1 Garbage Collect(垃圾回收)

1.1 如何确定一个对象是垃圾?

> 要想进行垃圾回收，得先知道什么样的对象是垃圾。

1.1.1 引用计数法

对于某个对象而言，只要应用程序中持有该对象的引用，就说明该对象不是垃圾，如果一个对象没有任何指针对其引用，它就是垃圾。

`弊端` :如果AB相互持有引用，导致永远不能被回收。

1.1.2 可达性分析

通过GC Root的对象，开始向下寻找，看某个对象是否可达

> 能作为GC Root:类加载器、Thread、虚拟机栈的本地变量表、static成员、常量引用、本地方法栈的变量等。

GC管理的主要区域是Java堆，一般情况下只针对堆进行垃圾回收。方法区、栈和本地方法区不被GC所管理,因而选择这些区域内的对象作为GC roots,被GC roots引用的对象不被GC回收。

- 虚拟机栈中栈桢中的局部变量（也叫局部变量表）中引用的对象
- 方法区中类的静态变量、常量引用的对象
- 本地方法栈中 JNI (Native方法)引用的对象

```
public class GCRootDemo {
    private static GCRootDemo gc2;
    private static final GCRootDemo gc3 = new GCRootDemo();

    public static void m1(){
        GCRootDemo gc1 = new GCRootDemo();
        System.gc();
        System.out.println("第一次GC完成");
    }
    public static void main(String[] args) {
        m1();
    }
}
```

1.1.2.1 生存还是死亡

即使在可达性分析算法中不可达的对象，也并非是“非死不可”的，这时候它们暂时处于“缓刑”状态，要真正宣告一个对象死亡，至少要经历两次标记过程：如果对象在进行可达性分析后发现没有与GCRoots相连接的引用链，那它将会被第一次标记并且进行一次筛选，筛选的条件是此对象是否有必要执行finalize()方法。当对象没有覆盖finalize()方法，或finalize()方法已经被虚拟机调用过，虚拟机将这两种情况都视为”没有必要执行“。

如果这个对象被判定为有必要执行finalize()方法，那么这个对象将会放置在一个叫做F-Queue队列之中，并在稍后由一个由虚拟机自动建立的、低优先级的Finalizer线程去执行它。这里所谓的“执行”是指虚拟机会触发这个方法，但并不承诺会等待它运行结束，这样做的原因是，如果一个对象在finalize()方法中执行缓慢，或者发生了死循环（更极端的情况），将很可能会导致F-Queue队列中其他对象永久处于

等待，甚至导致整个内存回收系统崩溃。finalize()方法是对象逃脱死亡命运的最后一次机会，稍后GC将对F-Queue中的对象进行第二次小规模标记，如果对象要在finalize()中成功拯救自己——只要重新与引用链上的任何一个对象建立关联即可，譬如吧自己（this关键字）赋值给某个类变量或者对象的成员变量，那在第二次标记时它将被移除出“即将回收”的集合；如果对象这时候还没有逃脱，那基本上它就真的被回收了。

1.1.2.2 finalize的作用

- finalize()是Object的protected方法，子类可以覆盖该方法以实现资源清理工作，GC在回收对象之前调用该方法。
- finalize()与C++中的析构函数不是对应的。C++中的析构函数调用的时机是确定的（对象离开作用域或delete掉），但Java中的finalize的调用具有不确定性
- 不建议用finalize方法完成“非内存资源”的清理工作。

1.1.2.3 finalize的问题

- 一些与finalize相关的方法，由于一些致命的缺陷，已经被废弃了，如System.runFinalizersOnExit()方法、Runtime.runFinalizersOnExit()方法
- System.gc()与System.runFinalization()方法增加了finalize方法执行的机会，但不可盲目依赖它们
- Java语言规范并不保证finalize方法会被及时地执行、而且根本不会保证它们会被执行
- finalize方法可能会带来性能问题。因为JVM通常在单独的低优先级线程中完成finalize的执行
- 对象再生问题：finalize方法中，可将待回收对象赋值给GC Roots可达的对象引用，从而达到对象再生的目的
- finalize方法至多由GC执行一次(用户当然可以手动调用对象的finalize方法，但并不影响GC对finalize的行为)

1.1.2.4 finalize的执行过程(生命周期)

(1) 首先，大致描述一下finalize流程：当对象变成(GC Roots)不可达时，GC会判断该对象是否覆盖了finalize方法，若未覆盖，则直接将其回收。否则，若对象未执行过finalize方法，将其放入F-Queue队列，由一低优先级线程执行该队列中对象的finalize方法。执行finalize方法完毕后，GC会再次判断该对象是否可达，若不可达，则进行回收，否则，对象“复活”。

