

智能手机应用的 能耗与性能问题诊断

关键词：智能手机 App 能耗 性能

随着智能手机的日益普及，智能手机应用 App 市场也发展迅猛。以安卓平台为例，截至 2013 年 7 月，安卓官方商店已有超过 100 万个 App 供用户选购^[2]。由于 App 市场竞争激烈，很多开发者为抢时间，很快完成产品研发、漏洞修补和功能更新，之后迅速发布。因而市场上的 App 质量良莠不齐。在 App 存在的各种问题中，能耗与性能给用户带来的体验极差^[1,2]。

App 能耗与性能问题中，突出的是电池电量、CPU 和内存问题，而 App 运行通常又需要随时进行复杂的计算，比如与网络服务器进行数据交换，通过传感器感知用户的周边环境等。如果开发者没有对 App 进行很好的优化，则长时间的高能耗操作会迅速消耗电池电量，而且低效的计算也会带来手机性能的下降。不幸的是，智能手机平台相对较新，工业界和学术界对运行于其上的 App 中出现的能耗与性能问题不

甚了解，而开发人员也缺少实用的工具来诊断这些问题并对其进行优化。

能耗与性能问题调研

考虑到智能手机应用平台的开放性，我们的研究主要集中在安卓系统及其 App 上。为了探究安卓 App 中可能出现的能耗与性能问题，我们先后进行了两次大规模的调研。

在第一次调研中，我们分析了 173 个开源和 229 个商业 App（闭源）^[1,3]，这些 App 在市场上都有很大的下载量。我们发现，在开源 App 中有 34 个出现了严重的能耗问题，而这些问题会造成手机电量的迅速流失；在商业 App 的用户评论中，同样发现了大量提及手机电量无故流失的负面评论。考虑到这 229 个 App 横跨 27 个不同类别，我们认为，安卓 App 的能耗问题确实很严重。在进一步分析了开源 App 的

刘焯庞¹ 许畅² 张成志¹

¹香港科技大学

²南京大学

能耗问题报告、相关代码以及开发者做的补丁和优化之后，我们提炼出资源管理异常和传感数据利用低效两类问题模式。资源管理异常模式即为 App 在使用了一系列高能耗的计算资源后，没有正确或及时地将其释放，导致这些资源仍然在后台消耗能源。传感数据利用低效模式为 App 没有充分地利用由系统花费大量能源收集并处理的传感数据。一些导航 App（详见文献 [1]）在其界面对用户不可见的情况下，仍在不停地收集 GPS 数据用于无效的界面渲染，从而导致手机电量被无故消耗。

在第二次调研中，我们收集了 29 个大型开源 App 中的 70 个已被确认并修复的性能问题，并从以下几个方面进行了深入分析：(1) 这些性能问题有哪些类型和影响？(2) 这些性能问题如何在运行时显现，是否需要特殊的程序输入来触发？(3) App 开发人员调试及修复这些性能问题

的难度有多大?需要什么工具支持?(4)这些性能问题具有哪些常见的模式^[2]?通过回答这些问题,可帮助学术界和工业界设计出有用的工具来对问题进行排除或修复。对于不同的App,其性能下降的具体原因虽然不尽相同,但仍有相通之处。比如很多使用了列表视图(ListView)的App滑动不流畅,其原因大多是由于它们没有利用系统提供的回收表项数据,而是简单地重新分配内存、渲染界面以及进行各类运算操作,从而导致App界面给人很“卡”的感觉。

能耗与性能问题的自动诊断

在发现了一系列App能耗与性能问题模式之后,我们开始设计工具来帮助开发人员及早发现和修复这些问题。

第一个工具GreenDroid是一个用于分析App传感数据利用率的动态分析工具^[13]。GreenDroid可以系统地生成大量测试用例来执行待分析的安卓App(需要App的Java字节码)。由于具有自动生成的测试用例,GreenDroid可以完整地探索App的状态空间。在一个App运行的过程中,GreenDroid可持续观察它如何收集、处理以及使用高能耗的传感数据,能自动对比在不同的运行状态下对传感数据的利用率,可以有效诊断出许多低效利用高能耗传感数据的情况,并提

供相关的测试用例来帮助开发者重现问题,对其进行调试与修复。

第二个工具PerfChecker的用途则更为广泛^[2]。它可以通过模式匹配来分析和诊断安卓App中潜在的8类性能问题。PerfChecker是一个纯静态分析工具,只须App的Java字节码或安装文件即可完成分析(无须源码),并且其分析效率非常高,通常数秒即可完成对一个数万行代码的大型App的分析和问题定位。为帮助开发者更好地调试问题,PerfChecker会输出详尽的报告来解释某App存在性能问题的原因,并指出有问题的代码片段。PerfChecker中针对列表视图滑动不流畅的分析模块已经被集成到安卓官方推荐的开发环境Android Studio中^[4]。

