

# Contents

1 前言	3
2 快速开始	7
2.1 源码编译 . . . . .	7
2.2 UnityProfiler . . . . .	7
2.3 MemoryCralwer . . . . .	9
3 UnityProfiler	11
3.1 简介 . . . . .	11
3.2 原理 . . . . .	12
3.3 命令手册 . . . . .	13
3.3.1 alloc . . . . .	13
3.3.2 info . . . . .	13
3.3.3 frame . . . . .	13
3.3.4 next . . . . .	14
3.3.5 prev . . . . .	15
3.3.6 func . . . . .	15
3.3.7 find . . . . .	15
3.3.8 list . . . . .	16
3.3.9 meta . . . . .	16
3.3.10 lock . . . . .	17
3.3.11 stat . . . . .	18
3.3.12 seek . . . . .	18
3.3.13 fps . . . . .	19
3.3.14 help . . . . .	19
3.3.15 quit . . . . .	20
3.4 使用案例 . . . . .	20
3.4.1 追踪渲染丢帧 . . . . .	20
3.4.2 追踪动态内存分配 . . . . .	20
3.5 小结 . . . . .	21

<b>4 MemoryCrawler</b>	<b>21</b>
4.1 简介 . . . . .	21
4.2 原理 . . . . .	22
4.3 命令手册 . . . . .	22
4.3.1 read . . . . .	22
4.3.2 load . . . . .	22
4.3.3 track . . . . .	22
4.3.4 str . . . . .	23
4.3.5 ref . . . . .	24
4.3.6 REF . . . . .	27
4.3.7 uref . . . . .	27
4.3.8 UREF . . . . .	27
4.3.9 kref . . . . .	28
4.3.10 KREF . . . . .	28
4.3.11 ukref . . . . .	28
4.3.12 UKREF . . . . .	29
4.3.13 link . . . . .	29
4.3.14 unlink . . . . .	29
4.3.15 show . . . . .	29
4.3.16 ushow . . . . .	30
4.3.17 find . . . . .	30
4.3.18 ufind . . . . .	30
4.3.19 type . . . . .	31
4.3.20 utype . . . . .	31
4.3.21 stat . . . . .	31
4.3.22 ustat . . . . .	32
4.3.23 list . . . . .	32
4.3.24 ulist . . . . .	33
4.3.25 dup . . . . .	33
4.3.26 bar . . . . .	34
4.3.27ubar . . . . .	34
4.3.28 heap . . . . .	35
4.3.29 save . . . . .	35
4.3.30 uuid . . . . .	35
4.3.31 help . . . . .	35

4.3.32	quit	.....	36
4.4	使用案例	.....	36
4.4.1	追踪内存增长	.....	36
4.4.2	追踪内存泄漏	.....	40
4.4.3	优化 Mono 内存	.....	40
4.5	小结	.....	40

# 1 前言

*Unity* 是个普及度很高拥有大量开发者的游戏开发引擎，其提供的 *Unity* 编辑器可以快速的开发移动设备游戏，并且通过编辑器扩展可以很容易开发出项目需要的辅助工具，但是 *Unity* 提供性能调试工具非常简陋，功能简单并且难以使用，如果项目出现性能问题，定位起来相当花时间，并且准确率很低，一定程度上靠运气。

## Profiler

目前 *Unity* 随包提供的只有 *Profiler* 工具，里面聚合 *CPU*、*GPU*、内存、音频、视频、物理、网络等多个维度的性能数据，但是我们大部分情况下只是用它来定位卡顿问题，也就是主要 *CPU* 时间消耗（图1）。

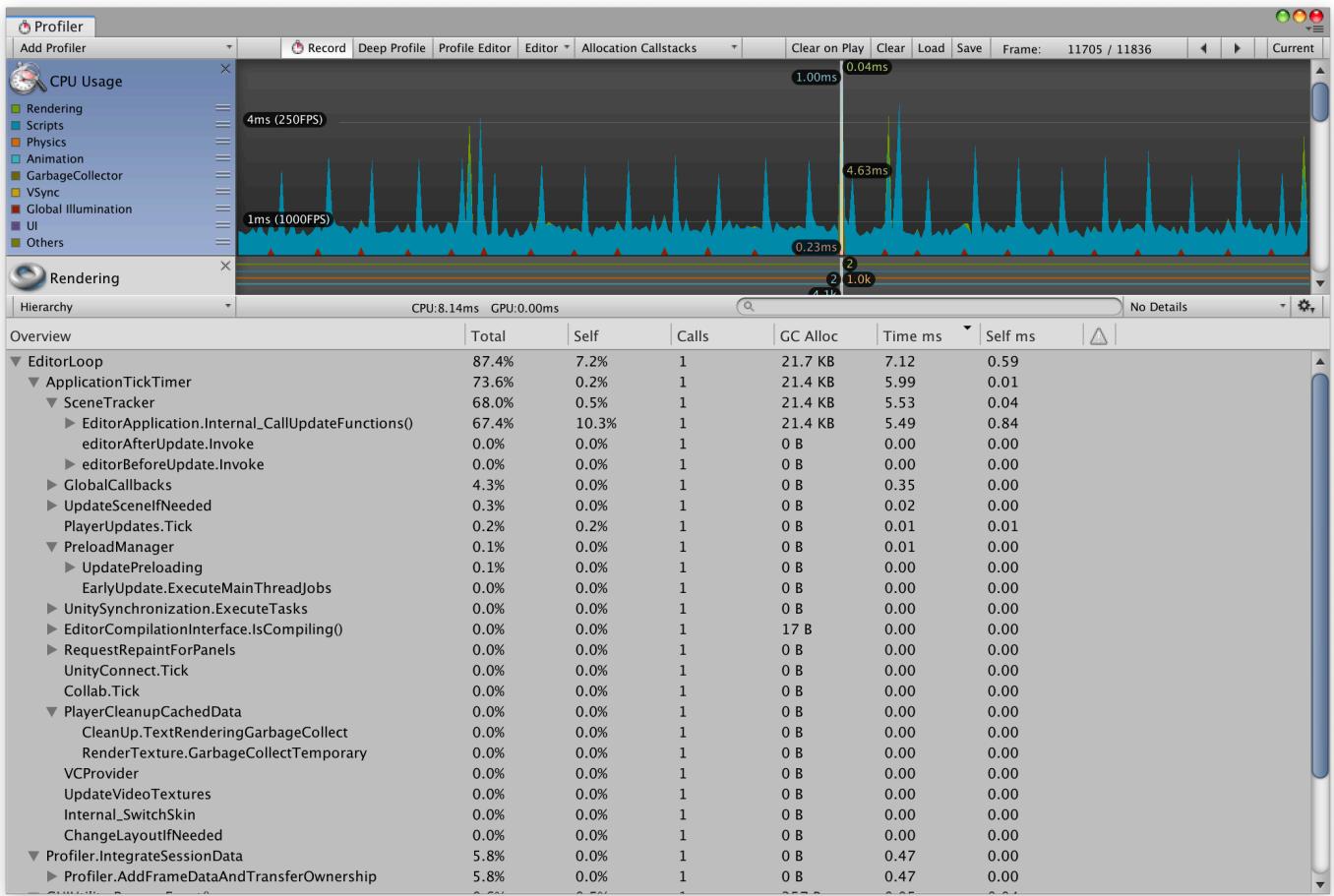


Figure 1: *Unity* 性能调试工具 Profiler

在 *CPU* 的维度里面，可以看到当前渲染帧的函数调用层级关系，以及每个函数的时间开销以及调用次数等信息，但是这个工具同一时间只能处理 **300** 帧左右的数据，如果游戏帧率 30，那么只能看到过去 **10** 秒的信息，并且需要我们一直盯着图表看才有机会发现意外的丢帧情况，这种设计非常的不友好，违反正常人的操作习惯，因为通常情况下如果我要调试游戏内战斗过程的性能开销，首先我要像普通玩家来说那样安安静静的玩一把，而不是分散出大部分精力去看一个只有 10 秒历史的滚动图表。这种交互带来两个明显的问题，

- 由于分心去看 *Profiler*，导致不能全心投入游戏，从而不能收集正常战斗过程的性能数据
- 为了收集数据需要像正常玩家来说那样打游戏，不能全神关注 *Profiler* 图表，从而不能发现/查看所有的性能问题

上面两个情形相互排斥，鱼与熊掌不可兼得。从这个角度来看，*Profiler* 不是一个好的性能调试工具，苛刻的操作条件导致我们很难发现性能问题，想要通过 *Profiler* 定位所有的性能问题简直是痴人说梦。

## MemoryProfiler

Unity 还提供另外一个内存分析工具 *MemoryProfiler*(图2)

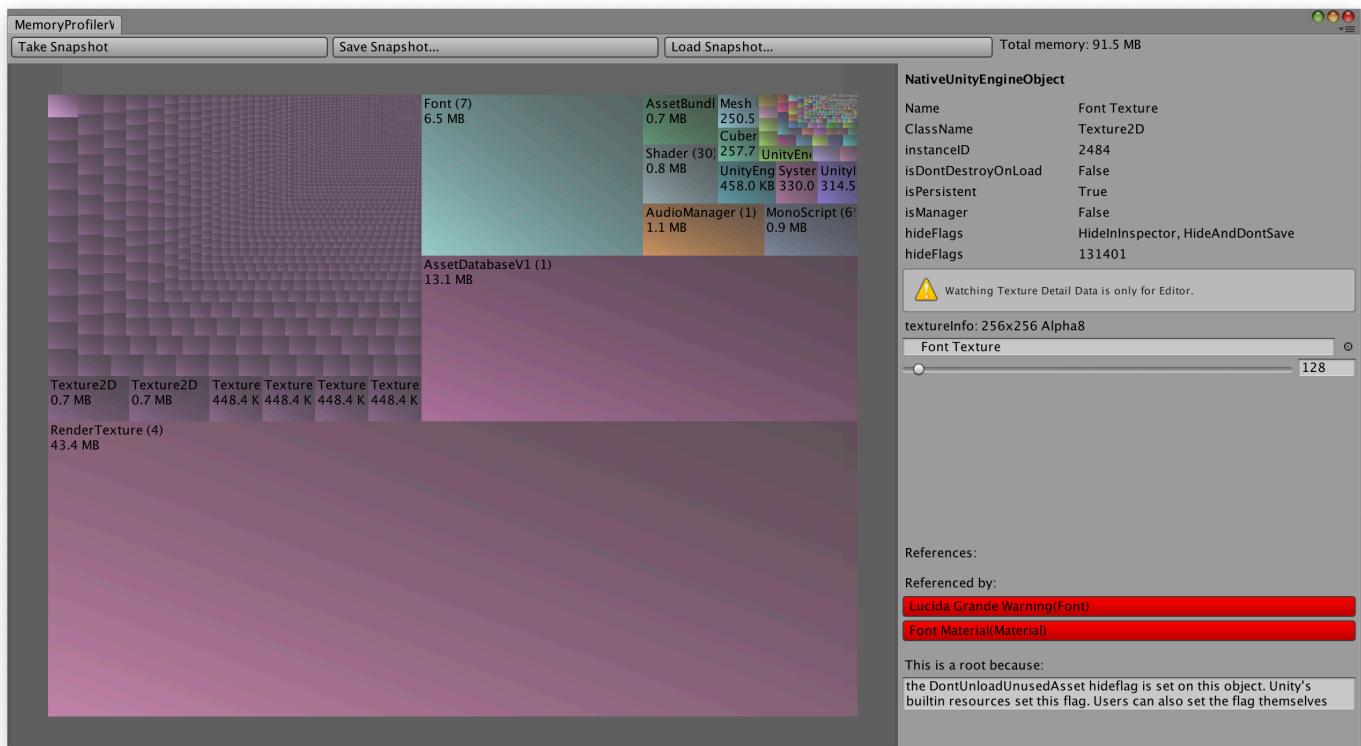


Figure 2: Unity 内存调试工具 *MemoryProfiler*

在这个界面的左边彩色区域里，*MemoryProfiler* 按类型占用总内存大小绘制对应面积比例的矩阵图，第一次看到还是蛮酷炫的，*Unity* 是想通过这个矩阵图向开发者提供对象内存检索入口，但是实际使用过程中问题多多。

1. 内存分析过程缓慢
2. 在众多无差别的小方格里面找到实际关心的资源很难，虽然可以放大缩小，但感觉并没有提升检索的便利性
3. 每个对象只提供父级引用关系，无法看到完整的对象引用链，容易在跳转过程中搞错上下文关系
4. 引擎对象的引用和 *il2cpp* 对象的引用混为一谈，让使用者对引用关系的理解模糊不清
5. 没有按引擎对象内存和 *il2cpp* 对象内存分类区别统计，加深使用者对内存使用的误解

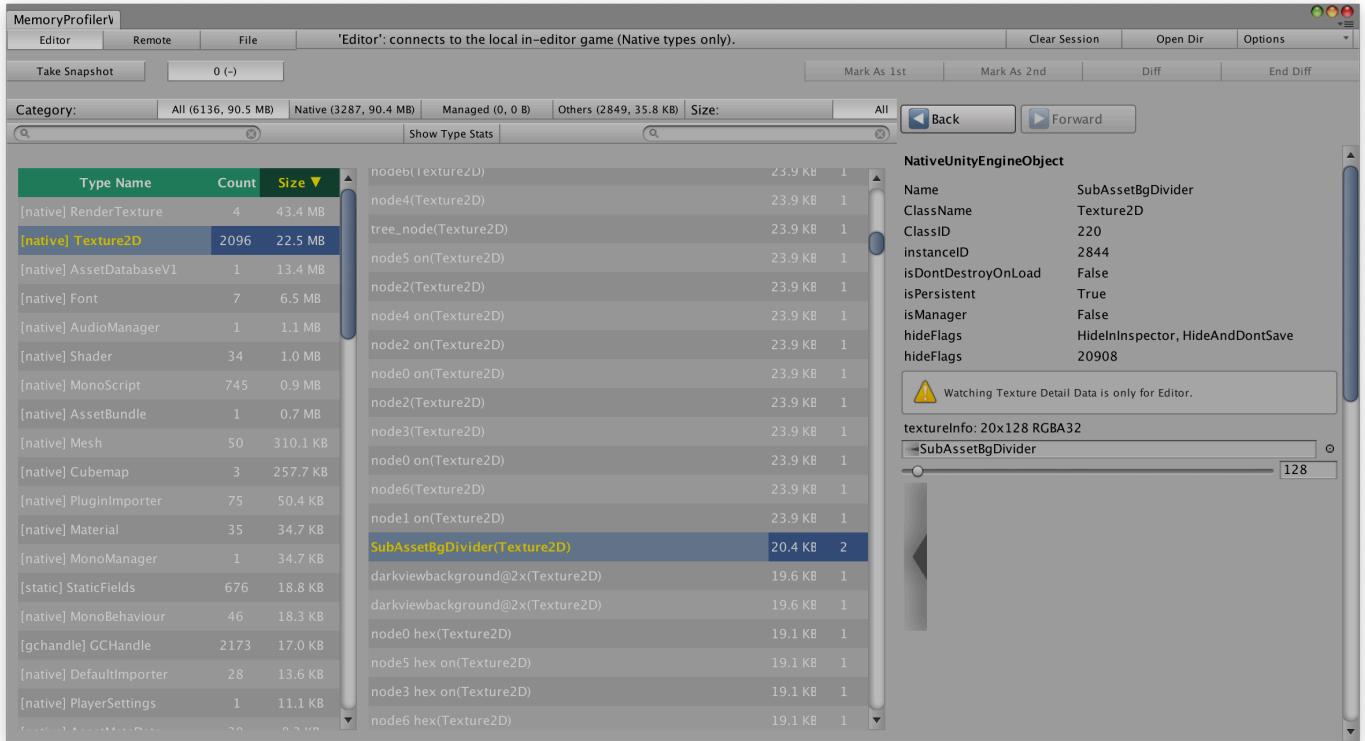
*MemoryProfiler*源码托管在 *Bitbucket*, 但是从最后提交记录来看, 这个内存工具已经超过 2 年半没有任何更新了, 但是这期间 *Unity* 可是发布了好多个版本, 想想就有点后怕。

