

# Linux 下多线程技术在 SPM 纳米操作系统中的应用\*

张少太<sup>1,2</sup> 董再励<sup>1</sup> 缪磊<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(中国科学院沈阳自动化研究所机器人重点实验室 沈阳 110016)

<sup>2</sup>(中国科学院研究生院 北京 100039)

**摘 要** 启动一个新的进程必须分配给它独立的地址空间,建立众多的数据表来维护它的代码段、堆栈段和数据段,这是一种“昂贵”的多任务工作方式。相比之下,多线程技术是一种非常“节俭”的多任务操作方式。本文针对 SPM 纳米操作系统中的 ARM 嵌入式开发平台的任务特点,分析比较了 Linux 系统下多线程和多进程技术的性能,为设计实现 ARM 开发平台下的多线程程序起到关键的作用。

**关键词** 多线程 Linux SPM 纳米操作系统

## Application of multi-threads technology for linux in SPM nanomanipulation system

Zhang Shaotai<sup>1,2</sup> Dong Zaili<sup>1</sup> Miao Lei<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(Robotics Laboratory, Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China)

<sup>2</sup>(Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

**Abstract** Whenever starting up a new process, unattached address would be distributed and numerous datasheets would be founded to maintenance its code segment, stack segment and data segment. So the working of multi-processes is costliness. Compare with multi-processes, multi-threads is a more saving working to achieve multi-tasks. For the task of ARM embedded platform in SPM nanomanipulation, the capability of multi-threads and multi-processes in Linux operating system was analyzed, which is crucial for multi-threads design of ARM embedded platform.

**Key words** multi-threads Linux SPM nanomanipulation

## 1 引 言

在 Linux 操作系统中,一个进程(process)相当于一个任务,从操作系统核心的角度来看,进程是管理系统资源(CPU,内存,文件等)的基本单位,是为正在运行的程序所提供的运行环境。从用户角度来看,进程是应用程序的一个动态执行过程。进程具有一段可执行的程序、专用的系统堆栈空间、私有的“进程控制块”和独立的存储空间。一个进程至少需要有一个线程来执行指令。线程也具有一段可执行的程序、专用的系统堆栈空间、私有的“进程控制块(PCB)”,但是没有自己的存储

空间。线程与进程的主要区别在于:线程不能够单独执行,它必须运行在处于活动状态的进程中;多个线程共享同一进程除 CPU 以外的所有资源,各线程间允许任务协作和数据交换。创建线程比创建进程开销小,多线程间通信也比多进程间的通过程简单。简而言之,线程只不过是进程的一个执行上下文<sup>[1]</sup>。

在 SPM 纳米操作系统中,具有多路实时 AD、DA 的数据交换,ARM 开发平台在系统中要实现 PSD 信号的处理、压电陶瓷驱动器的 Z 向反馈控制和上位机通信等主要功能,并且需要保证系统的实时性问题,因为扫描速度很快,样品形貌不定,必须要求实时反馈样品和扫描探针的距离,避免损坏探针。因此在嵌入式 Linux

\* 基金项目:国家 863 计划资助项目(2003AA404070)

系统下进行程序设计的时候,必须采用多线程技术,以保证系统对实时性的要求。

## 2 SPM 纳米操作系统介绍

该系统由 AFM 本体(纳米操作执行器);信息处理单元(用于操作、传感器反馈信息的传输、转换和处理);图像仿真界面(操作场景图形仿真,具有力感的探针运动操作机械装置)等构成,系统结构示意图如图 1 所示。

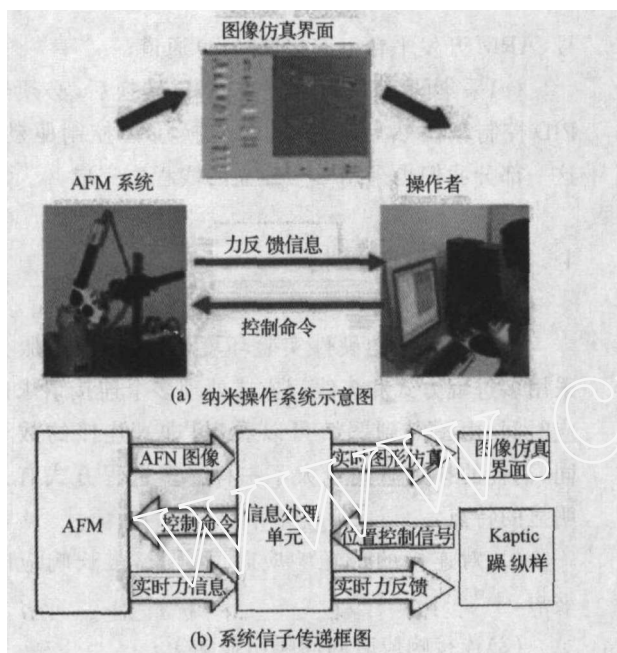


图 1 系统结构示意图

系统为操作者提供实时视觉反馈和触觉反馈,操作者在线控制探针的三维运动。

该系统可以完成如下功能:

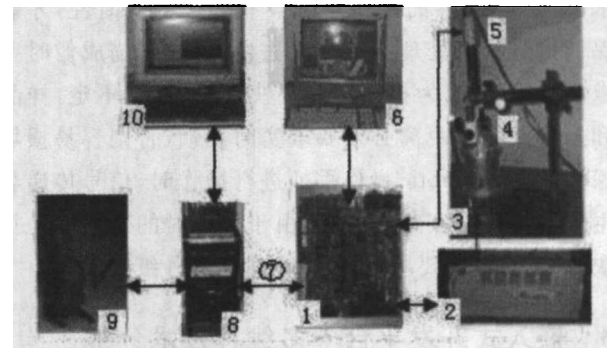
(1)作用力的生成与感知:即实时采集 SPM 系统提供的操作状态传感器信号,将其在力的分解模型作用下生成相应的电信号,经 Haptic 机电系统转换生成 XYZ 三个方向上的机械力,这种力作用在 Haptic 的操作手柄上,可以使操作者感受到各向操作力的存在和大小;

(2)纳米操作环境可视化图形仿真:由信息处理单元根据 AFM 扫描图像和对象的动力学模型生成,并根据操作动作信号实时更新,为操作者提供可视化的实时操作图形界面,以辅助操作者进行操作,提高操作效率和操作精度;

(3)交互式探针动作控制:操作员对操作手柄的操作(推、拉、刻划、敲击等)动作,经 Haptic 装置的机电信号转换,在线传递到 AFM 控制探针产生相应的三

维运动<sup>[2]</sup>。

本实验采用的 AFM 本体是由中科院本原仪器公式生产的 CSPM2000,结合 ARM 开发平台,搭建的系统的实物图如图 2 所示。



1 ARM 开发平台 2 SPM 控制柜 3 AFM 探头  
4 光学显微镜 5 CCD 摄像机 6 成像监视器  
7 以太网 8 计算机 9 触觉反馈装置  
10 场景仿真界面

图 2 具有视觉和触觉反馈的纳米操作系统

当利用该系统进行纳米操作时,系统工作流程如下:

AFM 对样品进行扫描成像,提供作业环境和对象的基本数据,生成操作环境仿真图形;操作者通过观察操作环境和对象状态,使用 Haptic 操作手柄进行操作,输出位移信号;位移信号从 Haptic 装置由计算机 8 解释并通过以太网 7 传输给 ARM 处理器 1;ARM 开发平台 1 将由该位移信号的数字量转化为 AFM 位置控制量;该控制量输入到控制柜 2 的 PZT 驱动器后加到压电陶瓷上,控制陶瓷管的微运动;由于陶瓷管的运动,使探针与被操作样品间的作用力发生改变;光电检测器检测到探针受力产生的形变检测信号,将该信息通过控制柜后,以模拟信号通过 A/D 转换卡输入到 ARM 处理器 1;ARM 处理器 1 将该形变检测信号通过以太网 7 传输给计算机 8;在计算机 8 内,根据建立的悬臂梁受力变形模型将其解释为受力信号,计算出应输出到 Haptic 电信号的大小,同时根据建立的被操作对象的动力学模型,计算出被操作物体的运动姿态,更新监视器 10 中的操作场景仿真界面;Haptic 装置将计算机输入的电信号转化为机械力,输出到操作杆,反馈给操作者。操作者根据操作场景图形仿真界面的视觉显示,结合 Haptic 装置输出的力信息,进行相应的纳米操作,同时规划出下一步的操作策略,然后回到步骤 1。如此反复,直到纳米操作顺利完成。

上述操作的信号传递与生成均具有实时性,因此人的操作在感觉上是与动作同步的,可实现具有实时

力感与可视图形的人机交互式纳米操作。从控制角度来讲,将传统的规划—操作—扫描验证—规划的开环操作流程变为实时的闭环操作流程。因为要求对样品进行扫描成像、信号传递与生成均具有实时性,这就要求 ARM 处理器的操作系统具有一定的实时性,才能保证信号及时处理并反馈回去,特别是扫描成像时要求实时闭环,因为扫描速度很快,样品形貌不定,样品和扫描探针的距离必须要求实时反馈,否则容易损坏探针。使用 Haptic 操作手柄进行操作时,信号传递与生成也均要求实时性处理,由于操作时的速度不是很快,对实时性的要求略差一些,达到毫秒级就可以。

