



第三届 eBPF开发者大会

www.ebpftravel.com



eBPF技术在小米移动端的技术实践

小米 罗强威

中国·西安

2025.04.19



第三届 eBPF 开发者大会

www.ebpftravel.com



目录

①

发展现状

②

业务痛点

③

中台架构

④

业务提升



第三届 eBPF 开发者大会

www.ebpftravel.com



① 发 展 现 状

中国·西安



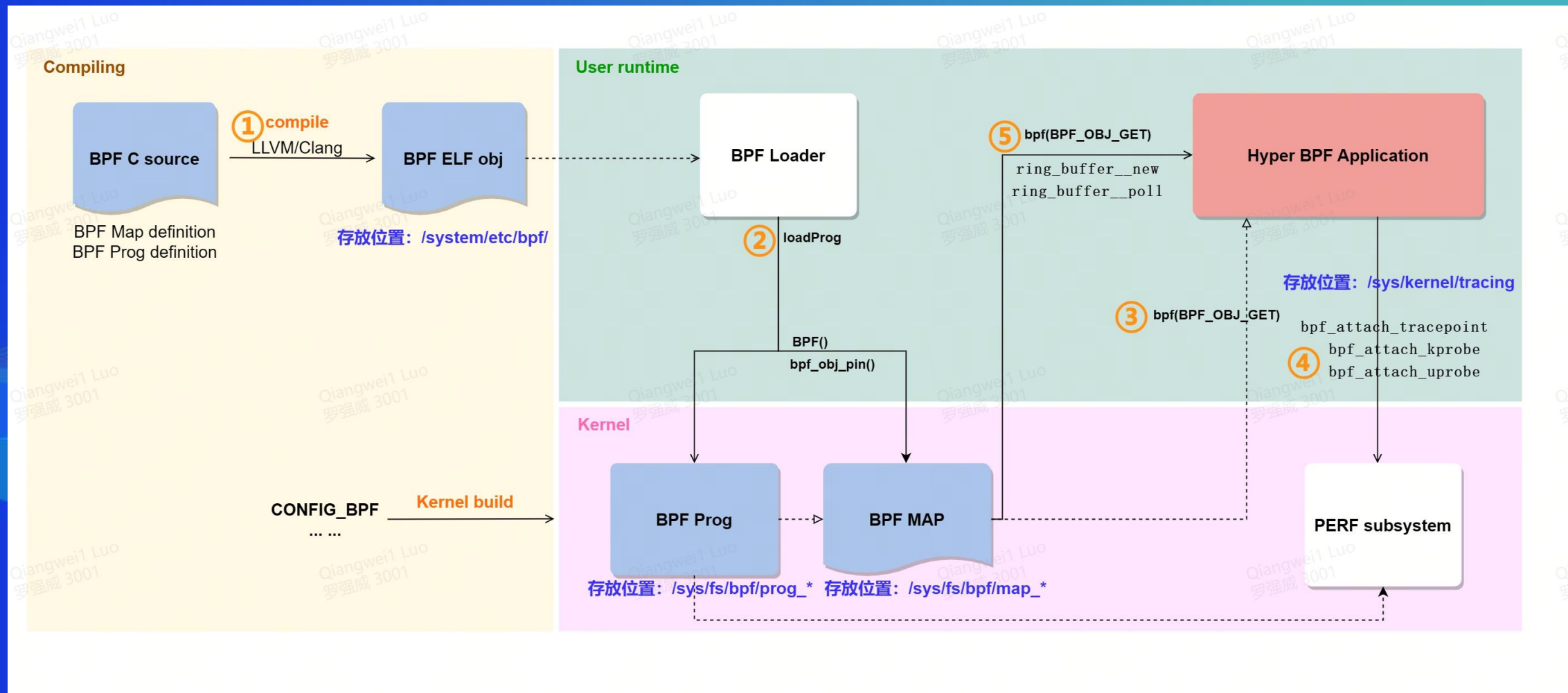
① 发展现状

Android P开始应用eBPF技术，到Android V已经过了7年，在众多领域有所发展：

领域	能力概述
稳定性	实时捕获Android内核内存事件（如OOM杀进程、内存回收等），为AMS和LMKD提供决策依据，优化内存管理以提升系统流畅性
性能	跟踪系统CPU 使用、GPU内存、GPU负载等性能指标，以优化系统性能并延长电池寿命；支持使用uProbe对用户态函数执行情况进行跟踪。
文件系统	Fuse Bypass，大幅提高文件访问和传输效率，同时能够兼顾权限管控
网络	流量跟踪、分流与管理

