

基于情景感知的电源管理策略

杨 昆^{1,2}, 周丽娟^{1,2}, 张树东^{1,2}

(1. 首都师范大学 信息工程学院, 北京 100048; 2. 成像技术北京市高精尖创新中心, 北京 100190)

摘要: 智能手机处于待机状态下仍会消耗能量, 这些能量部分消耗在网络数据的通信上; 为了降低这些功耗, 提高智能手机的续航能力; 提出一种基于情景感知的电源管理策略, 通过机器学习的方法来进行决策, 智能地管理移动终端的网络接口, 通过使持续性的网络连接变成间断性的网络连接来减少功耗; 在 Android 移动终端上对提出的策略进行相关实验和对比, 能有效的提高续航能力。

关键词: 移动终端; 待机; 情景感知; 电源管理; 机器学习

Power Management Strategy Based on Context Awareness

Yang Kun^{1,2}, Zhou Lijuan^{1,2}, Zhang Shudong^{1,2}

(1. College of information engineering, Capital Normal University, Beijing 100048, China;

2. Beijing Advanced Innovation Center for Imaging Technology, Beijing 100048, China)

Abstract: Intelligent mobile phone will still consume energy in standby state and the energy is consumed in portions of the data communication network. In order to reduce the power consumption and improve the intelligent mobile phone battery life, put forward a context aware based power management strategy, through machine learning method to make the decision, intelligent management of mobile terminal network interface, by making continuous network connection as a discontinuity of the network connection to reduce power consumption. The related experiments and comparison of the proposed strategy on the Android mobile terminal, can effectively improve the endurance capacity.

Keywords: mobile terminal; standby; context aware; power management; machine learning

0 引言

智能手机的性能与功能在不断地提升, 其复杂性和高性能的同时带来了更大的电量消耗。目前智能手机只能依赖电池来完成供电, 这就导致对智能手机操作系统在电源管理方面提出了更高的要求。然而, 电池技术发展的速度远落后对其电池容量的需求的增长速度。在当前智能手机向更轻、更薄、更快的发展趋势下, 智能手机的体积决定了不可能为电池预留充足的空间。电池容量的局限制约了智能手机的功能、性能与使用时间, 如何提高电池的有效利用率, 延长智能手机的待机时间, 减少不必要的电量消耗, 这就成为智能手机系统平台中一个亟待解决的问题。

1 相关工作

Android 智能手机终端可以提供很多系统与用户的情景信息, 利用 Android 系统框架提供的接口, 可以获取到各种情景信息, 然后对这些数据信息进行优化处理, 从而进行特征提取。最终筛选出相关性较强的信息属性。利用决策树算法建立决策策略, 最后利用 Android 系统的框架来执行决策结果, 从

而决定智能移动终端在待机状态下是否连接网络, 达到提高续航能力的效果。

2 基于情景感知的电源管理策略模型

2.1 策略模型描述

基于情景感知的电源管理策略模型的框架图(如图1), 从上而下可分为硬件设备层、数据采集层、数据处理层与策略控制层。其中策略模型的主要模块是数据处理层与策略控制层。

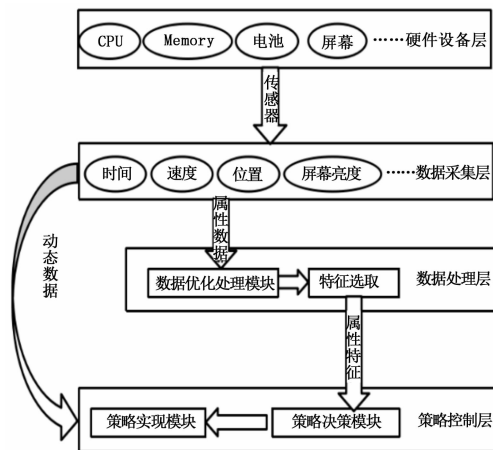


图1 电源管理策略模型框架图

硬件设备层包含了 Android 智能手机所有的硬件设备, 它能提供设备系统的各种信息属性与用户信息属性。

数据采集层则在硬件设备层的基础上, 通过 Android 系统框架提供的开发接口, 来获取各种情景信息属性。利用这一层

收稿日期: 2016-03-17; 修回日期: 2016-04-22。

基金项目: 国家自然科学基金(31571563); 国家科技支撑计划项目、北京市属高等学校创新团队建设与教师职业发展计划项目、高可靠嵌入式系统技术北京市工程研究中心(2013BAH19F01); 国外访学项目(067145301400)。

