KT 密级状态:绝密(　　)　秘密(　　)　内部(√)　公开(　　)

Android malloc_debug 调试机制索引

（图形显示平台中心）

文件状态： [√] 正在修改 [　] 正式发布	当前版本：	V0.4
	作　　者：	陈真，李煌
	完成日期：	2019/7/12
	审　　核：	
	完成日期：	

瑞芯微电子股份有限公司

Fuzhou Rockchips Semiconductor Co . , Ltd

版 本 历 史

版本号	作者	修改日期	修改说明	备注
V0.1	陈真	2017/5/25	初稿	
V0.2	李煌	2019/1/31	增加命令行方式，增加 skqp 案例	
V0.3	李煌	2019/2/14	增加属性设置参数的说明与介绍	
V0.4	李煌	2019/7/12	增加对 api 方式的说明和修改	

目录

1 概述

本文提供关于 malloc_debug 资料和文档的 索引信息, 并提供一个在 Android 7.1 中, 调查 surfaceflinger 中内存泄漏的简单例子和 patch.

malloc_debug 可用于 调试 发生在 "来自 system heap 的 memory block" 上的 泄漏, 访问越界等问题.

该工具通过属性来使能，当使能 malloc debug 时，该工具会替换以下 alloc 的调用 api。

- `malloc`
- `free`
- `calloc`
- `realloc`
- `posix_memalign`
- `memalign`
- `aligned_alloc`
- `malloc_usable_size`
- `pvalloc`
- `valloc`

2 官方文档索引和补充说明

malloc_debug 的官方文档主要有如下两份 :

https://android.googlesource.com/platform/bionic/+/master/libc/malloc_debug/README.md

https://android.googlesource.com/platform/bionic/+/master/libc/malloc_debug/README_api.md

使用前, 请仔细阅读.

2.1 属性设置参数说明

该工具通过属性设置，这里对不同的属性参数进行说明。仅对常用的进行说明。

backtrace[=MAX_FRAMES]

使能来获取 alloc 的堆栈。系统运行会变得缓慢，如果系统配置该属性后过于卡顿可以减小 MAX_FRAMES 的值。MAX_FRAMES 未指定的话，默认值为 16。

leak_track

使能后可以打印出进程释放后仍然存在的内存泄漏，可以用于排查进程推出后内存仍未释放的情况。

record_allocs[=TOTAL_ENTRIES]

记录所有 alloc，free 动作并保存为文件。

该属性 Android O 之后才支持

2.2 具体使用说明

简要归纳总结两种 debug 内存泄漏方式，仅 Android 7.1 及以上可以使用。

（1）命令行方式: 适用于应用进程

输入以下命令打开 malloc_debug，可以仅指定 app_process 即对应 app 的进程名，如果没有该属性，默认全局追踪的 malloc_heap 的信息。

```
adb shell stop
adb shell setprop libc.debug.malloc.options backtrace
adb shell start
```

需要将特定 app 的 malloc_heap 信息保存下来, <PID_TO_DUMP> 为 app 的 pid，通过 busybox ps 查看。am 命令只能抓取应用进程。

```
adb shell am dumpheap -n <PID_TO_DUMP> /data/local/tmp/heap.txt
```

但是 heap 信息并不能直接查看，需要 google 的一个 native_heap_viewer.py 的工具进行转换。该工具位于 sdk 中以下目录，7.1 sdk 可能没有该 py 脚本，需要从 8.1 工程拷贝过来。

```
development/scripts/native_heapdump_viewer.py
```

通过以下命令将 heap.txt 进行转换，可以获取到堆栈信息。

```
python development/scripts/native_heapdump_viewer.py --symbols
</some/path/to/symbols/> heap.txt > heap_info.txt
```

注：--symbols 需要指定为 out 目录下对应目录的 symbols 目录，否则获取不到堆栈信息。

native_heap_viewer.py 的工具也支持输出为 html，可以更方便的在网页上进行查看，只要加入 --html 选项即可。

比如：

```
python development/scripts/native_heapdump_viewer.py --html --symbols
</some/path/to/symbols/> heap.txt > heap_info.html
```

html 和 txt 文件的方式各有优点，txt 文件需要间隔一定时间获取两份 heap_info.txt 用 beyand compare 或者类似比对软件比对前后两份 alloc 数据量，来确认哪个函数调用存在内存泄漏。Html 的方式可以方便折叠堆栈，但是需要人眼手工比对。

（2）api 方式：适用于系统进程，比如 surfaceflinger。

get_malloc_leak_info() 返回的 allocation_info 不是人类可以直接阅读的字符格式，而是有着某种数据结构的二进制格式，需要处理后再输出.