### 3 嵌入式开发平台下多线程技术分析

根据上述整体功能的分析,从软件设计角度可分为如下几个模块:对数据采集设备操作模块、数据处理模块、有线网络通讯模块和无线网络通讯模块,另外还有对系统运行提供支持的设备驱动模块。各功能模块结构,如图 3 所示。

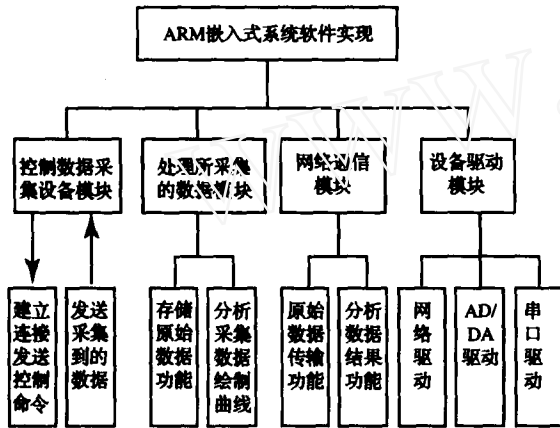


图 3 系统软件功能图

针对 ARM 平台中完成的任务,在软件编程方面,要考虑到系统压电陶瓷驱动器 Z 向反馈控制的实时性和对 PSD 信号处理的 PID 控制算法,可以在 PSD 输出的含有大量干扰噪声的信号中提取有用信息,以保证反馈到压电陶瓷驱动器上的信号满足系统的要求。为了保证系统的实时性达到扫描成像和操作的要求,软件方面采用多线程技术。整个系统的软件架构如图 4 所示。

程序采用了四个线程,有以下几个原因:

(a)网络通信的接收程序必须要占用一个线程,我们采用阻塞模式的通信方式,必须有一个线程等待数据的到来,来接收数据;

(b)传感器数据采集线程是专门负责采集 PSD 信

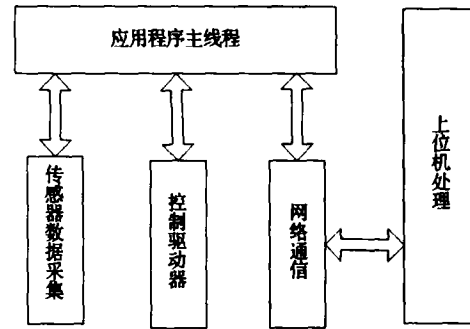


图 4 系统软件架构

号,ARM 开发平台上有 多路 A/D 通道;

(c)采集的 PSD 信号经过 A/D 转换后,必须经过 PID 控制算法然后经过 D/A 转换后去控制驱动器。这一部分我们也采用一个独立的线程去完成。

### 4 实验结果与分析

针对本系统的硬件实验环境,我们比较了服务器采用多进程方式和多线程方式处理多个连接请求的响应时间,由图 5 到图 7 可以看出,进入连接的数量不同,消耗的挂钟时间也大不一样。多进程方式有几点明显的特点:

- (1)对连接的最短响应时间延长,最长响应时间缩短;
- (2)连接响应时间间隔明显缩短;
- (3)进入连接的数量对系统的响应性能有很大影响。

图 7 给出了服务器采用多线程方式处理多个连接请求响应时间。由图 7 可知,多线程方式除了具有多进程方式的上述 3 个特点之外,其最大的特点是平均响应时间明显减少。对比图 6,在有 10 个连接同时接入时,对于一幅 512×512 字节的图像,采用单字节发送,单字节接收的数据流套接字通信,平均挂钟时间由原来的 140s 缩短为 23s,与图 5 所示的单进程方式