作者简介: 杨 昆(1990-), 男, 硕士研究生, 主要从事移动开发、数据挖掘方向的研究。

周丽娟(1969-), 女, 教授, 博士生导师, 主要从事数据仓库与商务智能、数据挖掘与智能分析、数据库系统及应用方向的研究。

获取到的情景信息，并保存到本地数据库来作为历史数据，为深入学习用户的使用习惯做好数据准备。同时当在策略决策过程当中，我们也要实时地获取情景信息，作为决策模块的输入，最终决策模块输出决策结果。

数据处理层主要是对数据采集层采集到的数据进行处理，得到决策模块需要的有用信息，包括数据优化处理模块和特征选取模块。数据优化处理模块负责对数据采集层的一些复杂信息进行优化处理，为特征选取模块提供更加简单而有代表性的信息。特征选取模块则对众多的情景信息属性进行分析处理，筛选出和决策模型结果相关性较强的属性，从而可以提高决策模型的决策效果。

策略控制层利用数据采集层的实时情景数据和数据处理层提供的有效特征来对待机状态下网络是否连接进行决策，最后根据决策结果来实施。这一层有两个模块，分别是策略决策模块和策略实现模块。策略决策模块根据建立的决策模型来进行决策，本文利用决策树算法来建立决策模块。实现决策模块则用来实行决策的结果。

2.2 情景信息属性

Android 智能手机可以提供了系统与用户的情景属性信息，表 1 列出了情景信息的属性。主要的情景类型包括时间、空间、设备。

表 1 情景信息属性

类型	属性	属性取值范围
时间	时间	(0-6)/(6-18)/(18-24)点
	工作日	是/否
空间	地点	家/公司/其他
	WiFi 名称	熟悉/陌生
	设备移动速度	大于/小于 10 m/s
	设备移动距离	大于/小于 50 m
	光线强度	强/弱
	温度	高于 20/(10-20)/低于 10 摄氏度
设备	CPU 负载	空闲(10%以下)
		正常(10%-50%)
		忙碌(50%以上)
	内存使用率	空闲(50%以下)
		正常(50%-80%)
		过高(80%以上)
	屏幕状态	解屏/锁屏
	电池状态	放电/充电/充满
	电量状态	电量低/电量正常
	移动网络状态	强/弱
网络信号强弱	强/弱	
Wi-Fi 状态	开/关	

时间是重要属性，能体现用户在不同时间的行为特征。当天具体时间则更加细化地反映了用户每天的具体情况。是否工作日区分了工作日和休息日，用户通常在这不同时间下有着较为不同的生活方式从而产生不同的智能手机使用习惯；

空间类型代表了智能手机所处的空间地点和环境，不同的空间地点与环境通常会有不同的使用习惯，例如公司、超市或者家里，移动和静止等。

设备类型主要体现当前智能手机的使用情况，包括 CPU 负载、内存使用率、屏幕状态、电池状态、电量状态、移动网

络状态、网络信号强弱，Wi-Fi 状态等。

2.3 数据优化处理

情景信息是可以通过数据采集层直接获取到的初始数据，为了提高决策算法的准确度，我们需要对一些初始数据进行优化处理，主要是针对的空间地理位置的判定以及获取地理位置方式的优化。

2.3.1 空间地理位置优化

Android 提供的定位方法可以通过获取到经纬度来确定所处的地理位置，例如家、公司、超市，取舍不同的精确度可以使经纬度数据产生不同个数的地理位置。而我们需要的是一个范围内的地方可以对应同一对经纬度数据。因此我们需要对经纬度的精确度进行适当的处理使其对应唯一的地理位置。

如图 2 最右边的精确度等于 6 的时候生成最多的位置。精确度越小所识别出来的位置就少，但是当精确度等于 2 的时候，有效的位置又太少了。经过数据的处理和分析，我们确定采用精确度等于 4 的方案，它可以提供比较合适的位置分布。

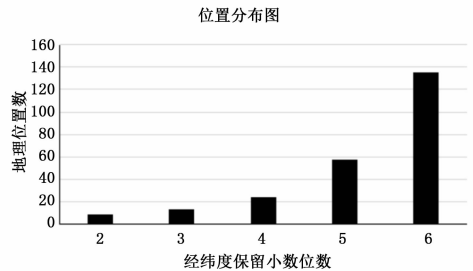


图 2 地理位置分布图

2.3.2 获取地理位置数据的优化

Android 系统提供的定位技术主要有 GPS 定位、移动网络基站定位、WiFi 网络定位 3 种方式。其中 GPS 定位比较耗电，而 WiFi 则是最省电的，因此我们采用基站定位与 WiFi 两种方式。在移动网络环境下，我们通过移动网络基站定位来获取移动设备的位置与移动速度。而当移动设备处于一个相对稳定的位置，我们会尝试通过 WiFi 来获取位置。简单来说，我们可以通过判断用户设备是否移动来决定采用不同的定位方式，由于同一个 WiFi 环境的地理位置一般来说是固定的，所以我们可以保存每一个 WiFi 对应的位置信息，当处于固定位置时，尝试根据地理位置来开启对应的 WiFi，如果没有熟悉的 WiFi 则用移动网络基站定位，用什么方式获取地理位置的流程如图 3。

