

超时策略动态阈值的阈值选择影响因素

曹 哲, 尤 政

(清华大学 精密测试技术及仪器国家重点实验室, 100084 北京)

摘 要: 为在能源有限的情况下增加系统运行时间,从动态电源管理的超时策略角度出发,探讨了超时策略中阈值选择的影响因素.在国内外动态电源管理策略的研究基础上,分析了超时策略中动态阈值策略与固定阈值策略的原理,完成了对现有的动态阈值策略的阈值选择影响因素的分析,得出了系统进入休眠与唤醒的能量消耗、电池放电电压大小、系统具体的应用环境三方面对阈值选择产生影响.证实了综合考虑阈值的三方面影响因素是找到最优阈值的捷径.

关键词: 动态电源管理;超时策略;动态阈值;影响因素;阈值选择

中图分类号: TP202

文献标志码: A

文章编号: 0367-6234(2013)06-0119-05

The influencing factor of threshold selection in dynamic threshold of timeout policies

CAO Zhe, YOU Zheng

(State Key Laboratory of Precision Measurement Technology and Instruments,
Tsinghua University, 100084 Beijing, China)

Abstract: To increase system uptime with limited energy, this paper discussed the influencing factors of threshold selection in timeout policies from the point of view of timeout policies in dynamic power management. After investigating domestic and overseas principles of dynamic power management strategies, analyzing principles of dynamic and fixed threshold policies in timeout policies and completing analyses of influencing factors of threshold selection in the present dynamic threshold policies, the paper drew a conclusion of the following three influencing factors on threshold selections, which were energy consumption during hibernating and awakening of system, batteries' discharge voltage and system's application environment, respectively. At last, this paper confirmed that comprehensive consideration on threshold influencing factors would be a shortcut in finding optimal threshold.

Key words: dynamic power management; timeout policy; dynamic threshold; influencing factor; threshold selection

超时策略^[1-2]是动态电源管理的策略之一,主要方法是设定超时阈值,通过使达到超时阈值的器件休眠的方式来减小系统能量消耗.这一方法简单易用,但阈值的设定非常重要,当阈值的设定过长时,会导致系统服务质量降低;当阈值的设定过短时,会导致系统节能效果降低.服务质量和节能效果可以评测了超时策略的优劣,也可以

反映阈值设定的好坏.

在超时策略的阈值选择中,阈值可以采用提前设定或系统动态调整的手段获得.由于系统服务质量与节能效果是相对的,阈值主要用于平衡服务质量与节能效果.目前的研究倾向于在特定的系统中取得最优阈值,如结合马尔科夫法^[3],将数学运算引入阈值的设定,能够获得较好的阈值,但该方法没有对阈值影响因素的综合探索,无法广泛适用于其他系统.本文将超时策略的阈值选择方法进行归纳,对影响阈值选择的因素进行研究,得出了影响阈值选择的因素.

收稿日期: 2012-10-10.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50905096).

作者简介: 曹 哲(1988—),男,博士研究生;

尤 政(1963—),男,教授,博士生导师.

通信作者: 尤 政, yz-dpi@mail. tsinghua. edu. cn.

调整阈值的方法是将阈值放入系统中,通过系统实际运行来检验阈值的准确性,然后调整阈值直到找到满足要求的阈值. 在设置阈值时着重考虑影响阈值选择的因素,这样能够缩短出现所需阈值的时间,对设置阈值有指导意义.

1 超时策略

动态电源管理^[4-8]的原理是在保证系统总体性能要求的前提下,通过降低低负荷的器件的性能来降低功耗,应用于受电池容量限制的环境中,如便携式电脑、掌上数码设备、公共照明设备的功耗控制,是一种系统级功耗控制技术. 动态电源管理分为预测策略、随机策略、超时策略. 预测策略在系统启动前基于已有的历史记录,预测系统进入休眠后能够持续休眠的时间,如果将系统转入休眠节约的能源多于转换消耗的能源,就立即开始将系统休眠. 这种策略的优点是无需在等待阈值时浪费能耗,缺点是历史记录判断持续睡眠的时间较为困难,判断不准时,预测也就失去了意义. 随机策略是将负载抽象成某种随机过程,作为随机优化问题来分析,再利用随机决策模型进行控制算法的设计,优点是效果较好,缺点是算法、时间复杂度高、策略本身有功耗.

