

第28讲 | 谈谈你的GC调优思路？

2018-07-10 杨晓峰





第28讲 | 谈谈你的GC调优思路？

杨晓峰

- 00:05 / 14:35

我发现，目前不少外部资料对G1的介绍大多还停留在JDK 7或更早期的实现，很多结论已经存在较大偏差，甚至一些过去的GC选项已经不再推荐使用。所以，今天我会选取新版JDK中的默认G1 GC作为重点进行详解，并且我会从调优实践的角度，分析典型场景和调优思路。下面我们一起来更新下这方面的知识。

今天我要问你的问题是，**谈谈你的GC调优思路？**

典型回答

谈到调优，这一定是针对特定场景、特定目的的事情，对于GC调优来说，首先就需要清楚调优的目标是什么？从性能的角度看，通常关注三个方面，内存占用（footprint）、延迟（latency）和吞吐量（throughput），大多数情况下调优会侧重于其中一个或者两个方面的目标，很少有情况可以兼顾三个不同的角度。当然，除了上面通常的三个方面，也可能需要考虑其他GC相关的场景，例如，OOM也可能与不合理的GC相关参数有关；或者，应用启动速度方面的需求，GC也会是个考虑的方面。

基本的调优思路可以总结为：

- 理解应用需求和问题，确定调优目标。假设，我们开发了一个应用服务，但发现偶尔会出现性能抖动，出现较长的服务停顿。评估用户可接受的响应时间和业务量，将目标简化为，希望GC暂停尽量控制在200ms以内，并且保证一定标准的吞吐量。
- 掌握JVM和GC的状态，定位具体的问题，确定真的有GC调优的必要。具体有很多方法，比如，通过jstat等工具查看GC等相关状态，可以开启GC日志，或者是利用操作系统提供的诊断工具等。例如，通过追踪GC日志，就可以查找是不是GC在特定时间发生了长时间的暂停，进而导致了应用响应不及时。
- 这里需要思考，选择的GC类型是否符合我们的应用特征，如果是，具体问题表现在哪里，是Minor GC过长，还是Mixed GC等出现异常停顿情况；如果不是，考虑切换到什么类型，如CMS和G1都是更侧重于低延迟的GC选项。
- 通过分析确定具体调整的参数或者软硬件配置。
- 验证是否达到调优目标，如果达到目标，即可以考虑结束调优；否则，重复完成分析、调整、验证这个过程。

考点分析

今天考察的GC调优问题是JVM调优的一个基础方面，很多JVM调优需求，最终都会落在GC调优上或者与其相关，我提供的是一个常见的思路。

真正快速定位和解决具体问题，还是需要对于JVM和GC知识的掌握，以及实际调优经验的总结，有的时候甚至是源自经验积累的直觉判断。面试官可能会继续问项目中遇到的真实问题，如果你能清楚、简要地介绍其上下文，然后将诊断思路和调优实践过程表述出来，会是个很好的加分项。

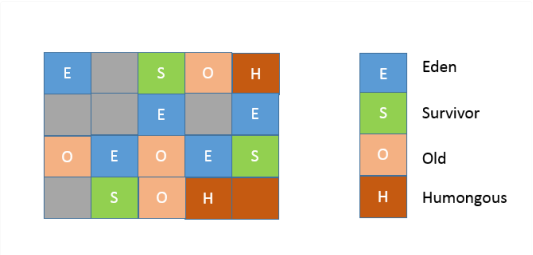
专栏虽然无法提供具体的项目经验，但是可以帮助你掌握常见的调优思路和手段，这不管是面试还是在实际工作中都是很有帮助的。另外，我还会从下面不同角度进行补充：

- [上一讲](#)中我已经谈到，涉及具体的GC类型，JVM的实际表现要更加复杂。目前，G1已经成为新版JDK的默认选择，所以值得你去深入理解。
- 因为G1 GC一直处在快速发展之中，我会侧重它的演进变化，尤其是行为和配置相关的变化。并且，同样是因为JVM的快速发展，即使是收集GC日志等方面也发生了较大改进，这也是为什么我在上一讲留给你的思考题是有关日志相关选项，看完讲解相信你会很惊讶。
- 从GC调优实践的角度，理解通用问题的调优思路和手段。

知识扩展

首先，先来整体了解一下G1 GC的内部结构和主要机制。

从内存区域的角度，G1同样存在着年代的概念，但是与我前面介绍的内存结构很不一样，其内部是类似棋盘状的一个个region组成，请参考下面的示意图。



region的大小是一致的，数值是在1M到32M字节之间的一个2的幂值数，JVM会尽量划分2048个左右、同等大小的region，这点可以从源码[heapRegionBounds.hpp](#)中看到。当然这个数字既可以手动调整，G1也会根据堆大小自动进行调整。

