

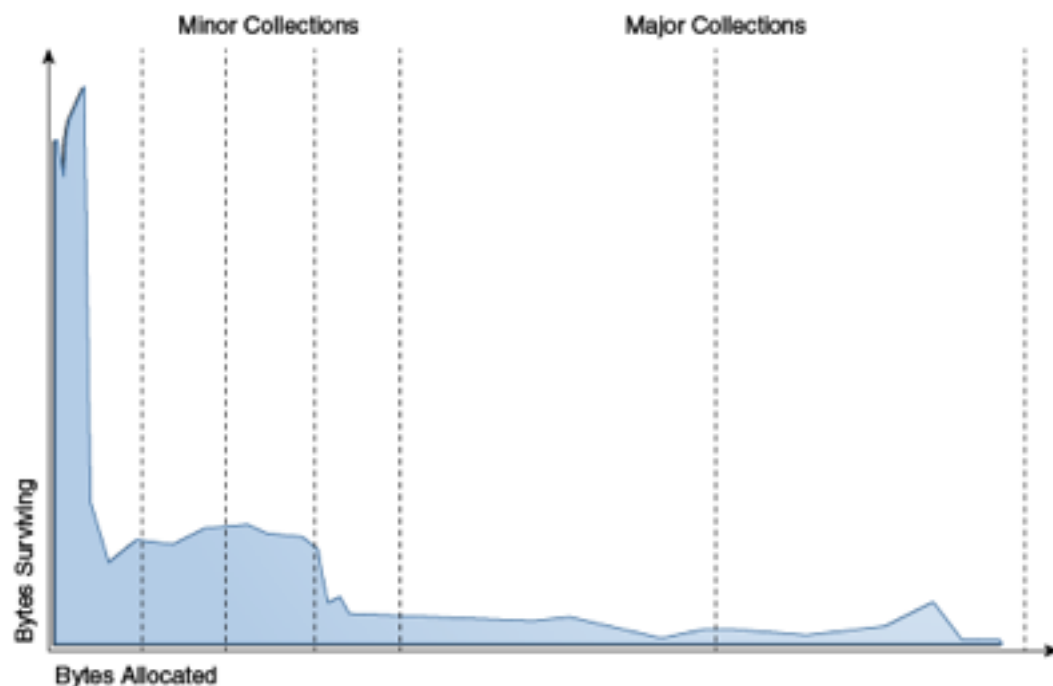
概要：

- 目的：简单了解jvm gc原理，对jvm gc调优有大概的认识,问题排查的工具方法
- 内容：
 - jvm内存模型、几种gc collector
 - 简单gc调优和配置
 - jdk内置工具，监视和分析
- 其他：主要基于jdk8官方文档

