22 | 并发：协程不需要处理同步吗？

2022-03-09 朱涛

讲述：朱涛

时长 16:38　大小 15.24M

你好，我是朱涛。今天我们来讲讲协程的并发。

在大型软件的架构当中，并发也是一个不可避免的问题。然而，在传统的 Java 编程当中，并发却是个令人生畏的话题。因为 Java 的线程模型、内存模型、同步机制太复杂了，而当复杂的业务逻辑与复杂的并发模型混合在一起的时候，情况就更糟糕了！如果你用 Java 做过中大型软件，对此一定会深有体会。

我们都知道，Kotlin 的协程仍然是基于线程运行的。但是，经过一层封装以后，Kotlin 协程面对并发问题的时候，它的处理手段其实跟 Java 就大不一样。所以这节课，我们就来看看协程在并发问题上的处理，一起来探究下 Kotlin 协程的并发思路，从而真正解决并发的难题。

协程与并发

在 Java 世界里，并发往往需要多个线程一起工作，而多线程往往就会有共享的状态，这时候程序就要处理同步问题了。很多初学者在这一步，都会把协程与线程的概念混淆在一起。比如你可以来看看下面这段代码，你觉得有多线程同步的问题吗？

复制代码

```
// 代码段1

fun main() = runBlocking {
    var i = 0

    // Default 线程池
    launch(Dispatchers.Default) {
        repeat(1000) {
            i++
        }
    }

    delay(1000L)

    println("i = $i")
}
```

在这段代码里，我是在 Default 线程池上创建了一个协程，然后对变量 i 进行了 1000 次自增操作，接着我又 delay 了一小会儿，防止程序退出，最后输出结果。

那么，在面对这段代码的时候，你也许会觉得，Default 线程池内部是多个线程，因此就需要考虑多线程同步的问题。其实，这就是典型的把协程、线程混淆的例子。

如果你仔细分析上面的代码，会发现**代码中压根就没有并发执行的任务**，除了 runBlocking，我只在 launch 当中创建了一个协程，所有的计算都发生在一个协程当中。所以，在这种情况下你根本就不需要考虑同步的问题。

我们再来看看多个协程并发执行的例子。

复制代码

```
// 代码段2

fun main() = runBlocking {
    var i = 0
    val jobs = mutableListOf<Job>()

```

```
    // 重复十次
    repeat(10){
        val job = launch(Dispatchers.Default) {
            repeat(1000) {
                i++
            }
        }
        jobs.add(job)
    }

    // 等待计算完成
    jobs.joinAll()

    println("i = $i")
}
/*
输出结果
i = 9972
*/
```

在上面的代码中，我创建了 10 个协程任务，每个协程任务都会工作在 Default 线程池，这 10 个协程任务，都会分别对 i 进行 1000 次自增操作。如果一切正常的话，代码的输出结果应该是 10000。但如果你实际运行这段代码，你会发现结果大概率不会是 10000。

出现这个问题的原因也很简单，这 10 个协程分别运行在不同的线程之上，与此同时，这 10 个协程之间还共享着 i 这个变量，并且它们还会以并发的形式对 i 进行自增，所以自然就会产生同步的问题。

> 补充：为了不偏离主题，这里我们不去深究出现这个问题的底层原因。这涉及到 Java 内存模型之类的底层细节，如果你不熟悉 Java 并发相关的知识点，可以自行去做一些了解。

所以在这里，我们就可以回答这节课标题里的问题了：**Kotlin 协程也需要处理多线程同步的问题**。

那么下面，我们就以这个简单的代码为例，一起来分析下 Kotlin 协程面对并发时，都有哪些可用的手段。

借鉴 Java 的并发思路

首先，由于 Kotlin 协程也是基于 JVM 的，所以，当我们面对并发问题的时候，脑子里第一时间想到的肯定是 Java 当中的同步手段，比如 synchronized、Atomic、Lock，等等。

在 Java 当中，最简单的同步方式就是 synchronized 同步了。那么换到 Kotlin 里，我们就可以使用 **@Synchronized 注解**来修饰函数，也可以使用 **synchronized(){}** 的方式来实现同步代码块。

