

并行计算机群的过温保护方案^{*}

何春山

(中山大学物理科学与工程技术学院, 广东 广州 510275)

摘要: 连续工作的并行计算机群会累积可观的热量, 制冷系统的偶然故障可能会引起严重的后果。将 Linux 操作系统与 Smartmon tools (硬盘健康状况检测工具) 相结合, 提出了一种高效可行、物美价廉的过温保护方案。

关键词: 并行计算机群; 科学计算平台; 过温保护; SMART

中图分类号: TP338.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2007) S2-0173-03

业内将并行计算机分为两种: 纵向扩展式和横向扩展式。纵向扩展的代表如 SGI、IBM 的 POWER 系列, 其主要特征是多个 CPU 核心共享内存资源, 系统资源利用率高, 造价也高, 扩展难。横向扩展就是将常规的 PC 机通过网络交换机以网络的形式联成一体, 通过操作系统和消息传递接口 (MPI) 实现计算机软硬件资源的统一管理和利用^[1-2], 各科研机构团体使用的并行机群 (Clusters) 就是代表^[3], 其特征是统一管理、分布计算, 造价低, 扩展易, 网络带宽影响计算效率^[4]。多核 CPU 的出现, 使得并行计算机群可以在横向和纵向同时进行扩展, 从而可以搭建出性价比更高的并行计算机群。目前大部分科研部门都采用并行计算机群来解决大规模数值计算问题。高性能并行计算已应用到诸如材料计算, 量子化学计算, 海洋天气预报, 地下资源勘测, 生物大分子结构研究等方面。我们课题研究小组使用的并行计算机群是由 40 台双处理器架构的曙光天阔 R220A 组成, 主要为复杂系统, 场致发射碳纳米管物性等研究工作提供高性能计算平台^[5]。

现阶段比较经济的并行机群, 通常在数量上都会达到一定的规模, 而且由于工作的需要, 机群通常都是每周 7 d、每天 24 h 连续不断地工作。因此作为高性能计算用的计算机通常都要求能稳定地工作, 这就要求机器的电源有比较大的输出功率 (双处理器架构的计算机的电源额定功率通常都达到 500 W, 主服务器可能会带磁盘阵列, 要求的电源功率就会更大)。机群的物理布置一般是集中放置在一个相对封闭的空间, 便于管理、制冷和控制噪声的排放; 长时间工作的机群系统, 其不断散发

的热量相当可观, 因此并行计算机群通常都配备有制冷装置。然而一旦制冷设备偶然出现故障且未能及时发现和排除, 其后果不堪设想, 轻则损坏机器, 各运算工作被迫中断, 计算任务半途而废; 重则可能高温失火, 发生灾难性的事故。

一般来说, 现在的计算机主板 CMOS 芯片已提供了过温保护的设置, 但这种保护只是在系统温度达到限定温度时让计算机主板停止工作并报警, 计算机的电源并不会自动关闭, 因此, 几十台 (甚至几百台) 处于封闭环境的计算机会在很短的时间内将环境温度提高到危险温度的范围, 如不及时处理就很可能酿成火灾。

因此如何避免此类事情的发生, 防范于未然, 这对于机群的管理者有非常重要的意义。本文先介绍常规的采用温控装置的解决办法, 然后提出一种由计算机系统自动控制, 简单有效、价廉物美的解决方案。

1 附加温控装置法

温控装置由测温探头 (也称温度传感器) 直接感受环境温度的变化, 并将温度信号转换成电压信号, 通过电路上的继电器来控制电源的空气开关, 从而达到自动切断电源的目的。

这种方法只需对电源总厢部分增加一个附加的控制装置就可以达到效果, 但对于一个已经设计并装修好的机房而言, 对电源总厢的改造并不是一件容易的事情。

2 商用并行机群系统监控软件

作为配套设施, 许多并行机群生产和提供商都

* 收稿日期: 2007-07-26

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (1067182); 国家 985 重点学科建设资助项目

作者简介: 何春山 (1971年生), 男, 博士; Email: stshc@tm.com

开发了并行机群系统监控软件 (如曙光 的 DCM2 机群监控系统)^[6]。这种系统可以实现机群节点的软硬件监控信息的实时显示,并具有实时报警和开关机控制功能。系统监控软件需要在每个节点机上安装,因此会占用一定的系统资源;此外,作为商用的配套设施,还需要额外支出这部分的软件费用。

3 我们的解决方案

事实上,我们完全可以挖掘和利用 Linux 系统自带的功能,无需额外支出,也几乎不占用系统资源。解决的办法是:首先实时获得计算机所处环境的实际温度,其次判断该温度是否超出事先确定的限定温度,如果超出,就立即启动强制关机程序。当环境温度超过警戒温度时,所有计算机都会先后关机,就象是人为在操纵一样。既然所有的计算机都关闭了,再无功率消耗,机房环境温度也就不会再上升,从而及时避免了由于致冷系统故障导致温度失控而带来的一系列后果。

3.1 实时获取计算机工作环境温度

计算机内硬盘的实时温度基本可以代表计算机工作时的环境温度,因此只要获取了硬盘的实时温度,就可以知道计算机所处的工作环境温度是否正常。Linux 操作系统 Redhat Advanced Server 4.0 搭载的 smartmontools (版本号 5.33) 中的 smartctl 是一个用来对硬盘进行自我监测,分析和汇报其健康状况的工具^[7]。smartctl 先是为早期的 ATA-3 IDE、SCSI-3 型的硬盘设计的,也能兼容许多时下比较新型的硬盘如 ATA-7,只要具有并打开了 SMART (Self Monitoring Analysis and Reporting Technology) 功能的硬盘都可以。用法是:

```
/usr/sbin/smartctl [options] device
```