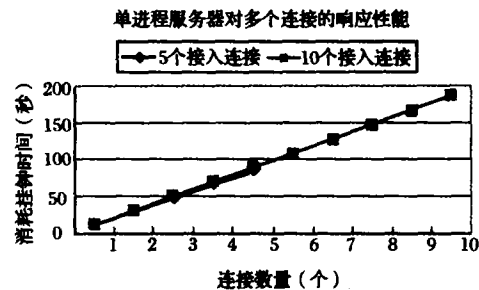


图 5 单进程服务器对多个连接的响应性能

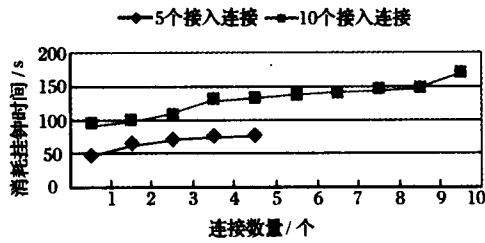


图6 多进程服务器对多个连接的响应性能

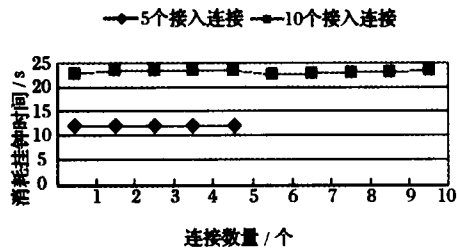


图7 多线程服务器对多个连接的响应性能

最短响应时间(约 12s)相差不多。

由此可见,多线程代理方式可以大大提高通信性能。此外,当同时进入 5 个连接请求时,平均消耗的挂钟时间约为 12.1s。也就是说,在相同条件下,使用多线程代理方式传输 5 幅图像的时间,与传输 1 幅图像的时间相当。这是由于线程数较少的情况下,I/O 消

耗的时间占据主导地位,而处理器是足够快的,故所消耗的时间影响不大;但当线程数较多时,处理器所花费的时间便多,在一定程度上影响到了 I/O 速度。

## 5 结束语

在计算机技术飞速发展的今天,线程和进程技术越来越受到程序员的重视。本文结合课题中的实际问题,分析了实验系统中使用的多线程技术,比较了多进程和多线程方式在 SPM 纳米操作系统中的性能。实验证明 Linux 系统下多线程技术比多进程技术在 SPM 纳米操作系统中具有更好的适用性。

## 参考文献

- [1] 周丽,焦程波,兰巨龙. LINUX 系统下多线程与多进程性能分析[J]. 微计算机信息,2005(9).
- [2] Xiao J T, Liu L Q, Jiao N D, et al. 3D Nano Forces Sensing for An AFM Based Nanomanipulator [C]. In: International conference on information acquisition, Hefei, 2004,208-212.
- [3] T. Junno, K. Deppert, L. Montelius et al. Appl. Phys. Lett. 1995;66,3627.

(上接第 1851 页)

## 5 总 结

简化的基于任务的信息网络访问控制模型是一种动态分配角色的访问控制模型,它适合动态变化的信息网络系统,二者有机的结合可以更好地发挥各自的优点,实现网络中信息的安全共享。但是,在简单的基于任务的信息网络访问控制模型中,授权步的依赖定义的还不够全面,我们可以根据信息网络的自身特点,增加依赖策略,从而更好地完善信息网络的安全机制。此外,网络中的时间同步也是非常重要的。本文中在基于任务的信息网络访问控制模型中没有对每个授权步中的授权粒度作要求,但是在具体制定策略时,需要考虑授权粒度的粗细,增强模型的灵活性。

## 参考文献

- [1] 张纲,张晓林,游赣梅,等. 基于角色的信息网络访问控制研究[J]. 计算机研究与发展,2002,39(8): 952-956.
- [2] K. Czajkowski, S. Fitzgerald, I. Foster et al. Grid information services for distributed resource sharing

[A], Proceedings of the Tenth IEEE International Symposium on High-Performance Distributed Computing [C]. Los Alamitos, USA: IEEE Comput Soc, 2001.

- [3] Zahir Tari, Chan Shunwu. A role-based access control for intranet security[J]. IEEE Internet Computing, 1997, 1(5): 24-34.
- [4] R. K. Thomas, R. S. Sandhu. Task-Based authentication controls (TABC): a family of models for active and enterprise-oriented authentication management, 1997, 11-13.
- [5] 邹德清,金海,韩宗芬,涂旭平,李运发. 网络信息服务的一致性研究及应用[J]. 计算机研究与发展, 2004, 41(12):2108-2113.
- [6] 网络计算和资源[OL]. 2004, 8. IBM. <http://www-128.ibm.com/developerworks/cn/grid/gr-info1/?ca=dwcn-newsletter-grid>.
- [7] 工作流授权控制模型[OL]. 2003,12. <http://www.javafox.org/workflow/index.html>.
- [8] 邓集波,洪帆. 基于任务的访问控制模型[J]. 软件学报,2003,14(01):76-82.