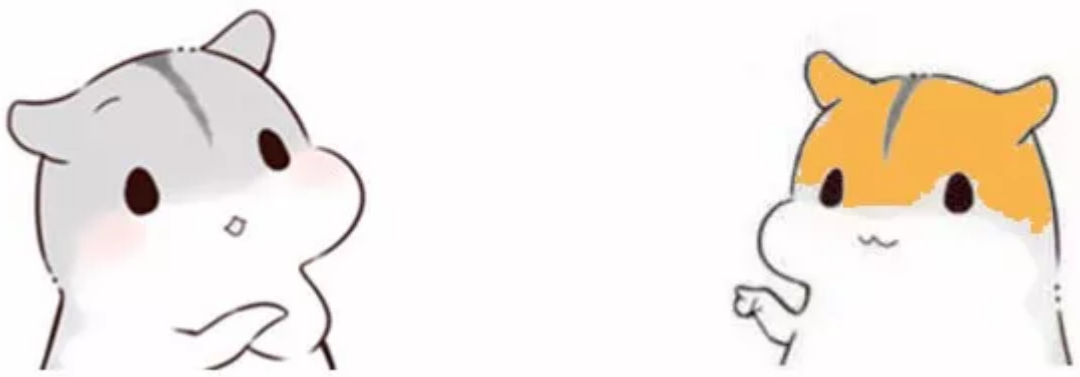
我们在上一期说过，CAS机制当中使用了3个基本操作数：**内存地址V，旧的预期值A，要修改的新值B。**

而unsafe的compareAndSwapInt方法参数包括了这三个基本元素：valueOffset参数代表了V，expect参数代表了A，update参数代表了B。

