

# 兼容 Windows 程序的 KgdLinux 操作系统研究

黄聪会, 陈 靖, 张 黎, 朱清超

(空军工程大学信息与导航学院,陕西西安,710077)

**摘要** 针对当前国产自主 Linux 操作系统因用户不熟悉和应用软件少而推广困难的问题,提出了一种兼容 Windows 程序的 Linux 操作系统 KgdLinux。采用层次式体系结构,由应用层、兼容层、核心层组成。应用层由 Windows 和 Linux 应用程序构成,核心层由 Linux 内核和各种共享库组成,而兼容层采用用户空间内核虚拟化方法兼容 Windows 程序,提供了 PE 程序的加载、虚拟 Windows 环境、模拟 Windows API 的功能。采用各种基准程序和常用程序对 KgdLinux 上运行 Windows 程序的性能进行测试,测试结果表明:与在 VMWare Workstation、Longene 上运行的 Windows 程序相比,在 KgdLinux 上运行的 Windows 程序拥有更好的性能,且接近程序在本地 Windows XP 上运行的性能。

**关键词** 操作系统;虚拟化技术;二进制兼容;用户空间内核虚拟化

**DOI** 10.3969/j.issn.1009-3516.2012.05.012

**中图分类号** TP311 **文献标识码** A **文章编号** 1009-3516(2012)05-0055-05

针对当前我国严峻的信息安全形势,《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020)》和《国家“十二五”科学和技术发展规划》均致力推动国产自主操作系统的发展,但用户不熟悉和应用软件少一直阻碍其市场占有率的提高<sup>[1]</sup>。

兼容 Windows 程序的操作系统是一种以兼容 Windows 程序为主要设计目标的桌面操作系统。其目的在于打破 Windows 在桌面操作系统领域的垄断,推动桌面操作系统的多样化,促进操作系统技术的发展。从国家安全战略和普及国产自主操作系统的角度出发,兼容 Windows 程序的操作系统的研究也具有十分重要的现实意义。

KgdLinux 是一种在开源 Linux 操作系统基础上设计并实现的操作系统,它有效地满足了用户在 Linux 操作系统上兼容 Windows 应用程序的需求。本文将从兼容 Windows 程序的角度研究 KgdLinux 的体系结构,并对其兼容的 Windows 程序性能进行测试。

## 1 相关工作

目前,兼容 Windows 程序的方法主要有 3 种:系统虚拟机、内核空间内核虚拟化和用户空间内核虚拟化,如图 1 所示。

系统虚拟机方法是指在 Linux 内核基础上提供虚拟硬件平台以支持 Windows 操作系统及其应用程序的运行<sup>[2]</sup>。该方法通过虚拟机监视器(Virtual Machine Monitor, VMM)将 Windows 应用程序及其执行环境与

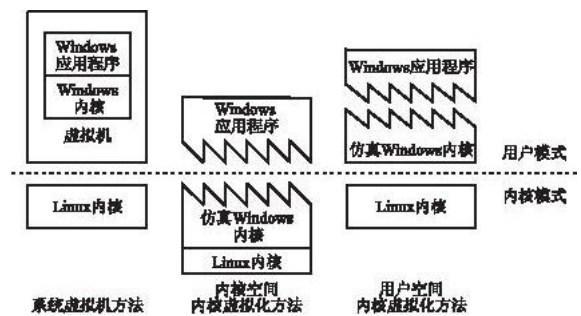


图 1 兼容 Windows 程序的方法

Fig.1 The method for compatible with Windows program

收稿日期:2012-05-29

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61172083)

作者简介:黄聪会(1985-),男,湖南衡阳人,博士生,主要从事虚拟化技术、软件移植研究。

E-mail:huangdoubleten@126.com

Linux 操作系统环境有效隔离,避免了它们对 Linux 操作系统安全性的损害,且能完全二进制兼容 Windows 程序,使其在虚拟机环境下稳定地运行。不足之处是虚拟机监视器自身负载将引起 Windows 应用程序性能的下降,虚拟机资源消耗大,在运行 Windows 程序前,需先安装并启动 Windows 操作系统。采用该方法的项目主要有 VMware Workstation<sup>[3]</sup>、Xen<sup>[4]</sup>、KVM<sup>[5]</sup>、VirtualBox<sup>[6]</sup>等。