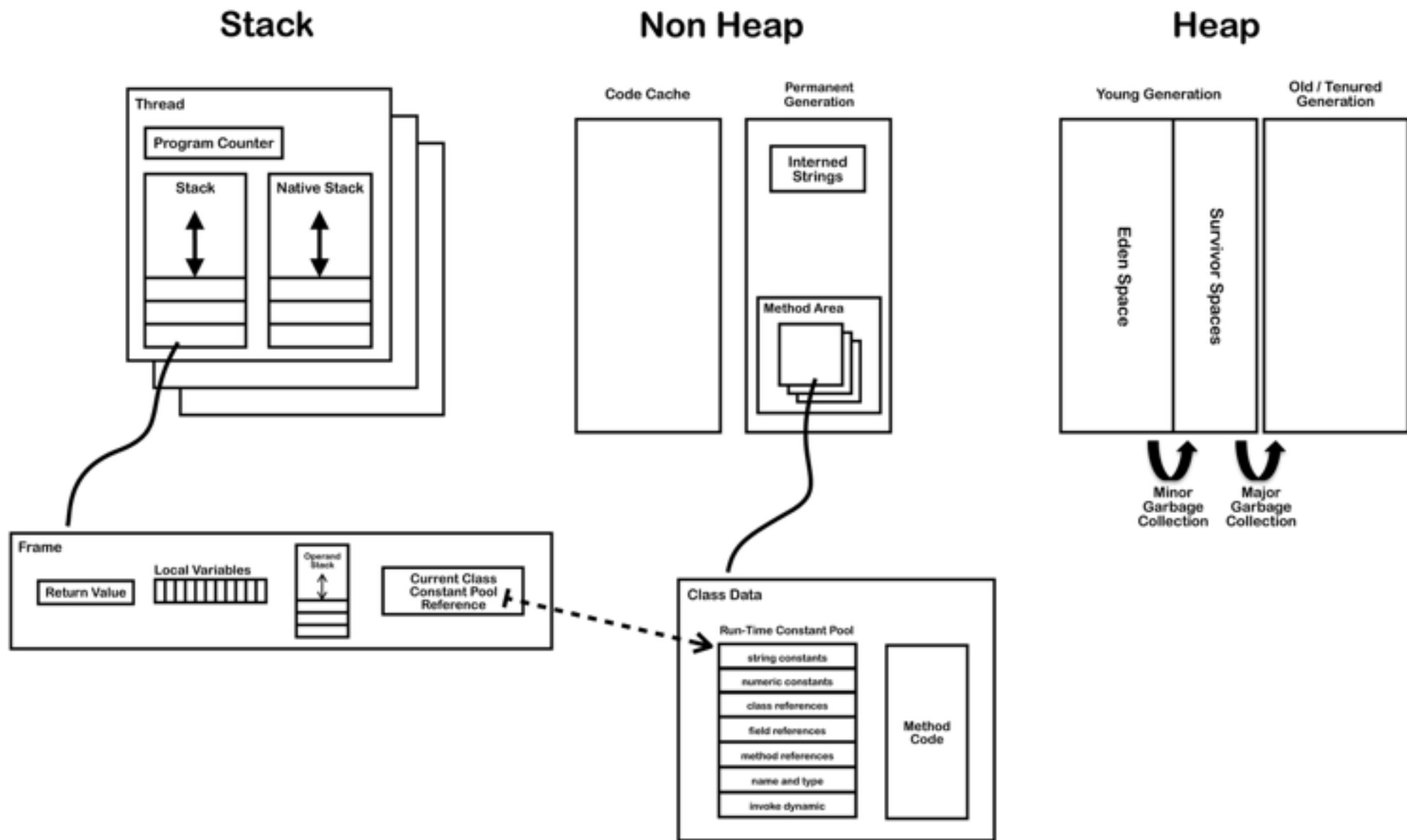
一、GC机制

对象的短生命周期

- 大部分对象“死得早”
- 新生对象很少引用生存时间长的对象
- web应用中的典型的场景：
 - 请求处理过程中new的大部分对象很快unreachable（占绝大部分）
 - 处理时间较长的方法运行中创建的对象（可能活过几次minor gc）
 - 长时间对象（可能很长，但早晚还是会被销毁）
 - 长生命周期对象（常量、固定内存数据）



内存模型(老版)