Unity Technologies / Unity / MemoryProfiler

## Commits

Author	Commit	Message	Date	Builds
Lukasz Paczko...	e8317df M	Merged in lukaszunity/include-mono-support-in-readme (pull request ...)	2017-10-13	
Lukasz Paczko...	abd35a7	Close branch lukaszunity/include-mono-sup...	2017-10-13	
Lukasz Paczko...	8322cc4	Use Mono .NET 3.5 wording instead of 2.0 in ...	2017-09-27	
Lukasz Paczko...	11f359d	Include Mono support in README	2017-09-27	
Tautvydas Žilys	4b2f619 M	Merged in flassari/memoryprofiler/zero-positive-fix (pull request #30)...	2017-07-29	
Ari Arnbjörnss...	7e8a974	Treat zero as a positive number	2017-07-27	
Tautvydas Žilys	a0d5a31 M	Merged in aghogg/memoryprofiler/classid_remove (pull request #31) ...	2017-07-29	
Ashley Hogg	c3d91ad	Removed ClassID field from the object inspector, s...	2017-07-20	
Tautvydas Žilys	7126ded M	Merged in aghogg/memoryprofiler/64bit_size_fix (pull request #32) C...	2017-07-29	
Ashley Hogg	6478c5d	Changed size members to 64-bit longs, to fix over...	2017-07-20	

有热心开发者也忍受不了 *Unity* 这缓慢的更新节奏, 干脆自己动手基于源码在 *github* 上建代码仓库进行二次开发。



*PerfAssist* 在 *MemoryProfiler* 源码的基础上做了比较大的更新, 主要是增加检索的便利性以及内存快照对比, 使用起来比 *MemoryProfiler* 初代产品方便了不少, 但是由于交互界面的限制, 也无法完整展示内存引用关系, 内存分析过程依然异常缓慢, 甚至会在分析过程中异常崩溃。

Unity Bug Reporter

What is the problem related to\* Crash bug

How often does it happen\* Please Specify

Your email address\*

Title\*

Describe the problem

[How to report bugs](#) [Public issue tracker](#) [Unity answers](#) [Unity forums](#) [Unity community](#) [Privacy policy](#)

unity3d.com  
issuetracker.unity3d.com  
answers.unity3d.com  
forum.unity3d.com  
unity3d.com  
unity3d.com

Details\*

1. What happened

2. How we can reproduce it using the example you attached

Attached files

Path	Type
/Users/larryhou/Documents/Unity/MemoryProfiler	folder
/Users/larryhou/Documents/Unity/MemoryProfiler/Packages/manifest.json	.json

Add File Add Folder Remove

Report strength: In order to send the report you need to specify how often does the problem happen.

Preview Cancel Send

鉴于 *Unity* 性能调试工具现实存在问题，我觉得亟待开发面向开发者、提供更多维度、更高效率的性能调试工具，于是我开发了 *UnityProfiler* 和 *MemoryCrawler* 两款工具，分别替代 *Profiler* 以及 *MemoryProfiler* 进行相同领域的性能调试，它们均使用纯 C++ 实现，因为经过与 C#、Python 语言的测试对比后发现 C++ 有绝对的计算优势，可以非常明显提升性能数据分析效率和稳定性。这两款工具的定位是：降低 *Unity* 游戏性能调试的门槛，让拥有不同开发经验的开发者都可以轻松定位各种性能问题，尽管都没有可视化交互界面，不过并不影响分析结果的查看，它们都内置命令行模式的交互方式，并提供了丰富的命令，可以对性能数据做全方位的分析定位。

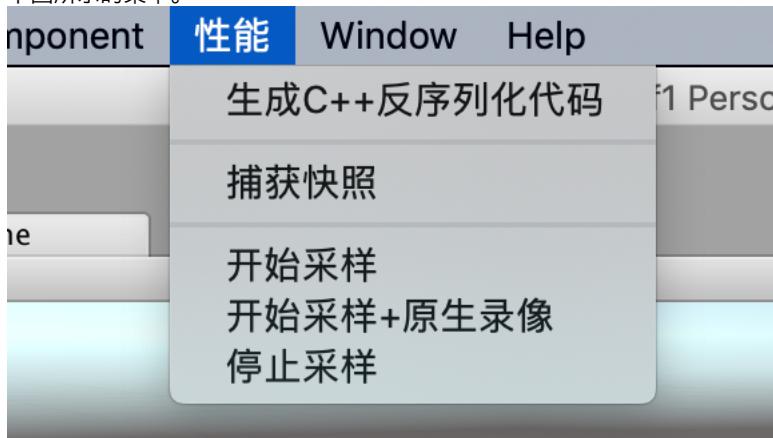
## 2 快速开始

### 2.1 源码编译

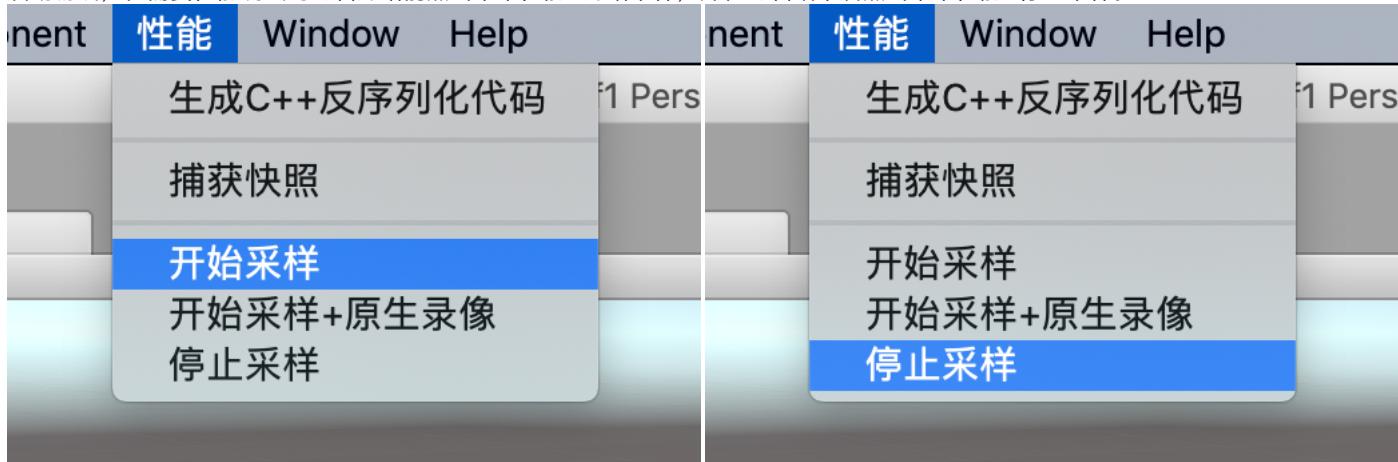
1. 从 *github* 下载源码，并使用 *Xcode* 打开工程 *MemoryCrawler/MemoryCrawler.xcodeproj*。
2. 从 *Scheme* 列表选择 *UnityProfiler*, 然后按快捷键 *Comamnd+B* 编译, 该操作会生成命令行工具 */usr/local/bin/UnityProfiler*。
3. 从 *Scheme* 列表选择 *MemoryCrawler*, 然后按快捷键 *Command+B* 编译, 该操作会生成命令行工具 */usr/local/bin/MemoryCrawler*。

### 2.2 UnityProfiler

1. 集成 *UnityEditor* 脚本，生成数据捕获菜单。把 *Editor* 目录放到 *Unity* 工程里面并刷新，之后在 *UnityEditor* 菜单里面会出现下图所示的菜单。



2. 按照官方文档配置真机调试或在 *Editor* 环境调试。
3. 启动游戏，在需要性能调试的逻辑开始前点击菜单性能／开始采样，并在逻辑结束后点击菜单性能／停止采样。



4. 启动 *UnityProfiler* 分析性能数据。

在步骤 3 生成的性能数据保存在工程根目录的 *ProfilerCapture* 文件夹里面，执行如下命令开始性能调试会话。

```
$ UnityProfiler ProfilerCapture/20190514115025_PERF.pfc  
argc=2
```

```

argv[0]=UnityProfiler
argv[1]=ProfilerCapture/20190514115025_PERF.pfc
[0] RecordCrawler::load=28816729
[1] RecordCrawler::loadStrings=648335
[2] seek=338165
[3] read=307367
[4] RecordCrawler::crawl=27087144
/> func
38.17% 185.12ms #20
  4.40% 21.36ms #20
  4.38% 21.25ms #200
  4.34% 21.02ms #1206
  2.75% 13.32ms #100
  2.03% 9.85ms #100
  1.88% 9.12ms #100
  1.53% 7.42ms #100
  1.52% 7.35ms #320
  1.49% 7.21ms #20
    WaitForTargetFPS *1
    Profiler.CollectMemoryAllocationStats *128
    RenderForward.RenderLoopJob *7
    WaitForJobGroup *27
    SceneCulling *25
    Camera.Render *3
    CullResults.CreateSharedRendererScene *46
    Render.TransparentGeometry *5
    SkinnedMeshFinalizeUpdate *38
    BehaviourUpdate *76
/> alloc
[FRAME] index=1036 time=4.250ms fps=235.3 alloc=113 offset=1474
[FRAME] index=1037 time=3.780ms fps=264.2 alloc=113 offset=2683
[FRAME] index=1038 time=4.100ms fps=243.4 alloc=113 offset=3916
[FRAME] index=1039 time=4.030ms fps=248.0 alloc=113 offset=8149
[FRAME] index=1040 time=3.860ms fps=258.7 alloc=113 offset=9358
[FRAME] index=1041 time=31.730ms fps=31.5 alloc=83215 offset=10567
/> frame 1036
[FRAME] index=1036 time=4.250ms fps=235.3 alloc=113 offset=1474
  Profiler.CollectGlobalStats time=9.527%/0.405ms self=16.080%/0.065ms calls=1 *1
    Profiler.CollectMemoryAllocationStats time=75.144%/0.304ms self=100.000%/0.304ms calls=1
    *2
    Profiler.CollectAudioStats time=7.752%/0.031ms self=6.700%/0.002ms calls=1 *3
      AudioProfiler.CaptureFrame time=93.300%/0.029ms self=84.694%/0.025ms calls=1 *4
        AudioProfiler.CaptureChannelGroup time=15.306%/0.004ms self=55.288%/0.002ms calls=1
        *5
        AudioProfiler.CaptureChannelGroup time=44.712%/0.002ms self=66.866%/0.001ms
        calls=2 *5
        AudioProfiler.CaptureChannelGroup time=33.134%/0.001ms self=100.000%/0.001ms
        calls=2 *5
      Profiler.CollectDrawStats time=1.025%/0.004ms self=100.000%/0.004ms calls=1 *6
    EditorApplication.Internal_CallUpdateFunctions() time=0.748%/0.032ms self=99.069%/0.032ms
    calls=1 alloc=96 *7
    GC.Alloc time=0.930%/0.000ms self=100.000%/0.000ms calls=3 alloc=96 *8
  UpdateSceneIfNeeded time=0.556%/0.024ms self=9.870%/0.002ms calls=1 *9
    AudioManager.Update time=87.102%/0.021ms self=77.239%/0.016ms calls=1 *10
      AudioSettings.InvokeOnAudioManagerUpdate() time=22.761%/0.005ms self=100.000%/0.005ms
      calls=1 *11
      FlushDirty time=3.028%/0.001ms self=100.000%/0.001ms calls=1 *12
  EditorCompilationInterface.IsCompiling() time=0.225%/0.010ms self=96.836%/0.009ms calls=1
  alloc=17 *13
  GC.Alloc time=3.164%/0.000ms self=100.000%/0.000ms calls=1 alloc=17 *8
  editorBeforeUpdate.{ InputUpdate(kInputUpdateEditorBegin); InputSendEvents(); }
  time=0.125%/0.005ms self=36.696%/0.002ms calls=1 *14
  NativeInputSystem.NotifyUpdate() time=35.697%/0.002ms self=100.000%/0.002ms calls=1 *15
    NativeInputSystem.NotifyEvents() time=27.607%/0.001ms self=100.000%/0.001ms calls=1 *16
  UpdatePreloading time=0.048%/0.002ms self=14.809%/0.000ms calls=1 *18
    Application.Integrate Assets in Background time=85.191%/0.002ms self=18.081%/0.000ms
    calls=1 *19
    Preload Single Step time=81.919%/0.001ms self=100.000%/0.001ms calls=1 *20

```

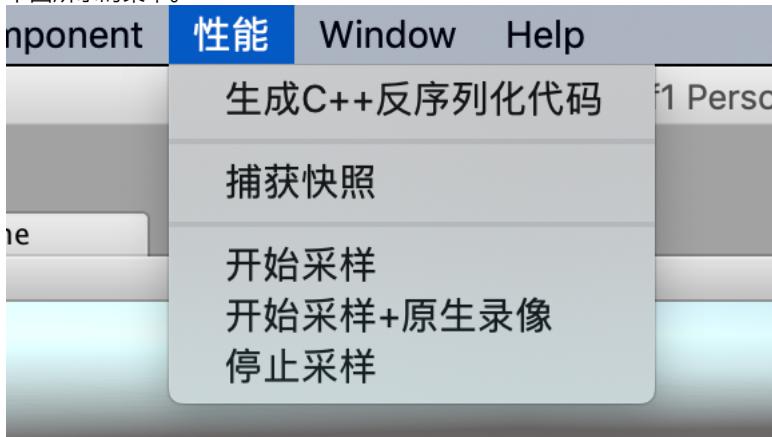
```

├editorAfterUpdate.{ InputUpdate(kInputUpdateEditorEnd); } time=0.040%/0.002ms
  ↳ self=35.660%/0.001ms calls=1 *21
    └NativeInputSystem.NotifyUpdate() time=64.340%/0.001ms self=100.000%/0.001ms calls=1 *15
└PlayerCleanupCachedData time=0.020%/0.001ms self=63.380%/0.001ms calls=1 *22
  └CleanUp.TextRenderingGarbageCollect time=36.620%/0.000ms self=100.000%/0.000ms calls=1
  ↳ *23

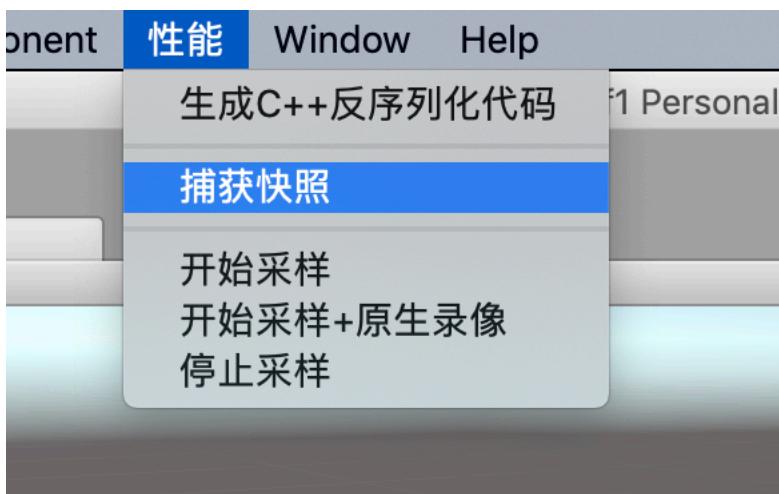
```