让我们用 synchronized 来改造一下上面的代码段 2：

复制代码

```
// 代码段3

fun main() = runBlocking {
    var i = 0
    val lock = Any() // 变化在这里

    val jobs = mutableListOf<Job>()

    repeat(10){
        val job = launch(Dispatchers.Default) {
            repeat(1000) {
                // 变化在这里
                synchronized(lock) {
                    i++
                }
            }
        }
        jobs.add(job)
    }

    jobs.joinAll()

    println("i = $i")
}

/*
输出结果
i = 10000
*/
```

以上代码中，我们创建了一个 lock 对象，然后使用 synchronized(){} 将“i++”包裹了起来。这样就可以确保在自增的过程中不会出现同步问题。这时候，如果你再来运行代码，就会发现结果已经是 10000 了。

不过，如果你在实际生产环境使用过协程的话，应该会感觉 synchronized 在协程当中也不是一直都很好用的。毕竟，**synchronized 是线程模型下的产物**。

就比如说，假设我们这里的自增操作需要一些额外的操作，需要用到挂起函数 prepare()。

复制代码

```
// 代码段4

fun main() = runBlocking {
    suspend fun prepare(){
        // 模拟准备工作
    }
    var i = 0
    val lock = Any()

    val jobs = mutableListOf<Job>()

    repeat(10){
        val job = launch(Dispatchers.Default) {
            repeat(1000) {
                synchronized(lock) {
                    // 编译器报错!
                    prepare()
                    i++
                }
            }
        }
        jobs.add(job)
    }

    jobs.joinAll()

    println("i = $i")
}
```

这时候，你就不能天真地把协程看作是“Java 线程池的封装”，然后继续照搬 Java 的同步手段了。你会发现：**synchronized(){} 当中调用挂起函数，编译器会给你报错！**

这是为什么呢？其实，如果你理解了第 15 讲当中“协程挂起恢复”的思维模型的话，那么编译器报错的原因你一定可以轻松理解。因为这里的挂起函数会被翻译成带有 Continuation 的异步函数，从而就造成了 synchronid 代码块无法正确处理同步。

另外从这个例子里，我们也可以看出：即使 Kotlin 协程是基于 Java 线程的，但它其实已经脱离 Java 原本的范畴了。所以，单纯使用 Java 的同步手段，是无法解决 Kotlin 协程里所有问题的。

那么接下来，我们就来看看 Kotlin 协程当中的并发思路。

协程的并发思路

前面我也提到过，由于 Java 的线程模型是阻塞式的，比如说 Thread.sleep()，所以在 Java 当中，并发往往就意味着多线程，而多线程则往往会有状态共享，而状态共享就意味着要处理同步问题。

但是，因为 Kotlin 协程具备挂起、恢复的能力，而且还有非阻塞的特点，所以在使用协程处理并发问题的时候，我们的思路其实可以更宽。比如，我们可以使用**单线程并发**。

单线程并发

在 Kotlin 当中，单线程并发的实现其实非常轻松。不过如果你有 Java 经验的话，也许会对这个说法产生疑问，因为在 Java 当中，并发往往就意味着多线程。

实际上，在第 16 讲里我们就涉及到“单线程并发”这个概念了。让我们回过头，重新看看那段并发的代码。

复制代码

```
// 代码段5
fun main() = runBlocking {
    suspend fun getResult1(): String {
        logX("Start getResult1")
        delay(1000L) // 模拟耗时操作
        logX("End getResult1")
        return "Result1"
    }

    suspend fun getResult2(): String {
        logX("Start getResult2")
        delay(1000L) // 模拟耗时操作
        logX("End getResult2")
        return "Result2"
    }

    suspend fun getResult3(): String {
        logX("Start getResult3")
        delay(1000L) // 模拟耗时操作
        logX("End getResult3")
        return "Result3"
    }

    val results: List<String>
```

```
25
26      val time = measureTimeMillis {
27          val result1 = async { getResult1() }
28          val result2 = async { getResult2() }
29          val result3 = async { getResult3() }
30
31          results = listOf(result1.await(), result2.await(), result3.await())
32      }
33
34      println("Time: $time")
35      println(results)
36  }
37
38  /*
39  输出结果
40  ================================
41  Start getResult1
42  Thread:main
43  ================================
44  ================================
45  Start getResult2
46  Thread:main
47  ================================
48  ================================
49  Start getResult3
50  Thread:main
51  ================================
52  ================================
53  End getResult1
54  Thread:main
55  ================================
56  ================================
57  End getResult2
58  Thread:main
59  ================================
60  ================================
61  End getResult3
62  Thread:main
63  ================================
64  Time: 1066
65  [Result1, Result2, Result3]
66  */
```

