

一种基于 Android 系统网络模块功耗的评估和分析

张 立¹ 韩银和² 袁小龙¹

(北京交通大学电子信息工程学院 北京 100044)¹

(中国科学院计算机系统结构重点实验室 中国科学院计算技术研究所 北京 100190)²

摘 要 嵌入式移动便携设备由电池供电,而电池容量却受体积和重量的制约,因此嵌入式移动设备的功耗问题成为研究的一个关键问题。分别采用 WIFI 和 GPRS 两种接入网络策略,研究手机系统功耗的变化。实验结果表明,小流量模式(10kb/min)下两种策略电池使用时间减少约 50%,大流量模式(2Mbit/min)下能量消耗更快,减少约 85%;在传输相等的数据量下,WIFI 模式比 GPRS 模式省电。在两台基于 Android 系统平台的真机上进行了实验,结果表明,研究降低手机移动网络模块的功耗具有十分重要的意义。

关键词 低功耗技术,Android,移动互联网,系统功耗,功耗评估

中图法分类号 TP302.7 **文献标识码** A

Estimation and Analysis of Network Modules Power Consumption Based on Android System

ZHANG Li¹ HAN Yin-he² YUAN Xiao-long¹

(School of Electronic and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)¹

(Key Laboratory of Computer System and Architecture, Institute of Computing Technology,

Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)²

Abstract Embedded system devices, especially portable mobile devices, are powered from batteries which are limited in size and weight. Therefore power becomes an important challenge to embedded system devices design. To investigate this problem, we used two strategies WIFI and GPRS to access the network and measure the changes of the system power consumption. The conclusions are as follows: under both two strategies the battery life time decreases about 50% in the small flow mode (10Kb/min) and decreases more rapidly about 85% in the big flow mode (2Mbit/min). Under the same condition, the devices consume less power in WIFI mode than GPRS mode. These results were validated by two Android devices. The experiment results demonstrate that it is very important to find techniques to reduce the power consumption of mobile network modules.

Keywords Low power technique, Android, Mobile internet, System-level power consumption, Power estimation

1 引言

当今社会,手机已经成为人们日常生活中必不可少的一部分。随着计算机技术的迅速发展和人们对移动终端要求的不断提高,普通的手机已经无法满足人们的日常需求,于是手机不断更新换代,产生了智能手机。

智能手机给人们带来了日趋丰富的功能和越来越好的用户体验,但系统功耗也随之增加。移动设备由电池供电,然而电池受体积和重量的制约,容量相对有限。因此,研究降低嵌入式移动设备的功耗问题具有重要的实用价值。

从能量消耗源进行分析,嵌入式移动设备上能耗通常被消耗在显示屏、网络、处理器等硬件设备上^[1]。要想降低功耗,可以从优化这 3 个部件入手。例如, A. K. Bhowmik 等介绍了一种降低显示屏功耗的关键技术 DPST^[2]; Arindam Mallik 等则介绍了一种降低处理器功耗的关键技术 UDFS^[3]。

随着移动互联网的普及和日趋丰富的移动互联网的应用,手机移动网络模块(GPRS/WIFI)的功耗在手机系统总功耗中占据了重要的位置^[4],因此分析手机移动网络模块的功耗具有十分重要的意义。目前,国内外对手机移动网络模块功耗的研究很少,基于此本文实验并分析了手机移动网络模块对系统总功耗的影响^[5]。

本文实验并分析了测量手机系统功耗的 WIFI 和 GPRS 两种网络接入策略。实验数据表明,移动网络模块的功耗在系统总功耗中占据了十分重要的位置,这为我们研究嵌入式移动设备的低功耗提供了一定的指导。

本文第 2 节回顾国内外嵌入式移动设备的主要低功耗优化技术;第 3 节简介 Android 系统结构框架;第 4 节实验并分析数据;最后进行总结。

2 国内外主要的低功耗优化技术

功耗已经逐渐成为嵌入式系统设计过程中的一个重要研

究点^[6],其重要性随着移动便携设备的普及而越来越突出。嵌入式设备功耗的大小将会从多个方面影响系统的整体性能。研究人员在进行系统设计时,尤其是在针对移动便携设备的嵌入式系统设计过程中,功耗将是一个越来越重要的考虑因素。