为了验证工具的有效性,我们进行了实验。GreenDroid能够准确诊断到13个不同类型的App中12个已知的能耗问题,并且还发现了两个未知的能耗问题。我们将这些发现报告给相应的开发人员,之后迅速地得到了他们的确认并被邀请进一步帮助调试更多的新问题。PerfChecker则能高效定位到29个不同类型的App中126个未知性能问题。同样,我们也和相应的开发人员交流讨论这些问题。他们确认了其中的68个问题并迅速修复其中20个较为严重的问题。

总结及分享

安卓平台上的App能耗与性能问题给用户带来了诸多困扰,开发者急需有效的技术和工具来解决。在本文中我们介绍了我们目前正在开展的相关科研工作。这类工作存在三个关键难点。首先,在工作初期,我们只知道安卓App能耗和性能问题严重,但无从知晓这些问题的本质原因。为了解决这个难点,我们仔细调研了大量真实案例,通过分析相关文档,代码及补丁,归纳出每个问题的特性以及造成该问题的原因。其次,如何有针对性地设计用于诊断这些问题的软件技术也是一个难点。为了解决这个难点,我们深入研究了一些相对成熟的程序分析及相关算法,仔细斟酌它们是否适用。最终通过改进已有的技术,设计出新的分析技术。比如,在分析传感数据是否被高效利用的研究中,融入并改进了通用的dynamic tainting技术,设计了一系列算法来生成测试用例,追踪App使用传感数据的过程,并对比了传感数据在不同App状态下的使用率。第三大难点,是这些技术的实现。由于安卓App的运行基于事件驱动,因此从App源码中无法获得完整的控制流用于问题分析。为此,我们从安卓开发者教程及平台应用程序接口(API)文档中抽取出了一个模拟安卓事件句柄间时序关系的模型。借助这一模型,在通用的程序分析框架(比如Java PathFinder用于动态分析,Soot

和 Wala 用于静态分析)上实现了我们的分析技术。

我们的体会是软件工程研究的实用性非常重要。为了验证技术的有效性,我们使用了真实的平台和 App 来进行大规模的实验,并及时与相关的开发者交流,以获得实用的建议来进一步指导后续的工作和改善我们的分析技术和工具。尽管我们目前的分析技术和工具已经能够帮助找到很多真实的安卓 App 能耗与性能问题,但是在现实生活中还有很多的未知问题在影响安卓 App 用户的体验。因此,我们呼吁更多的学者和 IT 从业者参与到类似的科研工作中,为研发出有效的软件技术,帮助智能手机 App 开发者高效地开发和确保产品的高质量而努力。■



刘焯庞

香港科技大学博士生。主要研究方向为软件测试与分析、移动计算等。



许畅

CCF会员。南京大学副教授。主要研究方向为软件工程、软件测试与分析、普适计算等。changxu@nju.edu.cn



张成志

香港科技大学教授。主要研究方向为程序分析、测试与调试、大数据软件、云计算、物联网、软件数据挖掘等。

参考文献

- [1] Yepang Liu, Chang Xu, S.C. Cheung, and Jian Lv. GreenDroid: automated diagnosis of energy inefficiency for smartphone applications. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 2014, 40(9): 911~940.
- [2] Yepang Liu, Chang Xu, and S.C. Cheung. Characterizing and detecting performance bugs for smartphone applications. *Proceedings of 36th International Conference on Software Engineering*, Hyderabad, India, May 2014, 1013~1024.
- [3] Yepang Liu, Chang Xu, and S.C. Cheung. Where has my battery gone? Finding sensor related energy black holes in smartphone applications. *Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications*, March 2013, 2~10.
- [4] Android Studio. <https://developer.android.com/sdk/installing/studio.html>.

CCF TC

传感器网络专业委员会

第8届中国传感器网络学术会议在西安召开

由 CCF 主办、CCF 传感器网络专业委员会协办、西北大学和 YOCSEF 西安承办的第 8 届中国传感器网络学术会议(会议编号:CCF-TC-14-04N)于 10 月 31 日~11 月 2 日在西安召开。CCF 专委工委常务委员、英特尔中国研究院院长吴甘沙作为 CCF 代表出席会议。来自微软亚洲研究院、清华大学、北京大学、上海交通大学等单位的 360 余名专家学者参加会议。会议邀请了 CCF 会士、中国工程院院士李德毅, CCF 杰出演讲者、清华大学教授刘云浩, 微软亚洲研究院副院长赵峰, 国家自然科学基金委主任肖人毅, CCF 学术工委委员、上海交通大学教授王新兵, CCF 开放系统专委会主任、南京大学教授陈贵海作学术报告。

与会者围绕“从车联网到机器人联网——大数据时代的云机器人”、“无源感知网络”、“物联网安全”、“无线网络中的研究问题”、“青年学者与研究生学术提升之路”、“2014 国家自然科学基金资助情况”、“传感器之路,路在何方:十年回首,十年展望”等主题展开深入讨论。大会收到 346 篇投稿,评选出 4 篇最佳论文、4 篇优秀论文。