在上面的代码中启动了三个协程，它们之间是并发执行的，每个协程执行耗时是 1000 毫秒，程序总耗时也是接近 1000 毫秒。而且，这几个协程是运行在同一个线程 main 之上的。

所以，当我们在协程中面临并发问题的时候，首先可以考虑：**是否真的需要多线程**？如果不需要的话，其实是可以不考虑多线程同步问题的。

那么，对于前面代码段 2 的例子来说，我们则可以把计算的逻辑分发到单一的线程之上。

复制代码

```
// 代码段6
fun main() = runBlocking {
    val mySingleDispatcher = Executors.newSingleThreadExecutor {
        Thread(it, "MySingleThread").apply { isDaemon = true }
    }.asCoroutineDispatcher()

    var i = 0
    val jobs = mutableListOf<Job>()

    repeat(10) {
        val job = launch(mySingleDispatcher) {
            repeat(1000) {
                i++
            }
        }
        jobs.add(job)
    }

    jobs.joinAll()

    println("i = $i")
}

/*
输出结果
i = 10000
*/
```

可见，在这段代码中，我们使用“launch(mySingleDispatcher)”，把所有的协程任务都分发到了单线程的 Dispatcher 当中，这样一来，我们就不必担心同步问题了。另外，如果仔细分析的话，上面创建的 10 个协程之间，其实仍然是并发执行的。

所以这时候，如果你运行上面的代码，就一定可以得到正确的结果了：i = 10000。

Mutex

在 Java 当中，其实还有 Lock 之类的同步锁。但由于 Java 的锁是阻塞式的，会大大影响协程的非阻塞式的特性。所以，在 Kotlin 协程当中，我们也是**不推荐**直接使用传统的同步锁的，甚至在某些场景下，在协程中使用 Java 的锁也会遇到意想不到的问题。

为此，Kotlin 官方提供了“非阻塞式”的锁：Mutex。下面我们就来看看，如何用 Mutex 来改造代码段 2。

复制代码

```
// 代码段7

fun main() = runBlocking {
    val mutex = Mutex()

    var i = 0
    val jobs = mutableListOf<Job>()

    repeat(10) {
        val job = launch(Dispatchers.Default) {
            repeat(1000) {
                // 变化在这里
                mutex.lock()
                i++
                mutex.unlock()
            }
        }
        jobs.add(job)
    }

    jobs.joinAll()

    println("i = $i")
}
```

在上面的代码中，我们使用 mutex.lock()、mutex.unlock() 包裹了需要同步的计算逻辑，这样一来，代码就可以实现多线程同步了，程序的输出结果也会是 10000。

实际上，Mutex 对比 JDK 当中的锁，最大的优势就在于**支持挂起和恢复**。让我们来看看它的源码定义：

复制代码

```
// 代码段8
public interface Mutex {
    public val isLocked: Boolean

    //      注意这里
    //         ↓
    public suspend fun lock(owner: Any? = null)

    public fun unlock(owner: Any? = null)
```

```
}
```

可以看到，Mutex 是一个接口，它的 lock() 方法其实是一个挂起函数。而这就是实现非阻塞式同步锁的根本原因。

不过，在代码段 7 当中，我们对于 Mutex 的使用其实是**错误**的。因为这样的做法并不安全，我们可以来看一个场景：

复制代码

```
// 代码段9
fun main() = runBlocking {
    val mutex = Mutex()

    var i = 0
    val jobs = mutableListOf<Job>()

    repeat(10) {
        val job = launch(Dispatchers.Default) {
            repeat(1000) {
                try {
                    mutex.lock()
                    i++
                    i/0 // 故意制造异常
                    mutex.unlock()
                } catch (e: Exception) {
                    println(e)
                }
            }
        }
        jobs.add(job)
    }

    jobs.joinAll()

    println("i = $i")
}

// 程序无法退出
```