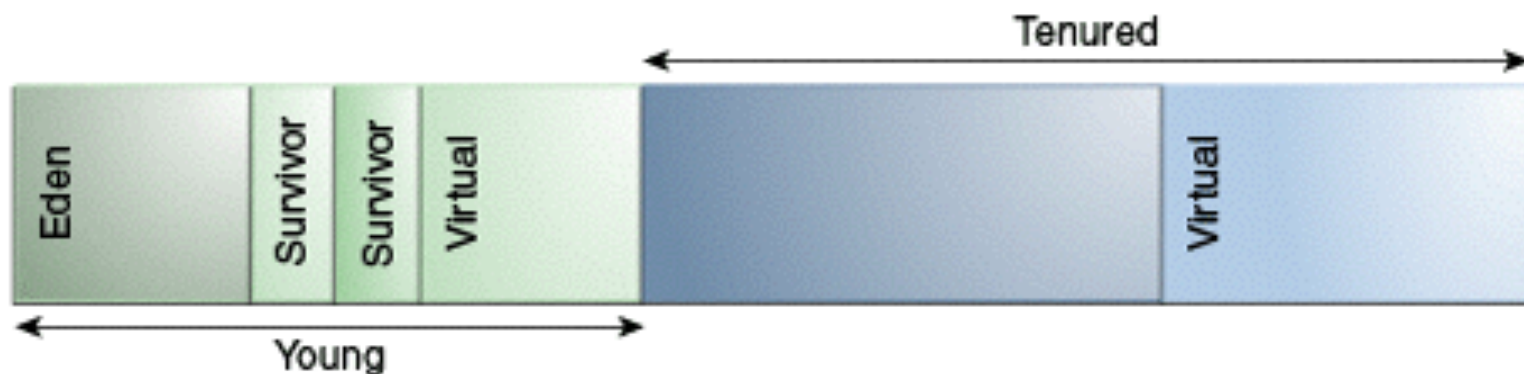


GC基本规则： stop-the-world

- : Stop-the-world会在任何一种GC算法中发生(不一定是全程)。Stop-the-world意味着 JVM因为要执行GC而停止了应用程序的执行。当Stop-the-world发生时，除了GC所需的线程以外，所有线程都处于等待状态，直到GC任务"完成"。GC优化很多时候就是指减少Stop-the-world发生的时间（最长中断时间、中断时间比

基于年代的对象堆内存管理

- 新生代(young generation: minor gc(YGC)copying collector).
 - eden:新对象首先被分配到该区域 (如果对象很大则直接分配到老年代)
 - 存活区(survivor)1 2: minor gc后存活的对象被交替移动到其中一个区域, 在该区域存活一定次数后移动到老年代 (如果minor gc时该区域不足也会被直接移动到老年代)
- 老年代(old generation: major gc(FGC)mark-sweep-compact collection)
- 持久代(perm: 类元信息、常量、字符串等, FGC时同时回收改区域 (JDK8 取消了该区域, MetaData))



可能的问题

- java.lang.VirtualMachineError
 - OutOfMemory
 - StackOverflow
- gc停顿（StopTheWorld，甚至响应超时
- 频繁gc，吞吐量达不到要求

衡量指标

- 吞吐量(Throughput):处理业务所用时间（除去gc时间） 占比
- 暂停时间： 由于gc而暂停响应的的时间

五种gc算法

- 1.Serial GC：单线程，高效，适合小内存程序或者单核服务器
 - -XX:UseSerialGC
 - Parallel/ Throughput collector
- 2.Parallel GC(Throughput collector)：多线程，适合多核服务器，内存占用中一大（老年代使用单线程）
- 3.Parallel Old GC (Parallel Compacting GC)：区别于老年代也执行并行gc
- » » Throughput collector,thread count

- » » Concurrent collector
- 4.Concurrent Mark& Sweep GC (or “CMS”):优先响应时间，弱化吞吐，以cpu资源换取shorter major collection pause time (a large tenured && 2+ cpu), gc过程中并非所有阶段都stop-the-world ,(Scheduling Pauses)
 - 缺点：cpu 内存消耗增加，当碎片过多需要压缩时，stop-the-world 时间更长,相对的cpu少时效果不是很理想(增量模式， 1 or 2cpu, @Deprecated
- 5.Garbage First (G1) GC ，最快的，针对高配服务器，算法相对复杂，调优也比较难搞，jdk8推荐

When is a garbage collection started?

System.gc()?