超时策略是动态电源管理的策略之一,其原理是当系统检测到一段空闲时间时,系统将判断进入休眠或继续运行. 系统决定进入休眠时,将执行一段必要程序(如保存当前状态),然后进入休眠. 当接到外部唤醒信号时,系统将提取休眠前保存的状态,恢复正常工作. 系统的休眠、唤醒机制是系统能源管理的本质,如图 1 所示. 超时策略通过设定一个阈值,判断系统应当何时进入休眠状态.

超时策略实现简单、效果好、应用广,重点在于阈值的设定,若设定的休眠阈值小于实际阈值,会出现设备在等待休眠时间到达前浪费能量;若大于实际阈值,则会影响系统性能. 根据阈值是否可以设定,超时策略分为固定阈值策略(Fixed timeout)^[9]和动态阈值策略(Adaptive timeout)^[10].

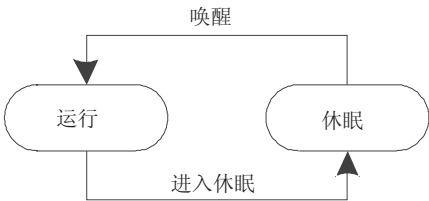


图 1 系统休眠、唤醒机制

2 固定阈值策略

固定阈值策略首先需要设定一个阈值,在设备开启时间到达阈值时,设备将关闭或转入休眠,以节约能量. 即把设备的工作模式和运行状态都设为已知的固定工作模式,并假设之后的运用过程将不再出现变化.

这种策略目前已应用于商用笔记本电脑、手机. 笔记本电脑在一段固定的时间内未检测到用户的操作后,会自动关闭屏幕或进入待机状态,在检测到用户操作后唤醒,例如 Windows、Mac 操作系统的笔记本,如图 2 所示. 手机在一段固定的时间内未检测到用户对按键或屏幕的操作,会自动关闭屏幕,例如 Andorid、iOS 系统的手机.

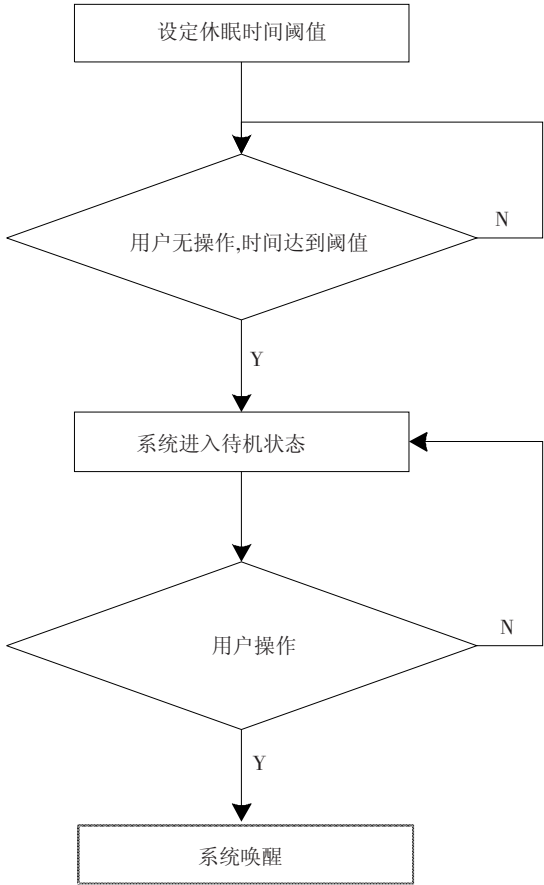


图 2 系统进入待机状态和唤醒的过程

这种策略的优点是能源消耗低、控制的过程实现起来简单、有很高的稳定性. 其缺点是控制过程粗略、电源管理模式固定,导致控制过程僵化、无动态性和实时性,因此设备闲置造成的损耗有进一步优化空间.

固定阈值策略适合于对节约功耗的要求不高、运行中出现变化少的设备. 若提高节能比率,则需要考虑动态阈值策略.