以上代码会在 mutex.lock()、mutex.unlock() 之间发生异常，从而导致 mutex.unlock() 无法被调用。这个时候，整个程序的执行流程就会一直卡住，无法结束。

所以，为了避免出现这样的问题，我们应该使用 Kotlin 提供的一个扩展函数：**mutex.withLock{}**。

复制代码

```
// 代码段10
fun main() = runBlocking {
    val mutex = Mutex()

    var i = 0
    val jobs = mutableListOf<Job>()

    repeat(10) {
        val job = launch(Dispatchers.Default) {
            repeat(1000) {
                // 变化在这里
                mutex.withLock {
                    i++
                }
            }
        }
        jobs.add(job)
    }

    jobs.joinAll()

    println("i = $i")
}

// withLock的定义
public suspend inline fun <T> Mutex.withLock(owner: Any? = null, action: () ->
    lock(owner)
    try {
        return action()
    } finally {
        unlock(owner)
    }
}
```

可以看到，withLock{} 的本质，其实是在 finally{} 当中调用了 unlock()。这样一来，我们就再也不必担心因为异常导致 unlock() 无法执行的问题了。

Actor

Actor，其实是在很多编程语言当中都存在的一个并发同步模型。在 Kotlin 当中，也同样存在这样的模型，它本质上是**基于 Channel 管道消息实现**的。下面我们还是来看一个例子：

复制代码

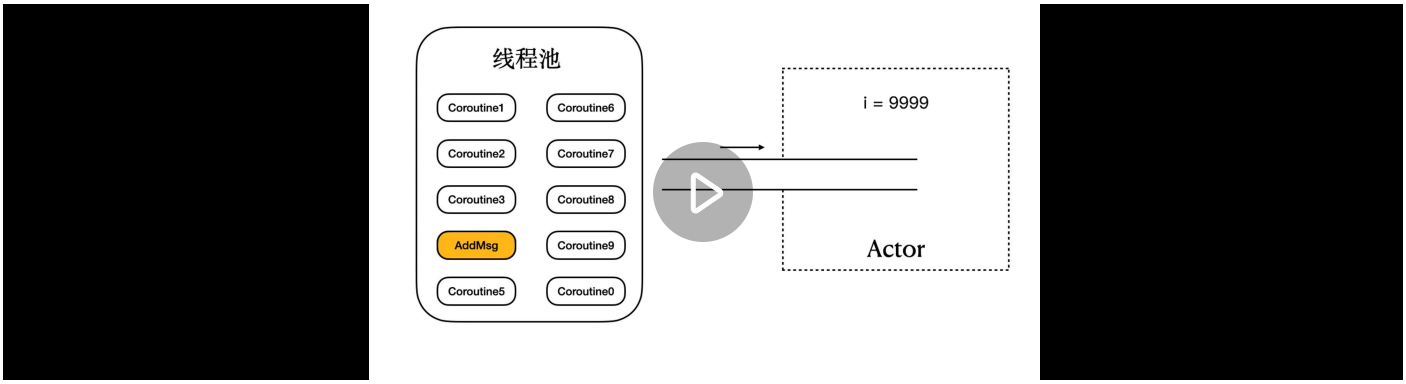
```
// 代码段11

sealed class Msg
object AddMsg : Msg()

class ResultMsg(
    val result: CompletableDeferred<Int>
) : Msg()

fun main() = runBlocking {

    suspend fun addActor() = actor<Msg> {
        var counter = 0
        for (msg in channel) {
            when (msg) {
                is AddMsg -> counter++
                is ResultMsg -> msg.result.complete(counter)
            }
        }
    }

    val actor = addActor()
    val jobs = mutableListOf<Job>()

    repeat(10) {
        val job = launch(Dispatchers.Default) {
            repeat(1000) {
                actor.send(AddMsg)
            }
        }
        jobs.add(job)
    }

    jobs.joinAll()

    val deferred = CompletableDeferred<Int>()
    actor.send(ResultMsg(deferred))

    val result = deferred.await()
    actor.close()

    println("i = ${result}")
}
```

在这段代码中，我们定义了 addActor() 这个挂起函数，而它其实调用了 actor() 这个高阶函数。而这个函数的返回值类型其实是 SendChannel。由此可见，**Kotlin 当中的 Actor 其实就是 Channel 的简单封装。**Actor 的多线程同步能力都源自于 Channel。