在降低嵌入式系统功耗的过程中,研究人员尝试了许多方法。目前国内外主要的低功耗优化技术有如下几种。

2.1 动态电源管理

动态电源管理(Dynamic Power Management,DPM)依据设备工作负载的变化切换其工作状态,以实现系统功耗最小化^[7]。DPM主要是对处理器和外围设备进行动态管理,当CPU或外围设备的空闲期足够长时,使其关闭或进入休眠状态以节约电池电量。对于具有无线通信功能的设备,DPM是节能降耗的重要手段。这是因为无线通信模块主要有发送、接收、空闲和休眠4个状态,其中休眠状态时的功耗远小于其它3种状态。因此在通信模块不工作时,DPM应立刻使其转入休眠状态。

2.2 动态电压频率调节

动态电压频率调节(Dynamic Voltage and Frequency Scaling,DVFS)根据系统任务的紧迫程度来动态调节处理器的电压和频率,使任务响应时间和系统功耗之间达到平衡^[8]。DVFS能够在系统运行时动态地改变处理器的电压和频率,在不影响处理器性能的前提下,更有效地减少它的能量消耗。DVFS技术利用CMOS电路的特性,CMOS电路的功耗正比于时钟频率和电压的平方,即每个时钟周期的能量消耗正比于电压的平方^[9]。DVFS技术是以延长任务执行时间为代价来达到减少系统能量消耗的目的,体现了功耗与性能之间的权衡。但降低供电电压会增加相应的延迟,限制处理器的时钟频率,导致系统性能下降,因此这种方法只在一定范围内有效。

2.3 从操作系统级降低功耗

嵌入式操作系统负责系统的全部软、硬件资源的分配、调度工作,控制并协调并发活动。根据系统负载动态改变芯片、总线和内存的电压和频率,或者关闭暂时空闲的设备而言,以降低功耗、延长电池使用时间^[10]。

在低功耗的嵌入式系统设计中,尤其对于移动设备而言,需要一个纵向的综合设计方案,从算法设计、系统体系结构到电路布线都需要仔细考虑功耗因素。如果各方面的设计考虑周到,嵌入式系统将能够实现较低的功耗并且不会牺牲系统的性能。

3 Android 系统结构框架

Android是基于Linux内核的软件平台和操作系统,是Google在2007年11月5日公布的手机系统平台。Android专门针对移动设备而设计,它包括一个操作系统、中间件和一些重要的应用程序。

从系统架构上看,Android从顶层到底层共分4层,依次为应用程序层、应用程序框架层、系统运行库层和Linux内核层^[11]。具体如图1所示。

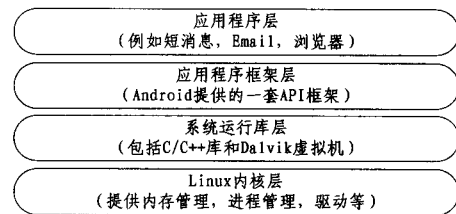


图1 Android 系统结构框架

3.1 Applications(应用程序层)

Android 同一系列核心应用程序包一起发布,该应用程序包主要包括 email 客户端、SMS 短消息程序、日历、地图、浏览器、联系人管理程序等。所有的应用程序都是使用 JAVA 语言编写的。

3.2 Application Framework(应用程序框架层)

开发人员可以完全访问核心应用程序所使用的 API 框架。该应用程序的架构设计简化了组件的重用;任何一个应用程序都可以发布它的功能块,并且任何其它的应用程序都可以使用其所发布的功能块(不过得遵循框架的安全性限制)。同样,该应用程序重用机制也使用户方便地替换程序组件。

3.3 Libraries and Android Runtime(系统运行库层)

Android 包含一些 C/C++ 库,这些库能被 Android 系统中不同的组件使用。它们通过 Android 应用程序框架为开发者提供服务。Android 还包括了一个核心库,提供了 JAVA 编程语言核心库的大多数功能。每一个 Android 应用程序都在它自己的进程中运行,都拥有一个独立的 Dalvik 虚拟机实例。Dalvik 被设计成一个设备,其可以同时高效地运行多个虚拟系统。Dalvik 虚拟机执行(.dex)的 Dalvik 可执行文件,该格式文件针对小内存使用做了优化。Dalvik 虚拟机依赖于 Linux 内核的一些功能,比如线程机制和底层内存管理机制。

3.4 Linux Kernel(Linux 内核层)

Android 的核心系统服务依赖于 Linux 2.6 内核,如安全性、内存管理、进程管理、网络协议栈和驱动模型。Linux 内核也同时作为硬件和软件栈之间的抽象层。