默认值:

- 2cpu && $\geq 2G$: server-class machine

>>>

Throughput garbage collector, Initial heap size $1/64x \sim 1G$, Maximum heap size $1/4 \sim 1G$, Server runtime compiler

: : 64bit parallel collector

4. `java -XX:+PrintFlagsFinal <GC options> -version | grep MaxHeapSize`
5. `+PrintFlagsInitial`
6. `-XX:+PrintCommandLineFlags`

gc算法的一般选择步骤

Unless your application has rather strict pause time requirements, first run your application and allow the VM to select a collector. If necessary, adjust the heap size to improve performance. If the performance still does not meet your goals, then use the following guidelines as a starting point for selecting a collector.

- If the application has a small data set (up to approximately 100 MB), then select the serial collector with the option `-XX:+UseSerialGC`.
- If the application will be run on a single processor and there are no pause time requirements, then let the VM select the collector, or select the serial collector with the option `-XX:+UseSerialGC`.
- If (a) peak application performance is the first priority and (b) there are no pause time requirements or pauses of 1 second or longer are acceptable, then let the VM select the collector, or select the parallel collector with `-XX:+UseParallelGC`.
- If response time is more important than overall throughput and garbage collection pauses must be kept shorter than approximately 1 second, then select the concurrent collector with `-XX:+UseConcMarkSweepGC` or `-XX:+UseG1GC`.

二、gc调优

基于人体工程学的jvm自动调优

- 一、最短暂停时间

- `-XX:MaxGCPauseMillis=<nnn>`

- 二、吞吐量优先

- `-XX:GCTimeRatio=<nnn>`, The ratio of garbage collection time to application time is $1 / (1 + \text{<nnn>})$

footprint: `-Xmx` / `+` maximum heap size

» » 底层参数

参数确定一般步骤

- 不能因为某个应用使用的GC参数“A”，就说明同样的参数也能给其他服务带来最佳的效果。而是要因地制宜，有的放矢。
- gc 参数的也是需要变化的：服务器配置变更、业务代码改动、期望效果的提升、流量变化。。。

1. 确定基准值和期望

1. maximum heap size (<physicmemory, pause time, throughput

2. 调整细节参数以满足要求

3. 发生变化时调整参数（资源、流量、业务、期望值

4. 总之，大概就是观察 -> 调整 直到合适

参数配置

- Java reference :
 - <http://docs.oracle.com/javase/8/docs/technotes/tools/windows/java.html>
- Java -X
- HotSpot VM
 - <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/tech/vmoptions-jsp-140102.html>
- Tomcat,readme

参数

- gc算法
- 堆内存空间 -Xms4G-XX:MaxHeapSize -XX:InitialHeapSize=6m -XX:InitialSurvivorRatio=ratio
- 新生代空间 -Xmn512m-XX:NewSize-XX:MaxNewSize -XX:NewRatio=2 -XX:NewSize 。。。
- Perm
- Gc算法，各算法的特殊参数（线程数量、开关、内存页、空闲百分百。。。
- Advanced Garbage Collection Options（各gc文档、默认值列表
- Tomcat配置

GC监控

- Jstat
 - (Java) VisualVM + Visual GC,jconsole
 - 第三方
-
- 哨兵系统
 - Gc log分析

三、gc优化

- 前提：
 - 已经通过 -Xms和-Xmx设置了内存大小
 - 包含了 -server参数
- 系统中没有超时日志等错误日志

优化之前

- Gc优化是最后一部
- 最小变量范围
- 减少不必要的对象生成
- StringBuilder StringBuffer 替换String
- 减少日志输出

目的

- 一个是将转移到老年代的对象数量降到最少
- 另一个是减少Full GC的执行时间

优化的过程

- 1.监控GC状态
- 2.在分析监控结果后，决定是否进行GC优化
- 3. 调整GC类型/内存空间
- 4.分析结果
- 5. 如果结果令人满意，你可以将该参数应用于所有的服务器，并停止GC优化
- 结合程序特性分析：流量波动 业务对象特性 算法特性 业务架构特点