3 动态阈值策略

针对固定阈值策略的不足, 发展了动态阈值策略. 动态阈值策略的原理是通过设备使用的历史记录来动态调整超时阈值, 达到节约功耗的最优. 阈值的调整方案是动态阈值策略的重点.

3.1 系统进入休眠、唤醒的能量消耗对阈值选择的影响

由于系统在唤醒时需要进行系统恢复, 考虑系统在运行和休眠的转换期间造成的能量影响, 预唤醒机制提前了唤醒时间, 能够让系统达到更高的服务质量. 但预唤醒机制会缩短休眠时间, 提高系统消耗, 降低工作时间. 针对系统休眠和唤醒时造成的能耗, 分析 X-server、Netscape、Tin、Telnet 的电源策略 (Power management, PM), 如表 1 所示^[11]. T_{cost} 为状态转换消耗时间. $\text{PM}_{2\text{Sec}}$ 是苹果公司用于 Apple PC 系统的超时策略, 阈值为 2 000 ms. PM_T 策略是基于 T_{cost} 制定的阈值策略, 具体方法: 对于 X-server, T_{cost} 为 1 ~ 100 ms 时, 阈值为 50 ms; T_{cost} 为 1 000 ms 时, 阈值为 2 ms. 对于 Netscape, T_{cost} 为 1 ~ 100 ms 时, 阈值为 100 ms; T_{cost} 为 1 000 ms 时, 阈值为 1 ms. 对于 Tin, T_{cost} 为 1 ~ 100 ms 时, 阈值为 200 ms; T_{cost} 为 1 000 ms 时, 阈值为 1 ms. 对于 Telnet, T_{cost} 为 1 ~ 100 ms 时, 阈值为 40 ms; T_{cost} 为 1 000 ms 时, 阈值为 4 ms.

表 1 状态转换消耗能量相对于节省能量的比率

电源策略	$T_{\text{cost}} / \text{ms}$	节能比率/%			
		$\text{PM}_{2\text{Sec}}$	PM_T	PM_{Ti}	PM_{TII}
X-server	1	0.00	0.18	0.16	0.17
	10	0.53	1.96	0.18	0.21
	100	6.52	38.82	26.01	33.07
	1 000	81.13	1 491.23	256.97	93.75
Netscape	1	0.00	2.33	1.39	1.35
	10	4.38	31.00	15.88	18.37
	100	46.79	743.36	72.45	85.71
	1 000	623.85	1 515.91	762.04	82.08
Tin	1	0.00	0.37	0.37	0.33
	10	1.05	5.33	3.44	3.83
	100	12.50	169.59	23.01	35.29
	1000	167.65	367.01	212.92	59.74
Telnet	1	0.00	0.06	0.07	0.07
	10	1.91	0.75	0.84	0.96
	100	22.35	11.76	13.25	18.85
	1 000	296.08	600.00	541.06	477.09

PM_{Ti} 策略在 PM_T 策略的基础上结合了修正策略, 将预测的空闲时间与真实空闲时间进行对比, 修正下一次预测的空闲时间. PM_{TII} 策略则是在 PM_{Ti} 策略的基础上, 加入了与唤醒策略. 分析结果如图 3 所示, 可见, 当状态转换需要多于 1 000 ms 时, 可以选择较大阈值的策略; 而状态转换需要少于 1 000 ms 时, 可以选择较小阈值的策略.