请参考 sf_debug_memory.patch

或者 base/core/jni/android_os_Debug.cpp.

通过

```
dumpsys SurfaceFlinger
```

进行触发。详细请看 3.4 内容。

另，get_malloc_leak_info() 返回的 allocation_info 中的 info_of_allocation_entry 的格式，在 Android 7.1 中有变化，具体请参考

https://android.googlesource.com/platform/bionic/+/master/libc/malloc_debug/README_api.md,

"Format of info Buffer".

2.3 html 文件分析

以本文档附带的两份 html 文件进行说明。

注意 heap_info1.html 文件的这个函数

对比 heap_info2.html 文件的相同函数

能够明显发现内存增长，然后点击后可以查看堆栈。分析具体位置。

3 在 surfaceflinger 进程中定位内存泄漏的例子

3.1 用例和问题现象

3399_7.1，primary_display 使用 hwc_composition，HDMI 的 external_display 使用 gles_composition；运行游戏 "激流快艇 2"；周期执行 procmem <pid_of_surfaceflinger>，发现 sf 进程的 Rss 和 Pss 不断增大.

3.2 调试策略

希望在任意时刻可以获取 sf 进程的 全部 allocation_info, 并保存为文件.

在用例开始执行一小段时间之后, 获取一次 allocation_info, 记为 allocation_info_of_sf_1.

用例执行略长一段时间之后, 再获取一次 allocation_info, 记为 allocation_info_of_sf_2.

因为存在 leak, allocation_info_of_sf_2 中的 allocation_entry 一定比 allocation_info_of_sf_1 多, 将新增的 entries 记为 new_allocation_entries.

在 new_allocation_entries 中, 挑选出 出现次数多且 size 较大的 entry, 作为 most_suspicious_leaked_entry.

根据其中的 backtrace 信息, 找到对应的源码位置, 结合代码逻辑, 配合其他调试方式, 尝试确认问题.

3.3 实现获取 allocation_info 的 patch

为了能在任意时刻获取 allocation_info, 在 surfaceflinger 的 dump() 中加入 "获取 allocation_info, 格式转换, 输出为 文件" 的代码. 具体请参见

0001-DEBUG-sf-dump-allocation_info-into-a-file-in-Surface.patch.

集成本 patch 之后, 就可以使用 "dumysys SurfaceFlinger" 触发一次 "dump allocation_info 到文件" 的操作.

3.4 获取 dump_files_of_allocation_info 的具体步骤

集成上面的 patch, 并对应更新 libsurfaceflinger.so 到设备之后, 获取不同时间点 allocation_info_of_sf 的具体步骤如下 :

1. 在 host 上执行如下命令, 使能对 sf 进程记录 allocation_info :

```
adb shell stop
adb shell setprop libc.debug.malloc.options backtrace
#注释 make malloc_debug only effective for surfaceflinger process
```

adb shell setprop libc.debug.malloc.program surfaceflinger

adb shell start

2. 执行测试用例, 等待其执行一小段时间.
3. 触发 sf dump,

adb shell dumsys SurfaceFlinger

allocation_info 将被写入到文件 /data/allocation_info.dump 中.

4. 将文件/data/allocation_info.dump pull 到 host（PC） 上，修改文件名保存，记为 dump_file_of_allocation_info_of_sf_1.
5. 等待用例执行较长一段时间,
6. 再次触发 sf dump,
7. pull 并保存 当前的 dump_file_of_allocation_info_of_sf_2.
8. 参照 2.2 的说明，使用 py 脚本转换两份 dump_file_of_allocation_info_of_sf 来进行分析
9. 转换后的 heap 文件分析可以参考 2.3 和 4.3，3.5 比较难理解，仅做参考。

3.5对 dump_files_of_allocation_info 的比较分析

使用用 "Beyond Compare" 比较 dump_file_of_allocation_info_of_sf_2 和 dump_file_of_allocation_info_of_sf_1, 在 new_allocation_entries 中挑选出 moste_suspicious_leaked_entry.