四、架构参数

- Nginx
- apache

OutOfMemoryError

- <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/technotes/guides/troubleshoot/memleaks002.html>
- "-XX: PermSize" and "-XX: MaxPermSize" ()
- Tomcat 多应用部署, 重启时class 无法卸载完全
- -Xmx
- -XX:+HeapDumpOnOutOfMemoryError and -XX:HeapDumpPath
- *Java heap space: -Xmx ; app is holding refs to objects unintentionally ; finalize()...
- *GC Overhead limit exceeded: gc time>98%
- Requested array size exceeds VM limit:
- Metaspace:
- request size bytes for reason. Out of swap space?:
- Compressed class space:
- reason stack_trace_with_native_method:

tools

- jconsole, Jvisualvm, Jcmd(8, Jmc(8
- Jps, Jstat, Jstatd
- Jinfo, jhat, jmap, jsadebugd, jstack
- Gc analysis

jps

- `jps -m -l -v`

jinfo

- Generates configuration information.
- <http://docs.oracle.com/javase/8/docs/technotes/tools/unix/jinfo.html>

jconsole/jvisualvm

- ref:(通常可以用于本地或测试环境分析调试)
- <http://docs.oracle.com/javase/8/docs/technotes/tools/unix/jconsole.html>
- <http://docs.oracle.com/javase/8/docs/technotes/guides/management/jconsole.html>
- tomcat jconsole
- <https://tomcat.apache.org/tomcat-7.0-doc/monitoring.html>

jstat

- jstat -options
- <http://docs.oracle.com/javase/8/docs/technotes/tools/unix/jstat.html>
- （参数和现实意义