① 发展现状

Android上开发/运行BPF程序的通用过程（示例）：





第三届 eBPF开发者大会

www.ebpftravel.com



② 业务痛点

中国·西安



② 业务痛点

业务需求扩展遇到性能制约

以稳定性问题为例，我们之前需要遍历ProcFs获取系统信息，分析系统异常，但是由于其性能消耗过大，难以在用户侧商用。此外有很多其他领域的业务，亟需一种手段高效获取系统指标，来实现自身的能力。

Android eBPF生态兼容割裂

1. **项目成本高。**Android上eBPF程序开发需要学习Google制定的规范，且资料较少，导致学习成本很高，开发成本大。
2. **生态兼容割裂。**由于Android eBPF ELF文件布局差异，导致社区成熟程序无法直接在Android上加载运行，且CO-RE能力缺失，导致跨机型、版本的适配成本高



第三届 eBPF 开发者大会

www.ebpftravel.com



③ 中 台 架 构

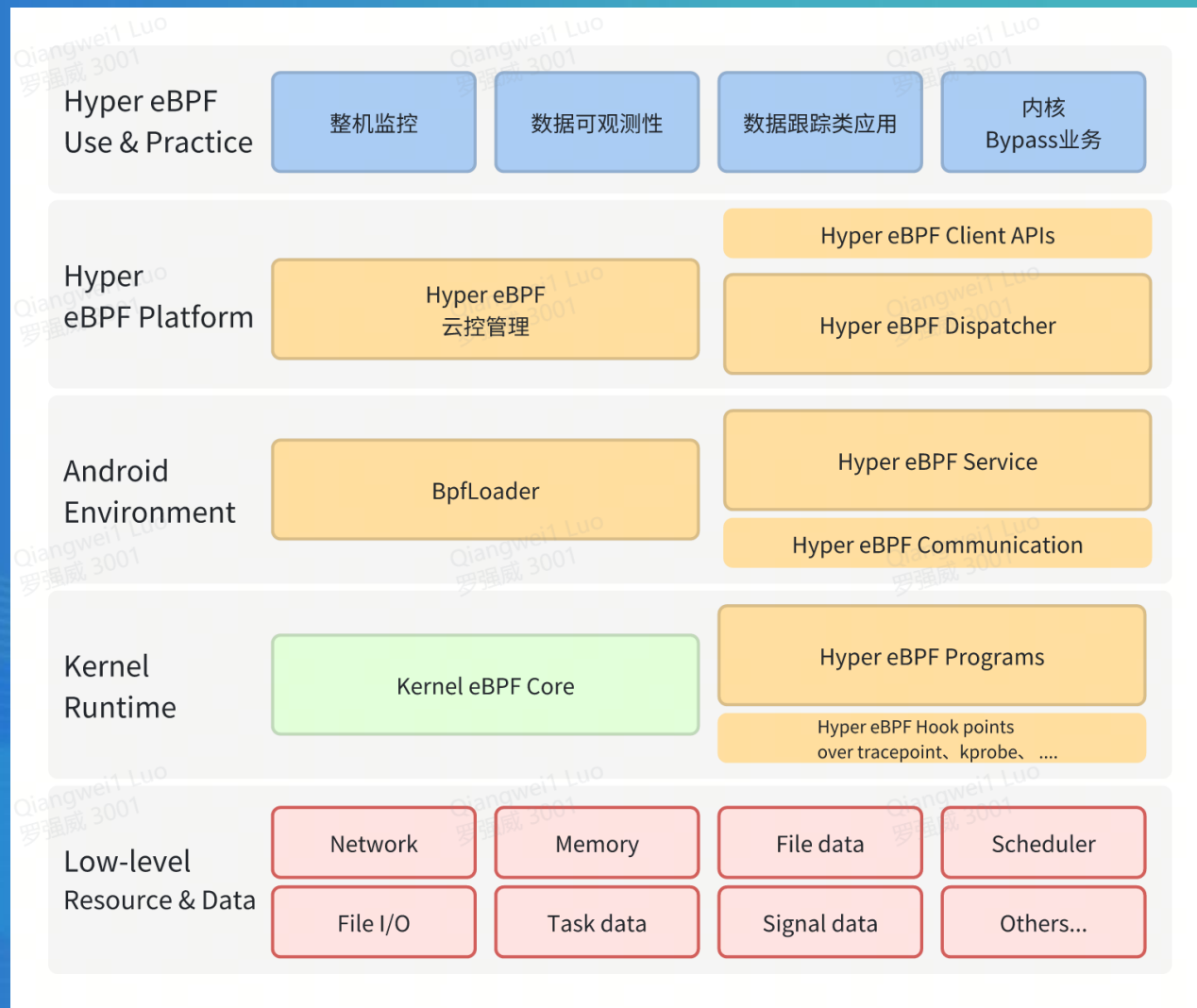
中国·西安



③ 中台架构

结合小米自身需求和实践、简单易用的平台级解决方案 -- **Hyper BPF Framework**

1. 作为数据中台，向上提供相关底层数据的跟踪与分析
2. 提供开发者SDK，开放具体业务所需的内核入口和数据
3. 支撑业务扩展，提供便捷、规范的小米 eBPF 程序和应用的开发流程