这里，我们借助**密封类**定义了两种消息类型，AddMsg、ResultMsg，然后在 **actor{} 内部**，我们处理这两种消息类型，如果我们收到了 AddMsg，则计算“i++”；如果收到了 ResultMsg，则返回计算结果。

而在 **actor{} 的外部**，我们则只需要发送 10000 次的 AddMsg 消息，最后再发送一次 ResultMsg，取回计算结果即可。

由于 Actor 的结构比较抽象，这里我做了一个小视频，帮你更好地理解它。



需要注意的是，虽然在上面的演示视频中，AddMsg、ResultMsg 是串行发送的，但实际上，它们是在多线程并行发送的，而 Channel 可以保证接收到的消息可以同步接收并处理。

这也就证明了我们前面的说法：Actor 本质上是基于 Channel 管道消息实现的。

> 补充：Kotlin 目前的 Actor 实现其实还比较简陋，在不远的将来，Kotlin 官方会对 Actor API 进行重构，具体可以参考这个链接。虽然它的 API 可能会改变，但我相信它的核心理念是不会变的。

好，到现在为止，我们已经学习了三种协程并发的思路。不过我们还要反思一个问题：**多线程并发，一定需要同步机制吗？**

反思：可变状态

前面我们提到过，多线程并发，往往会有共享的可变状态，而共享可变状态的时候，就需要考虑同步问题。

弄清楚这一点后，我们其实会找到一个新的思路：**避免共享可变状态**。有了这个思路以后，我们的代码其实就非常容易实现了：

复制代码

```
// 代码段12

fun main() = runBlocking {
    val deferreds = mutableListOf<Deferred<Int>>()

    repeat(10) {
        val deferred = async (Dispatchers.Default) {
            var i = 0
            repeat(1000) {
                    i++
            }
            return@async i
        }
        deferreds.add(deferred)
    }

    var result = 0
    deferreds.forEach {
        result += it.await()
    }

    println("i = $result")
}
```

在上面的代码中，我们不再共享可变状态 i，对应的，在每一个协程当中，都有一个局部的变量 i，同时将 launch 都改为了 async，让每一个协程都可以返回计算结果。

这种方式，相当于将 10000 次计算，平均分配给了 10 个协程，让它们各自计算 1000 次。这样一来，每个协程都可以进行独立的计算，然后我们将 10 个协程的结果汇总起来，最后累加在一起。

其实，我们上面的思路，也是借鉴自函数式编程的思想，因为在函数式编程当中，就是追求**不变性、无副作用**。不过，以上代码其实还是命令式的代码，如果我们用函数式风格来重构的话，代码会更加简洁。

复制代码

```
// 代码段13

fun main() = runBlocking {
    val result = (1..10).map {
        async (Dispatchers.Default) {
            var i = 0
            repeat(1000) {
```

```
                i++
            }
            return@async i
        }
    }.awaitAll()
        .sum()

    println("i = $result")
}
```

