



中國計算機學會
CHINA COMPUTER FEDERATION



第三届 CCF·夜莺开源创新论坛

✦ AI 加速可观测 | Accelerating Observability with AI ✦

中国北京 2025.7.4

主办方: 中国计算机学会 | 承办方: CCF开源发展委员会、夜莺开源社区

自我介绍



- 2016 年北京大学毕业 电子通信工程。
- 2017 年入职滴滴 目前基础平台系统软件技术负责人，滴滴开源委员会委员，HUATUO 开源项目作者。
- 主要技术栈：Linux 内核技术，K8S 容器技术，云网络技术，可观测性技术。持续向 Linux 内核，Open vSwitch 社区贡献 200+ Pr。



HUATUO 基于BPF的可观测能力建设及 GPU 大模型性能剖析

滴滴出行 张同浩 2025.07.04



大纲



- HUATUO 开源技术社区介绍
- 系统故障分析的现状和挑战
- HUATUO 核心特点分享
 - 低损耗内核全景观测
 - 异常事件驱动诊断
 - 全自动化追踪 AUTOTRACING
 - 持续性能剖析 Profiling
 - 开源技术生态融合
- GPU 大模型性能剖析
- 未来规划





HUATUO 开源技术社区介绍



- HUATUO 是由滴滴开源并依托 CCF 开源发展委员会孵化的云原生操作系统可观测性项目，专注于为复杂云原生环境提供操作系统内核级深度观测能力。
- 核心成员为一群开源技术爱好者，可观测性技术、基础技术研究者。
- 欢迎试用，部署，分享，贡献该项目，欢迎加入我们。



<https://huatuo.tech>



中国计算机学会
CHINA COMPUTER FEDERATION

为计算领域的专业人士服务

<https://www.ccf.org.cn/>



Nightingale

<https://flashcat.cloud>



系统故障分析的现状和挑战



□ 缺乏故障现场

- 漂移止损、降级处理等无法保留现场

□ 复现问题难度大

- 云原生基础架构日趋复杂：容器虚拟层，业务混部，资源优先级，共享内核，sidecar 架构
- 生产环境中业务应用上下游依赖复杂
- 偶发的、突发的事件类型多，并且问题触发条件苛刻

□ 人力物力成本高

- 涉及团队多，协调难，服务器成本高

□ 缺乏持续全景观测

- 缺乏更细粒度有效指标和观测数据
- 观测维度单一，缺乏全面的，全景的观测能力
- 缺乏对系统的深度，持续性的剖析能力



系统故障分析的现状和挑战

□ 有问题现场，依然缺乏全景观测手段

□ 通常排查问题:

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 0. 监控指标 | 9. docker inspect ... |
| 1. top ... *.log | 10. stap/dtrace ... |
| 2. perf top ... | 11. Go tools ... |
| 3. strace ... | 12. bpftrace ... |
| 4. dmesg ... | 13. bcc ... |
| 5. vmstat/mpstat/ ... | 14. 开始凌乱 |
| 6. ss ... | 15. 凌乱 ... |
| 7. tcpdump ... | 16. 凌乱 ... |
| 8. wireshark ... | |



HUATUO 华佗

HUATUO 项目诞生了，提供一种操作系统内核级深度观测能力。



核心特性



□ 低损耗内核全景观测

□ 一些思考

- 扩展性：内核的扩展性，观测能力（metrics/events/trace/profiling）的扩展性，性能的扩展性
- 埋点准确性：深入原理分析，反复打磨埋点位置
- 低损耗 1%：1. 内核慢速路径 2. 异常上下文 3. 数据传输的高效性
- 内核、容器、应用数据关联打通：逾越系统和应用的数据鸿沟
- 降级能力：避免系统二次故障