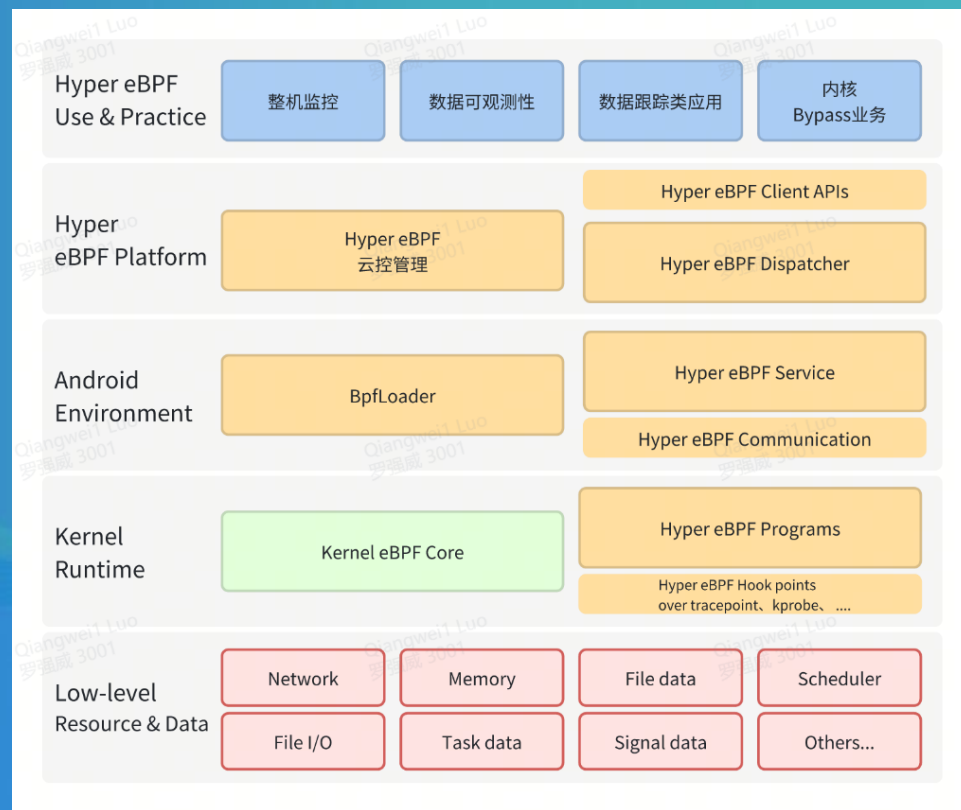


③ 中台架构

Hyper eBPF Framework整体架构

为支撑和实现上述目标，BPF Framework软件的整体架构如下，它包含多个重要组件、涉及从用户态应用贯穿到Kernel运行时的多个层面：

- 原始数据层面 -> 内核资源与数据入口
- 逻辑控制层面 -> BPF程序运行时
- 核心管理层面 -> Android BPF执行环境
- 事件分发层面 -> Hyper BPF平台
- 业务应用层面 -> Hyper BPF应用与内核扩展





③ 中台架构

架构落地带来的收益

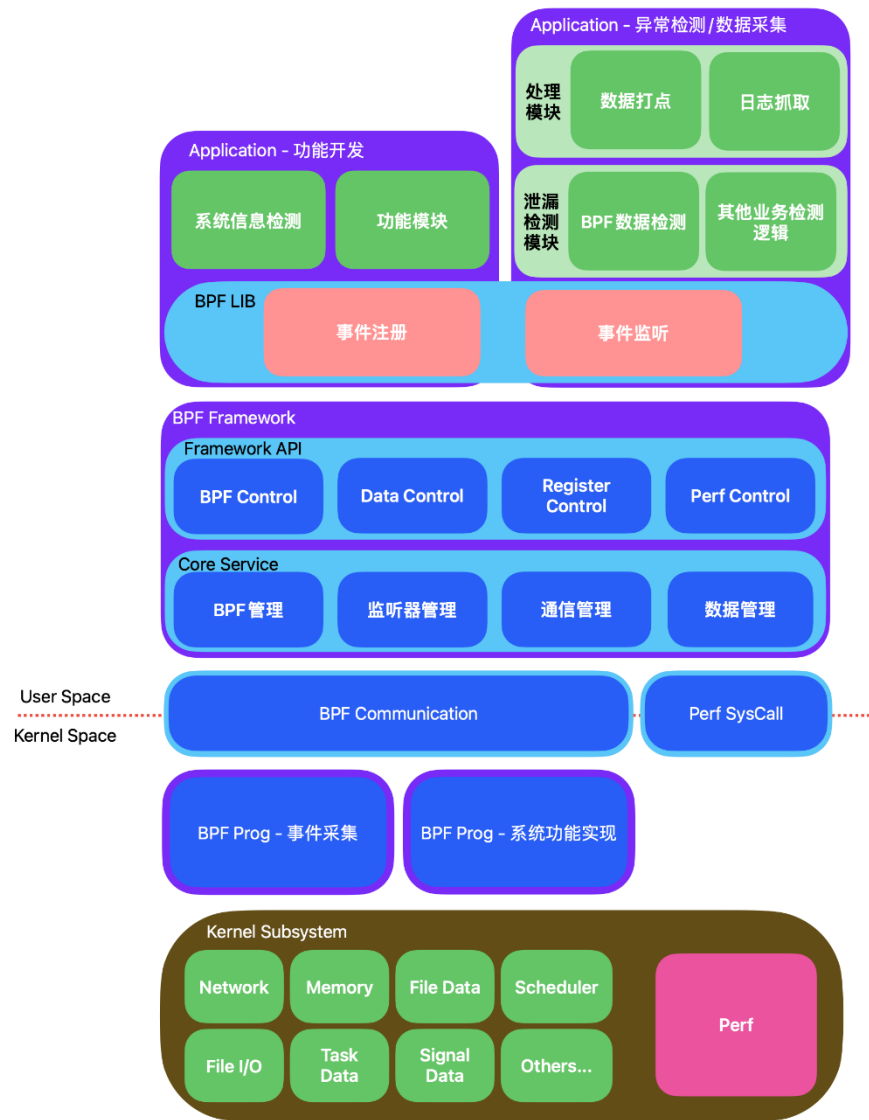
1. **故障检测与告警。**比如我们借助eBPF能力实现高效、快速的且能够线上部署的异常与故障监控。
2. **系统可观测性。**基于上层和内核现有的事件挂载点，eBPF Framework可以协助实现一套完整的系统观测平台，用以洞察整机的运行状态、系统开销、性能突刺、网络流控等。
3. **数据的便捷跟踪。**基于BPF技术我们能够增强数据的跟踪方式，从常见的通过procfs、sysfs、netlink等交互手段切换到与内核的直接“对话”，时效与性能均得以提升
4. **内核模块的扩展。**既然BPF如此流行，自然地越来越多的内核模块/实现在与其对齐甚至“共建”，用以向上层应用提供二次开发、kernel bypass的能力，比如“lru_gen”，fuse等