1.1.2.5 代码演示复活

```
public class FinalizeEscapeGC {

    public static FinalizeEscapeGC SAVE_HOOK = null;

    public void isAlive(){
        System.out.println("我依然存活着");
    }

    @Override
    protected void finalize() throws Throwable {
        super.finalize();
        System.out.println("执行finalize方法");
        FinalizeEscapeGC.SAVE_HOOK=this;
    }

    public static void main(String[] args) throws InterruptedException {
        SAVE_HOOK = new FinalizeEscapeGC();

        //对象第一次成功拯救自己
        SAVE_HOOK=null;
        System.gc();
```

```
        //因为finalize方法优先级很低，所以暂停0.5秒以等待它
        Thread.sleep(500);
        if(SAVE_HOOK != null){
            SAVE_HOOK.isAlive();
        }else{
            System.out.println("对象已经死亡");
        }

        //下面这段代码与上面的完全相同，但是这次自救失败了
        SAVE_HOOK=null;
        System.gc();
        //因为finalize方法优先级很低，所以暂停0.5秒以等待它
        Thread.sleep(500);
        if(SAVE_HOOK != null){
            SAVE_HOOK.isAlive();
        }else{
            System.out.println("对象已经死亡");
        }
    }
}
```

```
运行结果：
    执行finalize方法
    我依然存活着
    对象已经死亡
```

从结果可以看出，SAVE_HOOK对象的finalize()方法确实被GC收集器触发过，并且在被收集前成功逃脱了。

另外一个值得注意的地方是，代码中有两段完全一样的代码片段，执行结果却是一次逃脱成功，一次失败，这是因为任何一个对象的finalize()方法都只会被系统自动调用一次，如果对象面临下一次回收，它的finalize()方法不会被再次执行，因此第二段代码的自救行动失败了。

1.2 垃圾收集算法

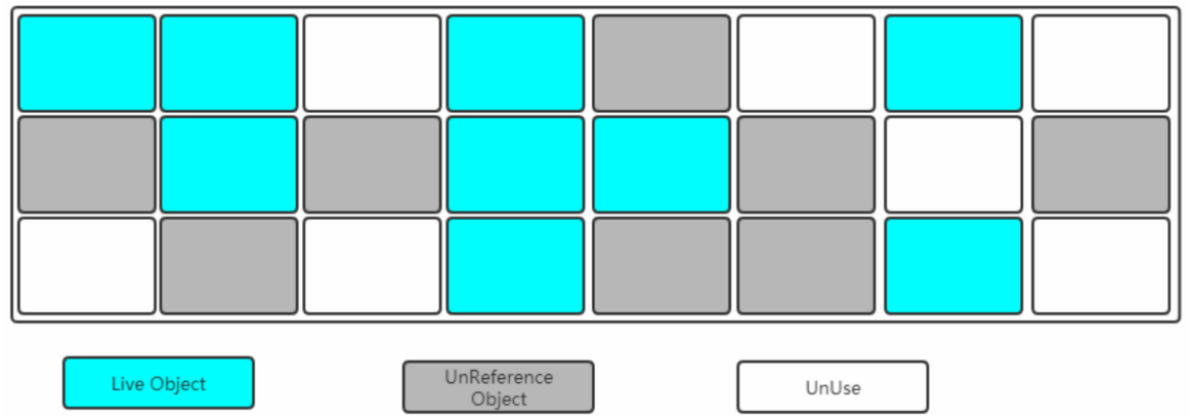
> 已经能够确定一个对象为垃圾之后，接下来要考虑的就是回收，怎么回收呢？
>
> 得要有对应的算法，下面聊聊常见的垃圾回收算法。

1.2.1 标记-清除(Mark-Sweep)

