



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102411423 B

(45) 授权公告日 2014. 05. 07

(21) 申请号 201110230451. 0

(22) 申请日 2011. 08. 12

(73) 专利权人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路 381 号

(72) 发明人 刘发贵 邢晓勇 吴泽洋

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

代理人 何淑珍

(51) Int. Cl.

G06F 1/32 (2006. 01)

(56) 对比文件

- CN 101697095 A, 2010. 04. 21,
- US 2006/0242438 A1, 2006. 10. 26,
- CN 101937266 A, 2011. 01. 05,
- WO 2010/127897 A1, 2010. 11. 11,
- 王卫疆等. 《一种 IEEE802. 11b 无线网卡动态

关闭的节能算法》. 《小型微型计算机系统》. 2009, 第 30 卷 (第 8 期),

夏军等. 《一种适用于 TD-SCDMA 无线终端的动态电源管理架构》. 《重庆邮电学院学报 (自然科学版)》. 2005, 第 17 卷 (第 4 期),

何明耿等. 《基于 CPU 使用率的动态电源管理》. 《广西大学学报 (自然科学版)》. 2007, 第 32 卷 (第 2 期),

M. Anand 等. 《Self-Tuning Wireless Network Power Management》. 《Proceedings of the 9th annual international conference on mobile computing and networking》. 2005,

审查员 罗湘

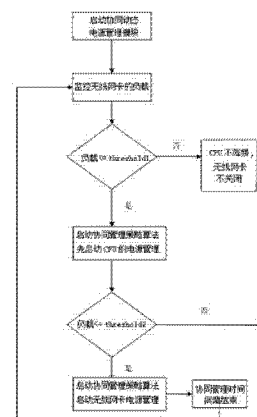
权利要求书2页 说明书5页 附图6页

(54) 发明名称

一种 CPU 与无线网卡的协同动态电源管理方法

(57) 摘要

本发明属于计算机电源管理技术领域, 具体涉及一种 CPU 与无线网卡的协同动态电源管理方法。其包括以下步骤:A. 启动协同动态电源管理模块;B. 调动负载监控模块, 监控当前无线网卡的负载;C. 判断负载是否超过第一阈值, 若是转入D, 否则转入E;D. CPU 不降频, 无线网卡不关闭, 转入步骤B;E. 启动协同管理策略算法, 先启动CPU 动态电源管理, 并转入步骤F;F. 判断负载是否超过第二阈值, 若是转入步骤B, 否则转入步骤G;G. 启动协同管理策略算法, 启动无线网卡动态电源管理, 并转入步骤H;H. 协同管理时间间隔结束, 转入步骤B。本发明实现对CPU 和无线网卡的协同节能管理, 实现DPM 策略优化, 进一步提高能耗利用率。



