

VxWorks 的三维图形环境的开发

马 栋, 韩俊刚

(西安邮电大学 计算机学院, 陕西 西安 710061)

摘 要: VxWorks 作为一种广泛应用于高性能领域中的可裁剪的实时嵌入式操作系统, 并没有为用户提供完善的图形界面。为了在 VxWorks 中实现三维图形的开发和显示, 文中通过将 OpenGL 与 WindML (WindRiver Multimedia Library) 媒体库相结合, 提出 VxWorks 下三维图形开发环境系统建立和基于该环境的图形开发的方法。完成 VxWorks 操作系统交叉编译环境的建立、MindML 的配置和 Mesa3D 的编译, 并完成 VxWorks 操作系统下的 OpenGL 程序开发。通过大量应用程序的测试验证, 证明该方法能够完成 VxWorks 操作系统下的三维图形开发的要求, 并且具有操作简单、容易开发等特点。

关键词: VxWorks; 多媒体库; 交叉编译; Mesa3D; OpenGL

中图分类号: TP316.2

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2014)09-0187-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2014.09.043

Development of Three-dimensional Graphical Environment in VxWorks

MA Dong, HAN Jun-gang

(College of Computer, Xi'an University of Posts & Telecommunications, Xi'an 710061, China)

Abstract: VxWorks is widely used as a cutable real-time embedded operating system in the field of high performance, but it does not provide comprehensive graphical interface. In order to achieve development and display of three-dimensional graphics in the VxWorks, propose an approach to build graphics development environment and three-dimensional graphical based on this development environment by combining the OpenGL and WindML (WindRiver Multimedia Library). And complete the establishment of cross-compiler environment of VxWorks operating system, configuration of MindML, compilation of Mesa3D, and the development of OpenGL application under the VxWorks operating system. Through a large number of application programs, it has proved that the approach is able to complete the three-dimensional graphics development under the VxWorks operating system, and has features such as simple operation, easy to develop and so on.

Key words: VxWorks; multi-media library; cross-compilation; Mesa3D; OpenGL

0 引言

随着嵌入式技术的发展及嵌入式设备的普遍应用, 嵌入式系统下的三维图形的开发和应用也越来越广泛。VxWorks 操作系统作为通信、军事、航空、航天等高精尖技术及实时性要求极高的领域中常用的一种嵌入式操作系统^[1], 在 VxWorks 下的三维图形开发也有广泛的应用^[2]。然而, VxWorks 是一种微内核的实时嵌入式系统, 本身没有提供完整的图形系统。作为 VxWorks 的一种可选组件 WindML 媒体库能够为用户提供进行图形界面开发的 API (Application Programming Interface) 和图形硬件接口^[3], 但是没有对于 3D

图形开发的支持。Mesa3D 是 OpenGL 的一种软件实现, 是一个与硬件无关的 3D 图形模型库, 能够满足大多数用户对于 3D 图形开发的需求, 但其初始化工作要通过图形硬件设备接口来完成。

文中通过 WindML 与 Mesa 的结合, 通过 WindML 提供的 UGL 接口来完成 Mesa 的初始化, 实现 VxWorks 下的三维图形的开发。基于 WindML 与 Mesa 的方案具有简单、便宜、移植方便等优点。

1 总体方案

OpenGL 作为三维图形技术的代表, 已经成为广

泛应用的图形标准,可以用于绘制高质量的计算机图形,是 3D 技术中的佼佼者^[4]。作为 OpenGL 三维计算机图形库的一种软件实现,Mesa 比较完整地实现了 OpenGL 标准 API 和扩展 API,同时具有开放源码的特点,可以移植到不同的操作系统下。

然而,由于 OpenGL 只是图形应用程序编程接口^[5],它提供的渲染函数是独立于任何窗口系统或操作系统的,所有的窗口和交互事件都需要通过操作系统来完成^[6]。通过 WindRiver 提供的 WindML 能够有效地解决这一问题。WindML 提供了一个全面的 API 集,包括图形、输入处理、多媒体、字体和内存管理^[7],同时为 OpenGL 提供了 UGL API 来创建和初始化设备上下文(Device Context)和渲染上下文(Rendering Context)。