③ 中台架构

全链路打通 eBPF 运行体系 赋能业务能力提升

1. **功能实现** -- 根据系统资源指标调整App或系统模块的功能
2. **异常检测 & 数据采集** -- 收集系统数据进行异常检测，以及收集资源使用情况
3. **系统功能实现** -- 用于实现调度策略、文件系统等系统功能

HyperOS eBPF 框架 & 能力全景图





第三届 eBPF 开发者大会

www.ebpftravel.com



④ 业务提升

中国·西安

④ 业务提升

整机资源预警系统 -- 解决用户侧资源泄露问题**定位难**问题

实时端侧资源泄露检测能力

进程、线程泄露检测

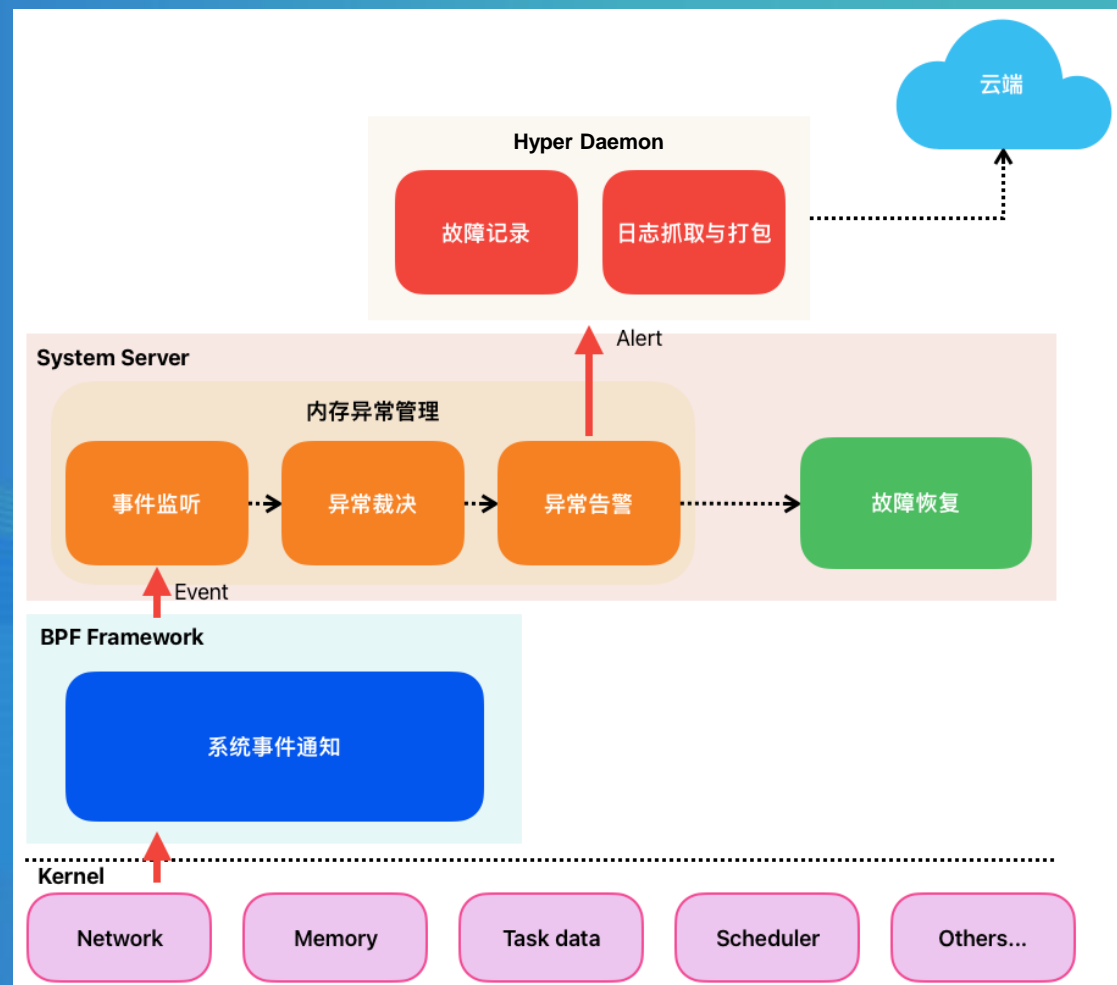
内存泄露检测

线程泄露检测

FD泄露检测

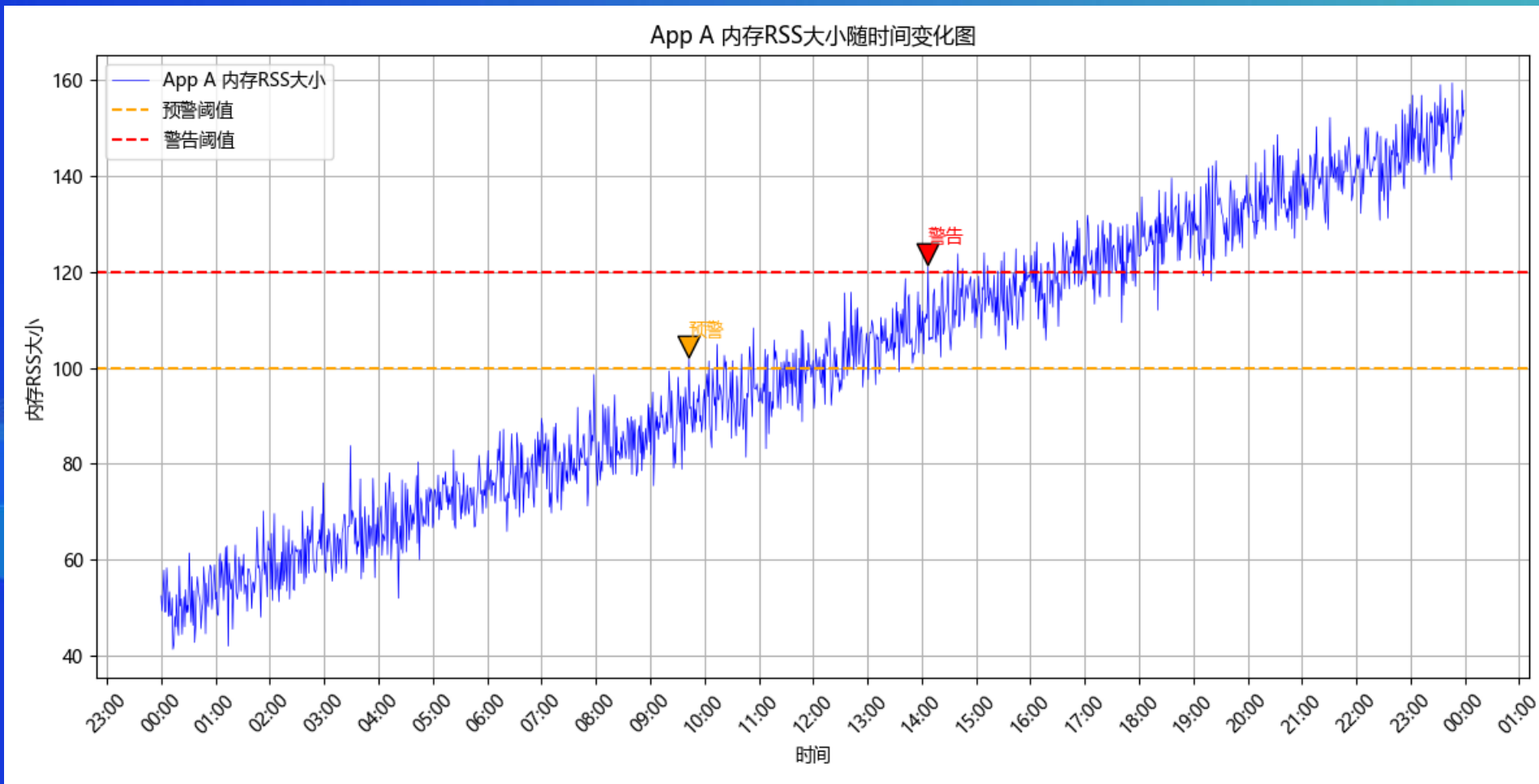
DMA-BUF泄露检测

商用阶段提前定位并持续跟踪资源泄露问题