CN 102411423 B

1. 一种 CPU 与无线网卡的协同动态电源管理方法,其特征在于,包括以下步骤:
 - A. 启动协同动态电源管理模块;
 - B. 所述协同动态电源管理模块调动负载监控模块,监控当前无线网卡的负载;
 - C. 判断当前无线网卡的负载是否超过第一阈值 threshold1,若是,转入 D,否则转入 E ;
 - D. CPU 不降频,无线网卡不关闭,并且转入步骤 B ;
 - E. 启动协同管理策略算法, 所述协同管理策略算法首先启动 CPU 的动态电源管理,并且转入步骤 F ;
 - F. 进一步判断当前无线网卡的负载是否超过第二阈值 threshold2,若是转入步骤 B,若不是,则转入步骤 G ;
 - G. 启动协同管理策略算法,此时协同管理策略算法基于超时策略启动无线网卡的动态电源管理,所述基于超时策略的无线网卡动态电源管理策略具体为:
 - G11. 设置超时阈值 TIMEOUT=8,空闲状态持续时间 td=0 ;
 - G12. 当步骤 F 中的判断结果是当前无线网卡的负载不超过第二阈值 threshold2 时,空闲状态持续时间 td 加 1 ;
 - G12. 判断此时的空闲状态持续时间 td 是否大于超时阈值 TIMEOUT, 若大于,则关闭无线网卡,并将空闲状态持续时间 td 置 0,转入步骤 H 中 ;否则无线网卡进入休眠状态,并且转入步骤 H 中 ;
 - H. 等待协同管理时间间隔结束,转入步骤 B。
2. 一种 CPU 与无线网卡的协同动态电源管理方法,其特征在于,包括以下步骤:
 - A. 启动协同动态电源管理模块;
 - B. 所述协同动态电源管理模块调动负载监控模块,监控当前无线网卡的负载;
 - C. 判断当前无线网卡的负载是否超过第一阈值 threshold1,若是,转入 D,否则转入 E ;
 - D. CPU 不降频,无线网卡不关闭,并且转入步骤 B ;
 - E. 启动协同管理策略算法, 所述协同管理策略算法首先启动 CPU 的动态电源管理,并且转入步骤 F ;
 - F. 进一步判断当前无线网卡的负载是否超过第二阈值 threshold2,若是转入步骤 B,若不是,则转入步骤 G ;
 - G. 启动协同管理策略算法,此时协同管理策略算法基于预测策略启动无线网卡的动态电源管理,所述基于预测策略的无线网卡动态电源管理策略具体为:
 - G21. 设置上一时间段实际空闲的时间长度为 pre_actidle=0, 上次预测的空闲时间长度 pre_forecast=5, 本次预测的空闲时间长度 predict_idle=0,设置常数 a=2,等效工作时间 tbe=8 ;
 - G22. 当步骤 F 的判断结果是当前无线网卡的负载不超过第二阈值 threshold2 时,上一时间段实际空闲的时间长度为 pre_actidle 加 1 ;
 - G23. 计算本次预测的空闲时间长度 predict_idle,计算公式为 : $predict_idle = a * pre_forecast + predict_idle / (a + 1)$;
 - G24. 判断此时本次预测的空闲时间长度 predict_idle 是否大于等效工作时间 tbe,

若大于,则关闭无线网卡,并转入步骤H 中;若小于,则无线网卡进入休眠状态,并且转入步骤H 中;

H. 等待协同管理时间间隔结束,转入步骤B。

一种 CPU 与无线网卡的协同动态电源管理方法

技术领域

[0001] 本发明属于计算机电源管理技术领域,具体涉及一种 CPU 与无线网卡的协同动态电源管理方法。

背景技术

[0002] 现代嵌入式设备大多带有无线网卡,提供无线上网的能力,以运行网页浏览或者是流媒体播放等复杂的网络应用程序。研究表明,CPU 与无线网卡为嵌入式系统中主要的耗能部件。如何通过有效的电源管理技术,降低整个系统的能耗,是业界的研究热点。

[0003] 动态电源管理(Dynamic Power Management,DPM)是实现低功耗的主要技术。传统的动态电源管理研究往往只关注单一部件的节能管理技术,如面向 CPU 的动态电源管理,多采用 CPU 调频技术、DVS 技术等 CPU 运行时来动态调节,通过适时降频达到节能的目的。随着动态电源管理技术的日渐成熟,针对单一部件的节能管理已经不能满足要求业界的要求,如何实现部件之间协同的能耗管理技术成为业界研究的热点。

发明内容

[0004] 针对现有技术的缺点,本发明的目的提供一种同时实现对 CPU 和无线网卡节能管理,并实现 DPM 策略优化,进一步提高能耗利用率的 CPU 与无线网卡的协同动态电源管理方法。

[0005] 为实现上述目的,本发明的技术方案为:

[0006] 一种 CPU 与无线网卡的协同动态电源管理方法,包括以下步骤:

[0007] A. 启动协同动态电源管理模块;

[0008] B. 所述协同动态电源管理模块调动负载监控模块,监控当前无线网卡的负载;

[0009] C. 判断当前无线网卡的负载是否超过第一阈值 threshold1,若是,转入 D,否则转入 E;

[0010] D. CPU 不降频,无线网卡不关闭,并且转入步骤 B;

[0011] E. 启动协同管理策略算法,所述协同管理策略算法首先启动 CPU 的动态电源管理,并且转入步骤 F;

[0012] F. 进一步判断当前无线网卡的负载是否超过第二阈值 threshold2,若是转入步骤 B,若不是,则转入步骤 G;