核心特性

□ 根据实际痛点梳理出核心观测类型

➤ TCP/IP 协议栈

- 协议栈，网卡硬件丢包
- Qdisc 队列延迟
- SKB 发送、接收延迟

➤ 系统负载检测

- 容器级别
- 进程长期处于D状态
- 进程 fork 异常突增

➤ 内存管理

- kswapd 异步回收耗时
- 直接回收，阻塞进程耗时

➤ CPU 调度器

- 争抢
- 延迟
- 系统调用

➤ 中断关闭时长

- 硬中断关闭时长
- 软中断关闭时长
- 直方图

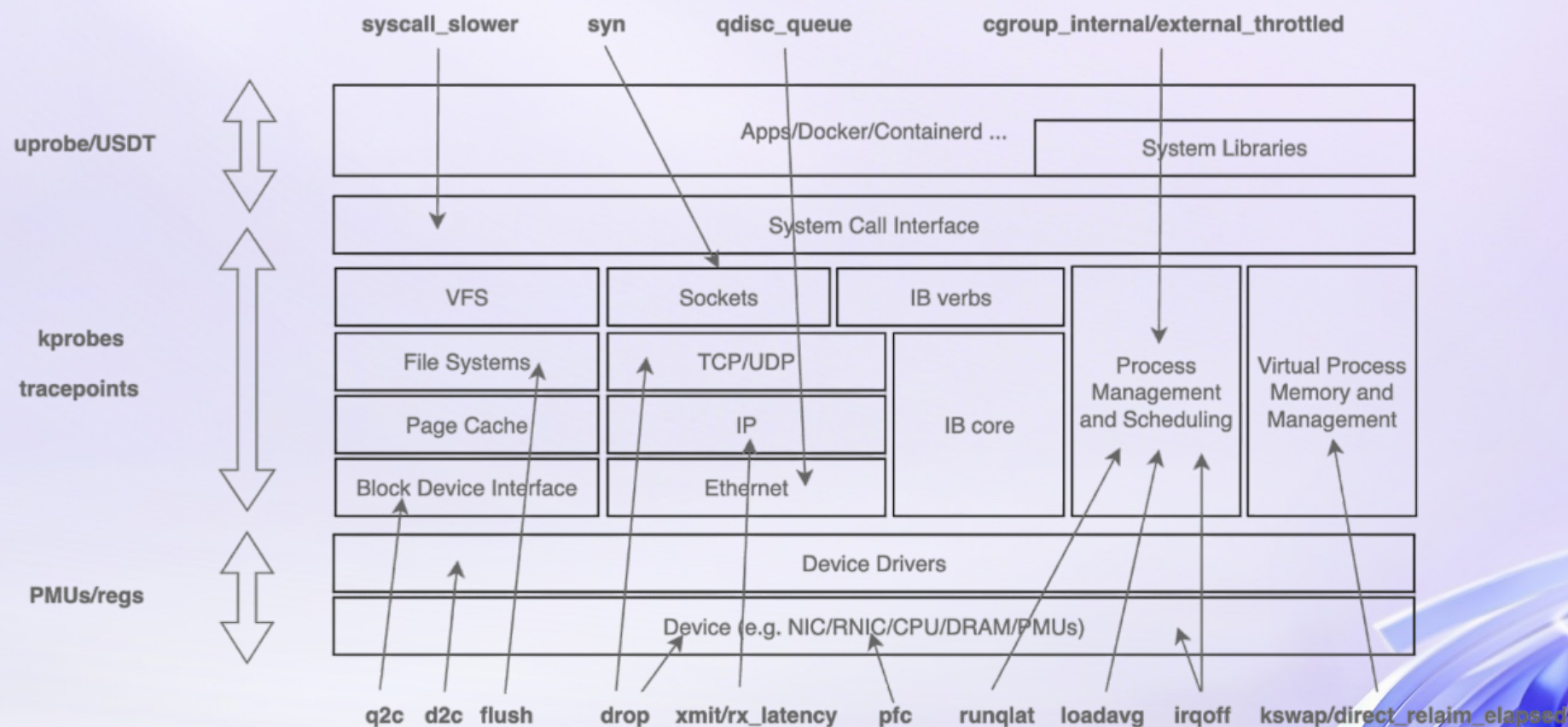
➤ VFS/Block Device IO

- IO 调度延迟
- 设备响应延迟
- 文件系统刷盘阻塞

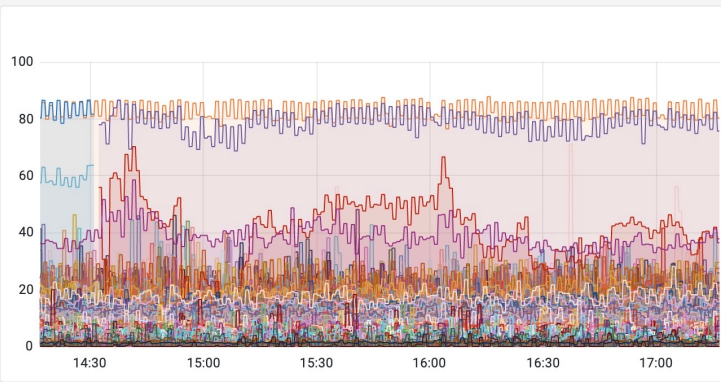


核心特性

□ 低损耗内核全景观测

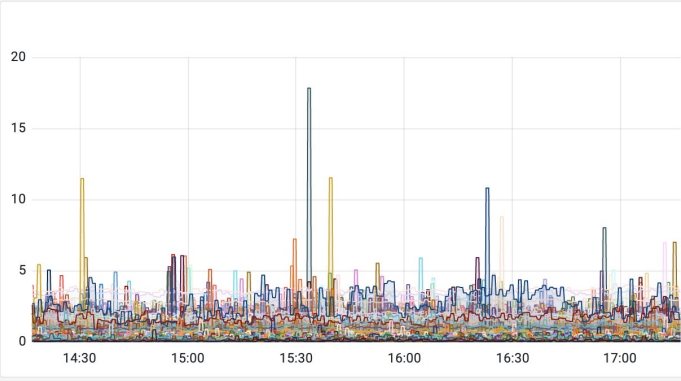


核心特性



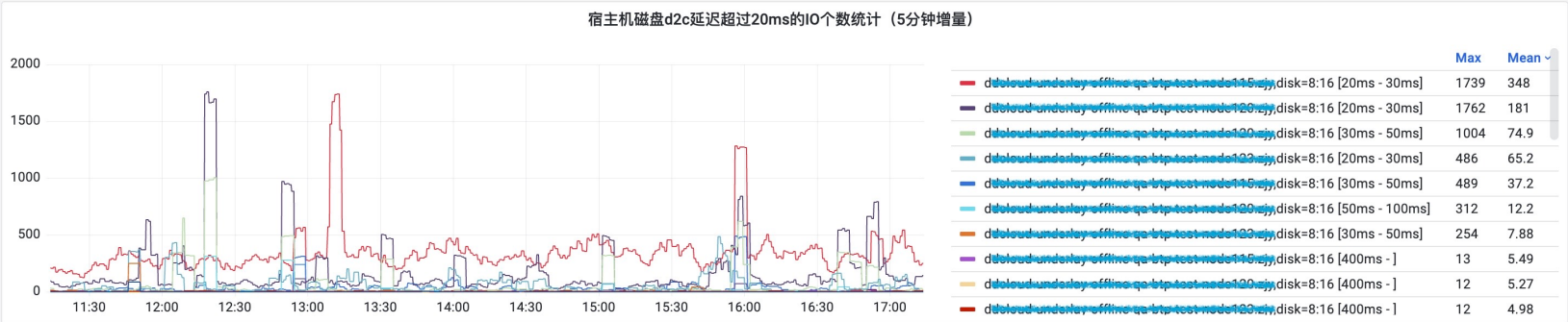
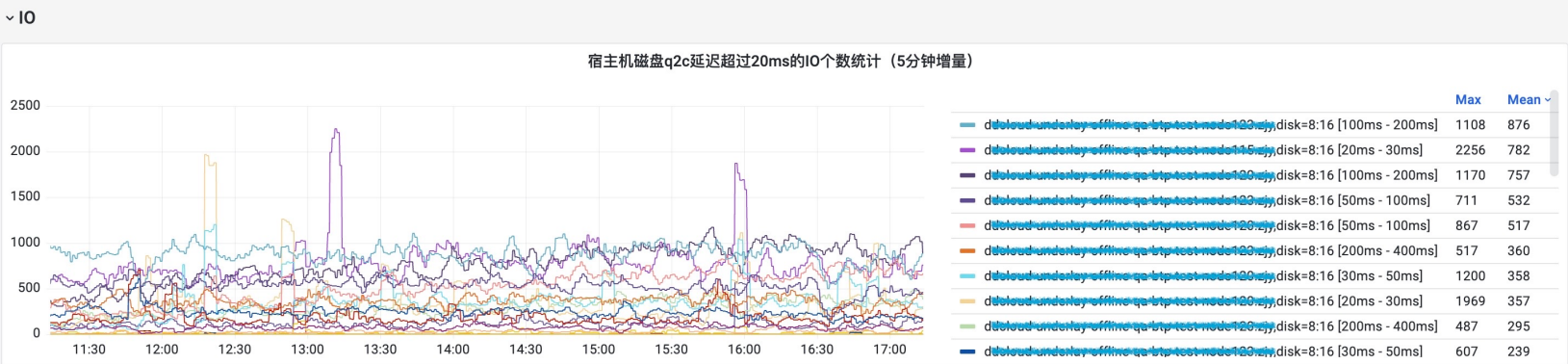
容器外部争抢