- 标记

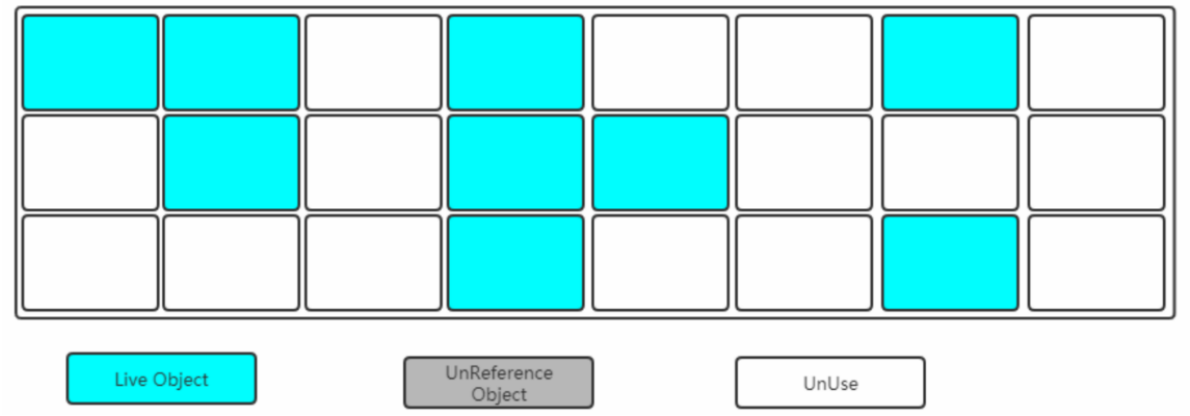
找出内存中需要回收的对象，并且把它们标记出来

> 此时堆中所有的对象都会被扫描一遍，从而才能确定需要回收的对象，比较耗时



- 清除

清除掉被标记需要回收的对象，释放出对应的内存空间



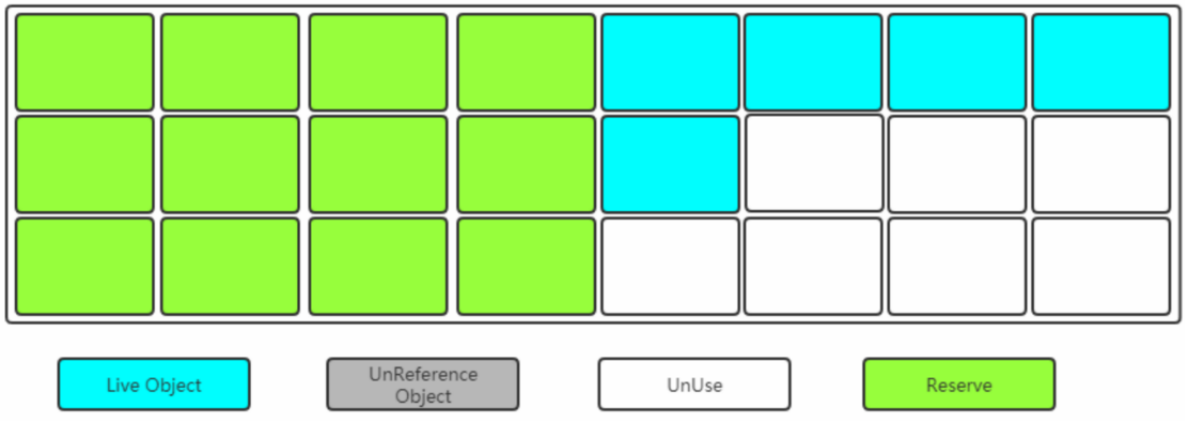
缺点

(1)标记和清除两个过程都比较耗时，效率不高
(2)会产生大量不连续的内存碎片，空间碎片太多可能会导致以后在程序运行过程中需要分配较大对象时，无法找到足够的连续内存而不得不提前触发另一次垃圾收集动作。

1.2.2 复制(Copying)

将内存划分为两块相等的区域，每次只使用其中一块，如下图所示：

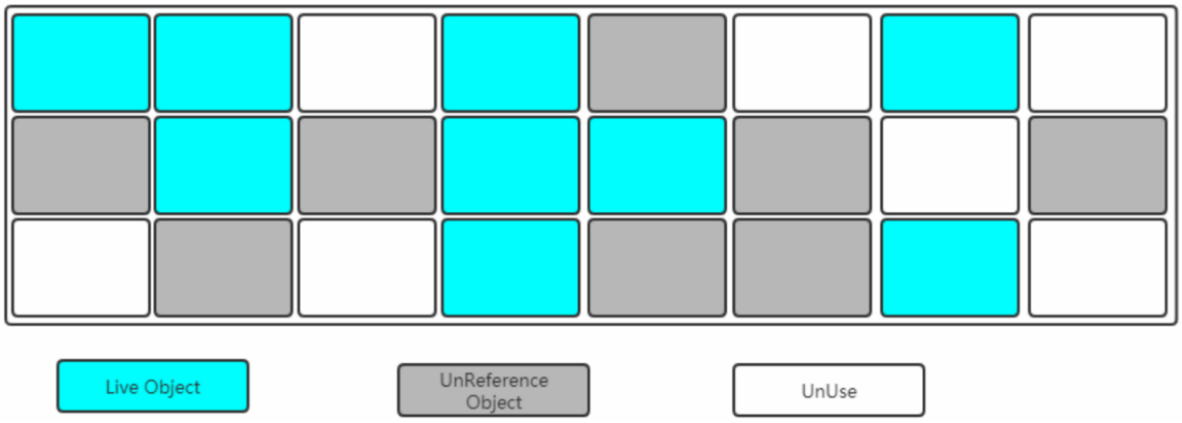
当其中一块内存使用完了，就将还存活的对象复制到另外一块上面，然后把已经使用过的内存空间一次清除掉。