[0013] G. 启动协同管理策略算法,此时协同管理策略算法启动无线网卡的动态电源管理,并且转入步骤 H;

[0014] H. 等待协同管理时间间隔结束,转入步骤 B。

[0015] 作为一种优选方案,所述协同管理策略算法针对无线网卡的动态电源管理基于超时策略。

[0016] 作为进一步的优选方案,基于超时策略的无线网卡动态电源管理策略具体为:

[0017] G11. 设置超时阈值 TIMEOUT=8,空闲状态持续时间 td=0;

[0018] G12. 当步骤 F 中的判断结果是当前无线网卡的负载不超过第二阈值 threshold2 时,空闲状态持续时间 td 加 1;

[0019] G12. 判断此时的空闲状态持续时间 td 是否大于超时阈值 TIMEOUT, 若大于,则关闭无线网卡,并将空闲状态持续时间 td 置 0,转入步骤 H 中;否则无线网卡进入休眠状态,并且转入步骤 H 中。

[0020] 作为另一种优选方案,所述协同管理策略算法针对无线网卡的动态电源管理基于预测策略。

[0021] 作为进一步的优选方案,基于预测策略的无线网卡动态电源管理策略具体为:

[0022] G21. 设置上一时间段实际空闲的时间长度为 pre_actidle=0, 上次预测的空闲时间长度 pre_forecast=5, 本次预测的空闲时间长度 predict_idle=0, 设置常数 a=2, 等效工作时间 tbe=8;

[0023] G22. 当步骤 F 中判断当前无线网卡的负载不超过第二阈值 threshold2 时,上一时间段实际空闲的时间长度为 pre_actidle 加 1;

[0024] G23. 计算本次预测的空闲时间长度 predict_idle, 计算公式为: $\text{predict_idle} = a * \text{pre_forecast} + \text{predict_idle} / (a + 1)$;

[0025] G24. 判断此时本次预测的空闲时间长度 predict_idle 是否大于等效工作时间 tbe, 若大于,则关闭无线网卡,并转入步骤 H 中;若小于,则无线网卡进入休眠状态,并且转入步骤 H 中。采用此算法进行 DPM 管理时, CPU 各个节能参数与现有技术比较都能达到最优值,此时相应的无线网卡的节能参数也都达到较好的水平,

[0026] 作为更进一步的优选方案,所述协同管理策略基于 Linux 提供的工作队列机制,使系统运行时能够持续地进行能耗管理。

[0027] 与现有技术相比,本发明具有如下有益效果:

[0028] 本发明通过协同动态电源管理实现对 CPU 和无线网卡这两大耗能器件的节能管理,采用基于超时策略和预测策略的无线网卡电源管理,实现 DPM 策略优化,进一步提高能耗利用率。

附图说明

[0029] 图 1 为本发明的 DPM 框架;

[0030] 图 2 为本发明的总流程图;

[0031] 图 3 为本发明中测试例中 CPU 参数的实验数据结果图;

[0032] 图 4 为本发明中测试例中无线网卡参数的实验数据结果图;

[0033] 图 5 为测试例中采用原有 DPM 框架自带算法情况下的 CPU 状态曲线图;

[0034] 图 6 为测试例中采用原有 DPM 框架自带算法情况下的无线网卡状态曲线图;

[0035] 图 7 为测试例中基于超时策略的协同管理策略算法的 CPU 状态曲线图;

[0036] 图 8 为测试例中基于超时策略的协同管理策略算法的无线网卡状态曲线图;

[0037] 图 9 为测试例中基于预测策略的协同管理策略算法的 CPU 状态曲线图;

[0038] 图 10 为测试例中基于预测策略的协同管理策略算法的无线网卡状态曲线图。

[0039] 其中,图 6、8、10 中各点表示具体内容为:

[0040] Y 值等于 0 的点,表示无线网卡处于关闭状态,此状态无能量损耗;Y 值等于 1 的

点,表示无线网卡处于空闲状态,此状态能量损耗较少;Y 值等于 2 的点,表示无线网卡处于接收状态,此状态能量损耗多;Y 值等于 3 的点,表示无线网卡处于发射状态,此状态能量损耗多;Y 值等于 4 的点,表示无线网卡处于活跃状态,此状态能量损耗最多。