- ddeloud.underlay.online.ccdio-dkds10zjy/ae2edn4pwny-of-04eab-0-dock
- ddeloud.underlay.online.ccdio-dkds10zjy/ae2edn4pwny-of-04eab-0-dock
- ddeloud.underlay.online.ccdio-dkds10zjy/ae2edn4pwny-of-04eab-1-dock
- ddeloud.underlay.online.ccdio-dkds10zjy/ae2edn4pwny-of-04eab-1-dock
- ddeloud.underlay.online.ccdio-dkds10zjy/ae2edn4pwny-of-04eab-2-dock
- ddeloud.underlay.online.ccdio-dkds10zjy/ae2edn4pwny-of-04eab-2-dock
- ddeloud.underlay.online.ccdio-dkds10zjy/ae2edn4pwny-of-1106f-0-docker
- ddeloud.underlay.online.ccdio-dkds10zjy/ae2edn4pwny-of-1106f-0-docker
- ddeloud.underlay.online.ccdio-dkds10zjy/ae2edn4pwny-of-1106f-1-docker
- ddeloud.underlay.online.ccdio-dkds10zjy/ae2edn4pwny-of-1106f-1-docker



容器内部争抢

- ddeloud.underlay.online.ccdio-dkds10zjy/ae2edn4pwny-of-04eab-0-docker.zjy
- ddeloud.underlay.online.ccdio-dkds10zjy/ae2edn4pwny-of-04eab-0-docker.zjy
- ddeloud.underlay.online.ccdio-dkds10zjy/ae2edn4pwny-of-04eab-1-docker.zjy
- ddeloud.underlay.online.ccdio-dkds10zjy/ae2edn4pwny-of-04eab-1-docker.zjy
- ddeloud.underlay.online.ccdio-dkds10zjy/ae2edn4pwny-of-04eab-2-docker.zjy: normal
- ddeloud.underlay.online.ccdio-dkds10zjy/ae2edn4pwny-of-04eab-2-docker.zjy: sidecar
- ddeloud.underlay.online.ccdio-dkds10zjy/ae2edn4pwny-of-1106f-0-docker.zjy: normal
- ddeloud.underlay.online.ccdio-dkds10zjy/ae2edn4pwny-of-1106f-0-docker.zjy: sidecar
- ddeloud.underlay.online.ccdio-dkds11zjy/ae2edn4pwny-of-1106f-1-docker.zjy: normal
- ddeloud.underlay.online.ccdio-dkds11zjy/ae2edn4pwny-of-1106f-1-docker.zjy: sidecar