内核空间内核虚拟化方法在 Linux 操作系统内核模式下仿真 Windows 操作系统内核,从而为 Windows 应用程序提供系统调用服务,以支持其在 Linux 操作系统上的运行。该方法的优点是理论上 Windows 程序运行效率高,但存在开发难度高、可移植性弱的缺点,且影响 Linux 操作系统的安全与稳定。采用该方法的项目主要有 Linux 兼容内核(即 Longene)。Longene 是一个二进制兼容 Windows 和 Linux 应用软件和设备驱动程序的计算操作系统内核<sup>[7]</sup>。Longene 严重依赖 Linux 内核,因此很难将其移植到 Unix 或 Mac OS 操作系统上。

用户空间内核虚拟化方法在 Linux 操作系统用户模式下仿真 Windows 操作系统内核,从而为 Windows 应用程序提供系统调用服务,以支持其在 Linux 操作系统上的运行。该方法的优点是可移植性强,实现相对容易,适应性强。缺点是理论上 Windows 应用程序运行效率低。采用该方法的项目主要有 Wine。Wine 在用户空间实现 Windows API,并通过 Linux 守护进程 wineserver 提供 Windows 服务,能兼容大量的 16 位、32 位、64 位 Windows 应用程序<sup>[8]</sup>。Wine 初始时为 Linux 开发,但现在已能在 MacOS X、FreeBSD、Solaris ports、OpenBSD、NetBSD 以及 ARM 平台上运行。

综上所述,系统虚拟机方法的优点是能完全兼容 Windows 程序,但无法摆脱 Windows 操作系统,不利于国产自主操作系统的推广应用;内核空间内核虚拟化方法具有执行效率高的优点,但移植性差,且影响国产自主操作系统的安全与稳定;用户空间内核虚拟化方法可移植性强,安全性高,但其与 Linux 操作系统集成不够,影响用户体验。

## 2 KgdLinux 体系结构研究

在分析比较兼容 Windows 程序的 3 种方法优缺点后,结合实际需求,KgdLinux 采用用户空间内核虚拟化方法,并借鉴开源软件 Wine 以及 Ubuntu 10.04 操作系统,设计了图 2 所示的层次式体系结构,分别由应用层、兼容层和核心层组成。

应用层主要由 Windows 应用程序以及 Linux 应用程序构成。核心层则由 Linux 内核、Libc、LibX11、GTK 等各种共享库模块组成。兼容层主要由 PE 加载器、虚拟 Windows 内核、核心 DLL 仿真模块和 Linux 驱动代理组成。兼容层是 KgdLinux 实现兼容 Windows 程序的关键部分,在借鉴开源软件 Wine 的源代码基础上,对其结构进行重构,以增强 KgdLinux 兼容 Windows 程序的能力,提高其可用性。

### 2.1 PE 加载器

PE 加载器为 Windows 程序在 KgdLinux 上的执行做好一切准备工作:①为 Windows 程序保留虚拟地址空间,从而避免动态链接器将 Linux 共享库映射到上面;②初始化 PEB、TEB 等数据结构,仿真 Windows 进程执行环境;③创建与虚拟 Windows 内核的连接,以获得模拟 Windows 系统调用的服务;④将 PE 格式的 Windows 程序及其依赖的动态链接库加载到内存中。PE 加载器是 KgdLinux 兼容执行 Windows 程序的基础和前提,是兼容层最重要的组件。其执行效率将影响 Windows 程序的启动时间。PE 加载器执行流程见图 3。