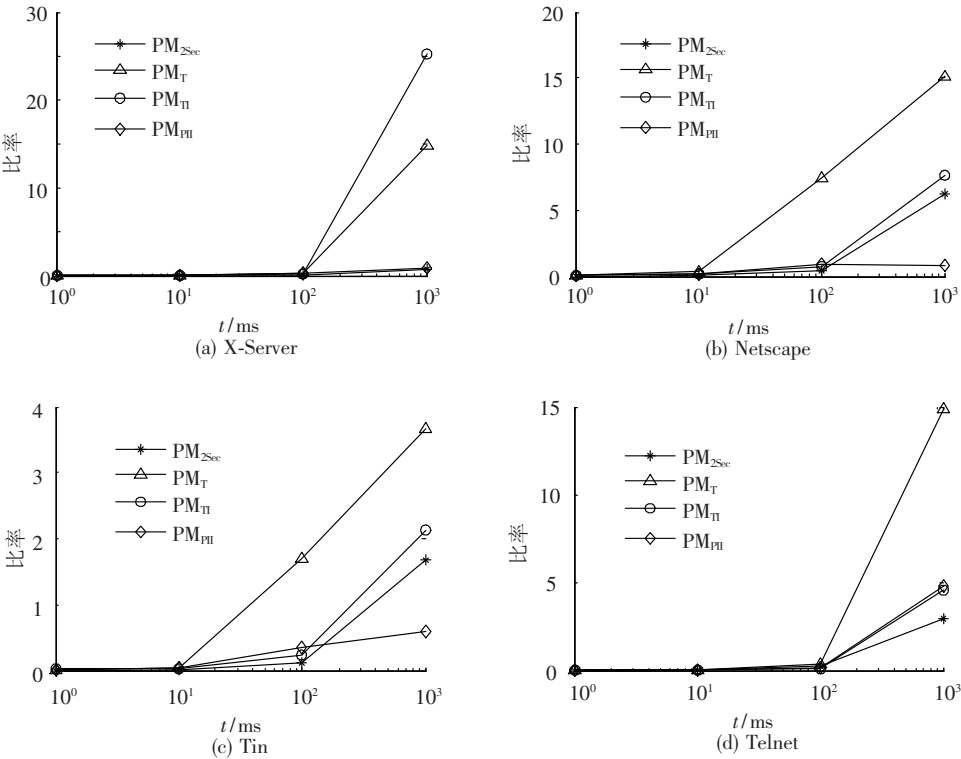


图 3 状态转换消耗能量相对于节省能量的比率与状态转换时间的关系

3.2 电池放电电压的大小对阈值选择的影响

基于电池放电过程中电压逐渐降低的特性,BUCBAT 电源管理策略根据电池放电电压的大小动态调整超时阈值,电源管理器结构功能^[12]如图 4 所示. 针对不采用任何功耗管理策略、采用固定时

限的超时电源管理策略、采用考虑放电电压的 BUCBAT 电源管理策略进行进行实验,判断工作时间(续航时间)比率和服务质量比率,如图 5、6 所示.

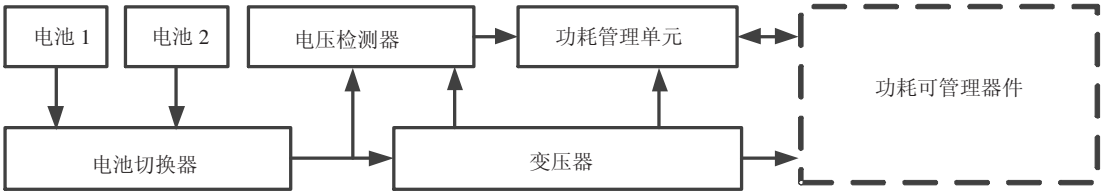


图 4 BUCBAT 电源管理器功能图

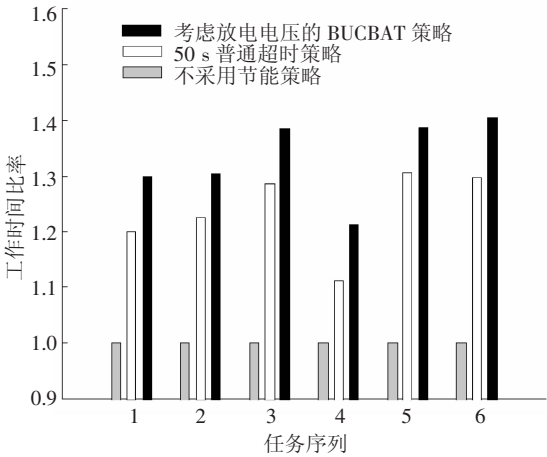


图 5 50 s 超时策略、BUCBAT 策略相对于不采用节能策略在工作时间的比率

可以看出,采用固定超时策略时工作时间相比不采用节能策略可以增加 25% 左右,同时系统服务质量下降 82% 左右;而采用考虑放电电压的 BUCBAT 策略时,相对于不采用节能策略,工作时间可以增加 30% 左右,同时系统服务质量达到