核心特性

□ 异常事件驱动诊断

□ 一些思考

➤ 为什么还要关注事件

指标是一种整体，持续的对系统状态的表达和描述，而事件是对指标的增强升级，对更严重问题的捕获，更多观测信息的获取。

➤ 关注哪些事件

围绕内核的进程上下文，中断上下文去展开，关注阻塞和延迟问题，涉及网络事件，调度事件，IO 事件，内存事件。

➤ 埋点准确性

内核慢速路径，异常路径，阻塞路径。

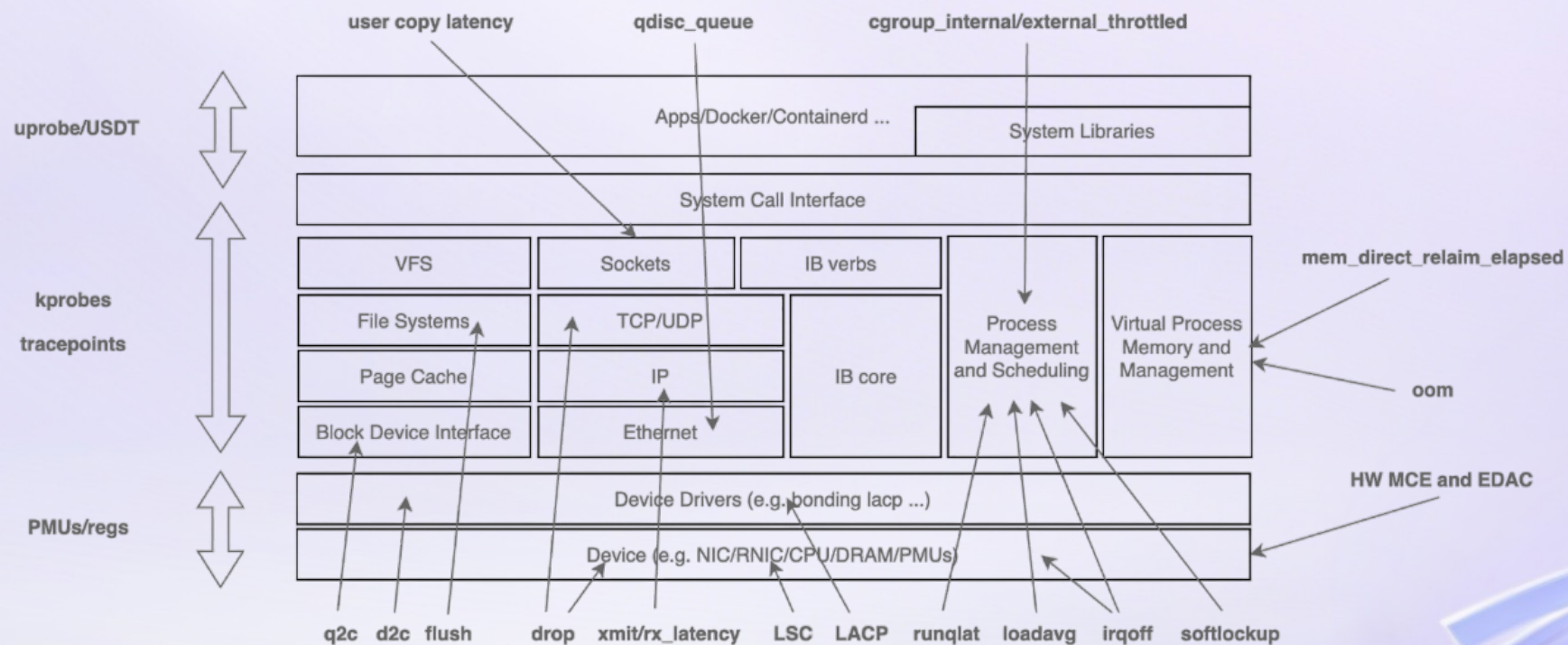
➤ 阈值的合理性

根据实战经验，可调节，可配置。



核心特性

□ 事件对精细化指标的增强和扩展



核心特性

2025-07-01 17:26:33.459 +0800

Detected fields

container_host_namespace

container_hostname

container_id

container_qos

container_type

hostname

region

sort

time

tracer_data.avg

tracer_data.dload_avg

tracer_data.in_known_list

tracer_data.known_issue

tracer_data.load_avg

tracer_data.nr_iowait

tracer_data.nr_running

tracer_data.nr_sleeping

tracer_data.nr_stopped

tracer_data.nr_uninterruptible

backtrace of D process in Cgroup:

Comm: nginx Pid: 2628294

[<0>] mem_cgroup_out_of_memory+0x50/0x90

[<0>] __do_page_fault+0x22d/0x4e0

[<0>] do_page_fault+0x32/0x110

[<0>] page_fault+0x1e/0x30

Comm: nginx Pid: 2629711

[<0>] mem_cgroup_out_of_memory+0x50/0x90

[<0>] try_charge+0x58c/0x790

[<0>] mem_cgroup_try_charge+0x8b/0x170

[<0>] mem_cgroup_try_charge_delay+0x1c/0x40

[<0>] do_anonymous_page+0xb5/0x360

[<0>] __handle_mm_fault+0x662/0x6a0

[<0>] handle_mm_fault+0xda/0x200

[<0>] __do_page_fault+0x22d/0x4e0

[<0>] do_page_fault+0x32/0x110

[<0>] page_fault+0x1e/0x30

Loadavg D 状态

Detected fields

hostname

time

tracer_data.ack_seq

tracer_data.comm

tracer_data.daddr

tracer_data.dest_hostname

tracer_data.dport

tracer_data.max_ack_backlog

tracer_data.pid

tracer_data.pkt_len

tracer_data.queue_mapping

tracer_data.saddr

tracer_data.seq

tracer_data.sport

tracer_data.src_hostname

tracer_data.stack

kfree_skb/ffffffffb4b127b0

kfree_skb/ffffffffb4b127b0

kfree_skb_list/ffffffffb4b12850

__dev_queue_xmit/ffffffffb4b29530

ip_finish_output2/ffffffffb4ba3120

ip_output/ffffffffb4ba4c90

ipvlan_queue_xmit/ffffffffffc0a69fa0

ipvlan_start_xmit/ffffffffffc0a6a7d0

dev_hard_start_xmit/ffffffffb4b292a0

__dev_queue_xmit/ffffffffb4b29530

ip_finish_output2/ffffffffb4ba3120

ip_output/ffffffffb4ba4c90

tcp_transmit_skb/ffffffffb4bbe9c0

__tcp_retransmit_skb/ffffffffb4bc1560

tcp_retransmit_skb/ffffffffb4bc1f60

tcp_retransmit_timer/ffffffffb4bc3ac0

tcp_write_timer_handler/ffffffffb4bc44a0

tcp_write_timer/ffffffffb4bc46b0

call_timer_fn/ffffffffffb4539c20

run_timer_softirq/ffffffffffb453a5c0

__softirqentry_text_start/ffffffffffb5000000

irq_exit/ffffffffffb4b77a0

smpt_apic_timer_interrupt/ffffffffffb4e02720

apic_timer_interrupt/ffffffffffb4e01ce0

native_safe_halt/ffffffffb4c4ac1d0

__cpuidle_text_start/ffffffffffb4cabe30

do_idle/ffffffffffb44e6f00

cpu_startup_entry/ffffffffffb44e72f0

start_secondary/ffffffffffb444ea10

secondary_startup_64/ffffffffffb4400030

tracer_data.state

SYN_SENT

协议栈丢包

Detected fields

hostname

time

tracer_data.comm

tracer_data.cpu

tracer_data.now

tracer_data.offtime

tracer_data.pid

tracer_data.stack

scheduler_tick/ffffffff8b71dbc0 [kernel]

update_process_times/ffffffff8b789240 [kernel]

tick_sched_handle.isra.8/ffffffff8b79afa0 [kernel]

tick_sched_timer/ffffffff8b79b000 [kernel]

__hrtimer_run_queues/ffffffff8b789b60 [kernel]

hrtimer_interrupt/ffffffff8b78a610 [kernel]

__sysvec_apic_timer_interrupt/ffffffff8b661a60 [kernel]

asm_call_sysvec_on_stack/ffffffff8c201130 [kernel]

sysvec_apic_timer_interrupt/ffffffff8c090500 [kernel]

asm_sysvec_apic_timer_interrupt/ffffffff8c200d30 [kernel]

dump_stack/ffffffff8c06335e [kernel]

dump_header/ffffffff8c058eb0 [kernel]

oom_kill_process.cold.9/ffffffff8c05921a [kernel]

__do_page_fault/ffffffff8b8a1740 [kernel]

mem_cgroup_out_of_memory/ffffffff8b95ff70 [kernel]

try_charge/ffffffff8b964ff0 [kernel]

mem_cgroup_charge/ffffffff8b968de0 [kernel]

do_anonymous_page/ffffffff8b8e2ef0 [kernel]