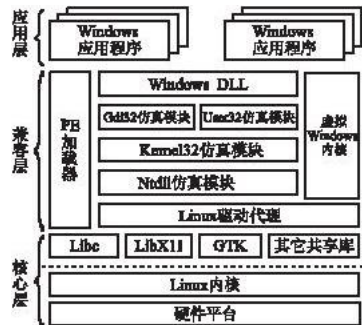


图 2 KgdLinux 操作系统体系结构

Fig. 2 KgdLinux operating system architecture

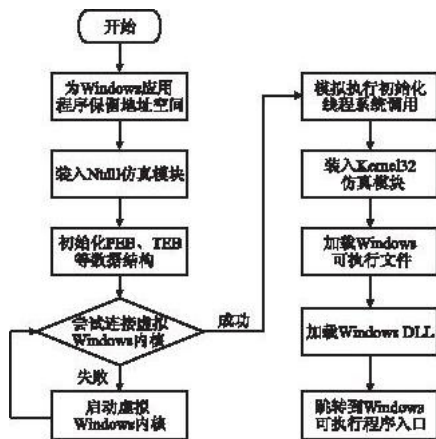


图 3 PE 加载器执行流程

Fig. 3 PE loader executive flow

## 2.2 虚拟 Windows 内核

虚拟 Windows 内核仿真 Windows 内核的功能,它为 KgdLinux 上运行的 Windows 程序提供虚拟的 Windows 系统调用服务,并管理所创建的各种 Windows 进程、线程、Win32 对象等,提供各种同步、进程间通信、对象共享等机制。虚拟 Windows 内核的执行流程见图 4。

首先,虚拟 Windows 内核会创建一个 Master Socket,这是所有外部模块 (NTDLL、Kernel32、GDI32、User32 等仿真模块) 与虚拟 Windows 内核交互的入口。在获得外部仿真模块的 Windows 系统调用请求后,就将其请求添加到一个等待请求表中,该表会记录请求者的 ID、请求序号,以及请求处理句柄。其次,Main Loop 模块会不断查询是否有等待的请求,然后从请求表中按照队列方式将其取出,交给一个工作线程 (Worker Thread) 进行处理。当处理完成后,事件处理程序会将处理的结果以管道方式发送给请求方。

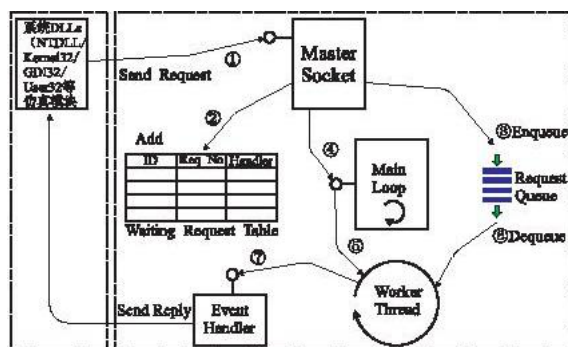


图 4 虚拟 Windows 内核执行流程

Fig.4 The virtual Windows kernel executive flow

## 2.3 核心 DLL 仿真模块

核心 DLL 仿真模块主要由 Ntdll、Kernel32、Gdi32、User32 构成,它们分别是对 Ntdll.dll、Kernel32.dll、Gdi32.dll 和 User32.dll 的仿真。在 Windows NT 体系结构中,Ntdll.dll 供子系统 DLL 引用,提供了请求系统调用服务的接口,因此大多数跟 Windows 内核的交互都通过 Ntdll.dll 完成<sup>[9]</sup>。而 Kernel32.dll、Gdi32.dll 和 User32.dll 则是 Windows 的核心子系统 DLL。其中 Kernel32.dll 提供对 Windows 系统基本资源的访问,Gdi32.dll 提供对图形设备访问的接口,User32.dll 提供窗口界面和大部分显示控件的支持。

通常 Windows 应用程序不会直接调用原始的 Windows 操作系统服务,而是通过一个或多个子系统动态链接库进行调用,即通过上述 4 个核心 DLL 间接地调用 Windows 系统服务。在 KgdLinux 兼容层的设计中,Windows 系统调用服务将由虚拟 Windows 内核提供,因此需对 Ntdll.dll、Kernel32.dll、Gdi32.dll 和 User32.dll 进行仿真,使其对 Windows NT 内核的系统调用请求重定向到虚拟 Windows 内核。