## 2.3 MemoryCralwer

- 集成 *UnityEditor* 脚本，生成数据捕获菜单。把 *Editor* 目录放到 *Unity* 工程里面并刷新，之后在 *UnityEditor* 菜单里面会出现下图所示的菜单。



- 按照官方文档配置真机调试或在 *Editor* 环境调试。
- 启动游戏，在需要性能调试的逻辑开始前点击菜单性能/捕获快照。



- 启动 *MemoryCrawler* 分析性能数据。  
在步骤 3 生成的性能数据保存在工程根目录的 *MemoryCapture* 文件夹里面，执行如下命令开始性能调试会话。

```
$ MemoryCrawler MemoryCapture/20190515123633_snapshot.pms
argc=2
```

```

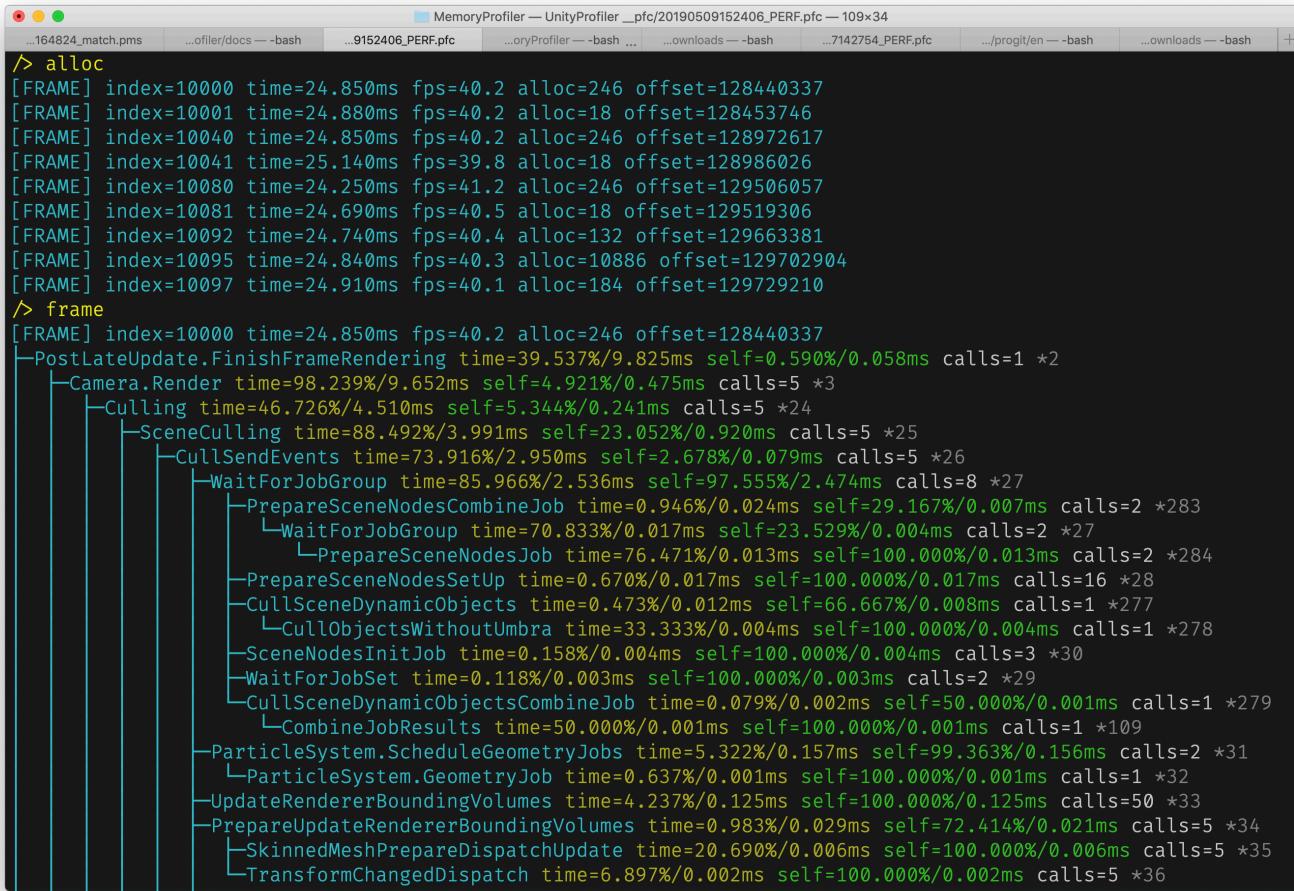
argv[0]=MemoryCrawler
argv[1]=MemoryCapture/20190515123633_snapshot.pms
[0] MemorySnapshotReader=180766281
[1] open_snapshot=78634
[2] read_header=687494
[3] readPackedMemorySnapshot=177589621
[4] read_native_types=367595
[5] read_native_objects=2205864
[6] read_gc_handles=120789
[7] read_connections=731030
[8] read_heap_sections=114988169
[9] read_type_descriptions=59152770
[10] read_virtual_matchine_information=1170
[11] read_object=543
[12] postSnapshot=2339963
[13] create_sorted_heap=31189
[14] create_type_strings=6193
[15] read_type_index=1887123
[16] set_native_type_index=16258
[17] set_gchandle_index=12052
[18] set_heap_index=236912
[19] set_native_object_index=102807
[20] summarize_native_objects=40163
[0] MemorySnapshotCrawler=71546587
[1] prepare=2236615
[2] init_managed_types=865149
[3] init_native_connections=1366118
[4] crawlGCHandles=49670327
[5] crawlStatic=17748112
[6] summarize_managed_objects=1885572
/> ubar
47.77 47.77 [REDACTED] RenderTexture 45541440 #4 *217
24.75 72.52 [REDACTED] Texture2D 23599923 #2107 *220
14.77 87.29 [REDACTED] AssetDatabaseV1 14081231 #1 *2
7.16 94.45 [REDACTED] Font 6824990 #7 *175
1.26 95.70 [REDACTED] AudioManager 1197311 #1 *231
1.14 96.85 [REDACTED] Shader 1090227 #33 *199
1.01 97.85 [REDACTED] MonoScript 960105 #745 *209
0.90 98.75 [REDACTED] Mesh 856680 #236 *184
0.75 99.51 [REDACTED] AssetBundle 716878 #1 *131
0.28 99.78 [REDACTED] Cubemap 263912 #3 *221
0.05 99.84 [REDACTED] PluginImporter 51603 #75 *147
0.04 99.87 [REDACTED] Material 36040 #35 *182
0.04 99.91 [REDACTED] MonoManager 35536 #1 *240
0.02 99.93 [REDACTED] MonoBehaviour 21235 #52 *66
0.01 99.95 [REDACTED] PlayerSettings 11361 #1 *246
0.01 99.95 [REDACTED] InputManager 7332 #1 *238
0.01 99.96 [REDACTED] Transform 6760 #13 *119
0.00 99.97 [REDACTED] Camera 4704 #2 *22
0.00 99.97 [REDACTED] GameObject 3944 #13 *124
0.00 99.97 [REDACTED] MonoImporter 3696 #7 *144

```

# 3 UnityProfiler

## 3.1 简介

UnityProfiler 以 *Unity* 引擎自带的 *Profiler* 工具生成的性能数据为基础，提供多种维度的工具来帮助发现性能问题。该工具前期预研阶段使用 *Python* 测试逻辑，最终使用 *C++* 实现。由于是基于 *Unity* 的原生接口获取数据，所以需要保证 *Profiler* 工具打开后能看到性能采集界面，真机调试确保按照官方文档正确配置。



```
MemoryProfiler — UnityProfiler __pfc/20190509152406_PERF.pfc — 109x34
...164824_match.pms ...ofiler/docs — bash ...9152406_PERF.pfc ...cryProfiler — bash ... ...downloads — bash ...7142754_PERF.pfc .../progit/en — bash ...downloads — bash ...+ ...

/> alloc
[FRAME] index=10000 time=24.850ms fps=40.2 alloc=246 offset=128440337
[FRAME] index=10001 time=24.880ms fps=40.2 alloc=18 offset=128453746
[FRAME] index=10040 time=24.850ms fps=40.2 alloc=246 offset=128972617
[FRAME] index=10041 time=25.140ms fps=39.8 alloc=18 offset=128986026
[FRAME] index=10080 time=24.250ms fps=41.2 alloc=246 offset=129506057
[FRAME] index=10081 time=24.690ms fps=40.5 alloc=18 offset=129519306
[FRAME] index=10092 time=24.740ms fps=40.4 alloc=132 offset=129663381
[FRAME] index=10095 time=24.840ms fps=40.3 alloc=10886 offset=129702904
[FRAME] index=10097 time=24.910ms fps=40.1 alloc=184 offset=129729210
/> frame
[FRAME] index=10000 time=24.850ms fps=40.2 alloc=246 offset=128440337
| PostLateUpdate.FinishFrameRendering time=39.537% / 9.825ms self=0.590% / 0.058ms calls=1 *2
|   Camera.Render time=98.239% / 9.652ms self=4.921% / 0.475ms calls=5 *3
|     Culling time=46.726% / 4.510ms self=5.344% / 0.241ms calls=5 *24
|       SceneCulling time=88.492% / 3.991ms self=23.052% / 0.920ms calls=5 *25
|         CullSendEvents time=73.916% / 2.950ms self=2.678% / 0.079ms calls=5 *26
|           WaitForJobGroup time=85.966% / 2.536ms self=97.555% / 2.474ms calls=8 *27
|             PrepareSceneNodesCombineJob time=0.946% / 0.024ms self=29.167% / 0.007ms calls=2 *283
|               WaitForJobGroup time=70.833% / 0.017ms self=23.529% / 0.004ms calls=2 *27
|                 PrepareSceneNodesJob time=76.471% / 0.013ms self=100.000% / 0.013ms calls=2 *284
|               PrepareSceneNodesSetUp time=0.670% / 0.017ms self=100.000% / 0.017ms calls=16 *28
|             CullSceneDynamicObjects time=0.473% / 0.012ms self=66.667% / 0.008ms calls=1 *277
|               CullObjectsWithoutUmbra time=33.333% / 0.004ms self=100.000% / 0.004ms calls=1 *278
|             SceneNodesInitJob time=0.158% / 0.004ms self=100.000% / 0.004ms calls=3 *30
|             WaitForJobSet time=0.118% / 0.003ms self=100.000% / 0.003ms calls=2 *29
|               CullSceneDynamicObjectsCombineJob time=0.079% / 0.002ms self=50.000% / 0.001ms calls=1 *279
|                 CombineJobResults time=50.000% / 0.001ms self=100.000% / 0.001ms calls=1 *109
|               ParticleSystem.ScheduleGeometryJobs time=5.322% / 0.157ms self=99.363% / 0.156ms calls=2 *31
|                 ParticleSystem.GeometryJob time=0.637% / 0.001ms self=100.000% / 0.001ms calls=1 *32
|               UpdateRendererBoundingVolumes time=4.237% / 0.125ms self=100.000% / 0.125ms calls=50 *33
|               PrepareUpdateRendererBoundingVolumes time=0.983% / 0.029ms self=72.414% / 0.021ms calls=5 *34
|                 SkinnedMeshPrepareDispatchUpdate time=20.690% / 0.006ms self=100.000% / 0.006ms calls=5 *35
|                   TransformChangedDispatch time=6.897% / 0.002ms self=100.000% / 0.002ms calls=5 *36
```

```

<!-- Memory Profiler -- UnityProfiler __pfc/20190509152406_PERF.pfc -- 109x34
...164824_match.pms ...ofiler/docs -- bash ...9152406_PERF.pfc ...oryProfiler -- bash ...downloads -- bash ...7142754_PERF.pfc .../progit/en -- bash ...downloads -- bash +-
[PostLateUpdate.SortingGroupsUpdate time=0.012%/0.003ms self=66.667%/0.002ms calls=1 *222
  L-SortingGroupManager.Update time=33.333%/0.001ms self=100.000%/0.001ms calls=1 *223
[PostLateUpdate.UpdateRectTransform time=0.012%/0.003ms self=100.000%/0.003ms calls=1 *236
  L-TransformChangedDispatch time=0.000%/0.000ms self=nan%/0.000ms calls=1 *36
[Update.ScriptRunDelayedDynamicFrameRate time=0.012%/0.003ms self=66.667%/0.002ms calls=1 *240
  L-CoroutinesDelayedCalls time=33.333%/0.001ms self=100.000%/0.001ms calls=1 *206
[FixedUpdate.NewInputBegin FixedUpdate time=0.008%/0.002ms self=50.000%/0.001ms calls=1 *220
  L-NativeInputSystem.NotifyUpdate() time=50.000%/0.001ms self=100.000%/0.001ms calls=1 *156
[FixedUpdate.ScriptRunDelayedFixedFrameRate time=0.004%/0.001ms self=0.000%/0.000ms calls=1 *243
  L-CoroutinesDelayedCalls time=100.000%/0.001ms self=100.000%/0.001ms calls=1 *206
[CPU] 'Rendering'=7069000 'Scripts'=1939000 'Physics'=75000 'GarbageCollector'=0 'VSync'=73280
00 'Global Illumination'=60000 'UI'=681000 'Others'=4315000
[GPU] 'Opaque'=0 'Transparent'=0 'Shadows/Depth'=0 'Deferred PrePass'=0 'Deferred Lighting'=0
'PostProcess'=0 'Other'=0
[Rendering] 'Batches'=120 'SetPass Calls'=121 'Triangles'=87040 'Vertices'=82944
[Memory] 'Total Allocated'=205924352 'Texture Memory'=32143360 'Mesh Memory'=20109312 'Material Count'=823 'Object Count'=32852 'Total GC Allocated'=17747968 'GC Allocated'=0
[Audio] 'Playing Audio Sources'=0 'Audio Voices'=0 'Total Audio CPU'=0 'Total Audio Memory'=0
[Video] 'Total Video Sources'=0 'Playing Video Sources'=0 'Total Video Memory'=0
[Physics] 'Active Dynamic'=0 'Active Kinematic'=0 'Static Colliders'=12 'Rigidbody'=0 'Trigger Overlaps'=0 'Active Constraints'=0 'Contacts'=0
[Physics2D] 'Total Bodies'=0 'Active Bodies'=0 'Sleeping Bodies'=0 'Dynamic Bodies'=0 'Kinematic Bodies'=0 'Static Bodies'=1 'Contacts'=0 'Step Time'=0
[NetworkMessages] 'Protocol Packets In'=0 'Buffered Msgs In'=0 'Unbuffered Msgs In'=0 'Protocol Packets Out'=0 'Buffered Msgs Out'=0 'Unbuffered Msgs Out'=0 'Pending Buffers'=0
[NetworkOperations] 'Command'=0 'ClientRPC'=0 'SyncVar'=0 'Sync List'=0 'Sync Event'=0 'User Message'=0 'Object Destroy'=0 'Object Create'=0
[UI] 'Layout'=347000 'Render'=334000
[UIDetails] 'UI Batches'=0 'UI Vertices'=0
[GlobalIllumination] 'Total CPU'=437500 'Light Probe'=0 'Setup'=1406 'Environment'=13854 'Input Lighting'=362083 'Systems'=0 'Solve Tasks'=35573 'Dynamic Objects'=14583 'Other Commands'=0 'Blocked Command Write'=0
/> fps
frames=[10000, 10100]=100 fps=40.2±2.1 range=[38.5, 41.9] reasonable=[38.5, 41.9]
/>