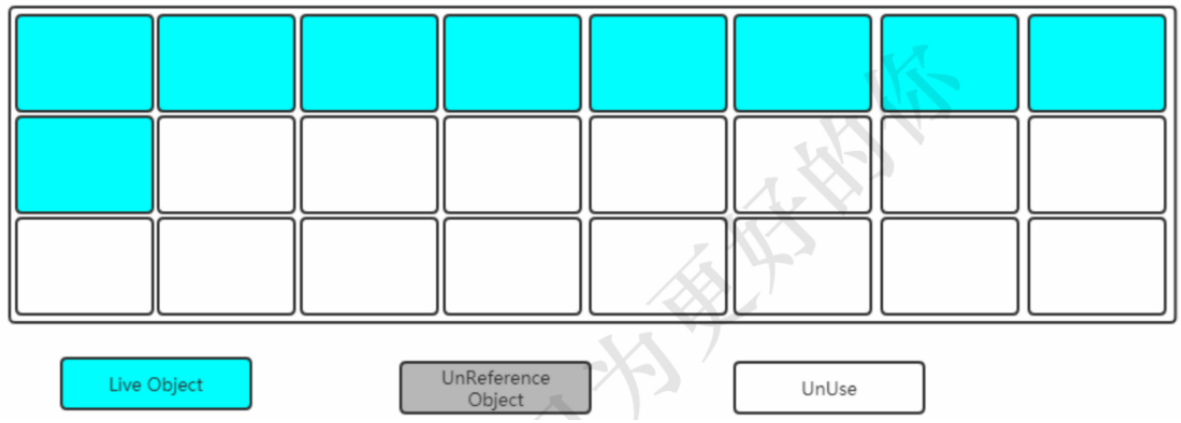
缺点:空间利用率降低

1.2.3 标记-整理(Mark-Compact)

标记过程仍然与"标记-清除"算法一样，但是后续步骤不是直接对可回收对象进行清理，而是让所有存活的对象都向一端移动，然后直接清理掉端边界以外的内存。



让所有存活的对象都向一端移动，清理掉边界意外的内存。



1.3 分代收集算法

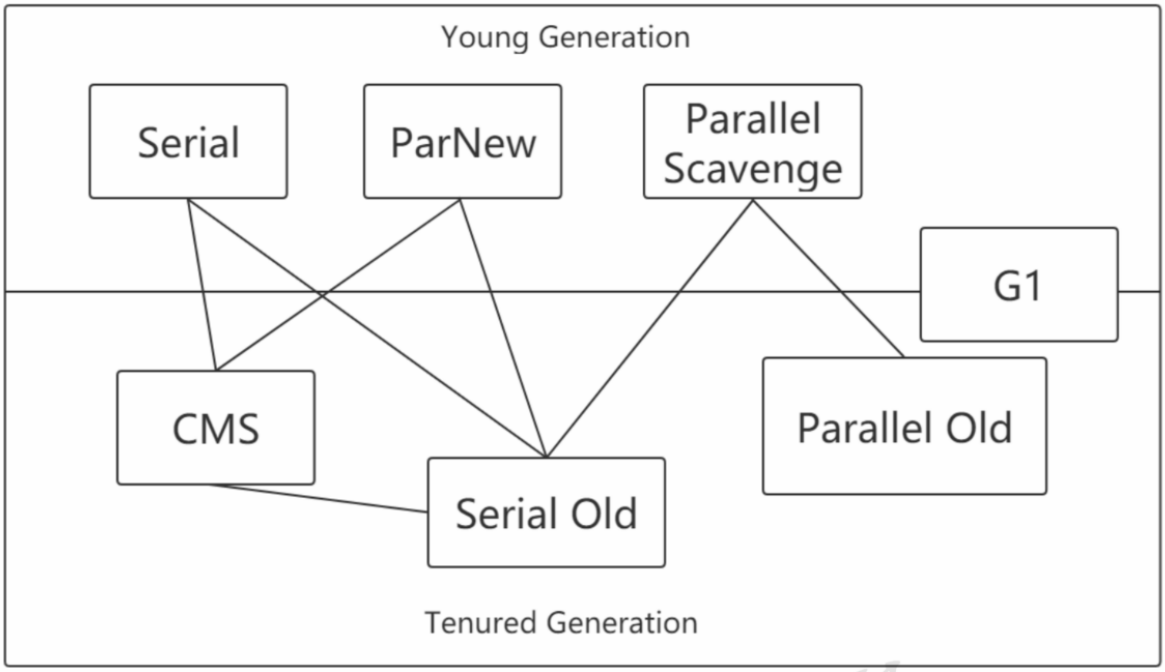
> 既然上面介绍了3中垃圾收集算法，那么在堆内存中到底用哪一个呢?

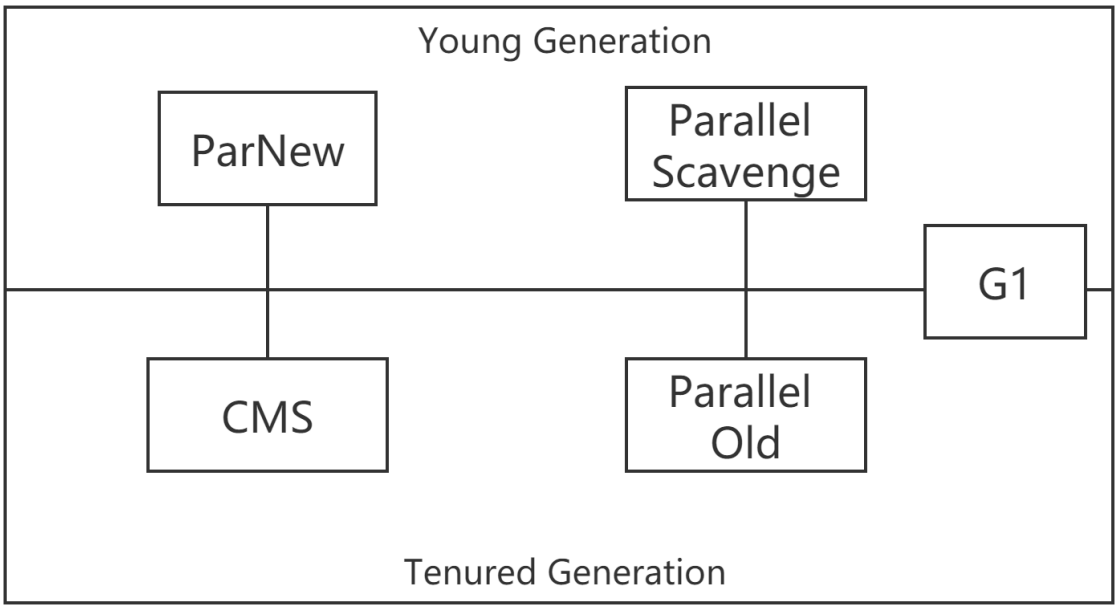
Young区：复制算法(对象在被分配之后，可能生命周期比较短，Young区复制效率比较高)