上面的代码中，我们使用函数式风格代码重构了代码段 12，我们仍然创建了 10 个协程，并发了计算了 10000 次自增操作。

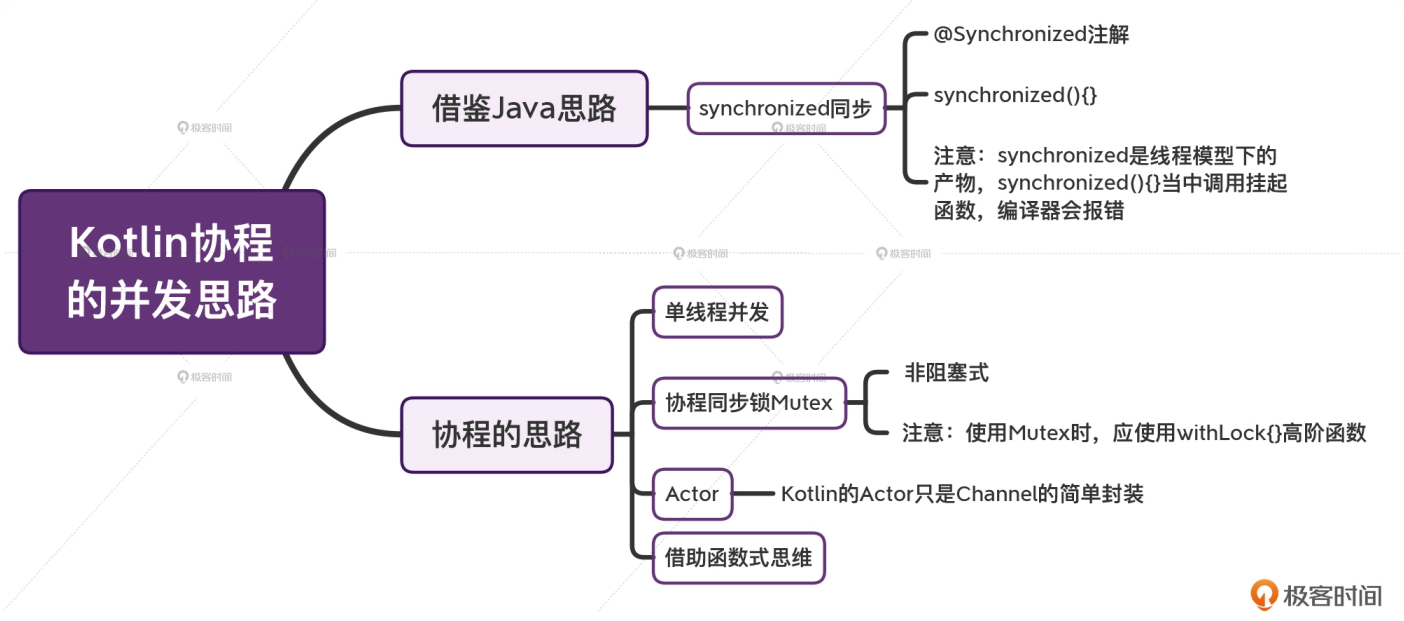
在加餐一当中，我曾提到过，函数式编程的一大优势就在于，它具有不变性、无副作用的特点，所以**无惧并发编程**。上面的这个代码案例，其实就体现出了 Kotlin 函数式编程的这个优势。

小结

这节课，我们学习了 Kotlin 协程解决并发的两大思路，分别是 Java 思路、协程思路。要注意，对于 Java 当中的同步手段，我们并不能直接照搬到 Kotlin 协程当中来，其中最大的问题，就是 **synchronized 不支持挂起函数。**

而对于协程并发手段，我也给你介绍了 4 种手段，这些你都需要掌握好。

- 第一种手段，**单线程并发**，在 Java 世界里，并发往往意味着多线程，但在 Kotlin 协程当中，我们可以轻松实现单线程并发，这时候我们就不用担心多线程同步的问题了。
- 第二种手段，Kotlin 官方提供的协程同步锁，**Mutex**，由于它的 lock 方法是挂起函数，所以它跟 JDK 当中的锁不一样，Mutex 是非阻塞的。需要注意的是，我们在使用 Mutex 的时候，应该使用 withLock{} 这个高阶函数，而不是直接使用 lock()、unlock()。
- 第三种手段，Kotlin 官方提供的 **Actor**，这是一种普遍存在的并发模型。在目前的版本当中，Kotlin 的 Actor 只是 Channel 的简单封装，它的 API 会在未来的版本发生改变。
- 第四种手段，借助**函数式思维**。我们之所以需要处理多线程同步问题，主要还是因为存在**共享的可变状态**。其实，共享可变状态，既不符合**无副作用**的特性，也不符合**不变性**的特性。当我们借助函数式编程思维，实现无副作用和不变性以后，并发代码也会随之变得安全。



思考题

Kotlin 提供的 Mutex，它会比 JDK 的锁性能更好吗？为什么？欢迎在留言区分享你的答案，也欢迎你把今天的内容分享给更多的朋友。

上一篇 21 | select：到底是在选择什么？

下一篇 23 | 异常：try-catch居然会不起作用？坑！

精选留言 (10)