在我找到的 moste_suspicious_leaked_entry 的 backtrace, 解析得到的 call_stack 中有这样的栈帧 :

#07 pc 000000000035e808 /system/vendor/lib64/egl/libGLES_mali.so (eglCreateSyncKHR+700)

判定泄漏发生在 libGLES_mali.so 中.

实际上可以进一步定位到 libGLES_mali.so 中最终直接调用 malloc 的源码. 但是, 目前尚未确认该 leak 的原因, 正配合 support_mali 调查中.

4 Cts skqp 测试内存泄漏的例子

4.1 用例和问题现象

3399 9.0 cts 测试 skqp 时存在内存泄漏，测试过程中 skia 由于内存不足存在随机测试项 crash 的行为，32 位测试更明显，具体 log 如下：

```
D skia :external/skqp/include/core/SkBitmap.h:499: fatal error:
“assert(this->tryAllocPixels(info, rowBytes))”
```

测试项测试命令为：

```
run cts -o --skip-all-system-status-check -m CtsSkqpTestCases
```

4.2 调试步骤

通过命令行方式获取 malloc_debug 信息

```
adb shell stop
adb shell setprop libc.debug.malloc.options backtrace
adb shell start
```

在测试项开始执行一小段时间之后，获取一次 heap_info，保存文件为 heap1.txt

用测试项执行略长一段时间之后，再获取一次 heap_info，保存文件为 heap2.txt

```
adb shell am dumpheap -n <PID_TO_DUMP> /data/local/tmp/heap.txt
```

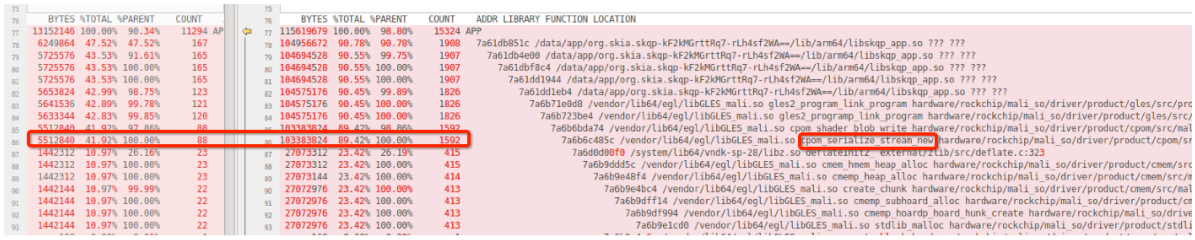
将 heap.txt 从板级拉出，通过 native_heap_viewer.py 的工具进行转换。

```
python development/scripts/native_heapdump_viewer.py --symbols
<sdk_path>/out/target/product/rk3399/symbols/ heap.txt > heap_info.txt
```

4.3对 heap_info.txt 的比较分析

该文件的分析需要注意，第一列为 alloc 的数据量，第二列为百分比占比。实际数据和堆栈对应，方便理解可以将数据区分为三个部分，红框部分为 app 当前所申请的数据总量， 蓝框部分为占用 app 申请总内存最多的数据及其对应的堆栈，分析内存泄漏需要关注申请内存最多的该部分，该 case 中蓝框部分已经达到了 90%，剩余 10%在文件末尾，暂时不需要关心。绿框部分为显式能看出来是在做 alloc 动作的部分堆栈，该部分的总和等于蓝框部分的数据量，分析实际 alloc 动作的堆栈，都是由 cpom_serialize_stream_new 该函数为实际入口。

使用用 "Beyond Compare" 比较 heap_info1.txt 和 heap_info2.txt。



对比数据量(BYTES)后发现主要内存泄漏实际是由 cpom_serialize_stream_new 该函数的调用引起的。