```

## 3.2 原理

Unity 编辑器提供的 *Profiler* 调试工具，有多个维度的性能数据，我们比较常用的就是查看 *CPU* 维度的函数调用开销。这个数据可以通过 Unity 未公开的编辑器库 *UnityEditorInternal* 来获取，鉴于未公开也谈不上查阅官方文档来获取性能数据采集细节，所以需要通过反编译查看源码才能知道其实现原理：构造类 *UnityEditorInternal.ProfilerProperty* 对象，调用 *GetColumnAsSingle* 方法来获取函数调用堆栈相关的性能数据。

```

var root = new ProfilerProperty();
root.SetRoot(frameIndex, ProfilerColumn.TotalTime, ProfilerViewType.Hierarchy);
root.onlyShowGPUSamples = false;

var drawCalls = root.GetColumnAsSingle(ProfilerColumn.DrawCalls);
samples.Add(sequence, new StackSample
{
    id = sequence,
    name = root.propertyName,
    callsCount = (int)root.GetColumnAsSingle(ProfilerColumn.Calls),
    gcAllocBytes = (int)root.GetColumnAsSingle(ProfilerColumn.GCMemory),
    totalTime = root.GetColumnAsSingle(ProfilerColumn.TotalTime),
    selfTime = root.GetColumnAsSingle(ProfilerColumn.SelfTime),
});

```

除了函数堆栈方面的开销，Unity 还有渲染、物理、*UI*、网络等其他维度的数据，这些数据要通过另外一个接口来获取。

```

for (ProfilerArea area = 0; area < ProfilerArea.AreaCount; area++)
{
    var statistics = metadatas[(int)area];
    stream.Write((byte)area);
    for (var i = 0; i < statistics.Count; i++)
    {
        var maxValue = 0.0f;
        var identifier = statistics[i];
        ProfilerDriver.GetStatisticsValues(identifier, frameIndex, 1.0f, provider, out
        ← maxValue);
        stream.Write(provider[0]);
    }
}

```

本工具基于以上接口把采集到的数据保存为 *PFC* 格式，该格式为自定义格式，使用了多种算法优化数据存储，比 *Unity* 编辑器录制的原始数据节省 **80%** 的存储空间，同时用 *C++* 语言编写多种维度的性能分析工具，可以高效率地定位卡顿问题。

### 3.3 命令手册

#### 3.3.1 alloc

**alloc** [*frame\_offset*] [=0] [*frame\_count*] [=0]

参数	可选	描述
<i>frame_offset</i>	是	指定起始帧，相对于当前帧区间第一帧的整形偏移量
<i>frame_count</i>	是	指定帧数量

**alloc** 可以在指定的帧区间内搜索所有调用 *GC.Alloc* 分配内存的渲染帧。

```

/> alloc 0 1000
[FRAME] index=2 time=23.970ms fps=41.7 alloc=10972 offset=12195
[FRAME] index=124 time=25.770ms fps=38.8 alloc=184 offset=1326925
[FRAME] index=127 time=24.870ms fps=40.2 alloc=10972 offset=1359192
[FRAME] index=250 time=25.740ms fps=38.8 alloc=184 offset=2682771
[FRAME] index=253 time=24.690ms fps=40.5 alloc=10972 offset=2715142

```

如果 *frame\_offset* 和 *frame\_count* 留空，**alloc** 将所有可用帧作为参数进行条件搜索。

#### 3.3.2 info

无参数，查看当前性能录像的基本信息。

```

/> info
frames=[1, 44611)=44610 elapse=(1557415446.004, 1557416582.579)=1136.574s fps=39.9±12.8
← range=[1.3, 240.6] reasonable=[27.2, 52.5]

```

#### 3.3.3 frame

**frame** [*frame\_index*] [*stack\_depth*] [=0]

参数	可选	描述
<i>frame_index</i>	否	指定帧序号
<i>stack_depth</i>	是	指定函数调用堆栈层级， 默认完整堆栈

frame 可以查看指定渲染帧的详细函数调用堆栈信息，见下图。

```
> info
frames=[1, 44611)=44610 elapse=(1557415446.004, 1557416582.579)=1136.574s fps=39.9±12.8 range=[1.3, 240.6] reasonable=[27.2, 52.5]
/> frame 200 1
[FRAME] index=200 time=26.030ms fps=38.4 alloc=0 offset=2144297
└─Initialization.PlayerUpdateTime time=59.516%/15.492ms self=0.123%/0.019ms calls=1 *0
└─PostLateUpdate.FinishFrameRendering time=16.881%/4.394ms self=1.434%/0.063ms calls=1 *2
└─Update.ScriptRunBehaviourUpdate time=6.185%/1.610ms self=0.311%/0.005ms calls=1 *75
└─PreLateUpdate.ScriptRunBehaviourLateUpdate time=2.144%/0.558ms self=0.717%/0.004ms calls=1 *110
└─PostLateUpdate.EnlightenRuntimeUpdate time=1.398%/0.364ms self=1.923%/0.007ms calls=1 *67
└─PostLateUpdate.ProfilerEndFrame time=0.999%/0.260ms self=1.923%/0.005ms calls=1 *126
└─PreUpdate.SendMouseEvents time=0.715%/0.186ms self=2.151%/0.004ms calls=1 *143
└─PostLateUpdate.PlayerUpdateCanvases time=0.699%/0.182ms self=2.747%/0.005ms calls=1 *137
└─PostLateUpdate.PlayerEmitCanvasGeometry time=0.642%/0.167ms self=2.994%/0.005ms calls=1 *133
└─PreLateUpdate.ParticleSystemBeginUpdateAll time=0.611%/0.159ms self=1.887%/0.003ms calls=1 *119
└─PostLateUpdate.UpdateAllRenderers time=0.592%/0.154ms self=20.130%/0.031ms calls=1 *108
└─PostLateUpdate.UpdateCustomRenderTextures time=0.315%/0.082ms self=7.317%/0.006ms calls=1 *147
└─FixedUpdate.ScriptRunBehaviourFixedUpdate time=0.257%/0.067ms self=7.463%/0.005ms calls=1 *150
└─PostLateUpdate.PlayerSendFrameStarted time=0.161%/0.042ms self=23.810%/0.010ms calls=1 *154
└─PreUpdate.PhysicsUpdate time=0.134%/0.035ms self=8.571%/0.003ms calls=1 *165
└─FixedUpdate.ScriptRunDelayedTasks time=0.131%/0.034ms self=20.588%/0.007ms calls=1 *163
└─EarlyUpdate.NewInputBeginFrame time=0.119%/0.031ms self=58.065%/0.018ms calls=1 *168
└─EarlyUpdate.UpdatePreloading time=0.104%/0.027ms self=18.519%/0.005ms calls=1 *171
```

在函数堆栈的底部，还有当前帧其他性能指标数据，主要有 *CPU*、*GPU*、*Rendering*、*Memory*、*Audio*、*Video*、*Physics*、*Physics2D*、*NetworkMessages*、*NetworkOperations*、*UI*、*UIDetails*、*GlobalIllumination* 等 13 类别，一共 77 个细分性能指标。

```
[PostLateUpdate.UpdateRectTransform time=0.015%/0.004ms self=50.000%/0.002ms calls=1 *236
└─Update.ScriptRunDelayedDynamicFrameRate time=0.015%/0.004ms self=50.000%/0.002ms calls=1 *240
[   CPU] 'Rendering'=3757000 'Scripts'=2073000 'Physics'=83000 'GarbageCollector'=0 'VSync'=15473
000 'Global Illumination'=357000 'UI'=289000 'Others'=1796000
[   GPU] 'Opaque'=0 'Transparent'=0 'Shadows/Depth'=0 'Deferred PrePass'=0 'Deferred Lighting'=0
'PostProcess'=0 'Other'=0
[   Rendering] 'Batches'=21 'SetPass Calls'=19 'Triangles'=0 'Vertices'=0
[   Memory] 'Total Allocated'=58493952 'Texture Memory'=7758848 'Mesh Memory'=122880 'Material Count'
'=28 'Object Count'=4817 'Total GC Allocated'=6246400 'GC Allocated'=0
[   Audio] 'Playing Audio Sources'=0 'Audio Voices'=0 'Total Audio CPU'=0 'Total Audio Memory'=0
[   Video] 'Total Video Sources'=0 'Playing Video Sources'=0 'Total Video Memory'=0
[   Physics] 'Active Dynamic'=0 'Active Kinematic'=0 'Static Colliders'=0 'Rigidbody'=0 'Trigger Overlaps'=0
'Active Constraints'=0 'Contacts'=0
[   Physics2D] 'Total Bodies'=0 'Active Bodies'=0 'Sleeping Bodies'=0 'Dynamic Bodies'=0 'Kinematic Bodies'=0
'Static Bodies'=1 'Contacts'=0 'Step Time'=0
[   NetworkMessages] 'Protocol Packets In'=0 'Buffered Msgs In'=0 'Unbuffered Msgs In'=0 'Protocol Packets Out'=0
'Buffered Msgs Out'=0 'Unbuffered Msgs Out'=0 'Pending Buffers'=0
[   NetworkOperations] 'Command'=0 'ClientRPC'=0 'SyncVar'=0 'Sync List'=0 'Sync Event'=0 'User Message'=0
'Object Destroy'=0 'Object Create'=0
[   UI] 'Layout'=45000 'Render'=244000
[   UIDetails] 'UI Batches'=0 'UI Vertices'=0
[GlobalIllumination] 'Total CPU'=189063 'Light Probe'=0 'Setup'=3334 'Environment'=33646 'Input Lighting'=788
02 'Systems'=0 'Solve Tasks'=27656 'Dynamic Objects'=25834 'Other Commands'=0 'Blocked Command Write'=0
```

每次执行 frame 都会记录当前查询的帧序号，如果所有参数留空，则重复查看当前帧数据。

### 3.3.4 next

**next** [*frame\_offset*] [=1]

参数	可选	描述
<i>frame_offset</i>	是	相对当前帧的偏移

next 命令相当于按照指定帧偏移量修改当前帧序号同时调用 frame 命令生成帧数据。

### 3.3.5 prev

**prev** [*frame\_offset*] [=1]

参数	可选	描述
<i>frame_offset</i>	是	相对当前帧的偏移

prev 命令相当于按照指定帧偏移量修改当前帧序号同时调用 frame 命令生成帧数据。

### 3.3.6 func

**func** [*rank*] [=0]

参数	可选	描述
<i>rank</i>	是	指定显示排行榜前 <i>rank</i> 个数据

func 在当前可用帧区间内，按照函数名统计每个函数的时间消耗，并按照从大到小的顺序排序，*rank* 参数可以限定列举范围，默认列举所有函数的时间统计。

```
/> func 1
26.27% 1276.54ms #200 [REDACTED] WaitForTargetFPS *1
/> func 5
26.27% 1276.54ms #200 [REDACTED] WaitForTargetFPS *1
6.80% 330.49ms #200 [REDACTED] Profiler.CollectMemoryAllocationStats *128
4.31% 209.44ms #1818 [REDACTED] RenderForward.RenderLoopJob *7
3.89% 188.95ms #909 [REDACTED] SceneCulling *25
3.11% 151.03ms #9071 [REDACTED] WaitForJobGroup *27
```

第一列表示函数时间消耗百分比，第二列表示时间消耗的总毫秒数，第三列表示函数调用的总次数，最后一列以 \* 开头的数字表示函数引用。

### 3.3.7 find

**find** [*function\_ref*]

参数	可选	描述
<i>function_ref</i>	否	指定函数引用

frame 和 func 命令可以生成以 \* 开头的数字函数引用，find 在当前帧区间内查找调用了指定函数的帧。

```

/> func 5
34.99% 849.26ms #100
5.32% 129.07ms #5916
4.92% 119.39ms #100
4.58% 111.14ms #1000
2.20% 53.34ms #500
/> find 128
100%
[FRAME] index=10000 time=24.850ms fps=40.2 offset=128440337
[FRAME] index=10001 time=24.880ms fps=40.2 offset=128453746
[FRAME] index=10002 time=25.070ms fps=39.9 offset=128467283
[FRAME] index=10003 time=25.420ms fps=39.3 offset=128480596
[FRAME] index=10004 time=24.120ms fps=41.4 offset=128494037
[FRAME] index=10005 time=24.930ms fps=40.1 offset=128507158
[FRAME] index=10006 time=25.390ms fps=39.4 offset=128520567