正是unsafe的compareAndSwapInt方法保证了Compare和Swap操作之间的原子性操作。

OK，这个问题我大致懂了。还有另一个问题，CAS 当中的 ABA 是怎么回事呢？

所谓 ABA 问题，就是一个变量的值从 A 改成了 B，又从 B 改成了 A。



什么是ABA呢？假设内存中有一个值为A的变量，存储在地址V当中。

此时有三个线程想使用CAS的方式更新这个变量值，每个线程的执行时间有略微的偏差。线程1和线程2已经获得当前值，线程3还未获得当前值。

线程1：　获取当前值A，期望更新为B
线程2：　获取当前值A，期望更新为B
线程3：　期望更新为A

接下来，线程1先一步执行成功，把当前值成功从A更新为B；同时线程2因为某种原因被阻塞住，没有做更新操作；线程3在线程1更新之后，获得了当前值B。

内存地址V

线程1： 获取当前值A，**成功更新为B**
线程2： 获取当前值A，期望更新为B，**BLOCK**
线程3： **获取当前值B**，期望更新为A

再之后，线程2仍然处于阻塞状态，线程3继续执行，成功把当前值从B更新成了A。

内存地址V

线程1： 获取当前值A，成功更新为B，已返回
线程2： 获取当前值A，期望更新为B，BLOCK
线程3： 获取当前值B，**成功更新为A**

最后，线程2终于恢复了运行状态，由于阻塞之前已经获得了“当前值”A，并且经过compare检测，内存地址V中的实际值也是A，所以成功把变量值A更新成了B。

内存地址V

线程1： 获取当前值A，成功更新为B，已返回
线程2： 获取“当前值” A，**成功更新为B**
线程3： 获取当前值B，成功更新为A，已返回

这个过程中，线程2获取到的变量值A是一个旧值，尽管和当前的实际值相同，但内存地址V中的变量已经经历了A->B->A的改变。

可是这个例子看起来没毛病啊，
本来不就是要把 A 更新成 B 吗？

表面看起来没什么问题，但如果我们结合实际应用场景，就可以看出它的问题所在。

当我们举一个提款机的例子。假设有一个遵循CAS原理的提款机，小灰有100元存款，要用这个提款机来提款50元。

存款余额：100元

由于提款机硬件出了点小问题，小灰的提款操作被同时提交两次，开启了两个线程，两个线程都是获取当前值100元，要更新成50元。

理想情况下，应该一个线程更新成功，另一个线程更新失败，小灰的存款只被扣一次。

存款余额：100元

线程1(提款机)：　获取当前值100，期望更新为50
线程2(提款机)：　获取当前值100，期望更新为50

线程1首先执行成功，把余额从100改成50。线程2因为某种原因阻塞了。**这时候，小灰的妈妈刚好给小灰汇款50元。**

存款余额：50元

线程1(提款机)：　获取当前值100，**成功更新为50**
线程2(提款机)：　获取当前值100，期望更新为50，**BLOCK**
线程3(小灰妈)：　**获取当前值50，期望更新为100**

线程2仍然是阻塞状态，线程3执行成功，把余额从50改成100。

存款余额：100元

线程1(提款机)：　获取当前值100，成功更新为50，已返回
线程2(提款机)：　获取当前值100，期望更新为50，BLOCK
线程3(小灰妈)：　获取当前值50，**成功更新为100**

线程2恢复运行，由于阻塞之前已经获得了“当前值”100，并且经过compare检测，此时存款实际值也是100，所以成功把变量值100更新成了50。

存款余额：**50**元

线程1(提款机)：　获取当前值100，成功更新为50，已返回
线程2(提款机)：　获取“当前值” 100，**成功更新为50**
线程3(小灰妈)：　获取当前值50，成功更新为100 ，已返回

流氓，把钱还我！

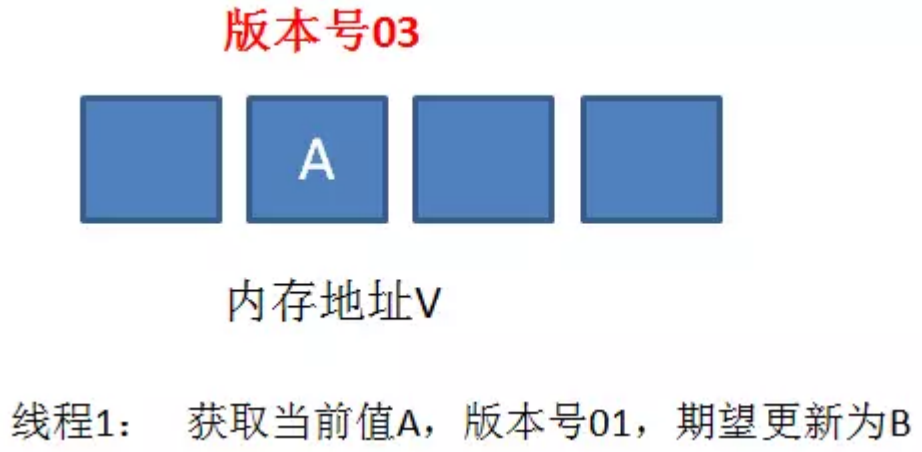
这个举例改编自《java特种兵》当中的一段例子。原本线程2应当提交失败，小灰的正确余额应该保持为100元，结果由于ABA问题提交成功了。

