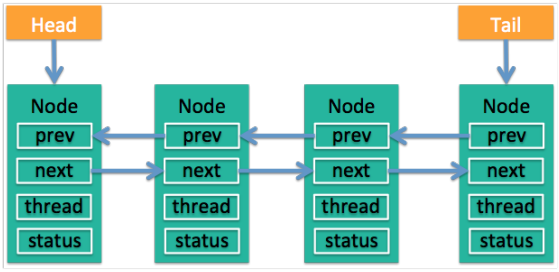
ReentrantLock实现原理分析

大道七哥 发表于 大道七哥

ReentrantLock主要利用CAS+CLH队列来实现。它支持公平锁和非公平锁，两者的实现类似。

- CAS：Compare and Swap，比较并交换。CAS有3个操作数：内存值V、预期值A、要修改的新值B。当且仅当预期值A和内存值V相同时，将内存值V修改为B，否则什么都不做。该操作是一个原子操作，被广泛的应用在Java的底层实现中。在Java中，CAS主要是由sun.misc.Unsafe这个类通过JNI调用CPU底层指令实现。

- CLH队列：带头结点的双向非循环链表(如下图所示)：



ReentrantLock的基本实现可以概括为：先通过CAS尝试获取锁。如果此时已经有线程占据了锁，那就加入CLH队列并且被挂起。当锁被释放之后，排在CLH队列队首的线程会被唤醒，然后CAS再次尝试获取锁。在这个时候，如果：

1.非公平锁：如果同时还有另一个线程进来尝试获取，那么有可能会让这个线程抢先获取；

2. 公平锁：如果同时还有另一个线程进来尝试获取，当它发现自己不是在队首的话，就会排到队尾，由队首的线程获取到锁。

ReentrantLock是java concurrent包提供的一种锁实现。不同于synchronized，ReentrantLock是从代码层面实现同步的。

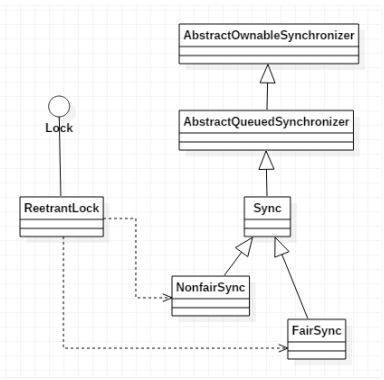


图1 reentrantLock的类层次结构图

Lock定义了锁的接口规范。
ReentrantLock实现了Lock接口。
AbstractQueuedSynchronizer中以队列的形式实现线程之间的同步。
ReentrantLock的方法都依赖于AbstractQueuedSynchronizer的实现。

Lock接口定义了如下方法：

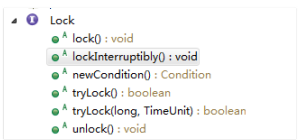


图2 lock接口规范

1、lock()方法的实现
进入lock()方法，发现其内部调用的是sync.lock();

```
public void lock() {
    sync.lock();
}
```

sync是在ReentrantLock的构造函数中实现的。其中fair参数的不同可实现公平锁和非公平锁。由于在锁释放的阶段，锁处于无线程占有的状态，此时其他线程和在队列中等待的线程都可以抢占该锁，从而出现公平锁和非公平锁的区别。
非公平锁：当锁处于无线程占有的状态，此时其他线程和在队列中等待的线程都可以抢占该锁。
公平锁：当锁处于无线程占有的状态，在其他线程抢占该锁的时候，都需要先进入队列中等待。
本文以非公平锁NonfairSync的sync实例进行分析。

```
    }

    public ReentrantLock(boolean fair) {
        sync = (fair)? new FairSync() : new NonfairSync();
    }
```


由图1可知，NonfairSync继承自Sync，因此也继承了AbstractQueuedSynchronizer中的所有方法实现。接着进入NonfairSync的lock()方法。

```
final void lock() {
            // 利用cas置状态位，如果成功，则表示占有锁成功
            if (compareAndSetState(0, 1))
                // 记录当前线程为锁拥有者
                setExclusiveOwnerThread(Thread.currentThread());
            else
                acquire(1);
        }
```