文中按照图 1 所示的框架实现 VxWorks 下的三维图形的开发。

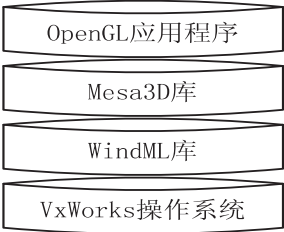


图 1 实现框架

VxWorks 操作系统由一个很小的微内核和许多可定制的系统模块组成,用户可以根据具体的需求对系统进行组建^[8]。Tornado 集成开发环境为 VxWorks 的开发和调试提供了完善的工具,这些工具通过共享基于主机的动态链接的目标机系统的符号表运行在主机上,主机系统上的开发工具和 VxWorks 系统之间的通信通过目标服务器(target server)和目标代理(target agent)共同完成^[9]。通过 Tornado 集成开发环境建立起虚拟目标机与主机的交叉编译环境,编译并运行三维图形绘制的测试程序。

文中采用 VMware 创建的虚拟机作为目标机,通过创建板级支持包(Board Support Package, BSP)、编译 Mesa3D 库、配置 WindML、生成引导程序和操作系统等步骤,完成 VxWorks 的目标及系统的建立及三维图形的开发(见图 2)。

2 关键步骤

2.1 创建 BSP

BSP 是介于主板硬件和操作系统中驱动层程序之间的一层,是保证 VxWorks 操作系统可移植性的关键^[10],可以分成两个部分:引导程序和设备驱动程序。引导程序主要完成目标系统在启动时的硬件初始化和

操作系统的引导,设备驱动程序完成硬件与软件之间的衔接。

BSP 的创建可以通过修改 Tornado 提供的 BSP 完成,如图 3 所示^[11]。

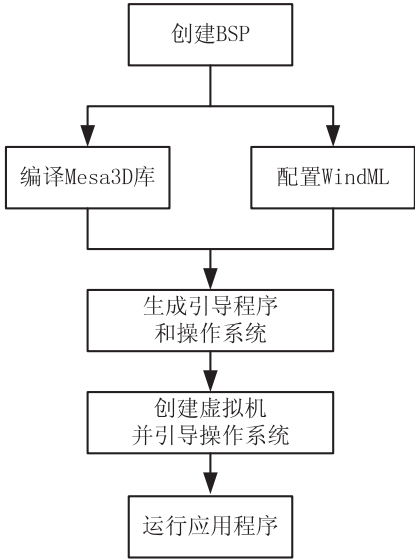


图 2 实现流程

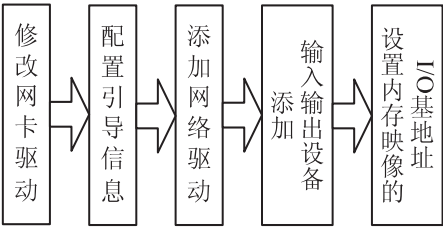


图 3 BSP 创建流程

VMware 默认使用的虚拟网卡类型是 AMD PCNet AM79C970A,也可以修改网卡配置,虚拟出 Intel® PRO/1000 和 VMware PCI Ethernet Adapter 网卡。下载并安装 AMD PCNet AM79C970A 网卡驱动程序。

在 Tornado2.2\target\src\drv\end 目录下创建并运行批处理文件,完成网卡驱动编译和替换。

```
make CPU = PENTIUM tool = gnu WIND_HOST_TYPE = x86-win32 ln97xend.o
copy ln97xend.o .. \.. \.. \lib\pentium\PENTIUM\common\
cd .. \.. \.. \lib\pentium\PENTIUM\common
copy libdrv.a E:\tornado2.2\
arpentium -d libdrv.a ln97xEnd.o
arpentium -ra iOlicomEnd.o libdrv.a ln97xEnd.o
```

根据实际信息对 BSP 中 Config.h 文件中操作系统的引导配置信息进行修改:

```
"lnPci(0,0)host:d:\vxWorks h=192.168.1.16 e=192.168.1.88 u=target pw=vxworks tn=target"
```

添加 END 网络驱动:

```
#define INCLUDE_LN_97X_END /* (END) AMD
79C97x PCI interface */
添加输入输出设备:
```

```
#define INCLUDE_PC_CONSOLE
#ifdef INCLUDE_PC_CONSOLE
# define PC_CONSOLE (0)
# define N_VIRTUAL_CONSOLES (2)
#endif
```