2.4 决策算法

策略控制层通过策略决策模块来进行决策并管理待机状态下网络接口。我们将根据情景信息属性的信息增益来建立决策树。最后根据决策树管理待机状态下的网络。决策树算法如下。

假定给定训练数据集：

$$D = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\}$$

其中： $x_i = (x_i^{(1)}, x_i^{(2)}, \dots, x_i^{(n)})^T$ 为输入的特征向量， n 为特征属性个数， $y_i \in \{1, 2, \dots, K\}$ 为类标记， $i = 1, 2, \dots, N$ ， N 为样本容量。根据给定的训练数据集构建一个决策树模型，使它能够对输入的数据进行正确的分类。构建决策树分为 2 个步骤，先对特征进行信息增益，然后根据信息

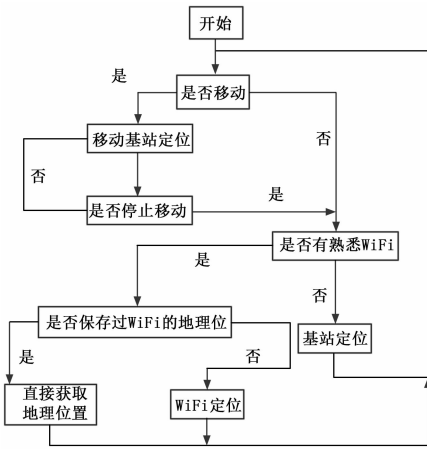


图 3 获取地理位置方式图

增益构建决策树。

2.4.1 信息增益的算法

信息增益的算法描述: 假设训练集为 D , $|D|$ 表示其样本个数。设有 K 个类 $C_k, k=1, 2, \dots, K, |C_k|$ 为属于类 C_k 的样本容量, $\sum_{k=1}^K |C_k| = |D|$ 。设特征 A 有 n 个取值 $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, 根据特征 A 的取值将 D 划分为 n 个子集 $D_1, D_2, \dots, D_n, |D_i|$ 为 D_i 样本容量, $\sum_{i=1}^n |D_i| = |D|$ 。记子集 D_i 中属于类 C_k 的样本的集合为 D_{ik} , 即 $D_{ik} = D_i \cap C_k, |D_{ik}|$ 为 D_{ik} 的样本容量, 于是信息增益算法如下:

(1) 数据集 D 的经验熵:

$$H(D) = - \sum_{k=1}^K \frac{|C_k|}{|D|} \log_2 \frac{|C_k|}{|D|}$$

(2) 特征 A 对数据集 D 的经验条件熵:

$$H(D|A) = \sum_{i=1}^n \frac{|D_i|}{|D|} H(D_i) = - \sum_{i=1}^n \frac{|D_i|}{|D|} \sum_{k=1}^K \frac{|D_{ik}|}{|D_i|} \log_2 \frac{|D_{ik}|}{|D_i|}$$

(3) 信息增益:

$$g(D, A) = H(D) - H(D|A)$$

根据信息增益算法可以得到表 2。

表 2 属性信息增益

序号	属性	信息增益
1	屏幕状态	0.710631
2	时间	0.424463
3	CPU 负载	0.310022
4	内存使用率	0.195678
5	工作日	0.134047
6	地点	0.116704
7	移动网络状态	0.069135
8	WiFi 名称	0.047931
9	设备移动速度	0.043425
10	设备移动距离	0.021032
11	Wi-Fi 状态	0.013129
12	电量状态	0.011791
13	电池状态	0.009733
14	网络信号强弱	0.005428
15	光线强度	0.000678
16	温度	0.000237

2.4.2 决策树的生成

在决策树各个节点上根据信息增益准则选择特征, 递归地构建决策树。具体方法是: 从根结点开始, 对结点计算所有可能的特征的信息增益, 选择信息增益最大的特征作为结点的特征, 由该特征的不同取值建立子结点; 再对子结点调用以上方法, 生成决策树; 直到所有特征的信息增益均很小或没有特征可以选择为止。最后得到一个决策树。