__handle_mm_fault/ffffffff8b8ead70 [kernel]

handle_mm_fault/ffffffff8b8ebfe0 [kernel]

exc_page_fault/ffffffff8c090d60 [kernel]

asm_exc_page_fault/ffffffff8c200b20 [kernel]

tracer_data.threshold

100000000

tracer_type

auto

uploaded_time

2025-07-01T19:15:23.471664475+08:00

中断关闭过长

核心特性

Detected fields

container_host_namespace	zjy-dev-wulkeid-test-home-engine-ccin-didi.com
container_hostname	skadi-of-4280a-10-doolon-zjy
container_id	cb962519de4f
container_qos	101
container_type	Normal
hostname	dooloud-underlay-offline-node00-zjy
region	zjy
tracer_data.ack_seq	2337677180
tracer_data.comm	skadi
tracer_data.daddr	10.179.100.198
tracer_data.dport	10000
tracer_data.latency_ms	693
tracer_data.pid	3376356
tracer_data.pkt_len	11776
tracer_data.saddr	10.70.60.42
tracer_data.seq	403771568
tracer_data.sport	16772
tracer_data.state	ESTABLISHED
tracer_data.where	TO_USER_COPY
tracer_type	auto
uploaded_time	2025-07-01T19:37:44.048233213+08:00

应用接收延迟

直接回收栈

容器争抢

...