这下子总算明白了。那么 ABA 问题
应该怎么来解决呢？

什么意思呢？真正要做到严谨的CAS机制，我们在Compare阶段不仅要比较期望值A和地址V中的实际值，还要比较变量的版本号是否一致。

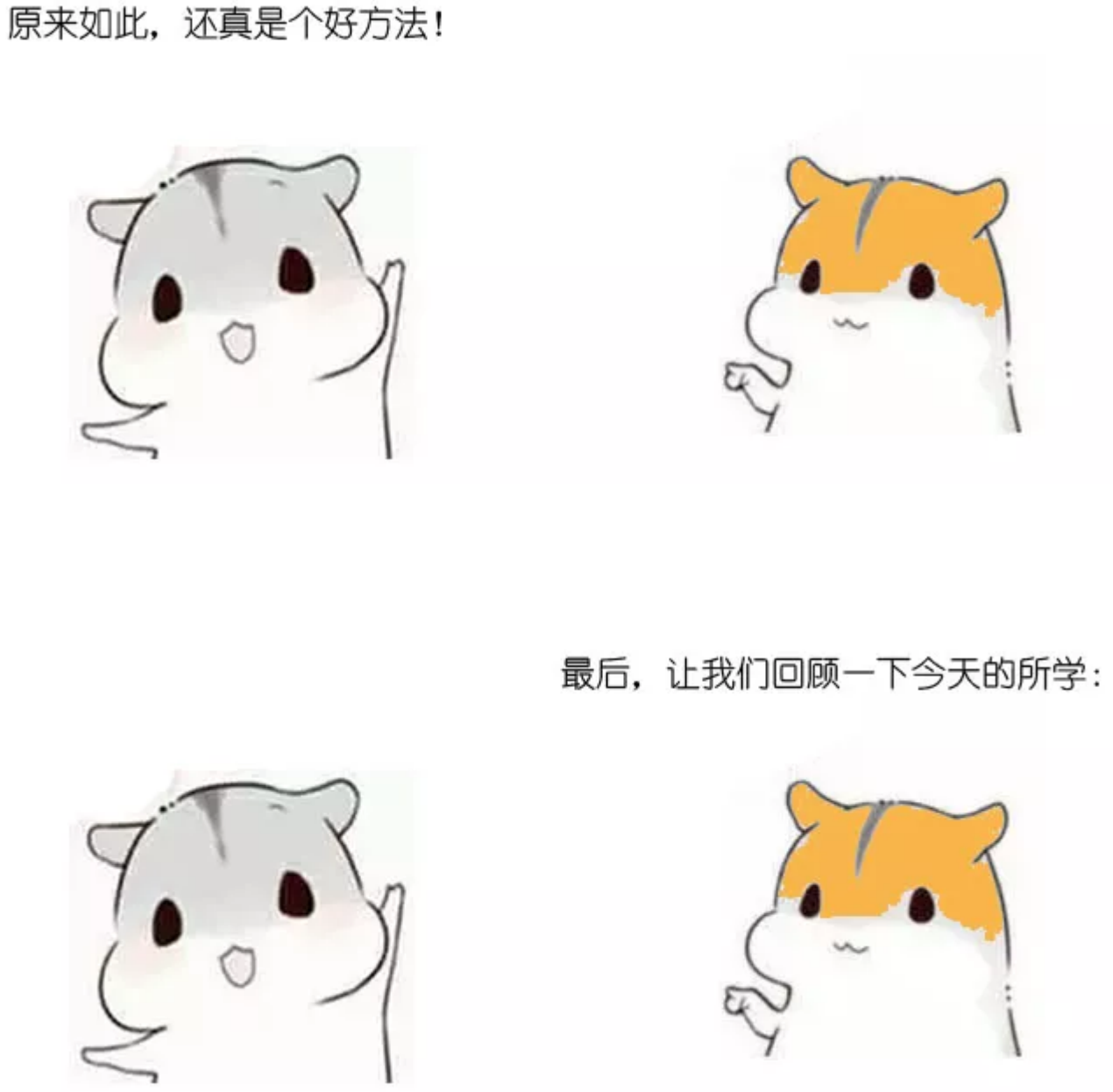
我们仍然以最初的例子来说明一下，假设地址V中存储着变量值A，当前版本号是01。线程1获得了当前值A和版本号01，想要更新为B，但是被阻塞了。

这时候，内存地址V中的变量发生了多次改变，版本号提升为03，但是变量值仍然是A。



随后线程1恢复运行，进行Compare操作。经过比较，线程1所获得的值和地址V的实际值都是A，但是版本号不相等，所以这一次更新失败。

在Java当中，**AtomicStampedReference**类就实现了用版本号做比较的CAS机制。



1. Java语言CAS底层如何实现？

利用unsafe提供了原子性操作方法。

2. 什么是ABA问题？怎么解决？

当一个值从A更新成B，又更新会A，普通CAS机制会误判通过检测。

利用版本号比较可以有效解决ABA问题。

————————END————————

喜欢本文的朋友们，欢迎长按下图关注订阅号**程序员小灰**，收看更多精彩内容

投诉