这里 options 是可选项,用 -a 表示显示出相关设备的全部 SMART 信息;device 表示具体要检测的对象在 Linux 系统中的设备名,IDE/ATA 硬盘一般为 /dev/hd[a-z],SCSI 硬盘一般为 /dev/sd[a-z]。我们的机群用的是 IDE/ATA-7 硬盘,root 用户下使用下面命令

```
/usr/sbin/smartctl -a /dev/hda
```

即可显示硬盘的全部实时状态信息:

```
smartctl version 5.33 [x86_64] -- redhat linux.gnu
```

Copyright (C) 2002-4 Bruce Allen

```
Home page is http://smartmontools.sourceforge.net/
```

```
=== START OF INFORMATION SECTION ===
Device Model: Maxtor 6Y120P0
```

```
SerialNumber: Y35Y6JSE
Firmware Version: YAR41BW0
User Capacity: 122 942 324 736 bytes
Device is in smartctl database [for details use -P show]
ATA Version is 7
ATA Standard is: ATA/ATAPI-7 T13 1532D revision 0
Local Time is: Wed Jul 25 12:07:54 2007 CST
SMART support is: Available - device has SMART capability
SMART support is: Enabled
...
194 Temperature_Celsius: 0x0032 253 253 000 Old_age Always - 23
...

```

其中 Temperature_Celsius 行中的最后一列就是硬盘的实时温度 (摄氏温标), 23℃。

3.2 规划控制语句

我们用测出来的硬盘温度作为环境温度,这样就可以通过写一条脚本语句来控制计算机的行为 (继续运行或是中断关机)^[8]。脚本语句如下:

```
tempe=/usr/sbin/smartctl -a /dev/hda | /bin/grep -i Temperature | awk '{ print $10}'
if [ $ { tempe } -ge 30 ]; then
    /bin/sync
    /bin/sync
    /sbin/poweroff
fi
```

其中,tempe 是一个变量名,用来存放实时检测到的硬盘温度 (即环境温度),如果该温度超过 (含) 30℃,那么就两次执行 sync (将缓冲区中的数据写入硬盘),然后执行 poweroff (关闭电源的方式关机)。对于使用 ATX 电源的计算机, poweroff 命令是完全可以实现自行关机的。将上述脚本命令存放在一个名为 autoshutdown 的文件中,并设为可执行。

3.3 调整计算机的设置

下面来调整计算机的设置,让其根据情况自动调控,这就要用到 Linux 系统中的例行性命令 crontab (类似于 window 系统中的任务计划)^[9]。

(1) 在 /etc/ 下建立一名为 cron_user 的子目录 mkdir /etc/cron_user

(2) 将 3.2 中创建的脚本文件 autoshutdown 移入此子目录中

(3) 修改 /etc/crontab 文件,在最后增加一行 * /5 * * * * root run-parts /etc/cron_user

该行的意思是,操作系统每隔 5 min 自动执行一次 /etc/cron_user 目录下的所有脚本文件,实际

上就是每 5 min 执行一次 `autoshtdwn` 文件中的内容。这样一来，计算机每 5 min 就检测一次环境温度，如果环境温度超过事先限定的 30℃，则关闭计算机电源，否则什么事也不做，即计算机保持之前的状态继续运行。

3.4 批量设置其它节点计算机系统

系统配置的改变只有两处：在 `/etc` 目录下增加一个子目录 `cron` `user` 及脚本文件 `autoshtdwn`，修改 `crontab` 文件。因此，只要建一个批处理文件，更新原来的系统即可：

```
scp -r /etc/cron user<节点名>: /etc/cron user
```

```
scp /etc/crontab<节点名>: /etc/crontab
```

对于我们这样 40 个节点的机群系统，批量设置可在 20 分钟内完成。

4 小 结

本文介绍了一种价廉物美的并行计算机过温保护方案。通过对我们现有机群进行配置和反复测试，完全达到了预定的功能和效果，而且其占用的 CPU 资源基本可以忽略不计。实践中，我们可以

根据具体情况调整警戒温度和脚本的计划运行时间间隔，以达到最佳的效果。

参考文献:

- [1] 都志辉. 高性能计算并行编程技术— MPI 并行程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001
- [2] VRENDS Alex. Linux 集群体系结构[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003
- [3] 张林波. 大型微机机群系统[EB/OL]. [2004—06—08], <http://lssc.cc.ac.cn/>.
- [4] 孙家昶, 张林波. 网络并行计算与分布式编程环境[M]. 北京: 科学出版社, 1996
- [5] 何春山, 谭剑. 基于 RedhatAS4 并行计算机群的安装研究[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2006, 45 (3): 114
- [6] 曙光 (北京) 信息产业有限公司. 曙光 DCMM2 白皮书[EB/OL]. [2007—07]. <http://www.dawning.com.cn>
- [7] ALLEN Bruce. smartmontools Home Page[EB/OL]. [2007—07], <http://smartmontools.sourceforge.net/>
- [8] QUIGLEY Ellie. Linux Shell 实例精解[M]. 北京: 中国电力出版社, 2003
- [9] PETERSEN Richard. Linux 参考大全[M]. 北京: 北京希望电子出版社, 1999

Parallel Computer Clusters Overtemperature Protection

HE Chun.shan

(Department of Physics, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Parallel computer cluster is widely used for getting high computing speed. Because of continuous running, it accumulates lots of heat, refrigeration system is needed. But if the refrigeration system is in failure and not found in time, the result is incogitable. In this article, based on Linux Operating System and Smartmontools, a simple and valid method is provided to solve this problem.

Key words: parallel computer cluster; scientific computing platform; overtemperature protection; SMART