```

### 3.3.8 list

**list** [*frame\_offset*] [=0] [*frame\_count*] [=0]

参数	可选	描述
<i>frame_offset</i>	是	指定始帧，相对于当前帧区间第一帧的整形偏移量
<i>frame_count</i>	是	指定帧数量

list 列举指定范围的帧基本信息，如果所有参数留空则列举当前帧区间的所有帧信息。

```

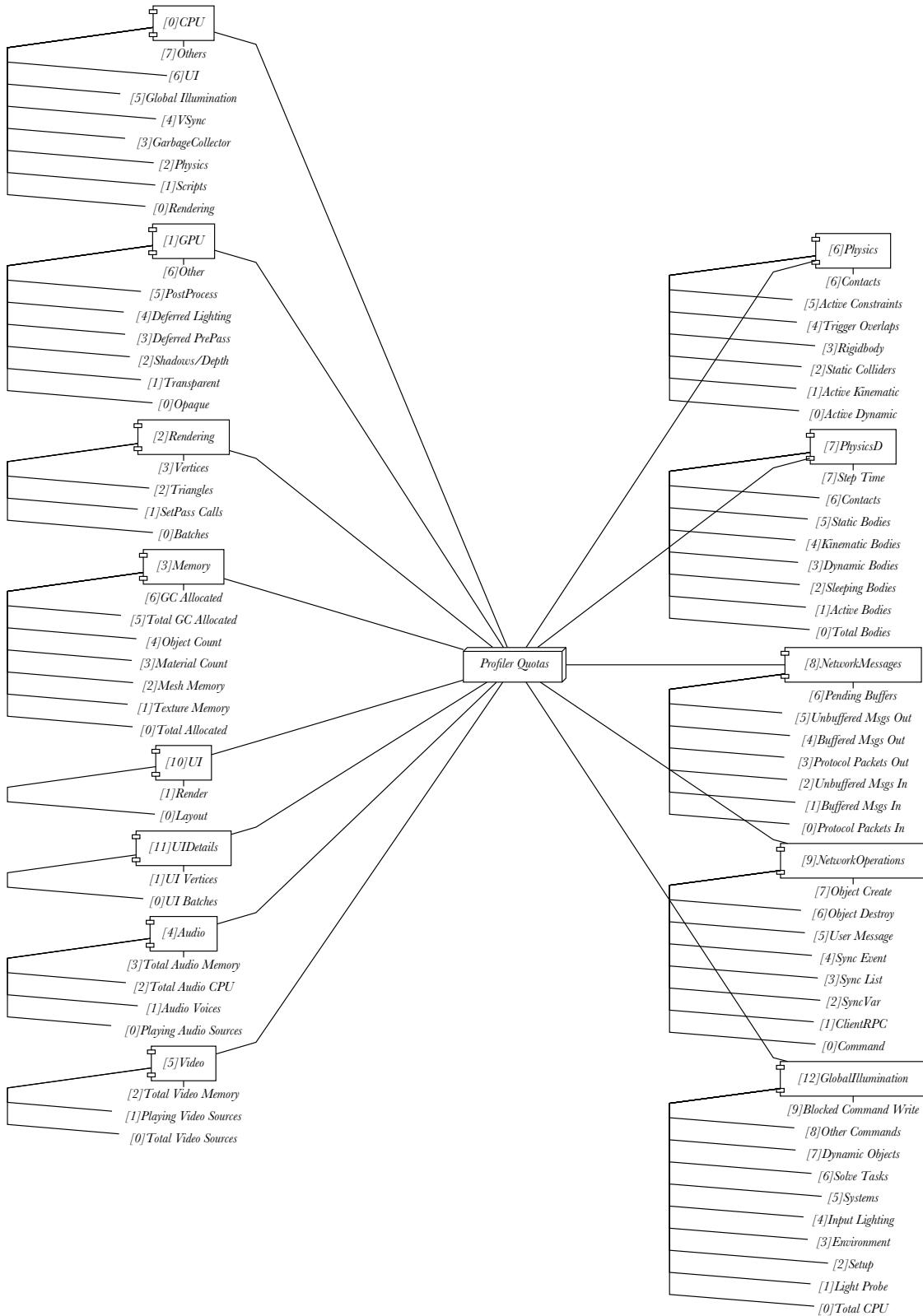
/> list 0 10
[FRAME] index=20000 time=24.900ms fps=40.2 offset=261033153
[FRAME] index=20001 time=25.230ms fps=39.6 offset=261046018
[FRAME] index=20002 time=24.530ms fps=40.8 offset=261059203
[FRAME] index=20003 time=24.840ms fps=40.2 offset=261072356
[FRAME] index=20004 time=24.880ms fps=40.2 offset=261084797
[FRAME] index=20005 time=24.900ms fps=40.2 offset=261097310
[FRAME] index=20006 time=25.270ms fps=39.6 offset=261110143
[FRAME] index=20007 time=24.470ms fps=40.9 offset=261122944
[FRAME] index=20008 time=25.340ms fps=39.5 offset=261135865
[FRAME] index=20009 time=24.400ms fps=41.0 offset=261148698
[SUMMARY] fps=40.2±1.6 range=[39.5, 41.0] reasonable=[39.5, 41.0]

```

该工具同时在所有帧数据底部生成 *fps* 统计数据。

### 3.3.9 meta

meta 查看性能指标索引，包含 *CPU*、*GPU*、*Rendering*、*Memory*、*Audio*、*Video*、*Physics*、*Physics2D*、*NetworkMessages*、*NetworkOperations*、*UI*、*UIDetails*、*GlobalIllumination* 等 13 类别，以及类别属性一共 77 个细分性能指标，每个性能指标由类别和类别属性两个索引确定，比如 *Scripts* 由 0-1 确定，该命令用来为 stat 和 seek 提供输入参数。



### 3.3.10 lock

**lock** [*frame\_index*] [=0] [*frame\_count*] [=0]

参数	可选	描述
<i>frame_index</i>	是	起始帧序号
<i>frame_count</i>	是	锁定相对于起始帧的帧数量

lock 参数留空恢复原始帧区间，一旦锁定帧区间，其他除 info 命令以外的其他命令均在该区间执行相关操作。

```
/> lock 10000 20
frames=[10000, 10020)
/> list
[FRAME] index=10000 time=24.850ms fps=40.2 offset=128440337
[FRAME] index=10001 time=24.880ms fps=40.2 offset=128453746
[FRAME] index=10002 time=25.070ms fps=39.9 offset=128467283
[FRAME] index=10003 time=25.420ms fps=39.3 offset=128480596
[FRAME] index=10004 time=24.120ms fps=41.4 offset=128494037
[FRAME] index=10005 time=24.930ms fps=40.1 offset=128507158
[FRAME] index=10006 time=25.390ms fps=39.4 offset=128520567
[FRAME] index=10007 time=24.590ms fps=40.7 offset=128533880
[FRAME] index=10008 time=24.560ms fps=40.7 offset=128547161
[FRAME] index=10009 time=24.900ms fps=40.2 offset=128560474
[SUMMARY] fps=40.2±1.9 range=[39.3, 41.4] reasonable=[39.3, 41.4]
```

### 3.3.11 stat

**stat** [*profiler\_area*] [*property*]

参数	可选	描述
<i>profiler_area</i>	否	类别索引, meta 命令生成一级索引
<i>property</i>	否	类别属性索引, meta 命令生成的二级索引

stat 在当前帧区间按照参数指标进行数学统计，给出 99.87% 置信区间的边界值，以及均值和标准差信息。

```
/> stat 0 1
[CPU] [Scripts] mean=1874400.000±316545.565 range=[1582000, 2965000]
reasonable=[1582000, 2269000]
```

*range* 表示当前帧区间 Scripts 时间消耗的最小值和最大值，单位是纳秒 [1 毫秒 = 1000000 纳秒]，*reasonable* 表示按照 3 倍标准差剔除极大值后的合理取值范围，超出该范围的值应该仔细检查，因为按照统计学在正态分布里面 3 倍标准差可以覆盖 99.87% 的数据。

### 3.3.12 seek

**seek** [*profiler\_area*] [*property*] [*value*] [*predicate*] [= >]

参数	可选	描述
<i>profiler_area</i>	否	类别索引, meta 命令生成一级索引
<i>property</i>	否	类别属性索引, meta 命令生成二级索引
<i>value</i>	否	临界值
<i>predicate</i>	是	> 大于临界值、= 等于临界值、< 小于临界值三种参数

`seek` 按照参数确定的指标进行所搜比对，默认列举大于临界值的帧信息，可以通过 *predicate* 选择大于、等于和小于比对方式进行过滤帧数据。

```
/> stat 0 1  
[CPU] [Scripts] mean=1874400.000±316545.565 range=[1582000, 2965000] reasonable=[1582000,  
↳ 2269000]  
/> seek 0 1 2269000  
[FRAME] index=10012 time=23.880ms fps=41.9 offset=128599965
```

调用该命令前建议先用 `stat` 对性能指标进行简单数学统计，然后根据最大值或者最小值搜索可能存在性能问题的渲染帧。

### 3.3.13 fps

**fps** [*value*] [*predicate*] [= >]

参数	可选	描述
<i>value</i>	否	临界值
<i>predicate</i>	是	> 大于临界值、= 等于临界值、< 小于临界值三种参数

```
/> fps  
frames=[20000, 20100)=100 fps=40.2±1.2 range=[39.2, 41.5] reasonable=[39.2, 41.2]  
/> fps 41.2 >  
[FRAME] index=20066 time=24.080ms fps=41.5 offset=261880027
```

当参数留空时，`fps` 统计当前帧区间的帧率信息，指定临界值后，则默认过滤大于临界值的帧数据，可以通过 *predicate* 选择大于、等于和小于比对方式进行过滤帧数据。

### 3.3.14 help

显示帮助信息。

```
/> help  
alloc [FRAME_OFFSET] [FRAME_COUNT] 搜索申请动态内存的帧  
frame [FRAME_INDEX] 查看帧时间消耗详情  
func 按照方法名统计时间消耗  
find [FUNCTION_NAME_REF]* 按照方法名索引查找调用帧  
list [FRAME_OFFSET] [±FRAME_COUNT] [+|-] 列举帧简报 支持排序 (+按fps升序 -按fps降序)输出 默认不排序  
next [STEP] 查看后STEP[=1]帧时间消耗详情  
prev [STEP] 查看前STEP[=1]帧时间消耗详情  
meta 查看性能指标参数  
lock [FRAME_INDEX] [FRAME_COUNT] 锁定帧范围  
stat [PROFILER_AREA] [PROPERTY] 统计性能指标  
seek [PROFILER_AREA] [PROPERTY] [VALUE] [>|=|<] 搜索性能指标满足条件(>大于 VALUE[默认] =等于 VALUE <小于 VALUE)的帧  
info 性能摘要  
  fps [FPS] [>|=|<] 搜索满足条件(>大于 FPS =等于 FPS <小于 FPS[默认])的帧  
help 帮助  
quit 退出
```

### 3.3.15 quit

退出当前进程。

## 3.4 使用案例

### 3.4.1 追踪渲染丢帧

```
> lock 30000 200
frames=[30000, 30200)
> fps
frames=[30000, 30200)=200 fps=40.0±4.9 range=[19.0, 41.8] reasonable=[38.9, 41.8]
> fps 20
[FRAME] index=30193 time=52.640ms fps=19.0 offset=396605634
> frame 30193
[FRAME] index=30193 time=52.640ms fps=19.0 alloc=55553 offset=396605634
  Update.ScriptRunBehaviourUpdate time=50.591%/26.631ms self=0.011%/0.003ms calls=1 alloc=55093 *75
    BehaviourUpdate time=99.989%/26.628ms self=1.401%/0.373ms calls=1 alloc=55093 *76
      InputManager.Update() time=93.499%/24.897ms self=5.519%/1.374ms calls=1 alloc=54741 *442
        LogStringToConsole time=52.781%/13.141ms self=78.571%/10.325ms calls=3 alloc=40464 *272
          StackTraceUtility.PostprocessStackTrace() time=15.562%/2.045ms self=96.968%/1.983ms calls=3 alloc=12862 *273
            GC.Alloc time=3.032%/0.062ms self=100.000%/0.062ms calls=87 alloc=12862 *274
            Application.CallLogCallback() time=4.634%/0.609ms self=89.819%/0.547ms calls=3 alloc=2940 *275
              GC.Alloc time=10.181%/0.062ms self=100.000%/0.062ms calls=75 alloc=2940 *274
              GC.Alloc time=1.233%/0.162ms self=100.000%/0.162ms calls=262 alloc=24662 *274
            GameObject.Activate time=40.013%/9.962ms self=39.952%/3.980ms calls=5 alloc=12917 *345
              Animator.Initialize time=17.717%/1.765ms self=29.632%/0.523ms calls=5 *518
                Animator.SetupControllerDataSet time=40.227%/0.710ms self=100.000%/0.710ms calls=5 *520
                Animator.SetupAvatarDataSet time=30.142%/0.532ms self=100.000%/0.532ms calls=5 *519
              Selectable.OnCanvasGroupChanged() time=8.181%/0.815ms self=100.000%/0.815ms calls=48 *404
              RectTransform.SendReapplyDrivenProperties() time=6.736%/0.671ms self=100.000%/0.671ms calls=73 *346
              Text.OnEnable() time=5.551%/0.553ms self=99.096%/0.548ms calls=20 alloc=1028 *347
                GC.Alloc time=0.904%/0.005ms self=100.000%/0.005ms calls=6 alloc=1028 *274
              UIBehaviour.OnCanvasGroupChanged() time=4.447%/0.443ms self=100.000%/0.443ms calls=626 *407
              Image.OnEnable() time=3.754%/0.374ms self=98.663%/0.369ms calls=12 alloc=2292 *329
                GC.Alloc time=1.337%/0.005ms self=100.000%/0.005ms calls=5 alloc=2292 *274
              Graphic.OnEnable() time=3.594%/0.358ms self=98.324%/0.352ms calls=12 alloc=696 *354
                GC.Alloc time=1.676%/0.006ms self=100.000%/0.006ms calls=9 alloc=696 *274
              PostProcessingBehaviour.OnEnable() time=2.590%/0.258ms self=79.845%/0.206ms calls=1 alloc=7101 *477
                GC.Alloc time=20.155%/0.052ms self=100.000%/0.052ms calls=53 alloc=7101 *274
              Selectable.OnEnable() time=2.570%/0.256ms self=82.422%/0.211ms calls=13 alloc=872 *350
                NextImage.Start() [Coroutine: MoveNext] time=9.766%/0.025ms self=100.000%/0.025ms calls=1 alloc=32 *287
```

1. 使用 lock 锁定大概帧区间 [30000, 30000+200)
2. 使用无参数 fps 对当前帧区间生成针对 *fps* 统计数据
3. 从数值区间 *range*=[19.0, 41.8] 可以看出，有渲染帧的 *fps* 低于阈值 20，调用 *fps 20* 把 *fps* 值低于 20 的所有帧列出来，从搜索结果可以看出第 30193 帧的 *fps* 等于 19.0
4. 使用 *frame 30193* 查看目标帧的详细数据，可以发现当前帧有内存申请操作，并且 *InputManager.Update()* 函数占用了将近 25 毫秒的时间，其中 *LogStringToConsole*(打印日志) 和 *GameObject.Activate* 占用了大部分时间开销，可以查看更深层级进一步确定时间开销产生细节。