核心特性

□ 全自动化追踪 AUTOTRACING

□ 一些思考

➤ 解决哪些痛点

解决相比指标，事件，更高维度层面的，系统，业务应用的突增，偶发问题。

➤ 适合哪些内核子系统

CPUSYS, CPUIDLE, IO, Loadavg, 容器争抢等

➤ 如何组织观测数据

调用栈，火焰图？

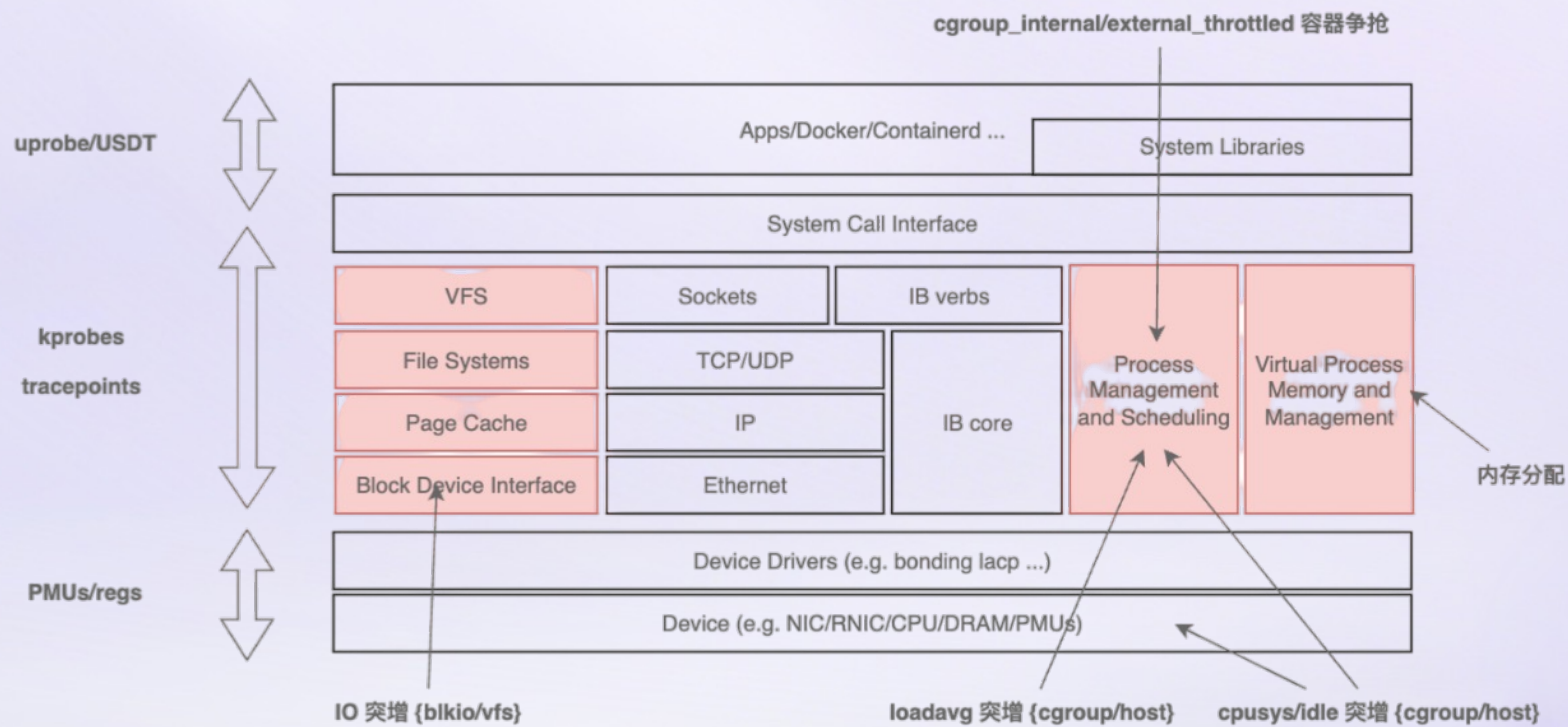
➤ 损耗和有效性数据的平衡

自动、按需触发执行



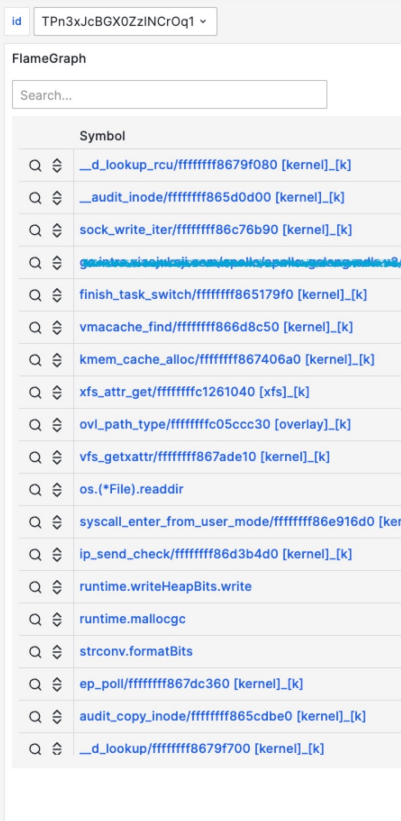
核心特性

□ 对内核观测深度的进一步增强



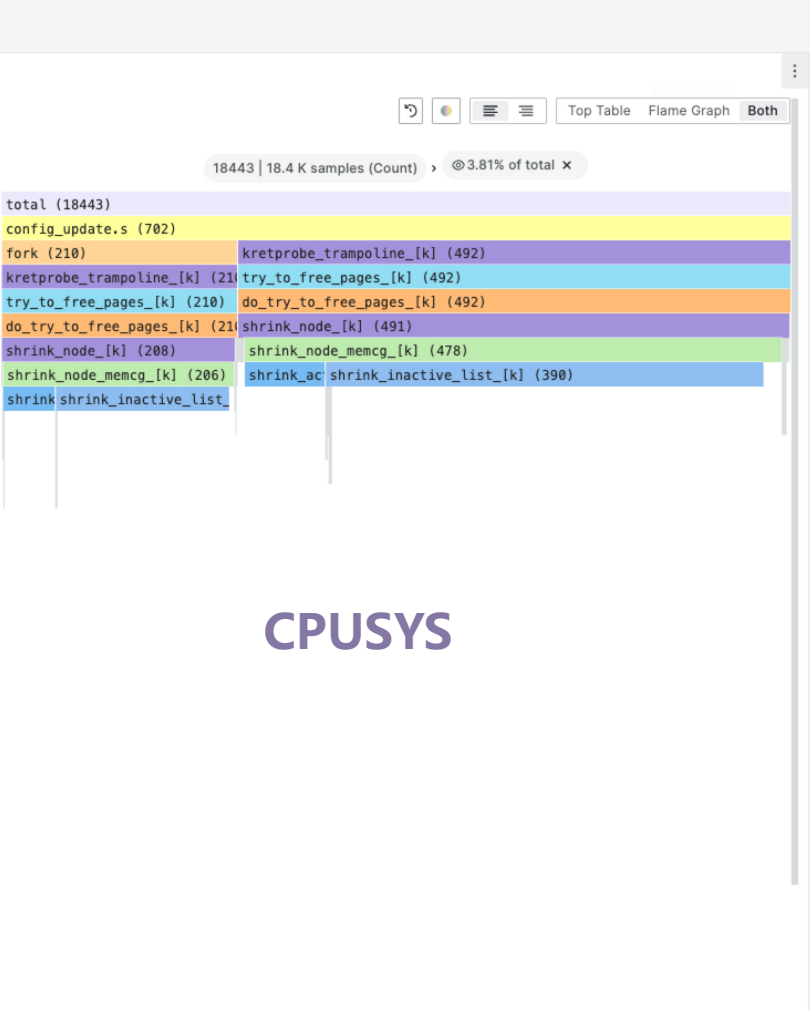
核心特性

CPUIDLE



id t3krYpcBGX0ZzINCUIolz ▾			
FlameGraph			
Search...			
	Symbol	Self ↓	Total
Q ⇅	<code>cpuidle_enter_state_[k]</code>	12205	12210
Q ⇅	<code>shrink_inactive_list_[k]</code>	3640	3799
Q ⇅	<code>shrink_active_list_[k]</code>	839	844
Q ⇅	<code>_raw_spin_unlock_irqrestore_[k]</code>	403	403
Q ⇅	<code>data_sim</code>	382	769
Q ⇅	<code>shrink_node_memcg_[k]</code>	166	4825
Q ⇅	<code>isolate_lru_page_[k]</code>	149	149
Q ⇅	<code><unknown></code>	136	1350
Q ⇅	<code>data_sim_inf</code>	69	198
Q ⇅	<code>drain_pages_zone_[k]</code>	66	66
Q ⇅	<code>mem_cgroup_iter_[k]</code>	63	68
Q ⇅	<code>finish_task_switch_[k]</code>	49	49
Q ⇅	<code>free_unref_page_list_[k]</code>	43	43
Q ⇅	<code>shmem_unused_huge_count_[k]</code>	23	23
Q ⇅	<code>shrink_slab_[k]</code>	22	61
Q ⇅	<code>smp_call_function_single_[k]</code>	19	19
Q ⇅	<code>lruvec_lru_size_[k]</code>	13	13
Q ⇅	<code>get_page_from_freelist_[k]</code>	11	28
Q ⇅	<code>native_queued_spin_lock_slowpath_[k]</code>	11	11
Q ⇅	<code>shrink_page_list_[k]</code>	9	159
Q ⇅	<code>__do_page_fault_[k]</code>	7	387

CPUSYS



核心特性

公司那些故事?