具体实施方式

[0041] 以下结合附图和实施例对本发明进行详细的描述。

[0042] 如图 1 所示,本发明基于 DPM 框架内实现,其采用了软件设计的分层思想,容易对模式进行扩展,添加针对不同设备的电源管理,现有技术中,DPM 框架包括脚本层、虚拟文件接口层、设备 DPM 策略层和设备驱动层,本发明在此基础上增加了负载监控层,承载负载监控模块,用于监控无线网卡的负载,本发明以此框架为基础实现对 CPU 和无线网卡的协同动态电源管理。

[0043] 本发明如图 2 所示,一种 CPU 与无线网卡的协同动态电源管理方法,包括以下步骤:

[0044] A. 启动协同动态电源管理模块;

[0045] B. 所述协同动态电源管理模块调动负载监控模块,获取当前无线网卡的负载;

[0046] C. 判断当前无线网卡的负载是否超过第一阈值 threshold1,若是,转入 D,否则转入 E;

[0047] D. CPU 不降频,无线网卡不关闭,并且转入步骤 B;

[0048] E. 启动协同管理策略算法,所述协同管理策略算法首先启动 CPU 的动态电源管理,并且转入步骤 F;

[0049] F. 进一步判断当前无线网卡的负载是否超过第二阈值 threshold2,若是转入步骤 B,若不是,则转入步骤 G;

[0050] G. 启动协同管理策略算法,此时协同管理策略算法启动无线网卡的动态电源管理,并且转入步骤 H;

[0051] H. 等待协同管理时间间隔结束,转入步骤 B。

[0052] 在步骤 G 中,协同管理策略算法针对无线网卡的动态电源管理采用基于超时策略和基于预测策略,基于超时策略的无线网卡动态电源管理策略具体为:

[0053] G11. 设置超时阈值 TIMEOUT=8,空闲状态持续时间 td=0;

[0054] G12. 当步骤 F 中的判断结果是当前无线网卡的负载不超过第二阈值 threshold2 时,空闲状态持续时间 td 加 1;

[0055] G12. 判断此时的空闲状态持续时间 td 是否大于超时阈值 TIMEOUT,若大于,则关闭无线网卡,并将空闲状态持续时间 td 置 0,转入步骤 H 中;否则无线网卡进入休眠状态,并且转入步骤 H 中。

[0056] 基于预测策略的无线网卡动态电源管理策略具体为:

[0057] G21. 设置上一时间段实际空闲的时间长度为 pre_actidle=0,上次预测的空闲时间长度 pre_forecast=5,本次预测的空闲时间长度 predict_idle=0,设置常数 a=2,等效工作时间 tbe=8;

[0058] G22. 当步骤 F 中判断当前无线网卡的负载不超过第二阈值 threshold2 时,上一时间段实际空闲的时间长度为 pre_actidle 加 1;

[0059] G23. 计算本次预测的空闲时间长度 predict_idle , 计算公式为: $\text{predict_idle} = a * \text{pre_forecast} + \text{predict_idle} / (a + 1)$;

[0060] G24. 判断此时本次预测的空闲时间长度 predict_idle 是否大于等效工作时间 t_{be} , 若大于, 则关闭无线网卡, 并转入步骤 H 中; 若小于, 则无线网卡进入休眠状态, 并且转入步骤 H 中。

[0061] 上述协同管理策略是基于 Linux 提供的工作队列机制, 使系统运行时能够持续地进行能耗管理。

[0062] 采用本发明对 CPU 和无线网卡的协同动态电源管理进行评估测试, 测试时测试以下几种可能发生的情况:

[0063] 第一, 无线网卡忙, 此时 CPU 未必处在忙碌的状态, 根据本发明的策略, 此时不会启动对无线网卡的动态电源管理, 也不会启动 CPU 的动态电源管理; 第二, 无线网卡空闲, CPU 处在忙碌状态, 此时会启动对 CPU 的动态电源管理, 也有可能启动对无线网卡的动态电源管理; 第三, 网卡空闲, CPU 空闲, 此时两者的动态电源管理都会启动。

