20180418 Java 内存泄漏

原文： https://www.ibm.com/developerworks/cn/java/l-JavaMemoryLeak/

问题的提出

Java的一个重要优点就是通过垃圾收集器(Garbage Collection，GC)自动管理内存的回收，程序员不需要通过调用函数来释放内存。因此，很多程序员认为Java不存在内存泄漏问题，或者认为即使有内存泄漏也不是程序的责任，而是GC或JVM的问题。其实，这种想法是不正确的，因为Java也存在内存泄露，但它的表现与C++不同。

随着越来越多的服务器程序采用Java技术，例如JSP，Servlet， EJB等，服务器程序往往长期运行。另外，在很多嵌入式系统中，内存的总量非常有限。内存泄露问题也就变得十分关键，即使每次运行少量泄漏，长期运行之后，系统也是面临崩溃的危险。

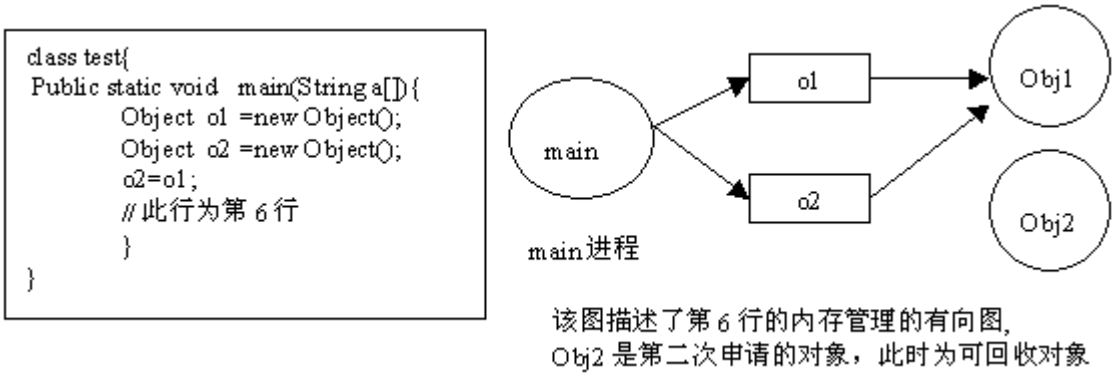
Java是如何管理内存

为了判断Java中是否有内存泄露，我们首先必须了解Java是如何管理内存的。Java的内存管理就是对象的分配和释放问题。在Java中，程序员需要通过关键字new为每个对象申请内存空间 (基本类型除外)，所有的对象都在堆(Heap)中分配空间。另外，对象的释放是由GC决定和执行的。在Java中，内存的分配是由程序完成的，而内存的释放是有GC完成的，这种收支两条线的方法确实简化了程序员的工作。但同时，它也加重了JVM的工作。这也是Java程序运行速度较慢的原因之一。因为，GC为了能够正确释放对象，GC必须监控每一个对象的运行状态，包括对象的申请、引用、被引用、赋值等，GC都需要进行监控。

监视对象状态是为了更加准确地、及时地释放对象，而释放对象的根本原则就是该对象不再被引用。

为了更好理解GC的工作原理，我们可以将对象考虑为有向图的顶点，将引用关系考虑为图的有向边，有向边从引用者指向被引对象。另外，每个线程对象可以作为一个图的起始顶点，例如大多程序从main进程开始执行，那么该图就是以main进程顶点开始的一棵根树。在这个有向图中，根顶点可达的对象都是有效对象，GC将不回收这些对象。如果某个对象 (连通子图)与这个根顶点不可达(注意，该图为有向图)，那么我们认为这个(这些)对象不再被引用，可以被GC回收。