核心特性

□ 持续性能剖析 Continuous Profiling

□ 一些思考

- 为什么需要持续性能剖析
- 一些场景
- 哪些观测对象
- 哪些观测维度
- 基础技术要求

持续的，可回溯的，全景的，全语言的性能剖析能力。

性能分析，故障排查，放火演练，链路压测。

CPU使用，内存分配、内存分布，锁竞争。

系统，多语言，线程，进程，线程组，进程组，容器，CPU，内核子系统等维度。

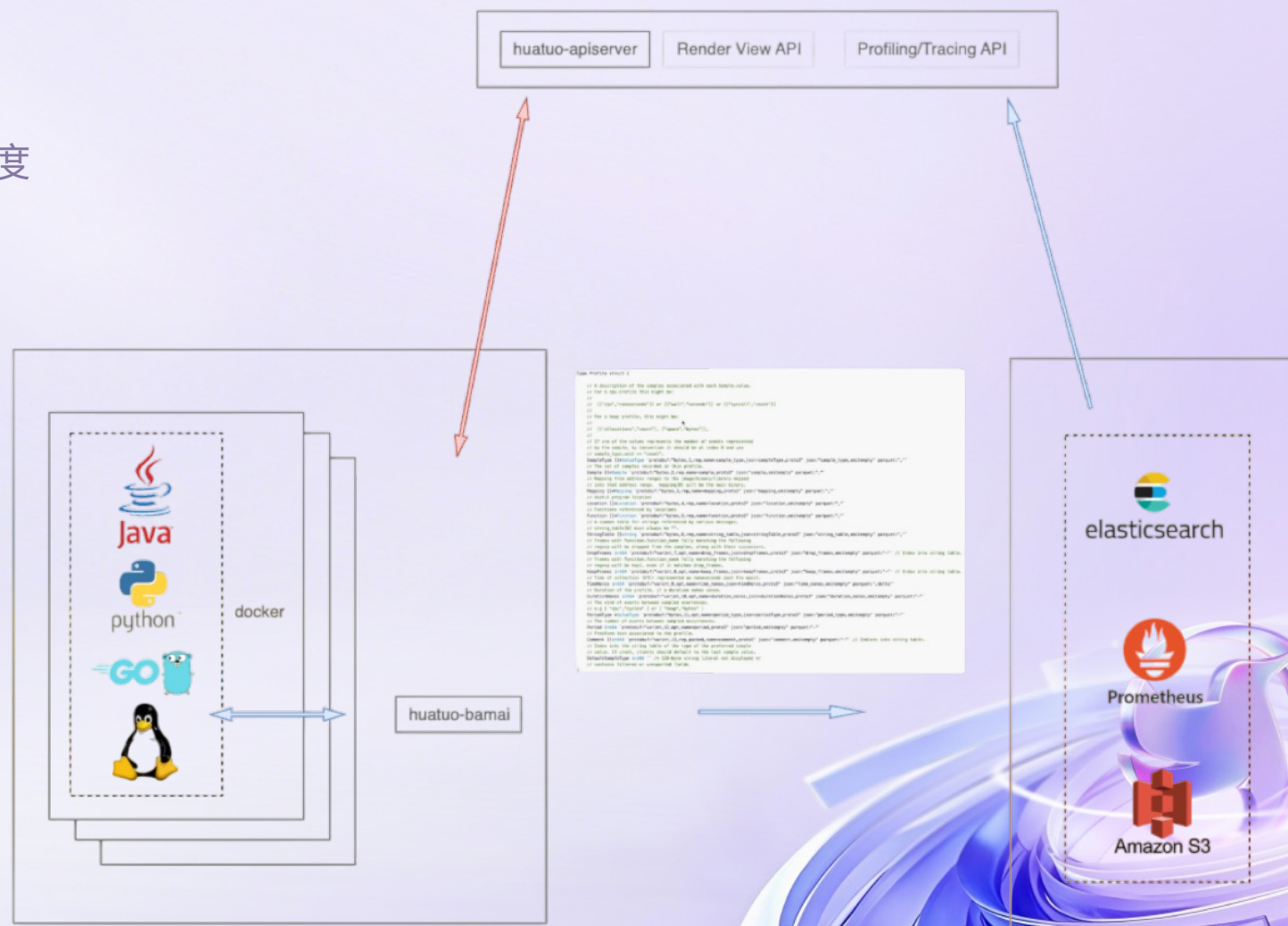
低损耗，零侵扰。



核心特性

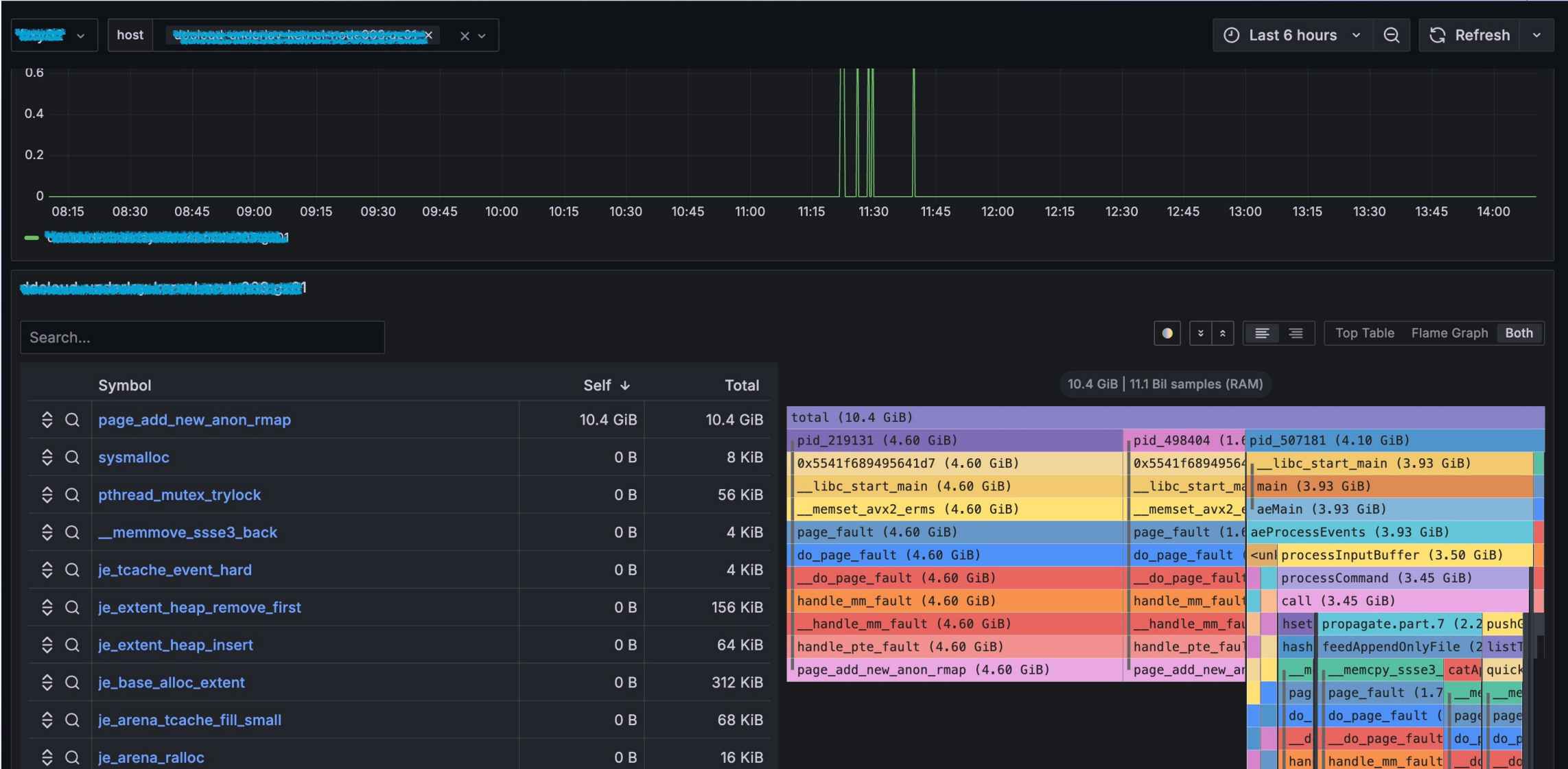
□ 技术方案

- 统一标准化底层语言框架，丰富的剖析维度
- 统一的，标准的，语言无关的存储
- 兼容主流开源组件的前端渲染能力
- 下一代版本迭代 vs OpenTelemetry
 - Java, AsyncGetCallTrace
 - Python, ptrace/process_vm_readv + _PyThreadState ...



核心特性

实际效果



核心特性

□ 开源技术生态融合

- 开源存储技术
- 开源容器技术