[0064] 按照上述情况, 设计一个 7 分钟的测试例, 启动协同动态电源管理模块之后, 首先执行 `ping www.baidu.com`, 接着打开在线多媒体视频开始播放视频, 这个过程持续 2 分钟, 对应与上述的第一种情况; 接下来用 `mplayer` 播放一段两分钟的视频, 在播放视频的过程中同时打开文本编辑器进行文本编辑, 并在两分钟结束时停止播放视频和保存文本, 这个过程同样持续 2 分钟, 用以对应上述的第二种情况; 接下来的 3 分钟不进行任何操作, 对应于上述第三种情况。

[0065] 测试时, 针对 CPU, 将从单位时间平均能耗 (Power), 性能损失 (Performance Consumption, PC), 状态转换次数 (Switch Times, ST) 三个参数来对各种算法性能进行评估, 这三个参数越低, 表明该算法性能更好。对于无线网卡, 采用单位时间平均能耗 (Power, P), 无线网卡进入低功耗的次数 (Nsd), 运行 Ping 时的平均时间延迟 (Tde), 无线网卡处于睡眠状态的平均时间 (Tss), 无线网卡在进入低功耗状态前处于空闲时间 Idle 状态的平均时间 (Tbs) 来考量其性能。测试实验数据结果如图 3 和 4 所示, 测试实验结果的曲线如图 5、6、7、8、9、10 所示, 其中图 5 和图 6 中各算法的数据是一一对应的, 下面, 测试例的实验结果进行简要的比对分析。

[0066] (1) CPU 与无线网卡都不采用动态电源管理与采用协同动态电源管理的对比:

[0067] 从测试结果的数据可以看出, 不采用电源管理时, CPU 与无线网卡的能耗都处在一个非常高的状态, 一旦采用了协同电源管理算法, 两者的能耗都会有明显的下调。比如采用了基于预测策略算法, 那么 CPU 的能耗会有 68.91% 的降低, 而无线网卡会有 12.93% 的能耗降低。并且在测试过程中 CPU 与无线网卡对于系统的请求也都能很好地响应。

[0068] (2) 采用原 DPM 框架自带的动态电源管理与采用基于预测策略算法的协同动态电源管理的对比:

[0069] 当采用原 DPM 框架自带的动态电源管理时, 如图 5 和图 6 所示, 通过无线网卡状态曲线, CPU 频率曲线可以直观看出两个部件的能耗都有明显的降低, 从图 3 和图 4 的实验数据结果也可以证实这一结论。但当采用协同动态电源管理, 可以达到更佳的节能效果, 并且此时系统能对用户请求做出更快速的服务。比对 DPM 框架自带的动态电源管理算法与基于预测策略算法, CPU 的能耗会有 28.64% 的降低, 而无线网卡能耗会有 12.93% 的降低, 在性

能参数方面,采用基于预测策略算法时,CPU 的性能损耗明显低于原 DPM 框架自带的策略,切换次数只有自带的 16.69%,而无线网卡方面也能对系统请求做出良好的响应。