## 2.4 Linux 驱动代理

KgdLinux 不支持本地 Windows 驱动的运行,因为兼容层的虚拟 Windows 内核并没有提供运行本地 Windows 驱动的内部基础设施。但 KgdLinux 兼容层提供 Linux 驱动代理以支持 Windows 应用程序访问特殊设备的要求。

Linux 驱动代理位于 Windows 驱动 API 与 Unix 驱动接口之间,实现了各种 Windows 动态链接库访问设备的需要。因此,Windows 应用程序能访问某特殊设备的前提是:KgdLinux 中存在该设备的驱动,且存在位于其 Windows 驱动 API 和 Linux 驱动接口之间的 Linux 驱动代理。

# 3 测试与分析

## 3.1 测试方法与环境

目前兼容 Windows 程序的 KgdLinux 已取得较大的进展,但还在进一步完善和发展中。在本节中,将从 CPU、内存、磁盘、图形子系统、网络等 5 个方面,采用各种基准程序和常用程序对 KgdLinux 的性能进行分析<sup>[10]</sup>。作为对比,将测试程序在 Windows XP SP3 操作系统、Linux 版的 VMware Workstation 7.1.4 以及 Longene 0.3.1 中的性能。采用的基准程序分别为 Super PI mod 1.5、CPU Free BenchMark 2.2、3DMark03、Passmark Performance Test 7、PCMark04 和 Netperf 2.4.5。常用程序为 Total Video Converter 3.61 (超级转霸)、WinRAR 4.01。测试计算机配置为 Intel Core 2 E7500 2.94 GHz / DDR3 2 G / nVIDIA GeForce 310 / Hitachi 320 G 硬盘 / 百兆网卡。测试结果见图 5。由于 Longene 还不成熟,测试程序中只有 Super PI 和 WinRAR 安装成功,因此,图 5 中 Longene 只有 Super PI 和 WinRAR 的测试结果。