具体算法描述: 假设有训练数据集 D , 特征集 A , 阈值 ϵ , 得到的决策树是 T 。

1) 若 D 中所有的实例事同一类 C_k , 则 T 为单结点树, 并将类 C_k 作为该结点的类标记, 返回 T 。

2) 若 $A = \varphi$, 则 T 为单结点树, 并将 D 中实例数最大的类 C_k 作为该结点的类标记, 返回 T 。

3) 否则, 计算 A 中各特征对 D 的信息增益选择信息增益最大的特征 A_g 。

4) 如果 A_g 的信息增益小于阈值 ϵ , 则置 T 为单结点树, 并将 D 中实例数最大的类 C_k 作为该结点的类标记, 返回 T 。

5) 否则, 对 A_g 的每一可能值 a_i , 依 $A_g = a_i$ 将 D 分割为若干非空子集 D_i , 将 D_i 中实例数最大的类作为标记, 构建子结点, 由结点及其子结点构成树 T , 返回 T 。

6) 对第 i 个子结点, 以 D_i 为训练集, 以 $A - \{A_g\}$ 为特征集, 递归的调用步 (1) ~ 步 (5), 得到子树 T_i , 返回 T_i 。最终根据决策得到一棵是否关闭待机状态下的决策树。

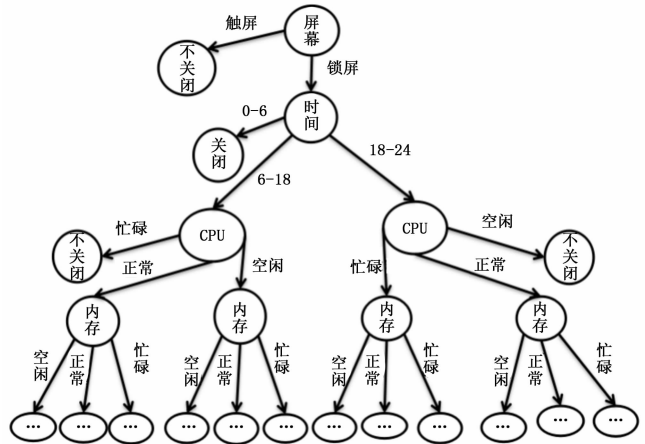


图 4 决策树

3 实验与分析

本文的实验都是在 Android 移动终端上进行的, 具体采用的是华为手 RIO-AL00。

相关参数如表 3。

表 3 实验手机参数表

手机属性	参数值
型号	华为 RIO-AL00
操作系统版本	Android 5.1
CPU	Qualcomm 骁龙 八核
ROM	32 GB
RAM	3 GB
网络制式	2 G/3 G/4 G
WiFi	支持

参考文献:

[1] 潘寒飞. 基于颜色特征的车牌定位与分割技术研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2012.

[2] 程磊, 程伟. 基于数学形态学的车牌定位与倾斜校正的方法 [J]. 科技视界, 2015, 23: 10-11.

[3] 赵涛, 杨晓莉, 王绪本, 等. 一种用于车牌定位的改进 BP 神经网络方法 [J]. 计算机仿真, 2007, 24 (2): 240-243.

[4] 朱梦哲, 陈志华, 赵钟, 等. 基于 OpenCV 的车牌定位和校正方法 [J]. 计算机应用, 2013, 33 (S1): 223-226.

[5] 胡将胜, 侯建华. 基于区域标注的车牌提取算法研究 [J]. 科学技术

术与工程, 2011, 11 (2): 378-382.

[6] 刘钦堂. 基于 Retinex 算法的彩色图像增强研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2012.

[7] 谭同德, 王三刚. 基于 OpenCV 的车牌定位方法 [J]. 计算机工程与设计, 2013, 34 (8): 2816-2820.

[8] 鲁恋情. 复杂环境下的车牌定位算法 [D]. 镇江: 江苏大学, 2013.

[9] 籍美苹. 车牌定位算法的研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2014.

[10] 韩立明, 王波涛. 车牌识别中关键技术的研究与实现 [J]. 计算机工程与设计, 2010, 31 (17): 3919-3923.