修改 BSP 目录下的 sysLn97xEnd.c 文件中设置内存映像的 I/O 基址配置:

```
sprintf (paramStr, paramTemplate,
endUnit,
NONE,
pciRsrc[endUnit].bar[0],
PCI2DRAM_BASE_ADRS,
pciRsrc[endUnit].irqvec,
pciRsrc[endUnit].irq,
LN97X_CSR3_VALUE,
LN97X_OFFS_VALUE,
LN97X_RSVD_FLAGS,
&ln97xStrDesc[ typeIdx ]
);
```

2.2 编译 Mesa3D 库并配置 WindML

Mesa3D 库的编译需要在 Tornado 环境中进行,建立基于前面生成的 BSP 的 downloadable 型的工程,并将 Mesa3D 图形库源文件添加到工程,设置 Tornado 中的编译选项,将 Mesa3D 库编译成静态链接库的形式,可以方便地添加在应用程序中。Mesa3D 库中包含了基于操作系统的 OpenGL 库实现的源文件,可以根据要求进行裁剪,这里只用到库中 GL、UGL、OS、GLUT-SHAPES 和 GLU 等源文件。

WindML 的配置是通过用户界面完成的,按照图形界面的提示选择处理器、编译工具、分辨率、刷新率和图像的颜色模式等属性,然后保存配置信息并编译。

2.3 创建引导程序和操作系统

引导程序的创建可以通过窗口界面或命令行完成,在 BSP 目录下运行 make bootrom.bin 命令生成。用创建的 BSP 建立一个 bootable 类型的 Tornado 工程,并添加所需的组件^[12]。其中,Telnet server 和 Target shell 是两个重要的组件。前者可以通过 Telnet 协议登录到 VxWorks 操作系统中,后者则可以通过命令行控制 VxWorks 系统。另外,需要添加:所有 C++相关的组件,WindML 的 Complete 2D 图形库,Simulator host devices 和 Simulator graphics 组件。

在工程中的文件 usrAppInit.c 的 usrAppInit 函数

中添加用户启动信息^[13]。编译生成 VxWorks 的操作系统映像,将生成的镜像文件 VxWorks 复制到 config.h 文件中 DEFAULT_BOOT_LINE 宏所指定的目录下,在系统启动时会通过引导程序中指定的路径名在该目录下寻找操作系统镜像文件。

2.4 搭建虚拟机并引导操作系统

采用 VMware 创建 VxWorks 的虚拟平台具有多种不同的启动方式,可以利用软盘虚拟工具 RamDiskNT 生成虚拟软盘来制作启动盘,也可以创建操作系统引导光盘完成系统启动。这里使用 VMware 的软盘镜像文件 bootrom.flp 作为虚拟机的引导盘。首先需要创建一个安装 Win 2000 或者 Win XP 的操作系统,并将生成的引导程序 bootrom 拷贝到该虚拟机中。然后通过 mkboot 命令将虚拟软盘制成启动盘^[14]。最后就可以创建作为 VxWorks 虚拟平台使用的虚拟机并将镜像文件 bootrom.flp 作为引导软盘使用。引导并启动 Vx-Works 操作系统。

打开 FTP Server 的日志功能。保持 FTP Server 窗口处于打开状态,保证 FTP 服务器处于运行状态,操作系统在下载的过程中会通过 FTP 反馈运行的信息,便于了解运行进度。

在操作系统的引导过程中需要确认信息:IP 地址、操作系统镜像路径、用户密码等。虚拟机通过软盘启动 VxWorks 引导程序,通过 FTP 从主机下载 Vx-Works 映像并启动。

2.5 运行应用程序

- 在 VxWorks 下开发三维图形程序主要的步骤:
- (1) 初始化 ugl,并创建图形上下文;
 - (2) 创建渲染上下文;
 - (3) 用 OpenGL 标准 API 绘制图形;
 - (4) 退出程序时释放渲染上下文和图形上下文。

建立一个基于创建的 BSP 的可下载型的工程,将编译好的 Mesa3D 库以静态链接库的方式添加到工程中,完成 OpenGL 图形绘制程序,编译工程生成 Vx-Works 的可执行文件。按照 BSP 配置文件中的信息,在 Tornado 环境中配置并启动目标服务器,下载并通过 shell 运行可执行文件。运行了 300 多个图形应用程序。