在lock方法中，利用cas实现ReentrantLock的状态置位（cas即compare and swap，它是CPU的指令，因此赋值操作都是原子性的）。如果成功，则表示占有锁成功，并记录当前线程为锁拥有者。当占有锁失败，则调用acquire(1)方法继续处理。

```
    public final void acquire(int arg) {
        //尝试获得锁，如果失败，则加入到队列中进行等待
        if (!tryAcquire(arg) &&
            acquireQueued(addWaiter(Node.EXCLUSIVE), arg))
            selfInterrupt();
    }
```

acquire()是AbstractQueuedSynchronizer的方法。它首先会调用tryAcquire()去尝试获得锁，如果获得锁失败，则将当前线程加入到CLH队列中进行等待。tryAcquire()方法在NonfairSync中有实现，但最终调用的还是Sync中的nonfairTryAcquire()方法。

```
protected final boolean tryAcquire(int acquires) {
            return nonfairTryAcquire(acquires);
        }
```

```
final boolean nonfairTryAcquire(int acquires) {
            final Thread current = Thread.currentThread();
            // 获得状态
            int c = getState();
            // 如果状态为0，则表示该锁未被其他线程占有
            if (c == 0) {
                // 此时要再次利用cas去尝试占有锁
                if (compareAndSetState(0, acquires)) {
                    // 标记当前线程为锁拥有者
                    setExclusiveOwnerThread(current);
                    return true;
                }
            }
            // 如果当前线程已经占有了，则state + 1,记录占有次数
            else if (current == getExclusiveOwnerThread()) {
                int nextc = c + acquires;
                if (nextc < 0) // overflow
                    throw new Error("Maximum lock count exceeded");
                // 此时无需利用cas去赋值，因为该锁肯定被当前线程占有
                setState(nextc);
                return true;
            }
            return false;
        }
```

在nonfairTryAcquire()中，首先会去获得锁的状态，如果为0，则表示锁未被其他线程占有，此时会利用cas去尝试将锁的状态置位，并标记当前线程为锁拥有者；如果锁的状态大于0，则会判断锁是否被当前线程占有，如果是，则state + 1，这也是为什么lock()的次数要和unlock()次数对等；如果占有锁失败，则返回false。
在nonfairTryAcquire()返回false的情况下，会继续调用acquireQueued(addWaiter(Node.EXCLUSIVE), arg))方法，将当前线程加入到队列中继续尝试获得锁。

```
    private Node addWaiter(Node mode) {
        //  创建当前线程的节点
        Node node = new Node(Thread.currentThread(), mode);
        // Try the fast path of enq; backup to full enq on failure
        Node pred = tail;
        // 如果尾节点不为空
        if (pred != null) {
            // 则将当前线程的节点加入到尾节点之后，成为新的尾节点
            node.prev = pred;
            if (compareAndSetTail(pred, node)) {
                pred.next = node;
                return node;
            }
        }

        enq(node);
        return node;
    }

    private Node enq(final Node node) {
        // CAS方法有可能失败，因此要循环调用，直到当前线程的节点加入到队列中
        for (;;) {
            Node t = tail;
            if (t == null) { // Must initialize
                Node h = new Node(); // Dummy header，头节点为虚拟节点
                h.next = node;
                node.prev = h;
                    if (compareAndSetHead(h)) {
                    tail = node;
                    return h;
                }
            }
            else {
                node.prev = t;
                if (compareAndSetTail(t, node)) {
                    t.next = node;
```

```
        }
    }
```


addWaiter()是AbstactQueuedSynchronizer的方法，会以节点的形式来标记当前线程，并加入到尾节点中。enq()方法是在节点加入到尾节点失败的情况下，通过for(;;)循环反复调用cas方法，直到节点加入成功。由于enq()方法是非线程安全的，所以在增加节点的时候，需要使用cas设置head节点和tail节点。此时添加成功的结点状态为Node.EXCLUSIVE。
在节点加入到队列成功之后，会接着调用acquireQueued()方法去尝试获得锁。

```
final boolean acquireQueued(final Node node, int arg) {
        try {
            boolean interrupted = false;
            for (;;) {
                // 获得前一个节点
                final Node p = node.predecessor();
                // 如果前一个节点是头结点，那么直接去尝试获得锁
                // 因为其他线程有可能随时会释放锁，没必要Park等待
                if (p == head && tryAcquire(arg)) {
                    setHead(node);
                    p.next = null; // help GC
                    return interrupted;
                }
                if (shouldParkAfterFailedAcquire(p, node) &&
                    parkAndCheckInterrupt())
                    interrupted = true;
            }
        } catch (RuntimeException ex) {
            cancelAcquire(node);
            throw ex;
        }
    }
```