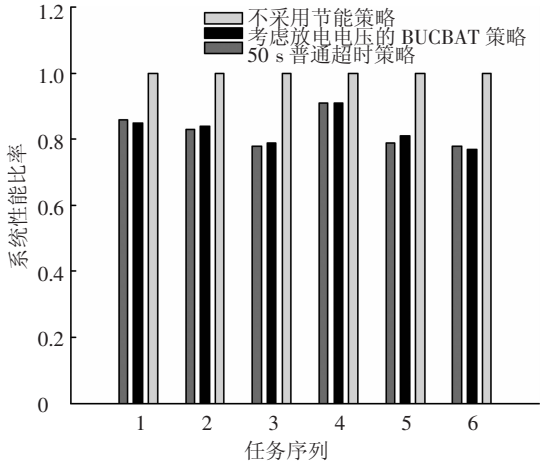


图 6 50 s 超时策略、BUCBAT 策略相对于不采用节能策略在服务质量的比率

87%, 比采用固定 50 s 超时策略提高 2% 左右.

3.3 应用环境对阈值选择的影响

针对所用环境选择算法来确定阈值,可以得到更优的结果. 3 种环境情况下确定阈值的方法如图 7 所示.

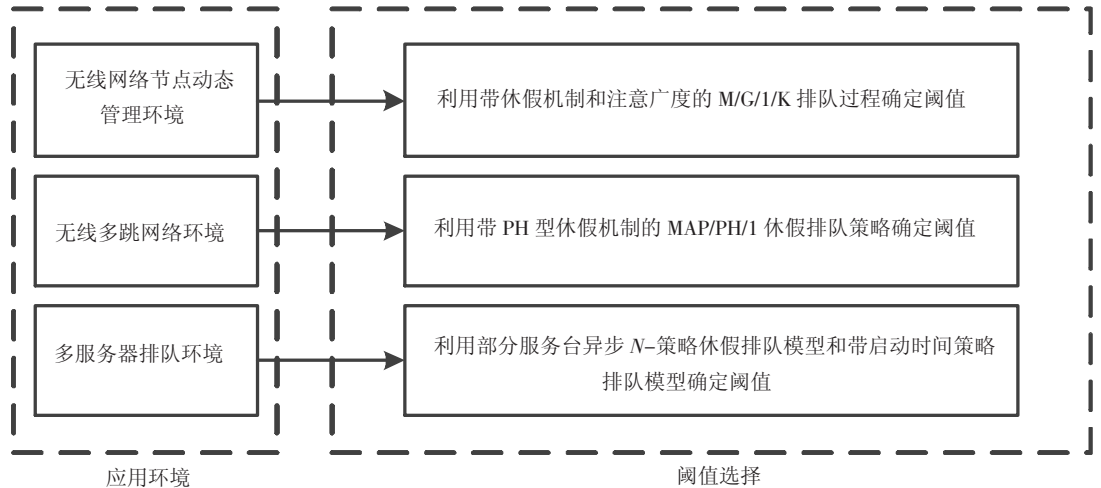


图 7 3 种环境对阈值选择的影响

在无线网络节点的动态管理问题上,利用排队理论,将管理问题描述为一个带休假机制和注意广度的 M/G/1/K 排队过程,进而给出数值计算方法,提出一种基于服务到达强度阈值的超时

策略^[1]. 这一方法的前提是性能约束不紧迫,优化结果等效为一种确定型的随机策略.

对于无线多跳网络的应用环境,用带 PH 型休假机制的 MAP/PH/1 休假排队策略对多跳网

络的节点进行建模.利用空竭和限量的服务策略,提出包延迟和最佳能源消耗的服务质量约束下的最优唤醒策略^[13].

针对多服务器排队的应用环境,用部分服务台异步 N -策略休假排队模型和带启动时间策略同步休假排队模型对点对点网络的移动节点的无线链路建立过程建模,通过模型仿真可得出阈值最优值^[14].