Old区：标记清除或标记整理(Old区对象存活时间比较长，复制来复制去没必要，不如做个标记再清理)

1.4 垃圾收集器

> 如果说收集算法是内存回收的方法论，那么垃圾收集器就是内存回收的具体实现，说白了就是落地咯。



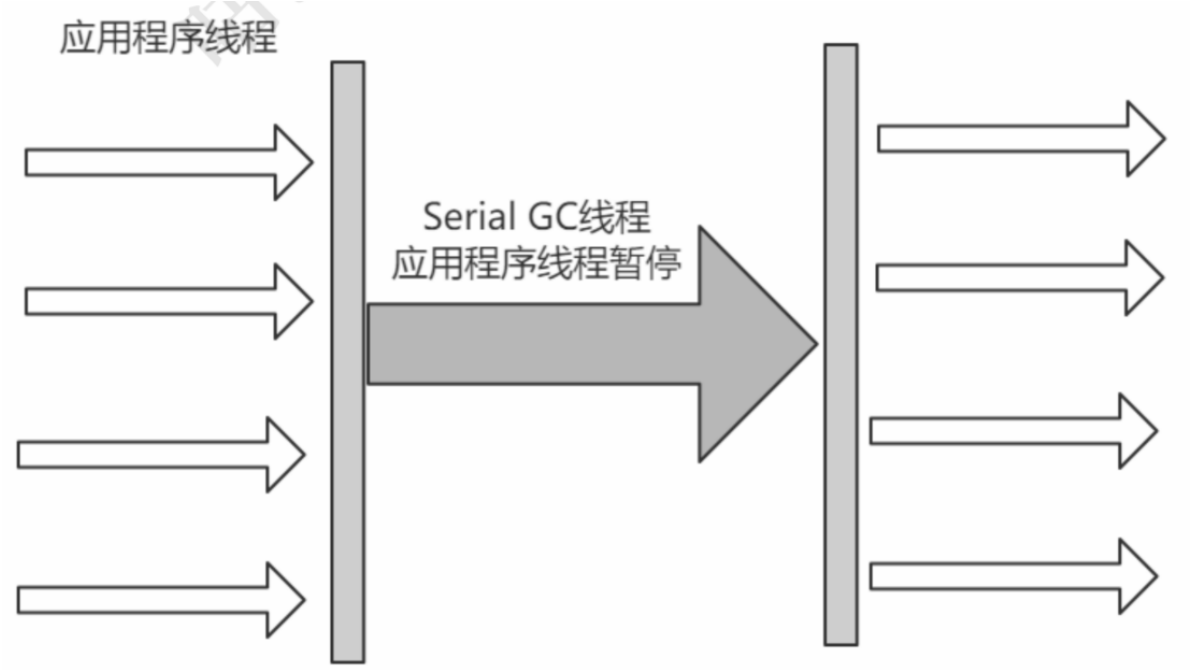


1.4.1 Serial收集器

Serial收集器是最基本、发展历史最悠久的收集器，曾经（在JDK1.3.1之前）是虚拟机新生代收集的唯一选择。

它是一种单线程收集器，不仅仅意味着它只会使用一个CPU或者一条收集线程去完成垃圾收集工作，更重要的是其在进行垃圾收集的时候需要暂停其他线程。

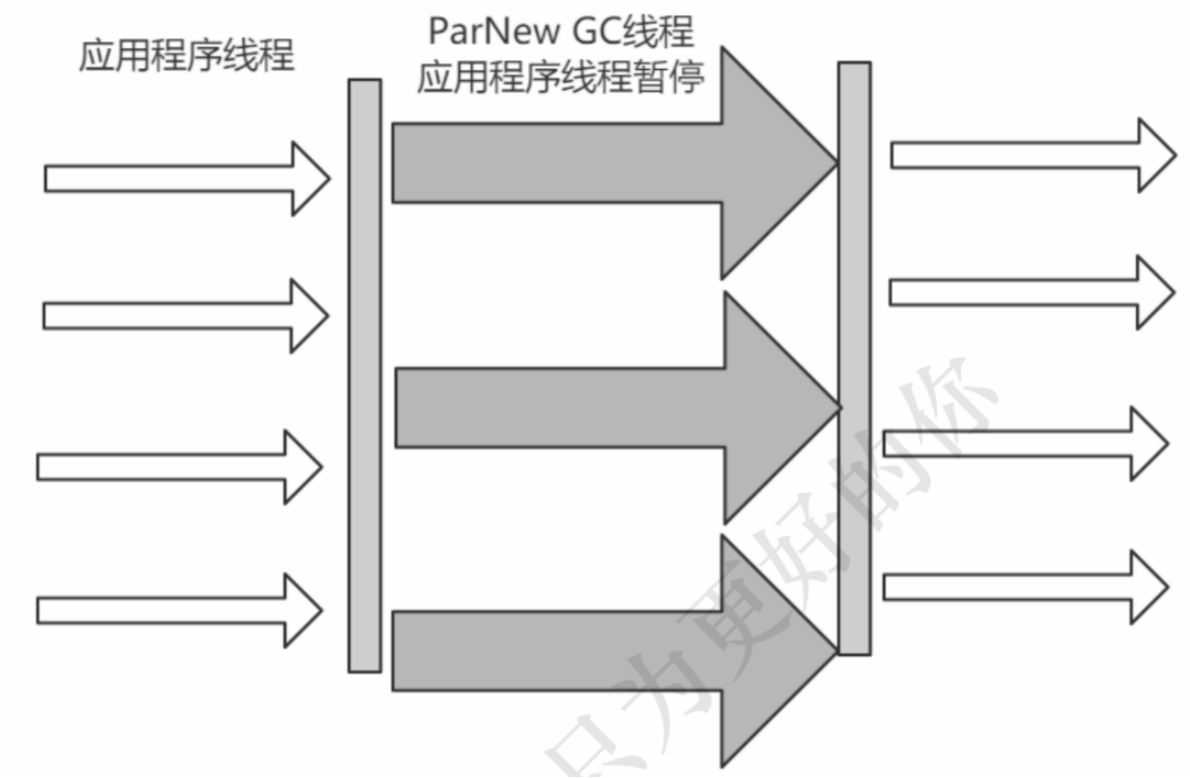
```
优点：简单高效，拥有很高的单线程收集效率
缺点：收集过程需要暂停所有线程
算法：复制算法
适用范围：新生代
应用：Client模式下的默认新生代收集器
```



1.4.2 ParNew收集器

可以把这个收集器理解为Serial收集器的多线程版本。

```