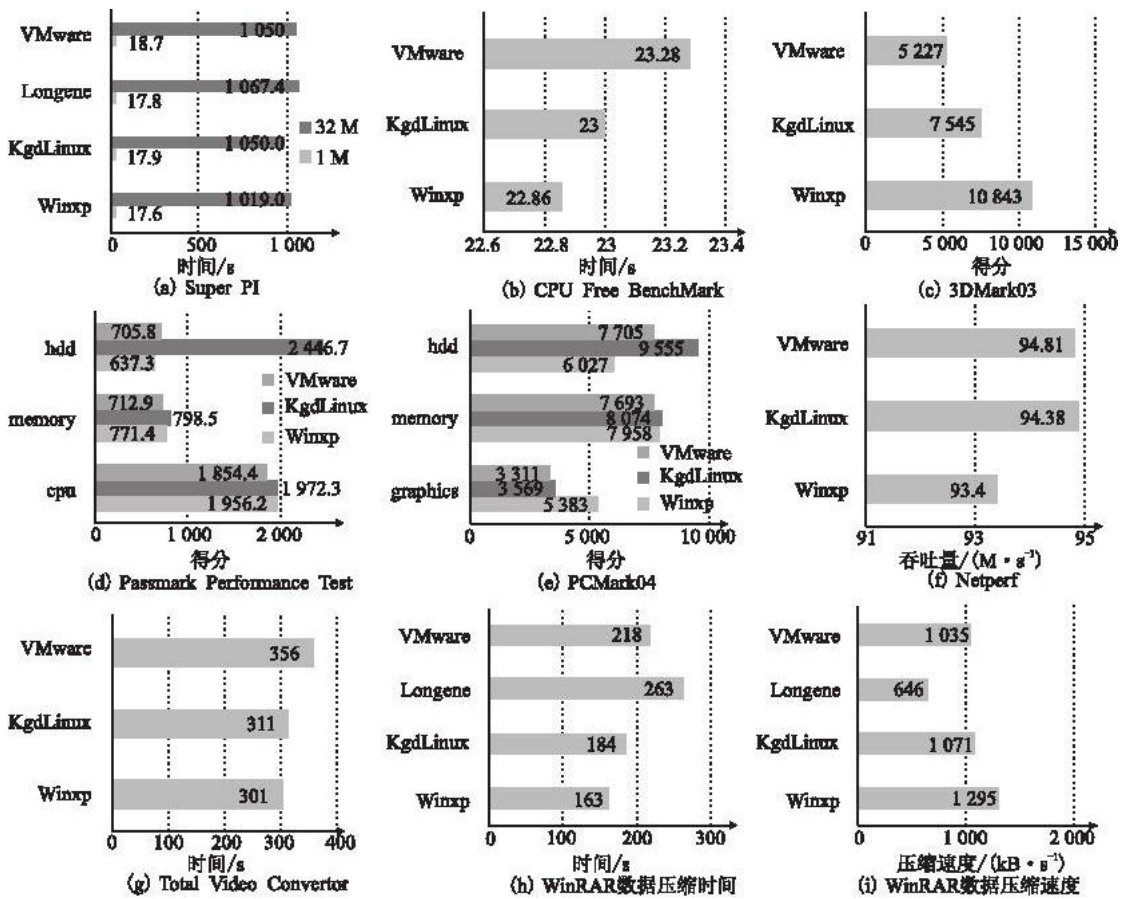


图5 性能测试结果

Fig. 5 Performance test result

### 3.2 测试结果分析

从 Super PI、CPU Free Benchmark 和 Passmark Performance Test 的测量结果可知,CPU 性能在 Longene、KgdLinux、VMware 工作站相似,且接近本地 Windows XP 上的执行效率。从 Passmark Performance Test 和 PCMark 对内存性能的测量结果可知,内存性能在 KgdLinux 上最高,其次是 Windows XP,最后是 VMware 工作站,但三者相差不大。从 Passmark Performance Test 和 PCMark 对磁盘性能的测量结果可知,磁盘性能在 KgdLinux 上最高,其次是 VMware 工作站,最后是 Windows XP,且磁盘性能在 KgdLinux 上的得分远超过其在 Windows XP 上的得分。从 PCMark 和 3DMark 对图形子系统性能的测量结果可知,图形子系统性能在 Windows XP 上最高,其次是 KgdLinux,最后是 VMware 工作站,且图形子系统性能在 Windows XP 上的得分远超过其在 KgdLinux 上的得分。从 Netperf 对网络性能的测量结果可知,网络性能在 KgdLinux 上最高,其次是 VMware 工作站,最后是 Windows XP。从常用程序的运行情况可知,当运行超级转霸转换视频格式时,在 VMware 工作站上所需时间最长(比在 Windows XP 操作系统上执行所需时间要长 18.3%),其次是在 KgdLinux 上执行(比在 Windows XP 操作系统上执行所需时间要长 3.3%)。当执行数据压缩时,在 Longene 上所需时间最长(比在 Windows XP 操作系统上执行所需时间要长 61.3%),其次是在 VMware 工作站上执行(比在 Windows XP 操作系统上执行所需时间要长 33.7%),再次是在 KgdLinux 上执行(比在 Windows XP 操作系统上执行所需时间要长 12.9%)。

综上所述,在兼容 Windows 程序的 3 种方法中,在性能方面,Windows 程序在 KgdLinux 上的执行效率全面优于在 VMware 和 Longene 上的执行效率。且在 CPU 性能方面,Windows 程序在 KgdLinux 上的执行效率接近在 Windows XP 上的执行效率。在内存、磁盘和网络性能方面,Windows 程序在 KgdLinux 上的执行效率超过在 Windows XP 上的执行效率。但在图形子系统方面,Windows 程序在 KgdLinux 上的执行效率远低于在 Windows XP 上的执行效率。