4 实验和数据分析

我们选取的实验平台是基于 Android 操作系统的 Lenovo Lephone 和 HTC wildfire。之所以选取这两款手机,是因为它们分别代表了国内和国际的 Android 主流智能机机型。表1列出了两款手机的主要组件技术参数。

表1 Lephone 和 wildfire 主要组件技术参数

	Lenovo Lephone	HTC wildfire
Soc	Qualcomm QSD 8250	Qualcomm MSM7201A
CPU	1GHz ARMV7	528MHz ARM11
RAM	512MB	384MB
ROM	512MB	512MB
Display	3.7" AMOLED Touchscreen, 800×480	3.2" TFT capacitive touchscreen, 240×320
Network	GSM + WCDMA	GSM + WCDMA
OS	Android OS 1.6 + Custom Lenovo OS	Android OS 2.2
Kernal	Linux 2.6.29	Linux 2.6.32
Battery	Li-Ion 1500 mAh	Li-Ion 1300 mAh

目前,手机移动网络主要采用两种接入方式:GPRS 和

WIFI。因此本实验分别对手机在 WIFI 和 GPRS 两种网络连接模式下的功耗进行实验和分析。

4.1 WIFI 网络模式下的系统功耗分析

WIFI 基于 IEEE 802.11 协议,是一种短程无线传输技术,能够在数百英尺范围内支持互联网接入。WIFI 最初并不是为能量受限的手持设备而设计的,因此带有 WIFI 模块的手持设备的电池使用时间大为减少^[12]。下面实验分析 WIFI 网络模式下手机系统功耗的变化情况。

手机正常开机启动后,开启 WIFI,在小流量模式(10kB/min)下,每隔 1 小时提取一次手机电池电量,测试结果如图 2 和图 3 所示。

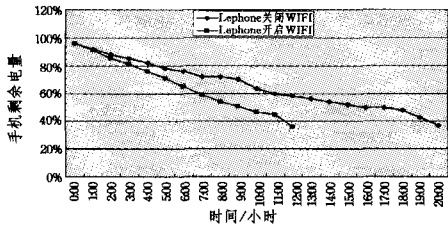


图 2 Lephone 开启 WIFI 小流量测试

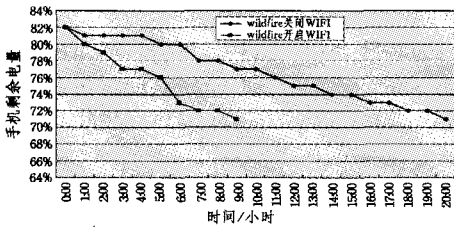


图 3 wildfire 开启 WIFI 小流量测试

由图 2、图 3 计算得出,在电量下降相同的情况下,小流量模式下 Lephone 开启 WIFI 相对关闭 WIFI,电池使用时间减少 40%,wildfire 开启 WIFI 相对关闭 WIFI,电池使用时间减少 57.1%。

考虑到在无线局域网中用户经常利用 WIFI 下载文件,因此在大流量模式(2Mbit/min)下,对上述实验重新测试。实验结果如图 4 和图 5 所示。

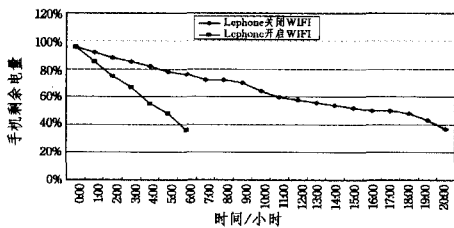


图 4 Lephone 开启 WIFI 大流量测试

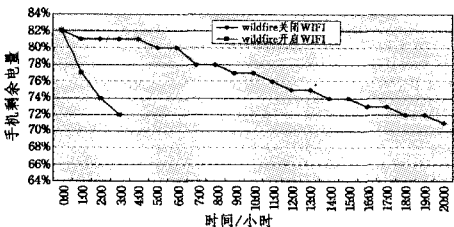


图 5 wildfire 开启 WIFI 大流量测试

由图 4、图 5 计算得出,在电量下降相同的情况下,大流

量模式下 Lephone 开启 WIFI 相对关闭 WIFI,电池使用时间减少 70%,wildfire 开启 WIFI 相对关闭 WIFI,电池使用时间减少 85.7%。

综合图 2—图 5 可得出以下结论:用户在使用 WIFI 策略接入网络时,在小流量模式下电池使用时间约减少 50%,而在大流量模式下能量消耗得更快,减少的电池使用时间达到 85%。