写留言

辉哥
2022-03-09

大佬，问个问题，Mutex是非阻塞的，那它是如何防止共享变量不会同时被多个线程修改的

作者回复: 其实，它的流程和普通锁是差不多的，区别在于，普通的锁在获取不到执行权限的时候，会阻塞，而Mutex则是挂起。

共 2 条评论 >

1

Allen
2022-03-09

我认为 Mutex 比 JDK 的锁性能更好，主要有两个原因：

1. Mudex 挂起的是协程，协程被挂起，线程并不会被阻塞。而 JDK 锁的都是线程，线程会被阻塞。
2. 挂起不浪费系统资源，而阻塞由于会管理锁队列等，会浪费更多的系统资源。

本质上来说，这个效率和资源是由挂起函数的实现方式决定的，而这也是协程的核心。

作者回复: 是的，可以这么理解。

1

êwěn
2022-03-09

mutex是挂起函数，那么它存在竞争的话是支持协程挂起，意味着底层线程资源可以复用，比起Java的线程并不会浪费多余的系统资源

作者回复: 没错

1

杨小妞
2022-03-26

业务场景：生产消费者。如果希望用协程来控制消费者的个数，除了自定义Dispatchs以外，还有什么其他好的方式吗？

作者回复: 多个消费者不一定要多个线程，我们使用多个协程也可以的。

杨小妞
2022-03-26

并发场景：多线程执行耗时任务（例如网络请求）。如果用“单线程并发”的概念去实现，应该

是无法达到目的。

作者回复: 主要是看任务是“阻塞型”，还是“非阻塞型”。如果是阻塞型，则无法：单线程并发。


白乾涛
2022-03-18

老师，我觉得"单线程并发"是一个伪概念，他只是看起来像是并发代码，实际上，这种"单线程并发"的代码用 Java 的 CallBack 也是可以实现的 --- 比如借助 LockSupport

作者回复: 可以这么理解，协程的好处在于，并发概念与线程之间完全解耦了，同样的代码改动一个参数就能实现单线程并发。案例中之所以可以实现单线程并发，本质还是因为非阻塞。


白乾涛
2022-03-18

这个问题和"协程对线程性能更好吗"类似，我觉得答案都是否定的，因为这么比较不公平。

如果这么问：大神用 Kotlin 的 Mutex 写的代码，和大神用 JDK 的锁写的代码，相比，性能更好吗？

作者回复: 确实没有绝对的优劣，要分场景讨论才行。


better
2022-03-10

我的理解是：Java 的锁，会有等待、唤醒、独占等的操作，锁的是 cpu 资源，Mutex 锁，是在线程上，锁自己的协程代码段，没涉及到 CPU 资源的争夺等操作，性能就上来了。

有几个问题，请大活帮忙解答哈
1. 离开多线程，也可以跑协程（单线程模型）了，在单线程模型下：每个 task 当做一个协程，如你要挂起了，我就执行下一个 task，但如某个 task 是耗时的呢，其他 task，也是会排队的，是这个意思么？
2. 感觉协程的概念有点多，比如：channel、select、flow 等等，刚接触，有点难消化，需要多多练习，如有课时，希望老师多多加餐；
3. 有道题（线程甲输出A，线程乙输出1，接着又是 B2，连续下去）再Java中，我们可以通过 lock 来实现，协程上，目前还没找到解决办法，还请老师指点。

作者回复: 解答很不错。下面我来简单回答你的几个问题：

问题1：如果Task是CPU密集型的耗时任务、或者是阻塞任务，这时候单线程并发就跑不起来了。所以这就取决于我们的Task任务是不是非阻塞的。
问题2：加餐我会考虑的，感谢你的建议。
问题3：这个问题我们可以通过Channel来实现，两个Channel发送方，一个接收方，轮流接收者两个Channel。

共 3 条评论 >

神秘嘉Bin
2022-03-09

大眼看了下Mutex的源码，看起来很像AQS的实现。
这里等待的节点可能不是自旋等待，应该是把CallBack塞到了队列，前面节点释放锁，后续节点竞争然后执行CallBack。

因为没有自旋等待，所以不会阻塞线程，效率自然会高。

作者回复: 是的，可以这么理解。

1

神秘嘉Bin
2022-03-09

大眼看了下Mutex的实现，看上去很像AQS的实现；可能是基于AQS进行了一波改造吧尝试加锁成功就resume；

作者回复: 嗯，其中有挂起和恢复。