考虑环境因素是选择阈值的应考虑的条件,能够有针对性地确定阈值,找到系统服务质量与节能效果的最佳结合点.

4 结 论

1)从系统状态转换能耗、电池放电电压、应用环境3个角度总结了动态阈值策略中影响阈值选择的因素.

2)探讨了对系统进入休眠、唤醒的能量消耗对阈值选择的影响,当状态转换时长与选择的阈值呈正相关的关系,即状态转换时长增大时,选择的阈值也应增大;针对电池放电电压的大小对阈值选择的影响,采用考虑放电电压的策略时,相对于不采用节能策略,工作时间可以达到的130%左右,系统服务质量达到87%;针对所用环境选择算法来确定阈值,能够有针对性地确定阈值.

3)在选择阈值的时候,为了能够找到系统服务质量与节能效果的最佳结合点,综合考虑阈值的影响因素,是找到最优阈值的快捷途径.

参考文献

- [1] ZHENG R, HOU J C, SHA L. On time-out driven power management policies in wireless networks [C]//Global Telecommunications Conference. Dallsa: IEEE, 2004: 4097-4103.
- [2] RONG P. Determining the optimal timeout values for a power-managed system based on the theory of markovian processes: offline and online algorithms [C]//Design Automation and Test in Europe. Munich: SIGDA, 2006: 1128-1133.
- [3] RODGERS S, BETANCOURT C, KEE E, *et al.* Integrated power recovery using markov modeling [J]. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power-transactions of the Asme, 2011, 133 (11): 114506-114510.
- [4] BENINI L, BOGLIOLO A, PALEOLOGO A, *et al.* Policy optimization for dynamic power management [J]. Computer-aided Design of Integrated Circuits and Systems, IEEE Transactions on, 1999, 18 (6): 813-833.
- [5] ABBASIAN A, HATAMI S, AFZALI-KUSHA A, *et al.* Event-driven dynamic power management based on wavelet forecasting theory [C]//Circuits and Systems, Proceedings of the 2004 International Symposium on. Santander: ACM, 2004: 325-328.
- [6] CHEN W Z, ZHENG H. Analysis of power saving effect for dynamic power management [C]//Mechatronic and Embedded Systems and Applications, Proceedings of the 2nd IEEE/ASME International Conference on. San Diego: ASME/IEEE, 2006: 1-4.
- [7] SESIC A, DAUTOVIC S, MALBASA V. Dynamic power management of a system with a two-priority request queue using probabilistic-model checking [J]. Computer-aided Design of Integrated Circuits and Systems, IEEE Transactions on, 2008, 27 (2): 403-407.
- [8] CHEN Jie, GAO Deyuan, ZHENG Qiaoshi. A research on an optimized adaptive dynamic power management [C]//Computer Science and Information Technology, 2nd IEEE International Conference on. Mragowo: IEEE, 2009: 52-55.
- [9] GREENAWALT P M. Modeling power management for hard disks [C]//Modeling, Analysis, and Simulation of Computer and Telecommunication Systems, Proceedings of the Second International Workshop on. Durham: IEEE, 1994: 62-66.
- [10] RAMANATHAN D, GUPTA R. System level online power management algorithms [C]//Design, Automation and Test in Europe Conference and Exhibition. Paris: IEEE, 2000: 606-611.
- [11] HWANG C H, WU A C H. A predictive system shutdown method for energy saving of event-driven computation [C]//Proceedings of the 1997 IEEE/ACM International Conference on Computer-aided Design. San Jose: IEEE/ACM, 1997: 28-32.
- [12] 姜连祥, 许培培, 杨根庆, 等. BUCBAT 自适应动态电源管理策略 [J]. 电子技术应用, 2008 (6): 35-38.
- [13] FALLAHI A, HOSSAIN E, ALFA A S. QoS and energy trade off in distributed energy-limited mesh/relay networks: a queuing analysis [J]. Parallel and Distributed Systems, IEEE Transactions on, 2006, 17 (6): 576-592.
- [14] 刘洛辛. 无线通信网接入性能分析的建模与优化研究 [D]. 河北: 燕山大学, 2006.

(编辑 魏希柱)