在G1实现中，年代是个逻辑概念，具体体现在，一部分region是作为Eden，一部分作为Survivor，除了意料之中的Old region，G1会将超过region 50%大小的对象（在应用中，通常是byte或char数组）归类为Humongous对象，并放置在相应的region中。逻辑上，Humongous region算是老年代的一部分，因为复制这样的大对象是很昂贵的操作，并不适合新生代GC的复制算法。

你可以思考下region设计有什么副作用？

例如，region大小和大对象很难保证一致，这会导致空间的浪费。不知道你有没有注意到，我的示意图中有的区域是Humongous颜色，但没有用名称标记，这是为了表示，特别大的对象是可能占用超过一个region的。并且，region太小不合适，会令你在分配大对象时更难找到连续空间，这是一个长久存在的情况，请参考[OpenJDK社区的讨论](#)。这本质也可以看作是JVM的bug，尽管解决办法也非常简单，直接设置较大的region大小，参数如下：

```
-XX:G1HeapRegionSize=n, @0x16M
```

从GC算法的角度，G1选择的是复合算法，可以简化理解为：

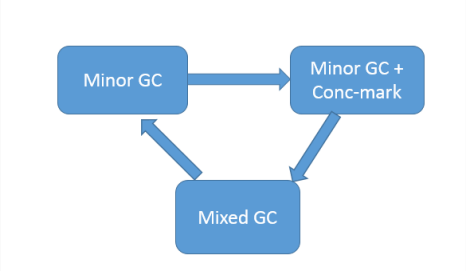
- 在新生代，G1采用的是并行的复制算法，所以同样会发生Stop-The-World的暂停。
- 在老年代，大部分情况下都是并发标记，而整理（Compact）则是和新生代GC时捎带进行，并且不是整体性的整理，而是增量进行的。

我在[上一讲](#)曾经介绍过，习惯上人们喜欢把新生代GC（Young GC）叫作Minor GC，老年代GC叫作Major GC，区别于整体性的Full GC。但是现代GC中，这种概念已经不再准确，对于G1来说：

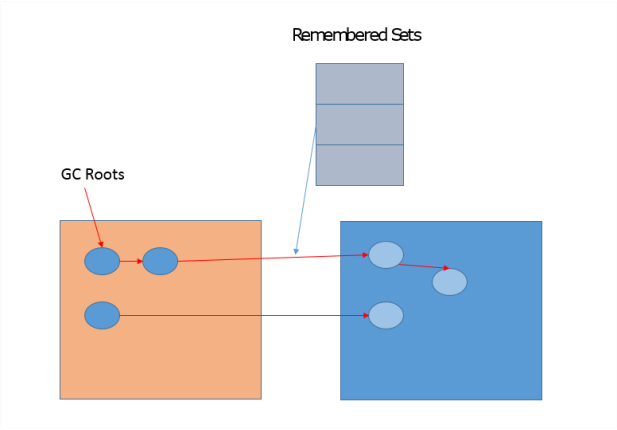
- Minor GC仍然存在，虽然具体过程会有区别，会涉及Remembered Set等相关处理。
- 老年代回收，则是依靠Mixed GC。并发标记结束后，JVM就有足够的信息进行垃圾收集，Mixed GC不仅同时会清理Eden、Survivor区域，而且还会清理部分Old区域。可以通过设置下面的参数，指定触发阈值，并且设定最多被包含在一次Mixed GC中的region比例。

```
-XX:G1MixedGCLiveThresholdPercent  
-XX:G1OldCSetRegionThresholdPercent
```

从G1内部运行的角度，下面的示意图描述了G1正常运行时的状态流转变化，当然，在发生逃逸失败等情况下，就会触发Full GC。



G1相关概念非常多，有一个重点就是Remembered Set，用于记录和维护region之间对象的引用关系。为什么需要这么做呢？试想，新生代GC是复制算法，也就是说，类似对象从Eden或者Survivor到to区域的“移动”，其实是“复制”，本质上是一个新的对象。在这个过程中，需要必须保证老年代到新生代的跨区引用仍然有效。下面的示意图说明了相关设计。