### 3.4.2 追踪动态内存分配

从上面的例子中可以发现动态内存申请会有比较大的时间开销，*alloc* 命令可以快速在指定帧区间进行堆栈搜索，并把所有申请了动态内存的帧数据列出来，方便进一步定位内存产生细节。

```

> alloc 0 100
[FRAME] index=30015 time=24.870ms fps=40.2 alloc=246 offset=394246304
[FRAME] index=30016 time=24.870ms fps=40.2 alloc=18 offset=394259841
[FRAME] index=30049 time=24.860ms fps=40.2 alloc=2444 offset=394702466
[FRAME] index=30052 time=24.860ms fps=40.2 alloc=1720 offset=394742917
[FRAME] index=30055 time=31.030ms fps=32.2 alloc=45581 offset=394783488
[FRAME] index=30056 time=24.960ms fps=40.0 alloc=18 offset=394799969
[FRAME] index=30057 time=24.890ms fps=40.2 alloc=64 offset=394813794
[FRAME] index=30058 time=24.870ms fps=40.2 alloc=10174 offset=394827619
[FRAME] index=30079 time=24.850ms fps=40.2 alloc=184 offset=395107672
[FRAME] index=30082 time=24.920ms fps=40.1 alloc=11128 offset=395147803
[FRAME] index=30095 time=24.890ms fps=40.2 alloc=246 offset=395323224
[FRAME] index=30096 time=24.840ms fps=40.3 alloc=18 offset=395336729
[FRAME] index=30098 time=24.880ms fps=40.2 alloc=2536 offset=395363667
> frame 30055
[FRAME] index=30055 time=31.030ms fps=32.2 alloc=45581 offset=394783488
  Update.ScriptRunBehaviourUpdate time=50.113%/15.550ms self=0.019%/0.003ms calls=1 alloc=45581 *75
    BehaviourUpdate time=99.981%/15.547ms self=2.322%/0.361ms calls=1 alloc=45581 *76
      ApolloObjectManager.Update() time=79.347%/12.336ms self=55.674%/6.868ms calls=1 alloc=42871 *80
      LogStringToConsole time=17.145%/2.115ms self=68.652%/1.452ms calls=2 alloc=8700 *272
      StackTraceUtility.PostprocessStacktrace() time=16.879%/0.357ms self=97.199%/0.347ms calls=2 alloc=243
    GC.Alloc time=2.801%/0.010ms self=100.000%/0.010ms calls=20 alloc=2430 *274
    Application.CallLogCallback() time=12.293%/0.260ms self=88.462%/0.230ms calls=2 alloc=1960 *275
    GC.Alloc time=11.538%/0.030ms self=100.000%/0.030ms calls=50 alloc=1960 *274
    GC.Alloc time=2.175%/0.046ms self=100.000%/0.046ms calls=67 alloc=4310 *274
    NextViewPoolBase.SpawnName time=14.770%/1.822ms self=7.190%/0.131ms calls=4 alloc=1024 *599
    Instantiate time=73.161%/1.333ms self=1.050%/0.014ms calls=1 alloc=1024 *321
      Instantiate.Awake time=78.020%/1.040ms self=25.096%/0.261ms calls=1 alloc=724 *327
        Animator.Initialize time=42.115%/0.438ms self=30.822%/0.135ms calls=1 *518
        Animator.SetupControllerDataSet time=40.411%/0.177ms self=100.000%/0.177ms calls=1 *520
        Animator.SetupAvatarDataSet time=28.767%/0.126ms self=100.000%/0.126ms calls=1 *519
        SkinProxy.Awake() time=28.654%/0.298ms self=96.980%/0.289ms calls=1 alloc=616 *517
          GC.Alloc time=3.020%/0.009ms self=100.000%/0.009ms calls=18 alloc=616 *274

```

- 使用 `alloc 0 100` 列出当前帧区间子区间  $[0, 100)$  内有动态内存产生的渲染帧，可以看到 **30055** 帧产生了比较多的内存。
- 使用 `frame 30055` 查看目标帧的详细数据。

## 3.5 小结

UnityProfiler 以巧妙的方式编码性能数据，节省 80% 的存储空间，内置多种命令以超高效率在不同维度帮助大家发现性能问题，并快速定位到产生问题的帧，使用该工具可以有效地帮助大家解决卡顿问题，从而提升游戏质量。

# 4 MemoryCrawler

## 4.1 简介

MemoryCrawler 以 *Unity* 引擎生成的内存快照数据为基础，提供多种维度的工具来帮助发现内存问题。该工具前期预研阶段使用 *Python* 测试逻辑，最终使用 *C++* 实现。由于是基于 *Unity* 的原生接口获取数据，所以需要保证 *Profiler* 工具打开后能看到性能采集界面，真机调试确保按照官方文档正确配置。

内存分析是个高计算密度的过程，使用 *C#* 分析将是个漫长的过程，毕竟是在 *mono* 环境运行，MemoryCrawler 用 *C++* 作为开发语言，同时也获得了可观的分析速度，基本在百毫秒级别，也就是眨眼的功夫就完成数据分析，相比 *Unity* 提供 *MemoryProfiler* 在内存数据的解析速度、问题定位速度方面都是一个质的飞跃。

## 4.2 原理

在命名空间 `UnityEditor.MemoryProfiler` 有个类 `MemorySnapshot` 可以请求生成内存快照，一般情况下内存快照创建需要时间，所以需要侦听 `MemorySnapshot.OnSnapshotReceived` 事件，拿到内存数据就可以做相关的内存分析了。

```
MemorySnapshot.OnSnapshotReceived += OnSnapshotComplete;
MemorySnapshot.RequestNewSnapshot();

private static void OnSnapshotComplete(PackedMemorySnapshot snapshot)
{
    MemorySnapshot.OnSnapshotReceived -= OnSnapshotComplete;
    ExportMemorySnapshot(snapshot, false);
}
```

## 4.3 命令手册

### 4.3.1 read

**read** *uuid*

参数	可选	描述
<i>uuid</i>	是	每个内存快照都有一个唯一 16 字节 36 字符的 <i>uuid</i>

`read` 加载缓存在 `sqlite` 里面的内存快照分析结果，`uuid` 为原始内存快照的标识符，使用 `read` 的前提是存在相应的缓存文件，通过 `uuid` 命令可以查看快照的 `uuid`。如果 `uuid` 留空则，加载当前内存快照的缓存文件。`read` 加载完缓存后，会自动与当前内存快照做差异分析。

### 4.3.2 load

**load** [*pms\_filepath*]

参数	可选	描述
<i>pms_filepath</i>	否	内存快照路径

`load` 从原始内存快照文件加载内存数据并进行内存分析，其他功能与 `read` 相同，会自动与当前内存快照做差异分析。

### 4.3.3 track

**track** [*tracking\_mode*]

参数	可选	描述
<i>tracking_mode</i>	是	内存追踪模式 <code>alloc</code> = 内存增长追踪模式 <code>leak</code> = 内存泄漏追踪模式 ?= 查看当前模式

使用 `read` 或 `load` 加载完另外一个内存快照后，会自动与当前内存快照做内存差异分析，设置追踪模式可以方便地在差异内存里面定位内存问题。`tracking_mode` 留空时则清除当前追踪模式。

```
/> read e4a5b509-f9cc-a84e-9f90-c502a54fe76e
```

```

[0] SnapshotCrawlerCache=19492135
[1] SnapshotCrawlerCache::read=19490006
[2] open=1400984
[3] read_PackedMemorySnapshot=9540012
[4] read_native_types=450704
[5] read_native_objects=2932726
[6] read_managed_types=6111619
[7] read_type_fields=802478
[8] read_vm=42409
[9] read_MemorySnapshotCrawler=8371204
[10] read_managed_objects=8370010
/> track alloc
ENTER TRACKING ALLOC MODE
/> track ?
ENTER TRACKING ALLOC MODE
/> track leak
ENTER TRACKING LEAK MODE
/> track
LEAVE TRACKING MODE

```

#### 4.3.4 str

**str** [*address*]

参数	可选	描述
<i>address</i>	否	字符串对象的内存地址

```

/> str 3106572216
0xb92a87b8 130 '很遗憾，我们现在无法向您继续提供服务。我们的数据存储在 EEA 地区之外，为了为您提供服务我们的支持团队必须从其他司法管辖
↪ 区访问数据。'

```

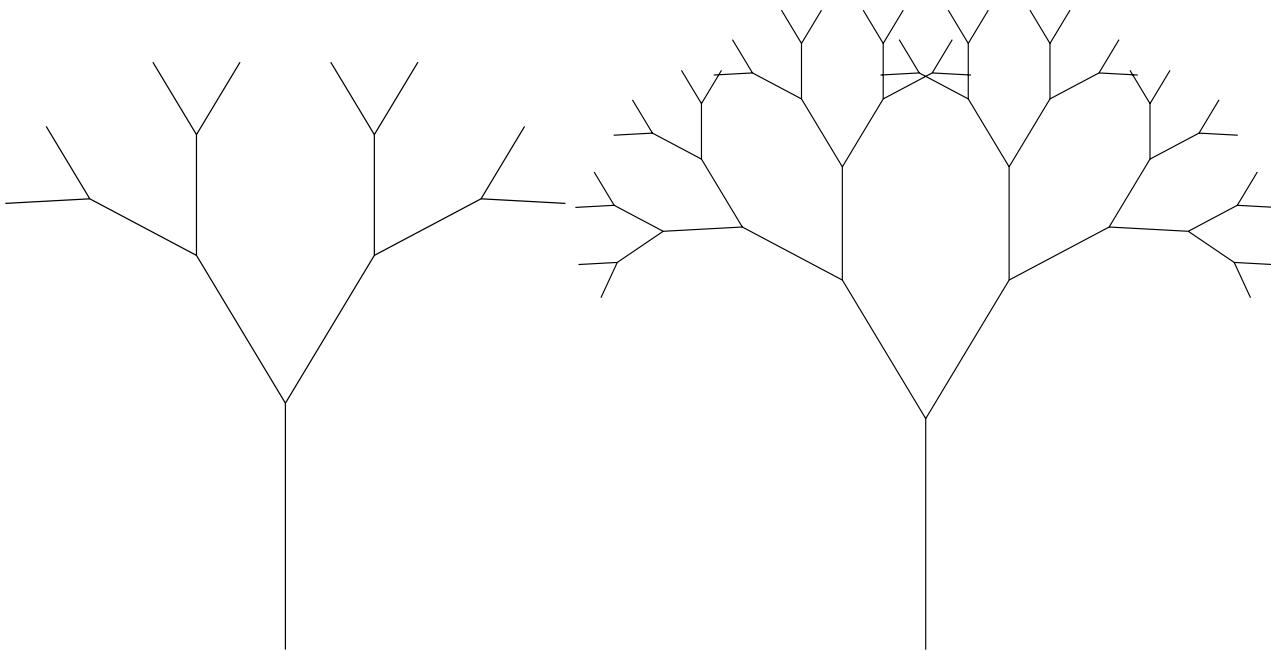
第一列参数为字符串地址的 16 进制形式，第二列为字符串占用内存大小，第三列为字符串内容。

#### 4.3.5 ref

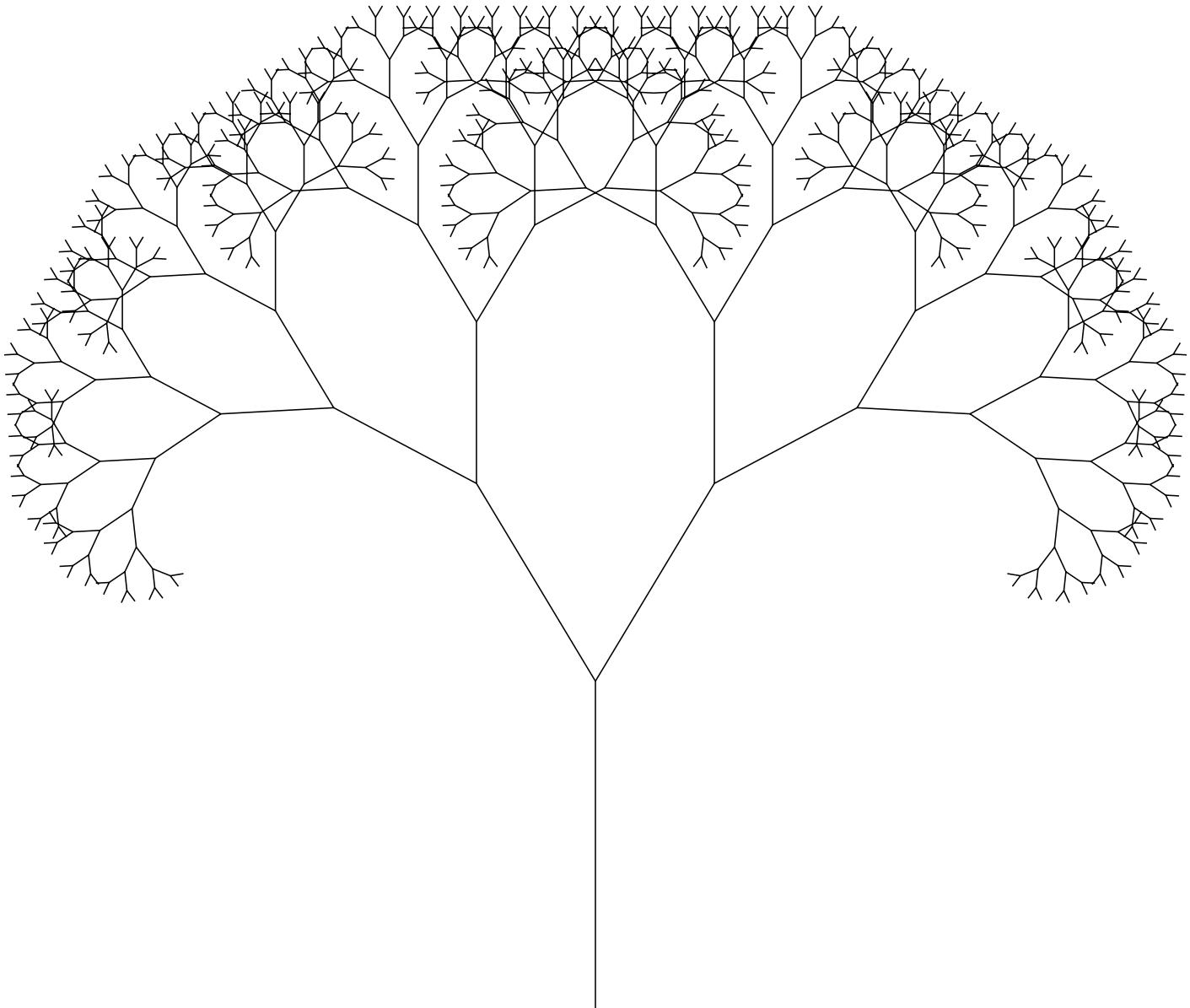
**ref** [*address*]

参数	可选	描述
<i>address</i>	否	对象的内存地址

查找保持当前对象在内存中活跃的关系链，使用递归遍历父级引用关系，但是每层递归最多产生两个分支，因为对象在内存中的引用关系有可能很复杂，导致递归深度过大而耗用过多电脑内存以及产生过多的引用关系链。通常我们理想的引用关系是下图这样的，深度有限，引用简单。



但实际上每一层递归节点都有可能产生很多递归分支，导致遍历节点异常庞大，所以 ref 做了对每层递归分支数量做了限制，这样哪怕对象引用关系很复杂的情况下也可以得到部分引用关系，下图只是每层递归 2 个分支一共 9 层的递归模型，实际的引用树可能无法用图来描绘出来。



ref 接受一个内存地址参数，可以自动识别八进制、十进制以及十六进制，`3106572216` 为上个例子中的字符串地址。

```
/> ref 3106572216
<GCHandle>::ApplicationTranslator 0xebb97d20
    .{database:translation_protocol.TranslationContainer} 0xc085f460
    .{_clases:System.Collections.Generic.List<translation_protocol.ClassContainer>} 0xe37d7f00
    .{_items:translation_protocol.ClassContainer}[8] 0xb9153018
    .{_fields:System.Collections.Generic.List<translation_protocol.LocalizedItem>} 0xb9153000
    .{_items:translation_protocol.LocalizedItem}[0] 0xb91c55e0
    .{_text:System.String} 0xb92a87b8
<Static>::dataconfig.DataConfigManager::{dataObserver:dataconfig.DataConfigObserver}
    ↵ 0xd361bf18
        .{prev:dataconfig.DataConfigObserver} 0xd361bee0
        .{m_target:ApplicationTranslator} 0xebb97d20
        .{database:translation_protocol.TranslationContainer} 0xc085f460
        .{_clases:System.Collections.Generic.List<translation_protocol.ClassContainer>} 0xe37d7f00
```

```
.{_items:translation_protocol.ClassContainer}[8] 0xb9153018
._fields:System.Collections.Generic.List<translation_protocol.LocalizedItem>} 0xb9153000
._items:translation_protocol.LocalizedItem}[0] 0xb91c55e0
._text:System.String} 0xb92a87b8
<Static>::ApplicationTranslator::{_shared:ApplicationTranslator} 0xebb97d20
._database:translation_protocol.TranslationContainer} 0xc085f460
._clases:System.Collections.Generic.List<translation_protocol.ClassContainer>} 0xe37d7f00
._items:translation_protocol.ClassContainer}[8] 0xb9153018
._fields:System.Collections.Generic.List<translation_protocol.LocalizedItem>} 0xb9153000
._items:translation_protocol.LocalizedItem}[0] 0xb91c55e0
._text:System.String} 0xb92a87b8
<Static>::HardStrings.LaunchStart::{TIPS_REJECT_DATA_POLICY:System.String} 0xb92a87b8
```