在acquireQueued()方法中，会利用for (;;)一直去获得锁，如果前一个节点为head节点，则表示可以直接尝试去获得锁了，因为占用锁的线程随时都有可能去释放锁并且该线程是被unpark唤醒的CLH队列中的第一个节点，获得锁成功后返回。
如果该线程的节点在CLH队列中比较靠后或者获得锁失败，即其他线程依然占用着锁，则会接着调用shouldParkAfterFailedAcquire()方法来阻塞当前线程，以让出CPU资源。在阻塞线程之前，会执行一些额外的操作以提高CLH队列的性能。由于队列中前面的节点有可能在等待过程中被取消掉了，因此当前线程的节点需要提前，并将前一个节点置状态位为SIGNAL，表示可以阻塞当前节点。因此该函数在判断到前一个节点为SIGNAL时，直接返回true即可。此处虽然存在对CLH队列的同步操作，但由于局部变量节点肯定是不一样的，所以对CLH队列操作是线程安全的。由于在compareAndSetWaitStatus(pred, ws, Node.SIGNAL)执行之前可能发生pred节点抢占锁成功或pred节点被取消掉，因此此处需要返回false以允许该节点可以抢占锁。
当shouldParkAfterFailedAcquire()返回true时，会进入parkAndCheckInterrupt()方法。
parkAndCheckInterrupt()方法最终调用safe.park()阻塞该线程，以免该线程在等待过程中无线循环消耗cpu资源。至此，当前线程便被park了。那么线程何时被unpark，这将在unlock()方法中进行。
这里有一个小细节需要注意，在线程被唤醒之后，会调用Thread.interrupted()将线程中断状态置位为false，然后记录下中断状态并返回上层函数去抛出异常。我想这样设计的目的是为了可以让该线程可以完成抢占锁的操作，从而可以使当前节点称为CLH的虚拟头节点。

```
private static boolean shouldParkAfterFailedAcquire(Node pred, Node node) {
        int ws = pred.waitStatus;
        if (ws == Node.SIGNAL)
            /*
             * This node has already set status asking a release
             * to signal it, so it can safely park
             */
            return true;

        if (ws > 0) {
            // 如果前面的节点是CANCELLED状态，则一直提前
            do {
                node.prev = pred = pred.prev;
            } while (pred.waitStatus > 0);
            pred.next = node;
        } else {
            compareAndSetWaitStatus(pred, ws, Node.SIGNAL);
        }
        return false;
    }

    private final boolean parkAndCheckInterrupt() {
        LockSupport.park(this);
        return Thread.interrupted();
    }

    public static void park(Object blocker) {
        Thread t = Thread.currentThread();
        setBlocker(t, blocker);
        unsafe.park(false, 0L);
        setBlocker(t, null);
    }
```

2、unlock()方法的实现
同lock()方法，unlock()方法依然调用的是sync.release(1)。

```
public final boolean release(int arg) {
        // 释放锁
        if (tryRelease(arg)) {
            Node h = head;
            // 此处有个疑问，为什么需要判断h.waitStatus != 0
            if (h != null && h.waitStatus != 0)
                unparkSuccessor(h);
            return true;
        }
        return false;
    }

    protected final boolean tryRelease(int releases) {
        int c = getState() - releases;
        if (Thread.currentThread() != getExclusiveOwnerThread())
            throw new IllegalMonitorStateException();
        boolean free = false;
        if (c == 0) {
            free = true;
            setExclusiveOwnerThread(null);
```

```
}
```

2
0

可以看到，tryRelease()方法实现了锁的释放，逻辑上即是将锁的状态置为0。当释放锁成功之后，通常情况下不需要唤醒队列中线程，因此队列中总是有一个线程处于活跃状态。

总结：

ReentrantLock的锁资源以state状态描述，利用CAS则实现对锁资源的抢占，并通过一个CLH队列阻塞所有竞争线程，在后续则逐个唤醒等待中的竞争线程。ReentrantLock继承AQS完全从代码层面实现了java的同步机制，相对于synchronized，更容易实现对各类锁的扩展。同时，AbstractQueuedSynchronizer中的Condition配合ReentrantLock使用，实现了wait/notify的功能。

分享

发表于 2019-08-23

大道七哥
108 篇文章 26 人订阅
订阅专栏

我来说两句 0 条评论

登录 后参与评论

上一篇：Mysql索引使用的正确姿势
下一篇：互联网产品经理精选工作必读书