G1的很多开销都是源自Remembered Set，例如，它通常约占用Heap大小的20%或更高，这可是非常可观的比例。并且，我们进行对象复制的时候，因为需要扫描和更改Card Table的信息，这个速度影响了复制的速度，进而影响暂停时间。

描述G1内部资料很多，我就不重复了，如果你想了解更多内部结构和算法等，我建议参考一些具体的[介绍](#)，书籍方面我推荐Charlie Hunt等撰写的《Java Performance Companion》。

接下来，我介绍下大家可能还不了解的G1行为变化，它们在一定程度上解决了专栏其他讲中提到的部分困扰，如类型卸载不及时的问题。

- 上面提到了Humongous对象的分配和回收。这是很多内存问题的来源，Humongous region作为老年代的一部分，通常认为它会在并发标记结束后才进行回收，但是在新版G1中，Humongous对象回收采取了更加激进的策略。
我们知道G1记录了老年代(region)间对象引用，Humongous对象数量有限，所以能够快速知道是否有老年代对象引用它。如果没有，能够阻止它被回收的唯一可能，就是新生代是否有对象引用了它，但这个信息是可以在Young GC时就知道的，所以完全可以在Young GC中就进行Humongous对象的回收，不用像其他老年代对象那样，等待并发标记结束。
- 我在[专栏第5进](#)，提到了在8u20以后字符串排重的特性，在垃圾收集过程中，G1会把新创建的字符串对象放入队列中，然后在Young GC之后，并发地（不会STW）将内部数据（char数组，JDK 9以后是byte数组）一致的字符串进行排重，也就是将其引用同一个数组。你可以使用下面参数激活：

```
-XX:+UseStringDeduplication
```

注意，这种排重虽然可以节省不少内存空间，但这种并发操作会占用一些CPU资源，也会导致Young GC稍微变慢。

- 类型卸载是个长期困扰一些Java应用的问题，在[专栏第25进](#)中，我介绍了一个类只有当加载它的自定义类加载器被回收后，才能被卸载。元数据区替换了永久代之后有所改善，但还是可能出现问题。

G1的类型卸载有什么改进吗？很多资料中都谈到，G1只有在发生Full GC时才进行类型卸载，但这显然不是我们想要的。你可以加上下面的参数查看类型卸载：

```
-XX:+TraceClassUnloading
```

幸好现代的G1已经不是如此了，8u40以后，G1增加并默认开启下面的选项：

```
-XX:+ClassUnloadingWithConcurrentMark
```

也就是说，在并发标记阶段结束后，JVM即进行类型卸载。

- 我们知道老年代对象回收，基本要等待并发标记结束。这意味着，如果并发标记结束不及时，导致堆已满，但老年代空间还没完成回收，就会触发Full GC，所以触发并发标记的时机很重要。早期的G1调优中，通常会设置下面参数，但是很难给出一个普适的数值，往往要根据实际运行结果调整

```
-XX:InitiatingHeapOccupancyPercent
```

在JDK 9之后的G1实现中，这种调整需求会少很多，因为JVM只会将该参数作为初始值，会在运行时进行采样，获取统计数据，然后据此动态调整并发标记启动时机。对应的JVM参数如下，默认已经开启：

```
-XX:+G1UseAdaptiveIHOP
```

- 在现有的资料中，大多指出G1的Full GC是最差劲的单线程串行GC。其实，如果采用的是最新的JDK，你会发现Full GC也是并行进行的了，在通用场景中的表现还优于Parallel GC的Full GC实现。

当然，还有很多其他的改变，比如更快的Card Table扫描等，这里不再展开介绍，因为它们并不带来行为的变化，基本不影响调优选择。

前面介绍了G1的内部机制，并且穿插了部分调优建议，下面从整体上给出一些调优的建议。

首先，建议尽量升级到较新的JDK版本，从上面介绍的改进就可以看到，很多人们常常讨论的问题，其实升级JDK就可以解决了。

第二，掌握GC调优信息收集途径。掌握尽量全面、详细、准确的信息，是各种调优的基础，不仅仅是GC调优。我们来看看打开GC日志，这似乎是很简单的事情，可是你确定真的掌握了吗？

除了常用的两个选项，

```
-XX:+PrintGCDetails
-XX:+PrintGCDateStamps
```

还有一些非常有用的日志选项，很多特定问题的诊断都是要依赖这些选项：

```
-XX:+PrintAdaptiveSizePolicy // 打印G1 Ergonomics相关信息
```