(上接第 205 页)

先分别记录 Android 移动终端在充满电的状态下分别在待机状态下分别运行 5 周的电量使用情况, 之后在上面启动我们的情景感知策略再在分别充满电的状态下分别运行 5 周, 同样记录这 5 周内待机状态下的电量使用情况。

图 5 为系统在待机状态下分别在 5 周的电量消耗, 在没有运用情景感知策略的情况下, 分别用掉系统电量的 58%、52%、61%、59%、56%, 虽然有所波动, 但是也在误差允许范围内。在运用情景感知策略的情况下分别用掉系统电量的 49%、52%、51%、48%、43%。计算可以得出运用情景感知策略后可以比未运用情景感知策略的情况下节省 15.1% 电量。

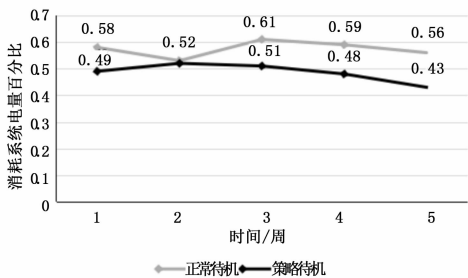


图 5 系统消耗电量图

4 结语

Android 移动终端的高性能与电池容量受限的矛盾使得减少功耗已成为其发展阻碍, 为了有效地减少待机状态下的功耗, 提出了一种基于情景感知的电源管理策略及其框架, 利用移动终端的情景感知信息进行决策来预测当前是否需要网络接口, 并智能地对其进行动态管理, 减少待机状态下的系统能耗。我们对复杂的情景信息进行了预处理, 并优化了获取定位数据的方法。决策算法是决策树算法, 根据信息增益生成决策树。根据生成的决策树来决定待机状态下的网络连接的状态, 并分别进行相关实验和对比。结果表明我们提出的情景感知策略更加节省能耗。情景感知策略的实验结果表明其在智能管理网络接口的同时, 能够在待机状态下节省 15% 左右的系统功耗。以上实验结果充分验证了我们提出的策略的可行性和有效性。

参考文献:

[1] IBM and MontaVista Software. Dynamic Power Management for Embedded Systems V1.1 [Z]. 2002.

[2] Zhao Xia, Chen Xiangqun, Guo Yao, et al. A Survey on Operating System Power Management [J]. Journal of Computer Research and Development, 2008, pp817-824.

[3] Wang C H, Wu A. A Predictive System Shutdown Method For Energy Saving Of Event Driven Computation [A]. In: Proc of Int. Conf on Computer Aided Design [C]. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 1997. 28-32.

[4] Soumya Kanti Datta, Christian Bonnet, Navid Nikaein, Sophia Antipolis. 2013. Minimizing Energy Expenditure in Smart Devices [A]. In Proceedings of 2013 IEEE Conference on Information and Communication Technologies (ICT 2013) [C]. IEEE, 2012: 578-585.

[5] Pering T, Burd T, Brodersen R. The Simulation and Evaluation of Dynamic Voltage Scaling Algorithms [A]. Proceedings of the 1998 International Symposium on Low Power Electronics and Design [C]. Monterey, CA, USA: ACM, 1998.

[6] Grunwald D, Morrey III C B, Levis P, et al. Policies for Dynamic Clock Scheduling [A]. Proceedings of the 4th Conference on Symposium on Operating System Design & Implementation [C]. CA, USA: USENIX Association, 2000: 6.

[7] Indumathi G, Ramakrishnan K V. Study and Analysis of Power Optimization Techniques for Embedded Systems [A]. 2011 IEEE Computer Society Annual Symposium on VLSI (ISVLSI) [C]. Chennai: IEEE, 2011: 365-366.

[8] Seo Y, Kim J, Seo E. Effectiveness Analysis of DVFS and DPM in Mobile Devices [J]. Journal of Computer Science and Technology, 2012, 27 (4): 781-790.

[9] Kim J, Park J. Reducing Power Consumption Using Improved Wakelock on Android Platform [A]. The Eighth International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology [C]. Nice, France: IARIA, 2013: 171-174.

[10] Carroll A, Heiser G. An Analysis of Power Consumption in a Smartphone [A]. Proceedings of the 2010 USENIX Conference on USENIX Annual Technical Conference [C]. CA, USA: USENIX, 2010: 21.

[11] Benini L, Bogliolo A, De Micheli G. A Survey of Design Techniques for System-level Dynamic Power Management [J]. IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems, 2000, 8 (3): 299-316.

[12] 陈璟, 陈平华, 李文亮. Android 内核分析 [J]. 现代计算机, 2009 (11): 112-115.

[13] 方胜. 基于 Android 平台的电源管理机制的研究 [J]. 现代计算机, 2012 (2): 41-43.

[14] Android wakelocks and the Linux power management controversy [EB/OL]. <http://www.perforce.com/blog/110713/android-wakelocks-linux-power-management-controversy>.

[15] Learn and talk about Sysfs, Free special purpose file systems [EB/OL]. <http://www.digplanet.com/wiki/Sysfs>.