优点：在多CPU时，比Serial效率高。
缺点：收集过程暂停所有应用程序线程，单CPU时比Serial效率差。
算法：复制算法
适用范围：新生代
应用：运行在Server模式下的虚拟机中首选的新生代收集器
```



1.4.3 Parallel Scavenge收集器

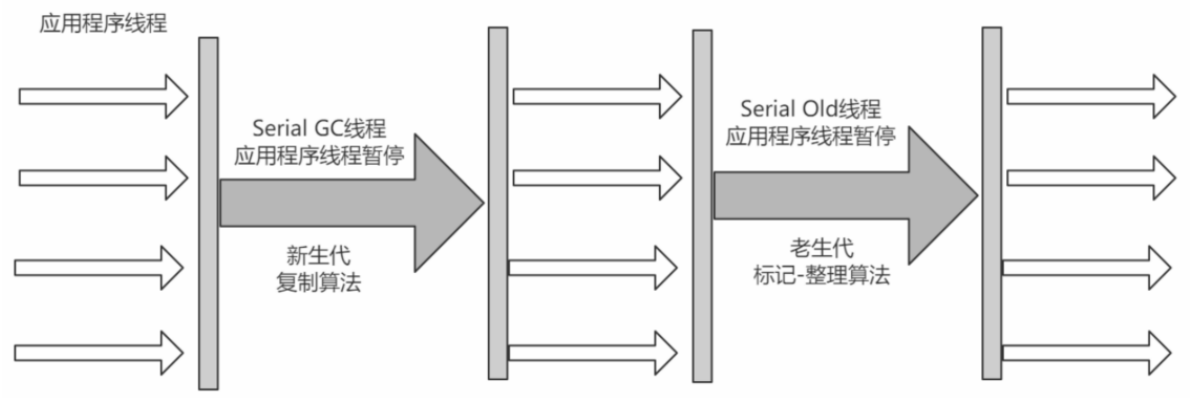
Parallel Scavenge收集器是一个新生代收集器，它也是使用复制算法的收集器，又是并行的多线程收集器，看上去和ParNew一样，但是Parallel Scanvenge更关注`系统的吞吐量`。

> 吞吐量=运行用户代码的时间/(运行用户代码的时间+垃圾收集时间)
>
> 比如虚拟机总共运行了100分钟，垃圾收集时间用了1分钟，吞吐量=(100-1)/100=99%。
>
> 若吞吐量越大，意味着垃圾收集的时间越短，则用户代码可以充分利用CPU资源，尽快完成程序的运算任务。

```
-XX:MaxGCPauseMillis控制最大的垃圾收集停顿时间，
-XX:GCTimeRatio直接设置吞吐量的大小。
```