以下，我们举一个例子说明如何用有向图表示内存管理。对于程序的每一个时刻，我们都有一个有向图表示JVM的内存分配情况。以下右图，就是左边程序运行到第6行的示意图。



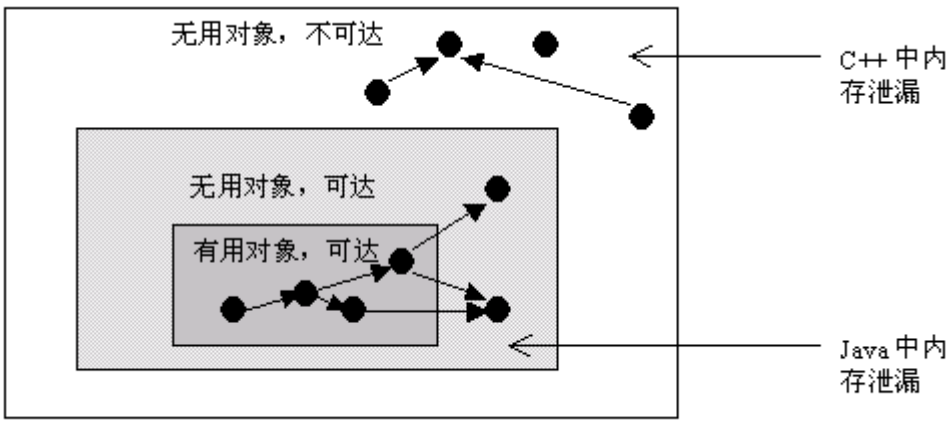
Java使用有向图的方式进行内存管理，可以消除引用循环的问题，例如有三个对象，相互引用，只要它们和根进程不可达的，那么GC也是可以回收它们的。这种方式的优点是管理内存的精度很高，但是效率较低。另外一种常用的内存管理技术是使用计数器，例如COM模型采用计数器方式管理构件，它与有向图相比，精度行低(很难处理循环引用的问题)，但执行效率很高。

什么是Java中的内存泄露

下面，我们就可以描述什么是内存泄漏。在Java中，内存泄漏就是存在一些被分配的对象，这些对象有下面两个特点，首先，这些对象是可达的，即在有向图中，存在通路可以与其相连；其次，这些对象是无用的，即程序以后不会再使用这些对象。如果对象满足这两个条件，这些对象就可以判定为Java中的内存泄漏，这些对象不会被GC所回收，然而它却占用内存。

在C++中，内存泄漏的范围更大一些。有些对象被分配了内存空间，然后却不可达，由于C++中没有GC，这些内存将永远收不回来。在Java中，这些不可达的对象都由GC负责回收，因此程序员不需要考虑这部分的内存泄露。

通过分析，我们得知，对于C++，程序员需要自己管理边和顶点，而对于Java程序员只需要管理边就可以了(不需要管理顶点的释放)。通过这种方式，Java提高了编程的效率。



因此，通过以上分析，我们知道在Java中也有内存泄漏，但范围比C++要小一些。因为Java从语言上保证，任何对象都是可达的，所有的不可达对象都由GC管理。

对于程序员来说，GC基本是透明的，不可见的。虽然，我们只有几个函数可以访问GC，例如运行GC的函数System.gc()，但是根据Java语言规范定义， 该函数**不保证JVM的垃圾收集器一定会执行**。

因为，不同的JVM实现者可能使用不同的算法管理GC。通常，GC的线程的优先级别较低。JVM调用GC的策略也有很多种，有的是内存使用到达一定程度时，GC才开始工作，也有定时执行的，有的是平缓执行GC，有的是中断式执行GC。但通常来说，我们不需要关心这些。除非在一些特定的场合，GC的执行影响应用程序的性能，例如对于基于Web的实时系统，如网络游戏等，用户不希望GC突然中断应用程序执行而进行垃圾回收，那么我们需要调整GC的参数，让GC能够通过平缓的方式释放内存，例如将垃圾回收分解为一系列的小步骤执行，Sun提供的HotSpot JVM就支持这一特性。

下面给出了一个简单的内存泄露的例子。在这个例子中，我们循环申请Object对象，并将所申请的对象放入一个Vector中，如果我们仅仅释放引用本身，那么Vector仍然引用该对象，所以这个对象对GC来说是不可回收的。因此，如果对象加入到Vector后，还必须从Vector中删除，最简单的方法就是将Vector对象设置为null。

```
Vector v=new Vector(10);
for (int i=1;i<100; i++)
{
    Object o=new Object();
    v.add(o);
    o=null;
}
```