4.2 GPRS 网络模式下的系统功耗分析

GPRS 是通用分组无线服务技术的简称,是 GSM 移动电话用户可用的一种移动数据业务。GPRS 不仅承担语音服务,而且承担数据业务,在持续的数据业务下手机电池电量下降得很快^[13]。下面通过实验分析 GPRS 网络模式下手机系统功耗的变化情况。

用户在使用 GPRS 策略连接网络时,一般很少会用 GPRS 下载大文件。鉴于此,本文仅考虑对 GPRS 小流量模式(10kb/min)下的功耗进行实验和分析。

手机正常开机启动后,开启 GPRS,在小流量模式(10kB/min)下,每隔 1h 提取一次手机电池电量。测试结果如图 6 和图 7 所示。

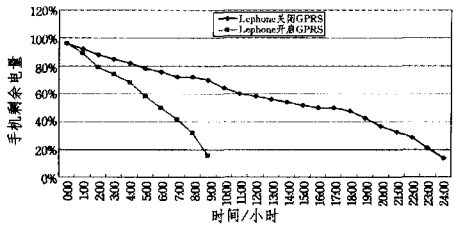


图 6 Lephone 开启 GPRS 流量测试

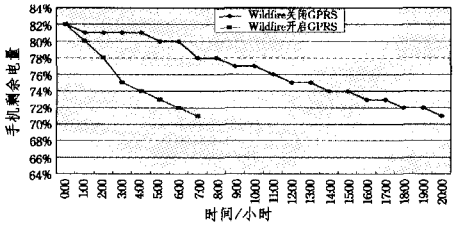


图 7 wildfire 开启 GPRS 流量测试

由图 6、图 7 计算得出,在电量下降相同的情况下,小流量模式下 Lephone 开启 GPRS 相对关闭 GPRS,电池使用时间减少 62.5%,wildfire 开启 GPRS 相对关闭 GPRS,电池使用时间减少 65%。

4.3 WIFI 网络模式和 GPRS 网络模式下的系统功耗对比

考虑在相同流量模式(10kb/min)下,分别对手机进行 WIFI 流量测试和 GPRS 流量测试,测试结果如图 8 和图 9 所示。

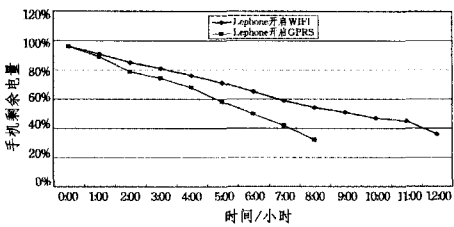


图 8 Lephone 开启 WIFI 和开启 GPRS 功耗对比

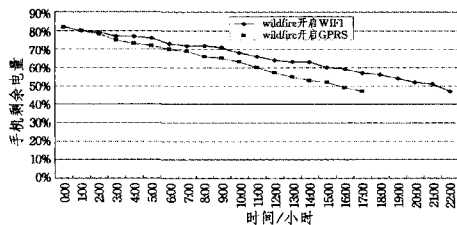


图9 wildfire 开启 WIFI 和开启 GPRS 功耗对比

由图8、图9 计算得出,在相同流量模式下,LePhone 在 GPRS 模式下电池使用时间相对 WIFI 模式减少 37.5%, wildfire 在 GPRS 模式下电池使用时间相对 WIFI 模式减少 22.7%。

综合以上各图,可以得出如下结论:

(1)小流量模式下,用户在使用 WIFI 策略或 GPRS 策略接入网络模式比未接入网络模式下电池使用时间减少约 50%。这说明不管采用 WIFI 策略还是 GPRS 策略接入网络,电池电量下降均很快。

(2)大流量模式下,使用 WIFI 策略接入网络模式与未接入网络模式相比,电池使用时间减少约 85%。这说明在大流量模式下,电池电量下降得更快。

(3)对比相同流量模式下分别使用 WIFI 策略和 GPRS 策略连接网络,同等条件下 WIFI 模式比 GPRS 模式省电。

结束语 随着计算机技术的迅速发展和移动互联网络的普及,智能机移动网络模块(GPRS/WIFI)的功耗在系统总功耗中占据了越来越重要的位置。本文通过实验分析了在使用 WIFI 和 GPRS 两种策略接入网络时手机系统功耗的变化情况,得出了移动网络模块的功耗在系统总功耗中占据了十分重要的位置这一结论。因此,分析手机移动网络模块的功耗具有十分重要的意义,能为将来嵌入式移动设备的低功耗研究提供一定的指导。