## 4 总结与下一步工作

KgdLinux 采用层次式的体系结构,具有可移植性好的优点。且采用用户空间内核虚拟化的方法实现

Windows 程序在 KgdLinux 上的运行,该方法与其他 2 种方法相比,具有安全性高、可用性强、执行效率高等优点。在实现过程中,KgdLinux 注重兼容 Windows 程序与 Gnome 桌面环境的有机结合,具有使用方便、用户体验好的优点。尽管 KgdLinux 已能兼容较多的 Windows 应用程序,而且从性能测试结果可知,其执行效率接近 Windows XP,但其在提高图形子系统执行效率、可靠性以及安全性方面需要进一步研究。

### 参考文献(References):

- [1] 兰雨晴,赵同,高静,等. 基础软件平台质量评估[J]. 软件学报,2009,20(3):567-582.  
LAN Yuqing, ZHAO Tong, GAO Jing, et al. Quality evaluation of foundational software platform[J]. Journal of software, 2009,20(3):567-582. (in Chinese)
- [2] Fernando Laudaes Camargos, Gabriel Girard, Benoit des Ligneris. Virtualization of Linux servers: a comparative study[C]// Proceedings of the Linux symposium. Ottawa:[s. n.], 2008:63-76.
- [3] Jeremy Sugerman, Ganesh Venkitachalam, Beng - Hong Lim. Virtualizing I/O devices on VMware workstation's hosted virtual machine monitor[C]// Proceedings of the general track: 2002 USENIX annual technical conference. Berkeley, CA: USENIX association, 2002:1-14.
- [4] Ian Pratt, Keir Fraser, Steven Hand, et al. Xen 3.0 and the art of virtualization[C]// Proceedings of the 2005 Ottawa Linux symposium. Ottawa:[s. n.], 2005:65-78.
- [5] Avi Kivity, Yaniv Kamay, Dor Laor, et al. KVM the Linux virtual machine monitor[C]// Proceedings of the Linux symposium. Ottawa:[s. n.], 2007:225-230.
- [6] Younge A J, Henschel R, Brown J T, et al. Analysis of virtualization technologies for high performance computing environments [C] // Proceedings of 4th international conference on cloud computing. Washington: IEEE press, 2011:9-16.
- [7] 王亚军,刘金刚. Windows 程序运行于 Linux 系统的技术[J]. 计算机应用,2009,29(8):2128-2131.  
WANG Yajun, LIU Jingang. Techniques of Windows programs running in Linux system[J]. Journal of computer applications, 2009,29(8):2128-2131. (in Chinese)
- [8] SUSANTA N, TZI - CKER C. A survey on virtualization technologies[R]. USA: ECSL, 2005.
- [9] Russinovich Mark E, Solomon David A. Microsoft Windows internals (the fifth edition) [M]. Washington: Microsoft press, 2009.
- [10] Goran Martinovi ć, Josip Balen, Snježana Rimac - Drlje. Impact of the host operating systems on virtual machine performance [C]// Proceedings of MIPRO 2010. [S. l.]: IEEE press, 2010:613-618.

(编辑:徐楠楠)

## Research on KgdLinux Operating System Compatible with Windows Program

HUANG Cong - hui, CHEN Jing, ZHANG Li, ZHU Qing - chao

(School of Information and Navigation, Air Force Engineering University, Xi'an 710077, China)

**Abstract:** The domestic autonomy Linux operating system is currently difficult to popularize for little application and unfamiliar operation, so a Linux operating system specially developed for compatible with Windows application is presented, to solve the problem, which named KgdLinux. A hierarchical architecture for KgdLinux operating system is brought forward, which consists of the application layer, compatibility layer and core layer. The application layer is made up of the Windows and Linux application, the core layer is composed of Linux kernel and various program share libraries, and for the compatibility layer the method of kernel virtualization in user space for running Windows application on the KgdLinux is used. The compatibility layer provides the function of loading executives with PE format and Windows virtualization environment, and simulates the function of Windows API. Finally the performance of KgdLinux for running Windows programs is tested by using a variety of benchmark and common applications. The experimental results show that, compared with the Windows programs running on VMware Workstation and Longene, the Windows programs running on KgdLinux are better in performance, and close to the performance of the programs running on the native Windows XP.

**Key words:** operating system; virtualization technology; binary compatibility; kernel virtualization in user space