在这个例子中，可以看出 `3106572216` 有四个引用关系，第一个引用被 `Unity` 的 `GCHandle`，其他三个分别被静态对象引用，引用的终点和当前对象之间为引用链经过的对象路径，每一个对象节点都有清晰的变量名以及对象地址。

#### 4.3.6 REF

**REF** [*address*]

参数	可选	描述
<i>address</i>	否	对象的内存地址

同 ref 相同，REF 列举保持对象在内存中活跃的关系链，不同的是 REF 尝试遍历所有的引用关系，如果遇到引用关系复杂，递归深度比较大的情况下，会采用递归总量限制保证 REF 在合理的内存开销下列举尽可能多的关系链，对于没有递归到终点的关系链会用星号 \* 标记。对于复杂对象，可能会产生大量的引用链，会花费比较长的时间打印关系链结果。

引用标记	说明
<i>GCHandle</i>	表示对象最终被 <i>Unity</i> 的 <i>GCHandle</i> 管理器引用，如果这是对象仅有的引用， <i>Unity</i> 会在合适的时机自动释放
<i>Static</i>	表示对象被静态类引用
星号	表示递归深度过大，当前引用链被中断
$\infty$	表示对象被环式引用

#### 4.3.7 uref

**uref** [*address*]

参数	可选	描述
<i>address</i>	否	对象的内存地址

列举 *Unity* 引擎创建的 *native* 对象引用关系链，与 ref 对应，使用有限递归分支列举部分引用关系链。

```
/> uref 3269982224
<SIS>. {Sprite:0xcd2a8ad0:'mu'}. {Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'}
<SIS>. {Sprite:0xcd2a7950:'ml'}. {Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'}
```

引用标记	说明
<i>SIS</i>	<i>Store In Scene</i>
<i>DDO</i>	<i>Dont't Destroy Object</i>
<i>UMO</i>	<i>Unity Manager Object</i>
星号	表示递归深度过大，当前引用链被中断
$\infty$	表示对象被环式引用

#### 4.3.8 UREF

**UREF** [*address*]

参数	可选	描述
<i>address</i>	否	对象的内存地址

同 REF 类似，但是遍历引擎对象的所有引用关系链。

```
/> UKREF 3269982224
<SIS>. {Sprite:0xcd2a8ad0:'mu'}. {Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'}
<SIS>. {Sprite:0xcd2a7950:'ml'}. {Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'}
<SIS>. {Sprite:0xcd373b50:'br'}. {Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'}
<SIS>. {Sprite:0xcd2c8fd0:'sa'}. {Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'}
<SIS>. {Sprite:0xcd3ebad0:'ao'}. {Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'}
<SIS>. {Sprite:0xcd2c94d0:'sc'}. {Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'}
<SIS>. {Sprite:0xcd2906d0:'gb'}. {Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'}
<SIS>. {Sprite:0xcd2c5650:'no'}. {Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'}
<SIS>. {Sprite:0xcd375590:'cg'}. {Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'}
<SIS>. {Sprite:0xcd2a7e50:'mn'}. {Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'}
<SIS>. {Sprite:0xcd29a0d0:'ki'}. {Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'}
<SIS>. {Sprite:0xcd2a8d50:'mv'}. {Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'}
<SIS>. {Sprite:0xcd299e50:'kh'}. {Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'}
<SIS>. {Sprite:0xcd2c6550:'pa'}. {Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'}
<SIS>. {Sprite:0xcd2dd2d0:'ws'}. {Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'}
<SIS>. {Sprite:0xcd377d90:'dm'}. {Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'}
<SIS>. {Sprite:0xcd2a7450:'mh'}. {Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'}
<SIS>. {Sprite:0xcd2c6cd0:'pg'}. {Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'}
<SIS>. {Sprite:0xcd3eb350:'ag'}. {Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'}
<SIS>. {Sprite:0xcd2d7ed0:'uz'}. {Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'}
<SIS>. {Sprite:0xcd2d4550:'sv'}. {Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'}
```

#### 4.3.9 kref

**kref** [*address*]

参数	可选	描述
<i>address</i>	否	对象的内存地址

同 ref 功能相同，但是剔除 \* 和 ∞ 开头的关系链，在数据量比较大的情况下会比较有用。

#### 4.3.10 KREF

**KREF** [*address*]

参数	可选	描述
<i>address</i>	否	对象的内存地址

同 REF 功能相同，但是剔除 \* 和 ∞ 开头的关系链，在数据量比较大的情况下会比较有用。

#### 4.3.11 ukref

**ukref** [*address*]

参数	可选	描述
<i>address</i>	否	对象的内存地址

同 uref 功能相同，但是剔除 \* 和 ∞ 开头的关系链，在数据量比较大的情况下会比较有用。

#### 4.3.12 UKREF

**UKREF** [*address*]

参数	可选	描述
<i>address</i>	否	对象的内存地址

同 UREF 功能相同，但是剔除 \* 和 ∞ 开头的关系链，在数据量比较大的情况下会比较有用。

#### 4.3.13 link

**link** [*address*]

参数	可选	描述
<i>address</i>	否	对象的内存地址

对于继承于 *UnityEngine.Object* 类的对象，可以使用该命令查看对应的 native 引擎对象地址，可以方便在不同的内存空间进行审视对象内存。

```
/> link 3816674832
3269982224
/> uref 3269982224
<SIS>.Sprite:0xcd2a8ad0:'mu'.Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'
<SIS>.Sprite:0xcd2a7950:'ml'.Texture2D:0xc2e7f810:'Country_RGB'
```

#### 4.3.14 ulink

**ulink** [*address*]

参数	可选	描述
<i>address</i>	否	对象的内存地址

使用该命令查看 native 引擎对象对应的 *il2cpp* 对象，可以方便在不同的内存空间进行审视对象内存。

```
/> ulink 3269982224
3816674832
/> ref 3816674832
<GCHandle>::UnityEngine.Texture2D 0xe37dd610
```

#### 4.3.15 show

**show** [*address*]

参数	可选	描述
<i>address</i>	否	对象的内存地址

```
/> show 3495241968
System.String 0xd05528f0
└─length:System.Int32 = 42
└─start_char:System.Char = \u5411
/> show 0xb8fb00e0
translation_protocol.LocalizedItem 0xb8fb00e0
└─_sid:System.String = NULL
└─_uid:System.Nullable<System.UInt32>
  └─value:System.UInt32 = 200160
  └─has_value:System.Boolean = true
└─_text:System.String 0xd05528f0 = '向四周瞬间投出大量的魔刃，对周围半径 3 格的敌人造成 175/225/275 点魔法伤害。'
└─extensionObject:ProtoBuf.IExtension = NULL
```

#### 4.3.16 ushow

**ushow** [*address*]

参数	可选	描述
<i>address</i>	否	对象的内存地址

该命令用来查看当前 *native* 引擎对象内部保持的引用关系链。

```
/> ushow 0xbcbff110
'LanguageSelect':GameObject 0xbcbff110
└─'NameTxt2':GameObject 0xb9b8a450=144
  └─'LocalIEFlag':MonoScript 0xc2fa3610=244
```

#### 4.3.17 find

**find** [*address*]

参数	可选	描述
<i>address</i>	否	对象的内存地址

find 查看 *il2cpp* 对象并展示相关信息。

```
/> find 0xb8fe1ec0
0xb8fe1ec0 type='translation_protocol.LocalizedItem'1614 size=28 assembly='ProtobufProtocol'
```

对象类型名之后的数字 **1614** 为对象类型引用，可以使用 type 命令查看类型信息。

#### 4.3.18 ufind

**ufind** [*address*]

参数	可选	描述
<i>address</i>	否	对象的内存地址

ufind 查看 *native* 引擎对象并展示相关信息。

```
/> ufind 3266512656
0xc2b30710 name='INetworkService' type='MonoScript' 158 size=244
```

对象类型名之后的数字 **158** 为对象类型引用，可以使用 utype 命令查看类型信息。

#### 4.3.19 type

**type** [*type\_ref*]

参数	可选	描述
<i>type_ref</i>	否	<i>il2cpp</i> 类型引用

type 查看 *il2cpp* 类型信息，通过 find、stat、bar 可以得到类型引用。

```
/> type 1614
0xbba39b40 name='translation_protocol.LocalizedItem' 1614 size=28
↳ baseOrElementType='System.Object' 0 assembly='ProtobufProtocol' instanceMemory=329420
↳ instanceCount=11765
  isStatic=false name='_sid' offset=8 typeIndex=23
  isStatic=false name='_uid' offset=12 typeIndex=3520
  isStatic=false name='_text' offset=20 typeIndex=23
  isStatic=false name='extensionObject' offset=24 typeIndex=617
```

#### 4.3.20 utype

**utype** [*type\_ref*]

参数	可选	描述
<i>type_ref</i>	否	<i>native</i> 引擎类型引用

utype 查看 *native* 引擎类型信息，通过 ufind、ustat、ubar 可以得到类型引用。

```
/> utype 158
name='MonoScript' 158 nativeBaseType='TextAsset' 156 instanceMemory=812217 instanceCount=3087
```

#### 4.3.21 stat

**stat** [*rank*][=5]

参数	可选	描述
<i>rank</i>	是	限定 <i>il2cpp</i> 类型实例显示数量

stat 按照 *il2cpp* 类型为分组，列举每个类型内存占用前 *rank* 名的实例对象信息，按照类型总内存从小到大排序。

```
/> stat
```

[System.Byte] memory=2 type_index=15	
0x00000000	1 System.Byte
0x00000010	1 System.Byte
-----	
[System.Char] memory=4 type_index=22	
0x00000000	2 System.Char
0x00000008	2 System.Char
-----	
[DG.Tweening.LogBehaviour] memory=4 type_index=1195	
0x00000008	4 DG.Tweening.LogBehaviour
-----	
[LogSeverity] memory=4 type_index=2103	
0x0000002c	4 LogSeverity
-----	
[TheNextMoba.Module.Arena.ArenaPlayMode] memory=4 type_index=2199	
0x00000004	4 TheNextMoba.Module.Arena.ArenaPlayMode

#### 4.3.22 ustat

**ustat** [*rank*] [=5]

参数	可选	描述
<i>rank</i>	是	限定 <i>native</i> 引擎类型实例显示数量

ustat 按照 *native* 引擎类型为分组，列举每个类型内存占用前 *rank* 名的实例对象信息，按照类型总内存从小到大排序。

```
/> ustat
```

[Texture2DArray] memory=4 type_index=170	
0xc8384a50	4 'UnityDefault2DArray'
-----	
[NavMeshSettings] memory=48 type_index=200	
0xc9920c10	48 'NavMeshSettings'
-----	
[GUIlayer] memory=52 type_index=42	
0xcd5060	52 'UICamera'
-----	
[DelayedCallManager] memory=76 type_index=179	
0xcdab4ea0	76 'DelayedCallManager'
-----	
[MeshFilter] memory=104 type_index=94	
0xc4abe8c0	52 'glow'
0xbb61b9e0	52 'glow'

#### 4.3.23 list

**list** [/*type\_ref*]

参数	可选	描述
<i>type_ref</i>	否	<i>il2cpp</i> 类型引用

list 列举 *type\_ref* 指定 *il2cpp* 类型的所有实例对象信息，该命令的结果受 *track* 设置影响。

```
/> list 2904
[dataconfig.BAG_ITEM_CONF[]][=] memory=288
0xebb91360      16 dataconfig.BAG_ITEM_CONF[]
0xebb8d260      272 dataconfig.BAG_ITEM_CONF[]
[SUMMARY] count=2 memory=288
```

#### 4.3.24 ulist

**ulist** [*type\_ref*]

参数	可选	描述
<i>type_ref</i>	否	排行榜数量

ulist 列举 *type\_ref* 指定 *native* 引擎类型的所有实例对象信息，该命令的结果受 *track* 设置影响。

```
/> ulist 156
[TextAsset][=] memory=1090701
0xce55af30      113 'dataconfig_mode_sub_type_conf'
0xce559b80      519 'dataconfig_msg_language_conf'
0xce55ac20      103555 'ja_JP_language'
0xce55aa60      125146 'en_US_language'
0xce5598e0      128359 'ru_RU_language'
0xce557ce0      140676 'zh_Hant_TW_language'
0xb1584010      592333 'zh_Hans_CN_language'
[SUMMARY] count=7 memory=1090701
```

#### 4.3.25 dup

**dup** [*type\_ref*]

参数	可选	描述
<i>type_ref</i>	否	<i>il2cpp</i> 类型引用

dup 可以查找指定类型重复对象的信息，原理是把对象占用的内存算 md5，然后根据 md5 进行归类，该命令就是把 md5 相同的对象按照重复内存总大小按顺序输出。

- 无参数表示统计字符串重复信息
- 输入类型引用参数表示查看当前类型的对象重复信息

```
/> dup 3997
System.Byte[] typeIndex=3997 instanceCount=88 instanceMemory=282706
51 #3 0xebb897e0 0xebb899c0 0xebb89420
```

```

58 #2 0xc82bddc0 0xc82bda0
80 #4 0x9ef3ef78 0x9ef3ef60 0xb779ceb8 0xb779ced0
96 #2 0xcf667e0 0xc82ee7e0
105 #5 0xbb5569c0 0xba53fd08 0xb77990d8 0x9ef35630 0xb7a1c5d0
120 #3 0x9ef2edb0 0x9ef2ed80 0xb3ce08a0
158 #2 0xcf86d140 0xcf84d460
224 #2 0xd05aec8 0xd05aed20
816 #3 0xba1bb720 0xb77a3260 0xba551850
2080 #2 0xebb5d000 0xd05bbaa0
/> show 0xebb897e0
System.Byte[] 0xebb897e0
└<1>00

```

#### 4.3.26 bar

**bar** [*rank*]

参数	可选	描述
<i>rank</i>	否	排行榜数量

bar 按照 *il2cpp* 类型进行内存统计，并打印前 *rank* 的类型内存分配信息，该命令的结果受 *track* 设置影响。

```

/> bar 5
21.73 21.73 ██████████ System.String 1523764 #17554 *23
16.35 38.08 ██████████ UnityEngine.UIVertex[] 1146656 #473 *2742
16.24 54.32 ██████████ UnityEngine.UIVertex 1139164 #14989 *537
5.95 60.26 ██████████ UnityEngine.Vector3 416952 #34746 *442
4.70 64.96 ██████████ translation_protocol.LocalizedItem 329420 #11765 *1614