1.4.4 Serial Old收集器

Serial Old收集器是Serial收集器的老年代版本，也是一个单线程收集器，不同的是采用"标记-整理算法"，运行过程和Serial收集器一样。



1.4.5 Parallel Old收集器

Parallel Old收集器是Parallel Scavenge收集器的老年代版本，使用多线程和"标记-整理算法"进行垃圾回收。

`吞吐量优先`

1.4.6 CMS收集器

CMS(Concurrent Mark Sweep)收集器是一种以获取 最短回收停顿时间 为目标的收集器。

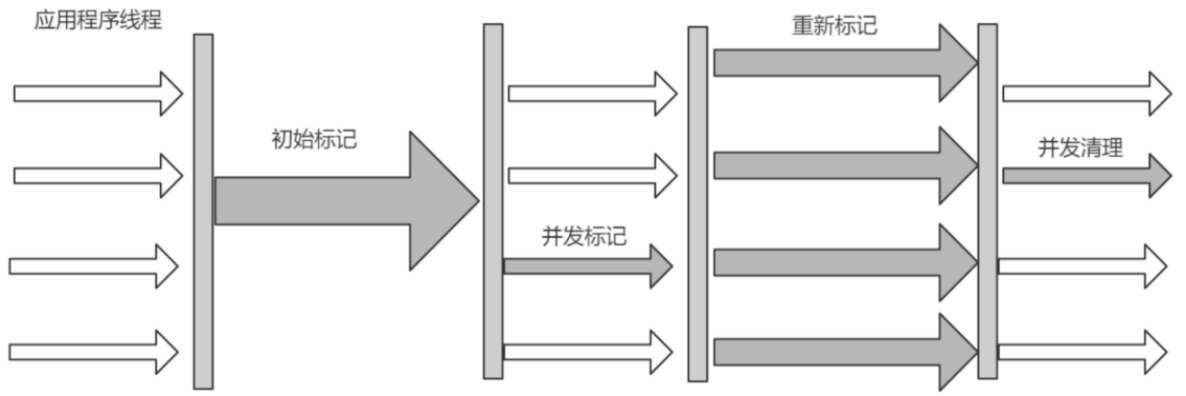
采用的是"标记-清除算法",整个过程分为4步

> 注意：“标记”是指将存活的对象和要回收的对象都给标记出来，而“清除”是指清除掉将要回收的对象。

```
(1)初始标记      CMS initial mark         标记GC Roots能直接关联到的对象 Stop The World-- ->速度很快
(2)并发标记      CMS concurrent mark      进行GC Roots Tracing 【啥意思？其实就是从GC Roots开始找到它能引用的所有其它对象】的过程
(3)重新标记      CMS remark               Stop The World 为了修正并发标记期间因用户程序继续运作而导致标记产生变动的那一部分对象的标记记录。这个阶段的停顿时间一般会比初始标记阶段稍长一些，但远比并发标记的时间要短。
(4)并发清除      CMS concurrent sweep 在整个过程中耗时最长的并发标记和并发清除过程收集器线程都可以与用户线程一起工作，因此，从总体上看，CMS收集器的内存回收过程是与用户线程一起并发执行的：
```

> 由于整个过程中，并发标记和并发清除，收集器线程可以与用户线程一起工作，所以总体上来说，CMS收集器的内存回收过程是与用户线程一起并发地执行的。

优点：并发收集、低停顿
缺点：1、对CPU非常敏感（要求高）：在并发阶段虽然不会导致用户线程暂停，但是它总是要线程去执行的呀，多少会占用点CPU资源。
2、无法处理浮动垃圾：在最后一步并发清理过程中，用户线程执行也会产生垃圾，但是这部分垃圾是在标记之后，所以只有等到下一次gc的时候清理掉，这部分垃圾叫浮动垃圾，因为我边执行清除过程，应用也边产生垃圾。这时需要设置一个百分比来确保程序的可执行，避免CMS运行时，预留的内存无法满足程序的需要。在JDK1.5中，这个百分比为68%，到1.6时，这个参数值提高到了92%。那如果万一有些人说我就要把这个参数值设置100%，那执行的时候内存满了，用户的线程运行不了。这时候会临时启用serial Old （单线程执行，会暂停所有用户的线程）收集器来重新进行老年代的垃圾收集，这样停顿时间就更长了。
3、产生大量空间碎片、并发阶段会降低吞吐量



CMS默认晋升老年代的年龄为6的原因：
简单来说就是因为CMS对内存碎片尤其敏感，且会导致单线程Serial FullGC 这个尤其严重的结果，而从结果上说越大的MaxTenuringThreshold会更快的导致heap的碎片化（不光是old区，首先要明白对于内存的分配并不是真的一个对象一个对象紧密排列的），所以历代CMS默认这个值都会比较小（jdk8以前是4，之后调整为6）