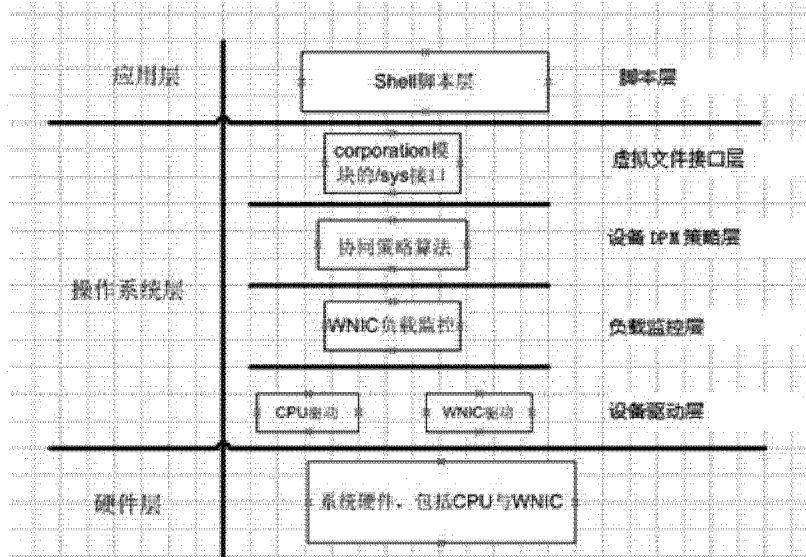


图 1

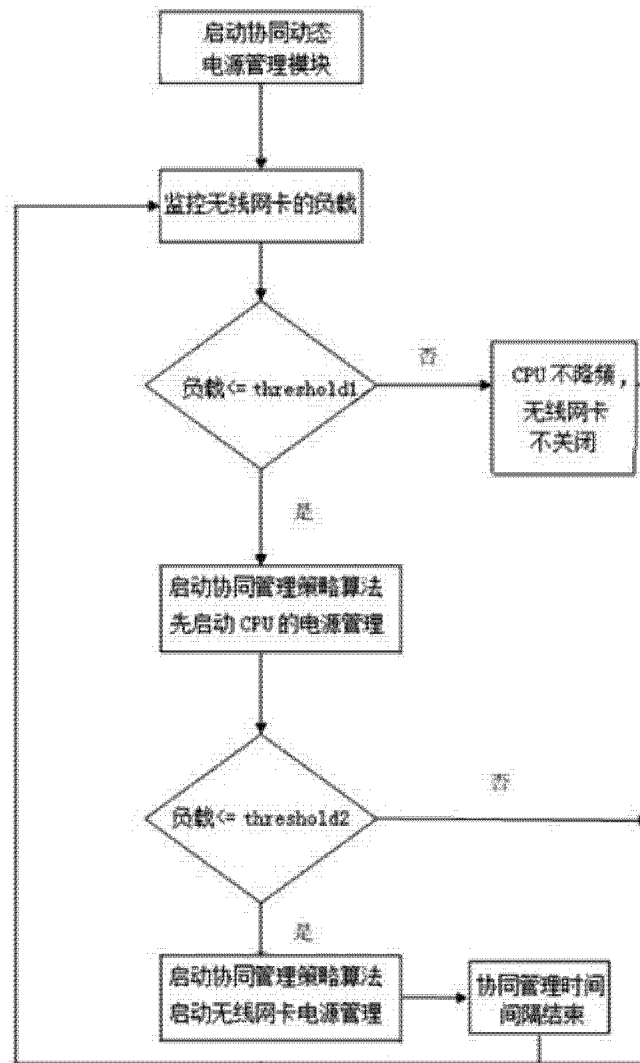


图 2

算法	Power(/W)	PC	ST
Performance	24.5	0.013623	--
<u>Ondemand</u>	10.674120	0.032166	743
<u>Userspace</u>	8.213871	0.037291	60
无线网卡基于超时算法 (1.5s)	10.702569	0.025958	621
无线网卡基于适应性超时算法	8.378061	0.029810	194
无线网卡基于预测算法	7.617175	0.033173	124
无线网卡基于更新理论算法	11.500860	0.028847	503
无线网卡基于半马尔科夫算法	9.097217	0.034166	365

图 3

算法	P (W)	<u>Nsd</u>	<u>Tde(ms)</u>	<u>Tss(s)</u>	<u>Tbs(s)</u>
无电源管理 (CPU 采用 Performance)	1.183982	-	-	-	-
无电源管理 (CPU 采用 <u>Ondemand</u>)	1.131374	-	-	-	-
无电源管理 (CPU 采用 <u>Userspace</u>)	1.120836	-	-	-	-
基于超时算法 (1.5s)	0.987776	169	2	1.994675	0.800000
基于适应性超时	1.075755	89	2	1.987641	1.921348
基于预测算法	1.030891	26	1	2.000000	0.100000
基于更新理论算法	0.922338	136	3	1.986029	0.661765
基于半马尔科夫算法	0.935074	86	0	2.000000	1.590698