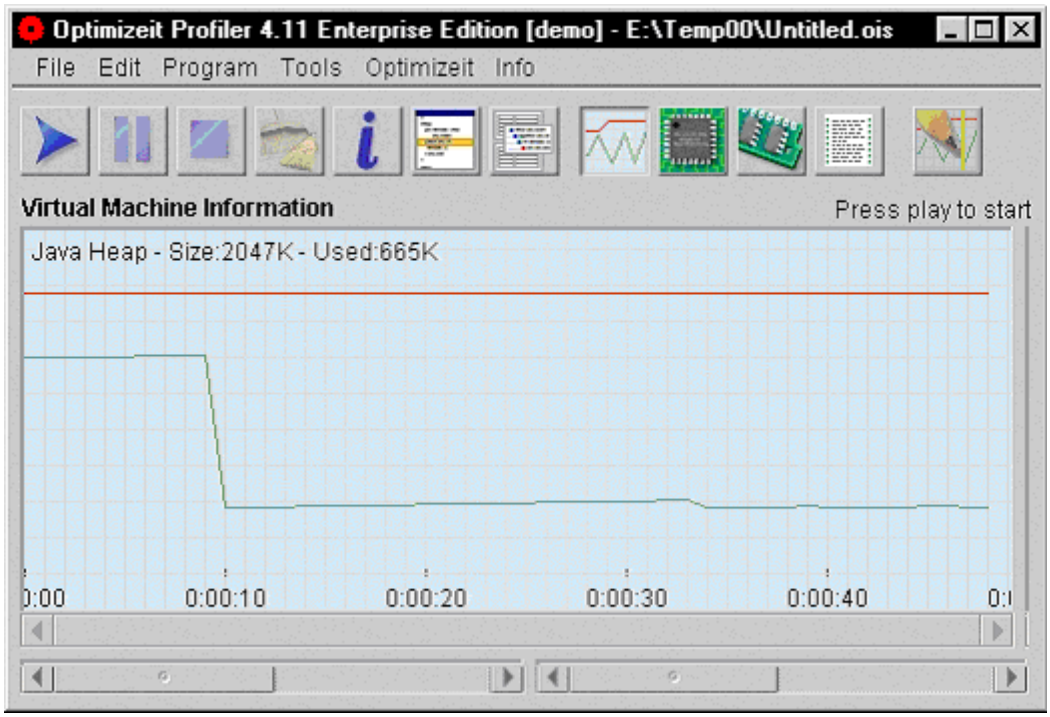
如何检测内存泄漏

最后一个重要的问题，就是如何检测Java的内存泄漏。目前，我们通常使用一些工具来检查Java程序的内存泄漏问题。市场上已有几种专业检查Java内存泄漏的工具，它们的基本工作原理大同小异，都是通过监测Java程序运行时，所有对象的申请、释放等动作，将内存管理的所有信息进行统计、分析、可视化。开发人员将根据这些信息判断程序是否有内存泄漏问题。这些工具包括Optimizeit Profiler，JProbe Profiler，JinSight , Rational 公司的Purify等。

下面，我们将简单介绍Optimizeit的基本功能和工作原理。

Optimizeit Profiler版本4.11支持Application，Applet，Servlet和Romote Application四类应用，并且可以支持大多数类型的JVM，包括SUN JDK系列，IBM的JDK系列，和Jbuilder的JVM等。并且，该软件是由Java编写，因此它支持多种操作系统。Optimizeit系列还包括Thread Debugger和Code Coverage两个工具，分别用于监测运行时的线程状态和代码覆盖面。

当设置好所有的参数了，我们就可以在OptimizeIt环境下运行被测程序，在程序运行过程中，Optimizeit可以监视内存的使用曲线(如下图)，包括JVM申请的堆(heap)的大小，和实际使用的内存大小。另外，在运行过程中，我们可以随时暂停程序的运行，甚至强行调用GC，让GC进行内存回收。通过内存使用曲线，我们可以整体了解程序使用内存的情况。这种监测对于长期运行的应用程序非常有必要，也很容易发现内存泄露。



在运行过程中，我们还可以从不同视角观查内存的使用情况，Optimizeit提供了四种方式：

- 堆视角。 这是一个全面的视角，我们可以了解堆中的所有的对象信息(数量和种类)，并进行统计、排序，过滤。了解相关对象的变化情况。
- 方法视角。通过方法视角，我们可以得知每一种类的对象，都分配在哪些方法中，以及它们的数量。
- 对象视角。给定一个对象，通过对象视角，我们可以显示它的所有出引用和入引用对象，我们可以了解这个对象的所有引用关系。
- 引用图。 给定一个根，通过引用图，我们可以显示从该顶点出发的所有出引用。

在运行过程中，我们可以随时观察内存的使用情况，通过这种方式，我们可以很快找到那些长期不被释放，并且不再使用的对象。我们通过检查这些对象的生存周期，确认其是否为内存泄露。在实践当中，寻找内存泄露是一件非常麻烦的事情，它需要程序员对整个程序的代码比较清楚，并且需要丰富的调试经验，但是这个过程对于很多关键的Java程序都是十分重要的。

综上所述，Java也存在内存泄露问题，其原因主要是一些对象虽然不再被使用，但它们仍然被引用。为了解决这些问题，我们可以通过软件工具来检查内存泄露，检查的主要原理就是暴露出所有堆中的对象，让程序员寻找那些无用但仍被引用的对象。