- 开源前端展示
- 开源观测监控技术栈



GPU 大模型性能剖析



□ 面临的挑战

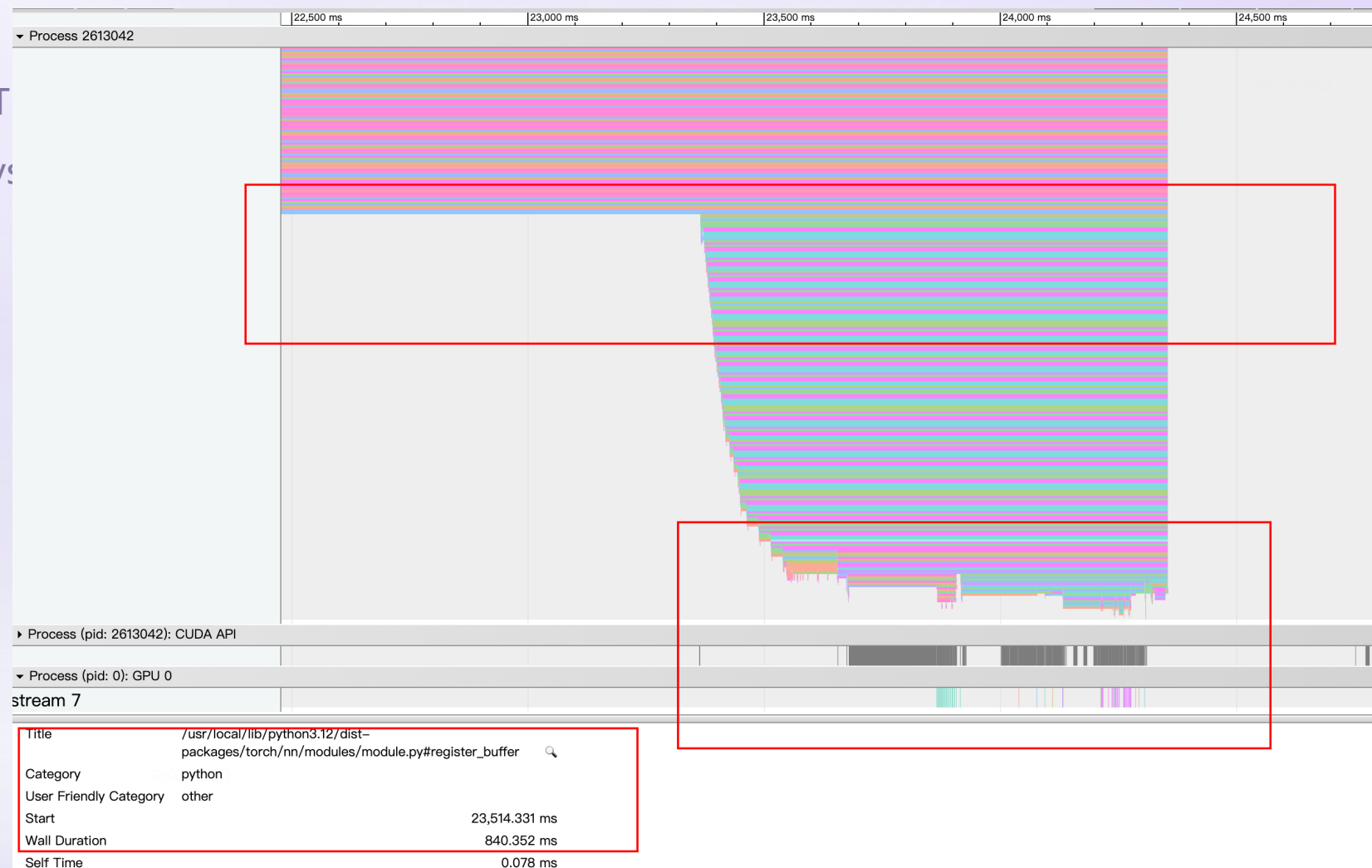
- GPU 用户库，内核驱动闭源，关键信息难获取
- 解释型语言，JIT 中间层
- 发行版多，运行环境多，难统一
- 零侵入训练推理框架
- 指标统计 vs 性能剖析



GPU 大模型性能剖析

□ 解决方案和实际效果

- cuda.so ELF symbols, CUPTI
- Python USDT + BPF and sys
- Auto-instrumentation



未来规划

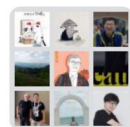
- 开放，专业的 HUATUO 开源技术社区
- 持续优化、迭代性能剖析能力，支持更多场景应用落地
- 分布式链接追踪的能力建设，和开源





HUATUO 开源技术社区

微信群，限于技术讨论



群聊: HUATUO 开源技术用户群



该二维码 7 天内 (7 月 8 日前) 有效, 重新进入将更新

开源社区网站 (在建): <https://huatuo.tech/>



谢谢