图 4

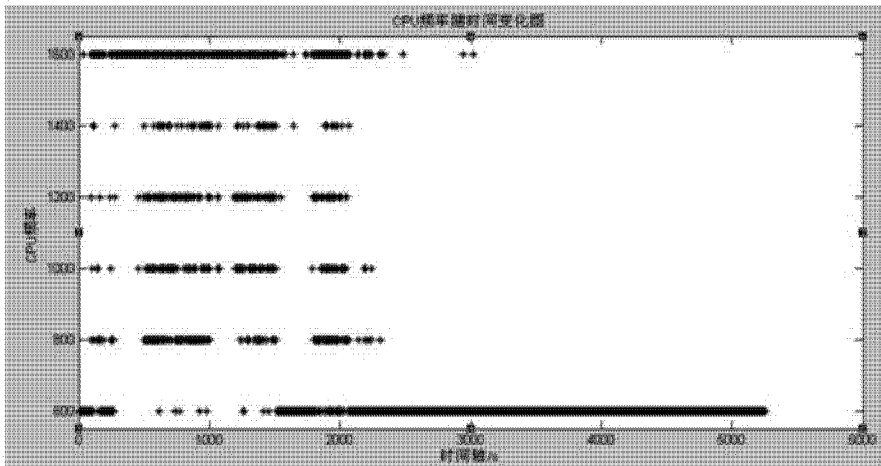


图 5

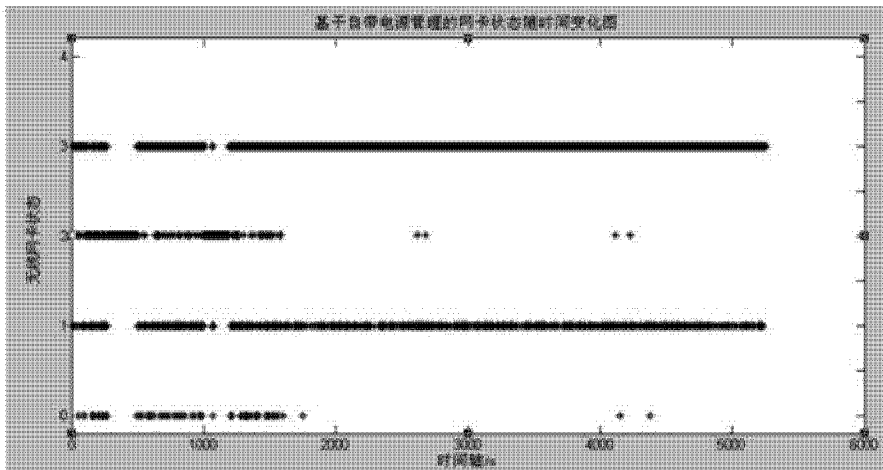


图 6

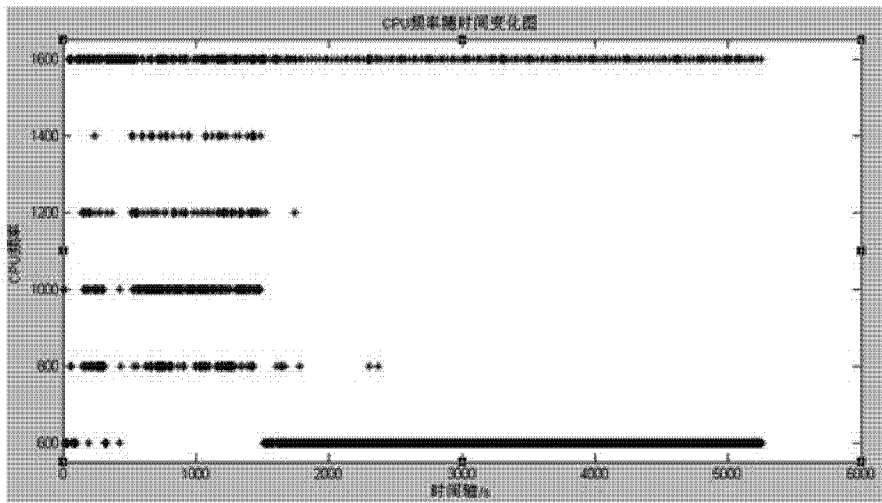