④ 业务提升

内存跟踪部分效果



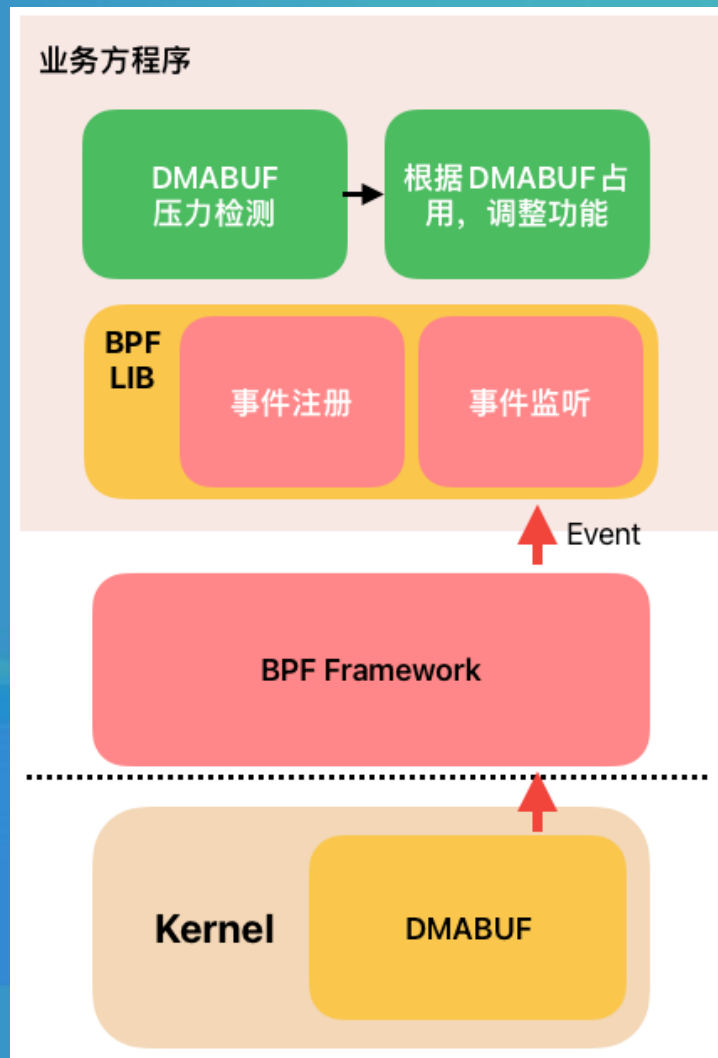


④ 业务提升

助力App构建动态运行策略

一些系统App借助eBPF能力，对原有功能进行改造，使其性能消耗相比原先方案下降99%以上，极大提升了用户的使用体验

性能消耗降低 99%





第三届 eBPF开发者大会

www.ebpftravel.com



Q & A

中国·西安