jhat

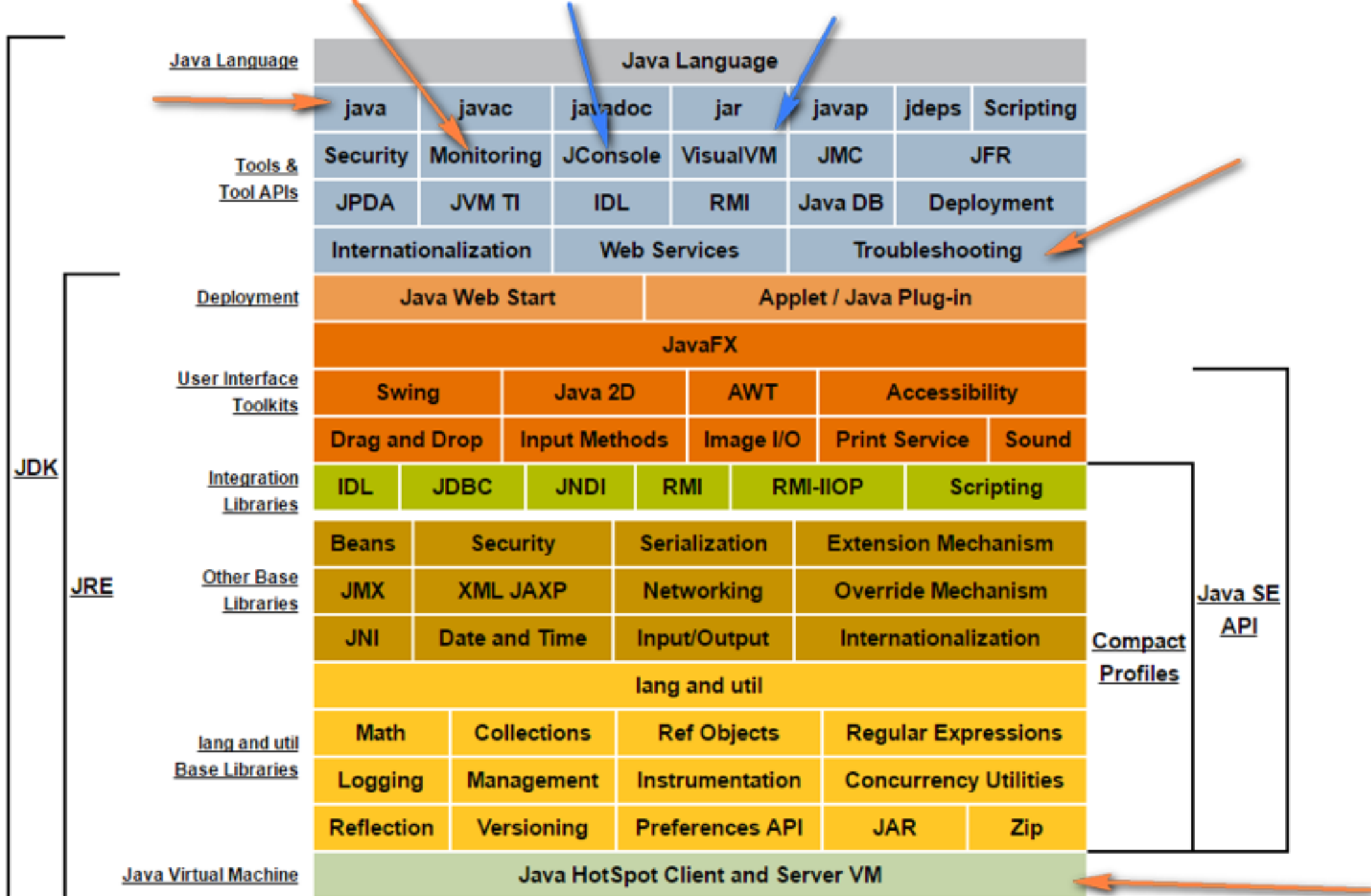
- -J-Xmx4g

jmap

- <http://docs.oracle.com/javase/8/docs/technotes/tools/unix/jmap.html>
- `jmap -J-d64 -heap pid.`
- `-dump:file=dp.hsdp`

参考

- Jdk官方文档
- <http://docs.oracle.com/javase/6/docs/>
- <http://docs.oracle.com/javase/7/docs/>
- <http://docs.oracle.com/javase/8/docs/>
- <http://docs.oracle.com/javase/8/docs/technotes/tools/windows/java.html>
- Java -help | java-? | java -X



- jdk7 HotSportOptions: <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/tech/vmoptions-jsp-140102.html>
- jdk67 GC调优: <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/gc-tuning-6-140523.html>
- jdk8 GC调优: <http://docs.oracle.com/javase/8/docs/technotes/guides/vm/gctuning/toc.html>
- gc诊断 (gc log) : <http://www.oracle.com/technetwork/java/example-141412.html>
- HotSpot GC FAQ: <http://www.oracle.com/technetwork/java/faq-140837.html>
- HotSpot JVM FAQ: <http://www.oracle.com/technetwork/java/hotspotfaq-138619.html>

<http://www.importnew.com/1993.html>
<http://www.importnew.com/2057.html>
<http://www.importnew.com/3146.html>
<http://www.importnew.com/3151.html>
<http://www.importnew.com/13954.html>

(建议看原文，翻译有些地方不太准确)

<https://blog.codecentric.de/en/2012/07/useful-jvm-flags-part-1-jvm-types-and-compiler-modes/>
<https://blog.codecentric.de/en/2012/07/useful-jvm-flags-part-2-flag-categories-and-jit-compiler-diagnostics>
<https://blog.codecentric.de/en/2012/07/useful-jvm-flags-part-3-printing-all-xx-flags-and-their-values/>
<https://blog.codecentric.de/en/2012/07/useful-jvm-flags-part-4-heap-tuning/>
<https://blog.codecentric.de/en/2012/08/useful-jvm-flags-part-5-young-generation-garbage-collection/>

提醒：

- 只提供大概的印象，如果需要实干，务必过一遍文档
- 建议官方文档，并且一致的版本
- 调优和问题排查都是长期的过程，多观察

完！