图 7

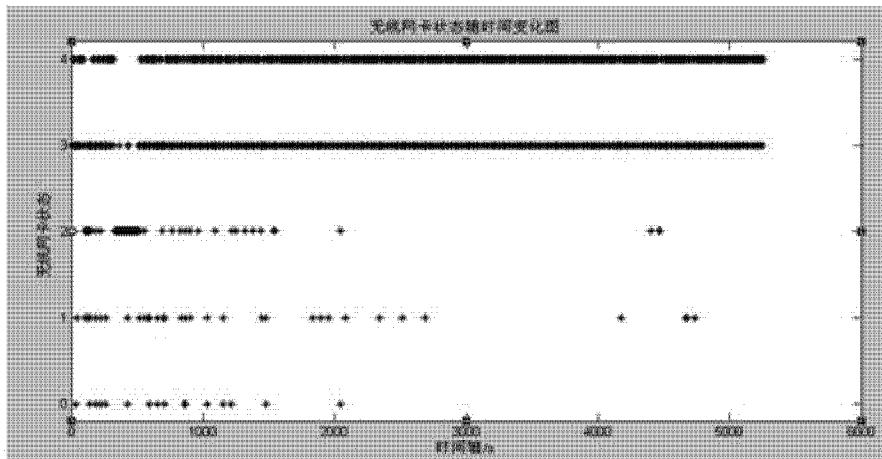


图 8

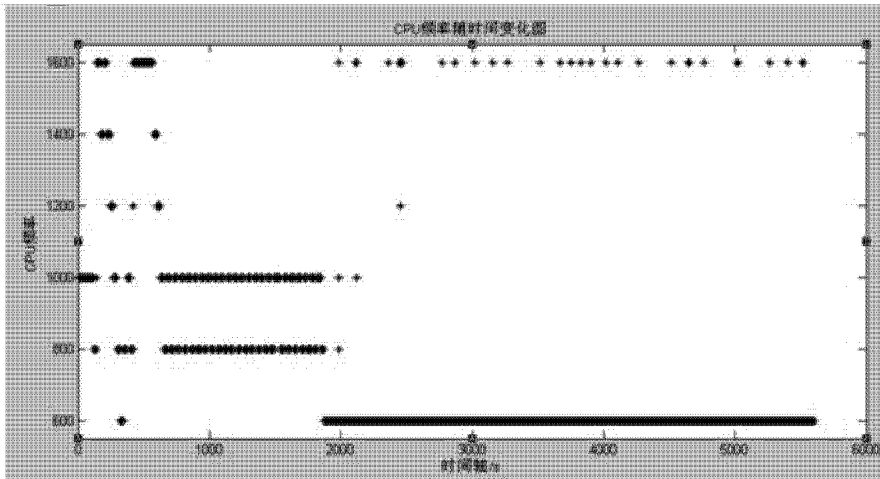


图 9

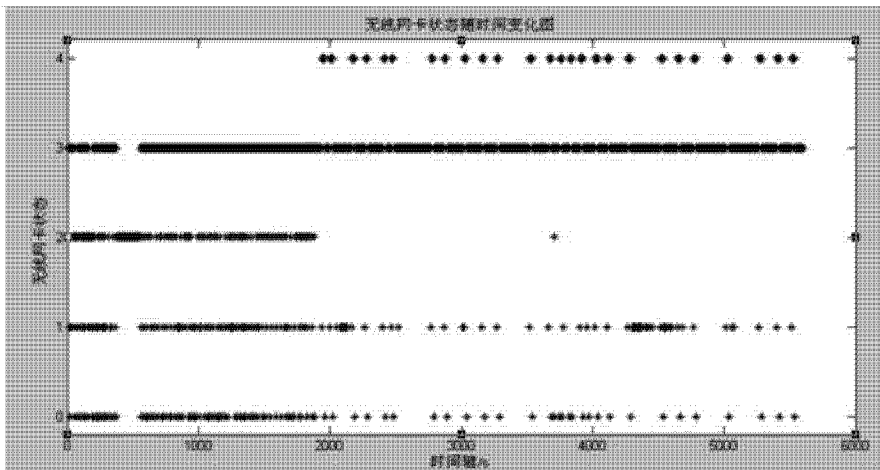


图 10