参 考 文 献

- [1] Carroll A, Heiser G. An analysis of power consumption in a smartphone[C]// Proceedings of the 2010 USENIX Annual Technical Conference, Boston, MA, USA, June 2010:1-14
- [2] Bhowmik A K, Brennan R J. System-level Display Power Reduc-

tion Technologies for Portable Computing and Communications Devices[C]// Proc. IEEE Int. Conf. Portable Information Devices. Orlando, Florida, USA, 2007

- [3] Mallik A, Lin Bin, Memik G, et al. User-driven Frequency Scaling[J]. IEEE Computer Architecture Letters, 2006, 5(2): 16
- [4] Vallina-Rodriguez N, Hui P, Crowcroft J, et al. Exhausting battery statistics: understanding the energy demands on mobile handsets[C]// Proc. ACM Mobiheld. New Delhi, India, 2010: 9-14
- [5] Paul K, Kundu T K. Android on Mobile Devices: An Energy Perspective[C]// Proc. CIT 2010 IEEE 10th International Conference. Bradford, 2010: 2421-2426
- [6] 卜爱国. 嵌入式系统动态低功耗设计策略的研究[D]. 南京: 东南大学, 2006
- [7] Benini L, Bogliolo A, Micheli G D. A Survey of Design Techniques for System-Level Dynamic Power Management [J]. IEEE Transactions on VLSI Systems, 2000, 8 (3): 299-316
- [8] Kim W, Gupta M, Wei G, et al. System level analysis of fast, per-core DVFS using on-chip switching regulators[C]// IEEE 14th International Symposium on High Performance Computer Architecture (HPCA 2008). 2008: 123-134
- [9] Seokwoo L, Shidhartha D, Toan P. Reducing pipeline energy demands with local DVS and dynamic retiming low power electronics and design[C]// Proc of ISLPED. IEEE Press, 2004: 319-324
- [10] Yan L, Luo J, Jha N. Joint dynamic voltage scaling and adaptive body biasing for heterogeneous distributed real-time embedded systems [J]. IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems, 2005, 24(7): 1030-1041
- [11] Android developers[EB/OL]. <http://developer.android.com>
- [12] Zhang Tao, Gurung M S, et al. Reducing Energy Consumption on Mobile Devices with WiFi Interfaces[C]// Proceedings of Global Telecommunications Conference (GLOBECOM '05). IEEE, 2005: 561-565
- [13] Rehfuess U, Ivanov K. Estimating the Gains of Adaptive Antenna Systems for GPRS and EDGE Data Services in GSM Networks [C]// Proc. Vehicular Technology Conference. IEEE VTS-Fall VTS, 2000: 3026-3032

(上接第 257 页)

- [11] He X, Ma W-Y, Zhang H-J. Learning an image manifold for retrieval[C]// Proceedings of the ACM International Conference on Multimedia. 2004
- [12] Ko B, Byun H. Integrated region-based image retrieval using region's spatial relationships[C]// Proceedings of the IEEE International Conference on Pattern Recognition (ICPR). 2002
- [13] Li J, Wang J Z, Wiederhold G. IRM: International region matching for image retrieval[C]// Proceedings of the ACM International Conference on Multimedia. 2000
- [14] Do M N, Vetterli M. Wavelet-based texture retrieval using generalized Gaussian density and Kullback-Leibler distance[J]. IEEE Trans. Image Process, 2002, 11(2): 146-158

- [15] 王守觉. 基于仿生形象思维方法的图像检索算法[J]. 电子学报, 2010, 38(5): 993-997
- [16] 杨芳宇. 一种基于边缘综合特征的彩色图像检索算法[J]. 计算机科学, 2010, 37(2): 256-260
- [17] Philbin J, Chum O, Isard M, et al. Object retrieval with large vocabularies and fast spatial matching[C]// Proc. CVPR. 2007
- [18] Fergus R, Weiss Y, Torralba A. Semi-supervised learning in gigantic image collections[C]// Advances in neural information processing systems. 2009
- [19] Schroff F, Criminisi A, Zisserman A. Harvesting image databases from the Web[C]// Proceedings of the 11th International Conference on Computer Vision. Riode Janeiro, Brazil, 2007