我们知道GC内部一些行为是适应性的触发的，利用PrintAdaptiveSizePolicy，我们就可以知道为什么JVM做出了一些可能我们不希望发生的动作。例如，G1调优的一个基本建议就是避免进行大量的Humongous对象分配，如果Ergonomics信息说明发生了这一点，那么就可以考虑要么增大堆的大小，要么直接将region大小提高。

如果是怀疑出现引用清理不及时的情况，则可以打开下面选项，掌握到底是哪里出现了堆积。

```
-XX:+PrintReferenceGC
```

另外，建议开启选项下面的选项进行并行引用处理。

```
-XX:+ParallelRefProcEnabled
```

需要注意的一点是，JDK 9中JVM和GC日志机构进行了重构，其实我前面提到的PrintGCDetails已经被标记为废弃，而PrintGCDateStamps已经被移除，指定它会导致JVM无法启动。可以使用下面的命令查询新的配置参数。

```
java -Xlog:help
```

最后，来看一些通用实践，理解了我前面介绍的内部结构和机制，很多结论就一目了然了，例如：

- 如果发现Young GC非常耗时，这很可能就是因为新生代太大了，我们可以考虑减小新生代的最小比例。

```
-XX:G1NewSizePercent
```

降低其最大值同样对降低Young GC延迟有帮助。

```
-XX:G1MaxNewSizePercent
```

如果我们直接为G1设置较小的延迟目标值，也会起到减小新生代的效果，虽然会影响吞吐量。

- 如果是Mixed GC延迟较长，我们应该怎么做呢？

还记得前面说的，部分Old region会被包含进Mixed GC，减少一次处理的region个数，就是个直接的选择之一。

我在上面已经介绍了G1OldCSetRegionThresholdPercent控制其最大值，还可以利用下面参数提高Mixed GC的个数，当前默认值是8，Mixed GC数量增多，意味着每次被包含的region减少。

```
-XX:G1MixedGCCountTarget
```

今天的内容算是抛砖引玉，更多内容你可以参考[G1调优指南](#)等，远不是几句话可以囊括的。需要注意的是，也要避免过度调优，G1对大堆非常友好，其运行机制也需要浪费一定的空间，有时候稍微多给堆一些空间，比进行苛刻的调优更加实用。

今天我梳理了基本的GC调优思路，并对G1内部结构以及最新的行为变化进行了详解。总的来说，G1的调优相对简单、直观，因为可以直接设定暂停时间等目标，并且其内部引入了各种智能的自适应机制，希望这一切的努力，能够让你在日常应用开发时更加高效。

一课一练

关于今天我们讨论的题目你做到心中有数了吗？今天的思考题是，定位Full GC发生的原因，有哪些方式？

请在留言区写写你对这个问题的思考，我会选出经过认真思考的留言，送给你一份学习奖励礼券，欢迎你与我一起讨论。

你的朋友是不是也在准备面试呢？你可以“请朋友读”，把今天的题目分享给好友，或许你能帮到他。



涛哥迷妹	2018-07-18
感谢了这么晚还在回复,点赞了	
涛哥迷妹	2018-07-18
如果dump堆太大,我觉得可以先通过jmap -heap看下是哪个区占用特别多,再看下对内存占用前20到30的大对象,然后结合jstat gccuase 查看下引起Gc原因 .目前想到这些思路请问还有更好的工具? jconsole jdb远程连接查看占用?	
涛哥迷妹	2018-07-17
FullGc可通过Gc日志 或者添加fullgc前后堆dump 查看引起fullgc原因 CPU飙升可以看看jstack 作者回复	2018-07-18
不错思路,如果堆太大dump不现实呢,除了gc日志,还有没有其他工具?	
涛哥迷妹	2018-07-16
请问Remembered Set和cardtable关系是怎么样的? 他们之间是如何协作一起完成g1 gc的? 作者回复	2018-07-18
我理解card table是remembered set的一种实现	
涛哥迷妹	2018-07-16
Remembered Set和cardtable的关系是什么? 他们什么时候使用能说明下吗	
涛哥迷妹	2018-07-16
Remembered Set和cardtable 是什么关系什么时候使用能说明下这个过程吗	
三口先生	2018-07-11
jmap指令加不加live, 分析是否是内存泄露或者是请求的内存处理不过来等原因。 作者回复	2018-07-11
嗯, 不过, 加live会触发full gc吧	
潇洒的毅小峰	2018-07-11
老师要快点更新啊感觉到26更不完, 校招马上开始了呢, 学的不亦乐乎	
作者回复	2018-07-11
汗	
小刚	2018-07-10
老师讲的很到位, 看得不是很明白, 得多看几遍。	