1.4.7 G1收集器

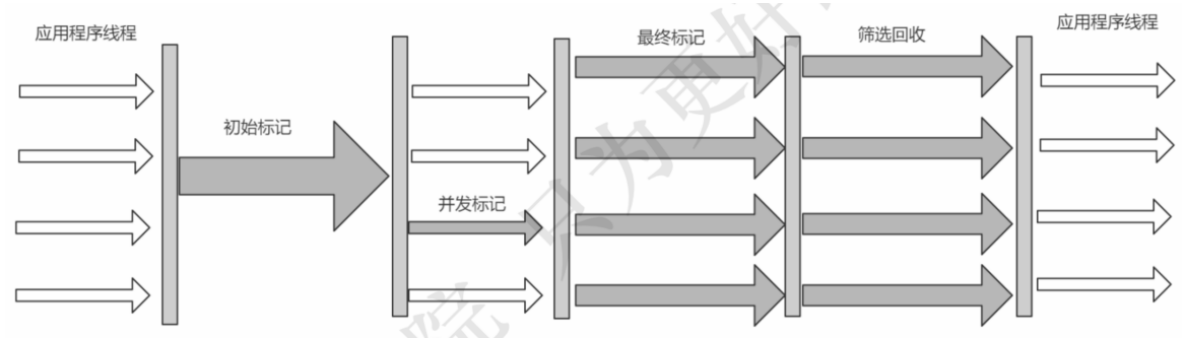
G1特点

并行与并发
分代收集（仍然保留了分代的概念）
空间整合（整体上属于“标记-整理”算法，不会导致空间碎片）
可预测的停顿（比CMS更先进的地方在于能让使用者明确指定一个长度为M毫秒的时间片段内，消耗在垃圾收集上的时间不得超过N毫秒）

> 使用G1收集器时，Java堆的内存布局与就与其他收集器有很大差别，它将整个Java堆划分为多个大小相等的独立区域（Region），虽然还保留有新生代和老年代的概念，但新生代和老年代不再是物理隔离的了，它们都是一部分Region（不需要连续）的集合。

工作过程可以分为如下几步

初始标记（Initial Marking）　　标记一下GC Roots能够直接关联的对象，并且修改TAMS的值，需要暂停用户线程
并发标记（Concurrent Marking）　　从GC Roots进行可达性分析，找出存活的对象，与用户线程并发执行
最终标记（Final Marking）　　修正在并发标记阶段因为用户程序的并发执行导致变动的数据，需暂停用户线程
筛选回收（Live Data Counting and Evacuation）　对各个Region的回收价值和成本进行排序，根据用户所期望的GC停顿时间制定回收计划



1.4.8 垃圾收集器分类

- 串行收集器->Serial和Serial Old

只能有一个垃圾回收线程执行，用户线程暂停。 适用于内存比较小的嵌入式设备 。

- 并行收集器[吞吐量优先]->Parallel Scanvenge、Parallel Old

多条垃圾收集线程并行工作，但此时用户线程仍然处于等待状态。 适用于科学计算、后台处理等若交互场景 。

- 并发收集器[停顿时间优先]->CMS、G1

用户线程和垃圾收集线程同时执行(但并不一定是并行的，可能是交替执行的)，垃圾收集线程在执行的时候不会停顿用户线程的运行。 适用于相对时间有要求的场景，比如web 。

1.4.9 理解吞吐量和停顿时间

- 停顿时间->垃圾收集器 进行 垃圾回收终端应用执行响应的时间
- 吞吐量->运行用户代码时间/(运行用户代码时间+垃圾收集时间)

停顿时间越短就越适合需要和用户交互的程序，良好的响应速度能提升用户体验；
高吞吐量则可以高效地利用CPU时间，尽快完成程序的运算任务，主要适合在后台运算而不需要太多交互的任务。

小结 :这两个指标也是评价垃圾回收器好处的标准，其实调优也就是在观察者两个变量。

1.4.10 如何选择合适的垃圾收集器

官网 ： https://docs.oracle.com/javase/8/docs/technotes/guides/vm/gctuning/collectors.html#sthref28

- 优先调整堆的大小让服务器自己来选择
- 如果内存小于100M，使用串行收集器 -XX:+UseSerialGC
- 如果是单核，并且没有停顿时间要求，JVM自己选或使用串行 -XX:+UseSerialGC
- 如果允许停顿时间超过1秒，JVM自己选或选择并行 -XX:+UseParallelGC

- 如果响应时间最重要，并且不能超过1秒，使用并发收集器 -XX:+UseConcMarkSweepGC or -XX:+UseG1GC

1.4.11 再次理解G1

> JDK 7开始使用，JDK 8非常成熟，JDK 9默认的垃圾收集器，适用于新老生代。

判断是否需要使用G1收集器?

```
（1）50%以上的堆被存活对象占用
（2）对象分配和晋升的速度变化非常大
（3）垃圾回收时间比较长
```

1.4.12 如何开启需要的垃圾收集器

> 这里JVM参数信息的设置大家先不用关心，下一章节会学习到。

```
（1）串行 -XX：+UseSerialGC -XX：+UseSerialOldGC
（2）并行(吞吐量优先)： -XX：+UseParallelGC -XX：+UseParallelOldGC
（3）并发收集器(响应时间优先) -XX：+UseConcMarkSweepGC -XX：+UseG1GC
```