```

第一列为当前类型占用总内存的百分比，第二列为排行榜累积百分比，第三列为类型名，第四列为类型占用内存字节数，以 # 开头的第五列为当前类型的实例数量，以星号 \* 开头的数字为类型引用。

#### 4.3.27 ubar

**ubar** [*rank*]

参数	可选	描述
<i>rank</i>	否	排行榜数量

ubar 按照 *native* 引擎类型进行内存统计，并打印前 *rank* 的类型内存分配信息，该命令的结果受 *track* 设置影响。

```

/> ubar 5
41.18 41.18 ██████████ Font 16161642 #9 *132
34.08 75.26 ██████████ Texture2D 13373919 #133 *168
11.94 87.20 ██████████ ResourceManager 4683935 #1 *191
2.78 89.97 ██████████ TextAsset 1090701 #7 *156
2.56 92.54 ██████████ MonoBehaviour 1005039 #2102 *63

```

第一列为当前类型占用总内存的百分比，第二列为排行榜累积百分比，第三列为类型名，第四列为类型占用内存字节数，以 # 开头的第五列为当前类型的实例数量，以星号 \* 开头的数字为类型引用。

### 4.3.28 heap

显示当前堆内存信息。

```
/> heap 20
[SUMMARY] blocks=11 memory=13598720
 27.80 27.80 3780608 3692K
 26.33 54.13 3579904 3496K
 19.76 73.89 2686976 2624K
  6.90 80.78 937984 916K
  5.78 86.57 262144 256K
  5.27 91.84 716800 700K
  3.49 95.33 475136 464K
  2.65 97.98 360448 352K
  2.02 100.00 274432 268K
                                3780608 3692K #1
                                3579904 3496K #1
                                2686976 2624K #1
                                937984 916K #1
                                786432 768K #3
                                716800 700K #1
                                475136 464K #1
                                360448 352K #1
                                274432 268K #1
```

### 4.3.29 save

把当前内存快照的分析结果保存为 *sqlite* 格式。

```
/> save
[0] SnapshotCrawlerCache=222266990
[1] SnapshotCrawlerCache::save=222263272
[2] open=6161533
[3] create_native_types=1428120
[4] create_native_objects=1240330
[5] create_managed_types=851252
[6] create_type_fields=1380078
[7] create_objects=832663
[8] insert_native_types=2176337
[9] insert_native_objects=12473052
[10] insert_managed_types=18660698
[11] remove_redundants=35515270
[12] insert_objects=114539829
[13] insert_vm=1615608
[14] insert_strings=24375049
```

### 4.3.30 uuid

显示当前内存快照的唯一标识符。

```
/> uuid
4da88f70-5539-a848-afae-bef6c93fd7f4
```

### 4.3.31 help

显示帮助。

```
/> help
read [UUID]* 读取以sqlite3保存的内存快照缓存
load [PMS_FILE_PATH]* 加载内存快照文件
track [alloc|leak] 追踪内存增长以及泄露问题
str [ADDRESS]* 解析地址对应的字符串内容
```

```

ref [ADDRESS]* 列举保持 IL2CPP 对象内存活跃的引用关系
uref [ADDRESS]* 列举保持引擎对象内存活跃的引用关系
REF [ADDRESS]* 列举保持 IL2CPP 对象内存活跃的全量引用关系
UREF [ADDRESS]* 列举保持引擎对象内存活跃的全量引用关系
kref [ADDRESS]* 列举保持 IL2CPP 对象内存活跃的引用关系并剔除干扰项
ukref [ADDRESS]* 列举保持引擎对象内存活跃的引用关系并剔除干扰项
KREF [ADDRESS]* 列举保持 IL2CPP 对象内存活跃的全量引用关系并剔除干扰项
UKREF [ADDRESS]* 列举保持引擎对象内存活跃的全量引用关系并剔除干扰项
link [ADDRESS]* 查看与 IL2CPP 对象链接的引擎对象
ulink [ADDRESS]* 查看与引擎对象链接的 IL2CPP 对象
show [ADDRESS]* 查看 IL2CPP 对象内存分布以及变量值
ushow [ADDRESS]* 查看引擎对象内部的引用关系
find [ADDRESS]* 查找 IL2CPP 对象
ufind [ADDRESS]* 查找引擎对象
type [TYPE_INDEX]* 查看 IL2CPP 类型信息
utype [TYPE_INDEX]* 查看引擎类型信息
stat [RANK] 按类型输出 IL2CPP 对象内存占用前 RANK 名的简报 [ 支持内存追踪过滤 ]
ustat [RANK] 按类型输出引擎对象内存占用前 RANK 名的简报 [ 支持内存追踪过滤 ]
bar [RANK] 输出 IL2CPP 类型内存占用前 RANK 名图形简报 [ 支持内存追踪过滤 ]
ubar [RANK] 输出引擎类型内存占用前 RANK 名图形简报 [ 支持内存追踪过滤 ]
list 列举 IL2CPP 类型所有活跃对象内存占用简报 [ 支持内存追踪过滤 ]
ulist 列举引擎类型所有活跃对象内存占用简报 [ 支持内存追踪过滤 ]
heap [RANK] 输出动态内存简报
save 把当前内存快照分析结果以 sqlite3 格式保存到本机
uuid 查看内存快照 UUID
help 帮助
quit 退出

```

### 4.3.32 quit

退出当前内存快照分析。

## 4.4 使用案例

### 4.4.1 追踪内存增长

在这里举个运行时切换语言包的例子，分析切换语言后内存增长的问题。

- 首先处于日语状态，生成内存快照 `20190424164607_lang_jp.pms`。
- 切换到英语状态并生成内存快照 `20190424164629_lang_en.pms`。
- 执行如下命令，保存日语状态的内存分析结果，留作后面内存对比分析。

- 加载内存快照文件 `20190424164607_lang_jp.pms`
- 输入 `save` 命令保存内存快照分析结果
- 输入 `uuid` 查看当前文件标识符，后面内存快照对比会用到

```

$ MemoryCrawler __capture/sd3/20190424164607_lang_jp.pms
argc=2
argv[0]=MemoryCrawler
argv[1]=__capture/sd3/20190424164607_lang_jp.pms
/> save
[0] SnapshotCrawlerCache=134872891
[1] SnapshotCrawlerCache::save=134847998

```

```

[2] open=1868536
[3] create_native_types=1501514
[4] create_native_objects=1132285
[5] create_managed_types=1215951
[6] create_type_fields=1006192
[7] create_objects=904243
[8] insert_native_types=1229124
[9] insert_native_objects=10873829
[10] insert_managed_types=17490756
[11] remove_redundants=2482627
[12] insert_objects=81184760
[13] insert_vm=1594089
[14] insert_strings=11075671
/> uuid
98a2a889-3b16-be40-b2bb-b351d0a80537

```

#### 4. 通过内存快照对比，生成差异内存

- 分析内存快照 *20190424164629\_lang\_en.pms*
- 通过 `read` 98a2a889-3b16-be40-b2bb-b351d0a80537 加载步骤 3 生成的快照分析结果
- 通过 `track alloc` 设置当前分析模式为内存追踪模式
- 通过 `bar` 在当前增量内存中查看 *il2cpp* 对象内存按类型分布
- 通过 `list` 在当前增量内存中查看某个 *il2cpp* 类型的对象信息
- 通过 `ref` 查看某个 *il2cpp* 内存对象的引用关系链
- 通过 `ubar` 在当前增量内存中查看引擎对象按类型分组的内存分布
- 通过 `ulist` 在当前增量内存中查看某个引擎类型的对象信息
- 通过 `uref` 在当前增量内存中查看某个引擎对象的引用关系链

```

$ MemoryCrawler __capture/sd3/20190424164629_lang_en.pms
argc=2
argv[0]=MemoryCrawler
argv[1]=__capture/sd3/20190424164629_lang_en.pms
[0] MemorySnapshotReader=27252510
[1] open_snapshot=62454
[2] read_header=413123
[3] readPackedMemorySnapshot=26004408
[4] read_native_types=333111
[5] read_native_objects=4831880
[6] read_gc_handles=183220
[7] read_connections=5204759
[8] read_heap_sections=9034578
[9] read_type_descriptions=6393089
[10] read_virtual_matchine_information=1308
[11] read_object=627
[12] postSnapshot=478256
[13] create_sorted_heap=986
[14] create_type_strings=6125
[15] read_type_index=238416
[16] set_native_type_index=6206
[17] set_gchandle_index=13519
[18] set_heap_index=6448
[19] set_native_object_index=118735
[20] summarize_native_objects=84793
[0] MemorySnapshotCrawler=78501466
[1] prepare=4985657
[2] init_managed_types=63887

```



```

    .{prev:LanguageChangeObserver} 0xb8fab3f0
    .{prev:LanguageChangeObserver} 0xb8fab3b8
    .{prev:LanguageChangeObserver} 0xb8fab380
    .{prev:LanguageChangeObserver} 0xb8fab348
    .{prev:LanguageChangeObserver} 0xb8fab310
    .{prev:LanguageChangeObserver} 0xb8fab2d8
    .{prev:LanguageChangeObserver} 0xb8fab2a0
    .{prev:LanguageChangeObserver} 0xb8fab268
    .{prev:LanguageChangeObserver} 0xb8fab230
    .{m_target:FontManager} 0xd0537c80
    .{Dispatcher:TheNext.Moba.Logic.NextEventDispatcher} 0xd0538ea0

    ↵ .{eventHandlerDic:System.Collections.Generic.Dictionary<System.Int16,Morefun.LockStep.LList<System.Delegate>}>[0] 0xd0538510
    ↵ 0xd3625af0
    .{valueSlots:Morefun.LockStep.LList<System.Delegate>}[0] 0xd0538510
    .{_items:TheNext.Moba.Logic.NextEventHandler}[82] 0xb8fa9658
    .{m_target:NextText} 0xb9240630
    .{m_TextCache:UnityEngine.TextGenerator} 0xb8fb9d48
    .{m_Verts:System.Collections.Generic.List<UnityEngine.UIVertex>} 0xb8fb40a8
    .{_items:UnityEngine.UIVertex[]} 0xb909c000
<Static>:::dataconfig.DataConfigManager:::{dataObserver:dataconfig.DataConfigObserver}
    ↵ 0xd361bf18
    .{prev:dataconfig.DataConfigObserver} 0xd361bee0
    .{m_target:ApplicationTranslator} 0xebb97d20
    .{changeObserver:LanguageChangeObserver} 0xb8fab498
    .{prev:LanguageChangeObserver} 0xb8fab460
    .{prev:LanguageChangeObserver} 0xb8fab428
    .{prev:LanguageChangeObserver} 0xb8fab3f0
    .{prev:LanguageChangeObserver} 0xb8fab3b8
    .{prev:LanguageChangeObserver} 0xb8fab380
    .{prev:LanguageChangeObserver} 0xb8fab348
    .{prev:LanguageChangeObserver} 0xb8fab310
    .{prev:LanguageChangeObserver} 0xb8fab2d8
    .{prev:LanguageChangeObserver} 0xb8fab2a0
    .{prev:LanguageChangeObserver} 0xb8fab268
    .{prev:LanguageChangeObserver} 0xb8fab230
    .{m_target:FontManager} 0xd0537c80
    .{Dispatcher:TheNext.Moba.Logic.NextEventDispatcher} 0xd0538ea0

    ↵ .{eventHandlerDic:System.Collections.Generic.Dictionary<System.Int16,Morefun.LockStep.LList<System.Delegate>}>[0] 0xd0538510
    ↵ 0xd3625af0
    .{valueSlots:Morefun.LockStep.LList<System.Delegate>}[0] 0xd0538510
    .{_items:TheNext.Moba.Logic.NextEventHandler}[82] 0xb8fa9658
    .{m_target:NextText} 0xb9240630
    .{m_TextCache:UnityEngine.TextGenerator} 0xb8fb9d48
    .{m_Verts:System.Collections.Generic.List<UnityEngine.UIVertex>} 0xb8fb40a8
    .{_items:UnityEngine.UIVertex[]} 0xb909c000

/> ubar
65.02 65.02 [REDACTED] Texture2D
    ↵ 656545 #5 *168
22.13 87.14 [REDACTED] Font 223450 #5 *132
12.39 99.54 [REDACTED] TextAsset 125146 #1 *156
    0.46 100.00 [REDACTED] Material 4680 #5 *134
/> ulist 168
[Texture2D] [=] memory=656545
0xbb7ac910 131309 'Font Texture'
0xb9b1f910 131309 'Font Texture'
0xbba78d10 131309 'Font Texture'

```

```

0xbfa28810 131309 'Font Texture'
0xbb7ac310 131309 'Font Texture'
[SUMMARY] count=5 memory=656545
/> ukref 0xbb7ac910
<DDO>. {MonoBehaviour:0xc2e1b5b0:'New Game Ob-
    ↳ ject'}. {MonoBehaviour:0xb9dc8c50:'UIChatEntry'}. {Font:0xe40fded0:'font_en_us'}. {Font:0xc7647f10:'-
    ↳ Texture'}
<DDO>. {MonoBehaviour:0xc2e1b5b0:'New Game Ob-
    ↳ ject'}. {MonoBehaviour:0xb9dc8c50:'UIChatEntry'}. {MonoBehaviour:0xb9dc8b70:'UIChatEntry'}. {MonoBeh-
    ↳ Texture'}
<DDO>. {MonoBehaviour:0xc2e1b5b0:'New Game Ob-
    ↳ ject'}. {MonoBehaviour:0xb9dc8b70:'UIChatEntry'}. {MonoBehaviour:0xb9dc8c50:'UIChatEntry'}. {Font:0x-
    ↳ Texture'}
<DDO>. {MonoBehaviour:0xebec8770:'global:ApplicationTranslator'}. {Font:0xc65fa810:'font_en_us_desc'}. {-
    ↳ Texture'}

```

#### 4.4.2 追踪内存泄漏

追踪内存泄漏同追踪内存增长类似，只是需要把分析模式设置为泄漏追踪模式，其他分析方式以及工具都基本相同。

```

/> track leak
ENTER TRACKING LEAK MODE

```

#### 4.4.3 优化 Mono 内存

1. 使用 bar 命令查看对象内存按类型分布关系
2. 使用 list 查看类型包含的实例对象信息
3. 通过 ref 命令集、show 命令查看对象引用以及内存布局，分析内存对象引用是否合理
4. 通过 dup 命令查看重复对象信息，这个维度可以用来反推游戏设计的合理性

### 4.5 小结

基于 Unity 接口生成的内存快照，MemoryCrawler 使用 C++ 语言实现极速的内存分析，250MB 运行时内存内存快照分析耗时 400 毫秒左右，相比 Unity 开发的 *MemoryProfiler* 工具漫长的数据速度，是一个质的飞跃。同时提供 20 多种内存分析工具，从不同维度对游戏内存进行剖析，特别是 ref 命令集，用来查看某个可疑对象的引用关系路径链，并精确定位到对象被保持内存活跃的每一个节点以及节点对应的变量名、索引、类型以及内存地址，可以清晰的看到对象的代码对应关系。所有的命令设计原则是以类型和地址为参数，并且它们输出的结果中尽可能包含类型和地址信息，这样命令之间可以相互形成工具链，互为输出，定位对象内存关系极其简单明了。