图 4 列出了其中的茶壶、带纹理的光照球和粒子系统的测试结果。

3 结束语

文中用 VMware 虚拟机作为目标机,结合 WindML 和 Mesa,完成了 VxWorks 操作系统交叉编译环境下三维图形开发环境的建立。通过大量的 OpenGL 绘图程序的测试,并与 Windows 下的进行对比,证明该方法能

完成 VxWorks 下的三维图形开发,同时可以方便地应用在实际环境中。

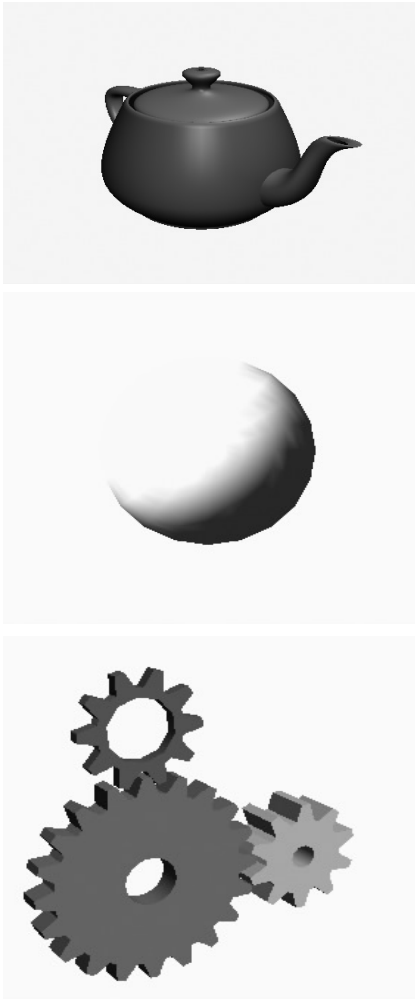


图 4 测试结果

参考文献:

- [1] 陈智宇,温彦君,陈 琪. VxWorks 程序开发实践[M]. 北京:人民邮电出版社,2004.
 - [2] 王学龙. 嵌入式 VxWorks 系统开发与应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2003.
 - [3] WindML DDK programmer's guide[M]. USA: Wind River Systems, Inc., 2002.
 - [4] 欧训勇. OpenGL 程序移植技术浅析[J]. 计算机应用研究, 2002, 19(9): 158-160.
 - [5] Shreiner D, The Khronos OpenGL ARB Working Group. OpenGL programming guide[M]. 李 军,徐 波,译. 7th ed. 北京:机械工业出版社,2010.
 - [6] Segal M, Akeley K, Leech J. The OpenGL graphics system: a specification(version 1. 2. 1) [M]. [s. l.]; The Khronos Group Inc., 1999.
 - [7] WindML sdk programmer's guide[M]. USA: Wind River Systems, Inc., 2002.
 - [8] 曹桂平. VxWorks 设备驱动开发详解[M]. 北京:电子工业出版社,2011.
 - [9] 孔祥营. 嵌入式实时操作系统 VxWorks 及其开发环境 Tornado[M]. 北京:中国电力出版社,2002.
 - [10] 张宇坤,袁冬莉,黄鑫鑫,等. 基于 VxWorks 的网卡驱动程序开发[J]. 计算机技术与发展, 2013, 23(1): 18-20.
 - [11] Wind River, 王金刚,苏 琪,等. VxWorks BSP 开发人员指南[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
 - [12] 程敬原. VxWorks 软件开发项目实例完全解析[M]. 北京:中国电力出版社,2005.
 - [13] Wind River. VxWorks programmer's guide[M]. USA: Wind River System Inc, 1997.
 - [14] Tornado user's guide (Windows Version 2. 2) [M]. USA: Wind River Systems Inc., 2002.
-
- (上接第 186 页)
- 2012, 55(3): 4-4.
 - [2] Pearson S. Taking account of privacy when designing cloud computing services[C]//Proc of the 2009 ICSE workshop on software engineering challenges of cloud computing. Vancouver: IEEE, 2009: 44-52.
 - [3] 林清滢. 基于 Hadoop 的云计算模型[J]. 现代计算机: 上下旬, 2010(7): 114-116.
 - [4] 田秀霞,周耀君,毕忠勤,等. 基于 Hadoop 架构的分布式计算和存储技术及其应用[J]. 上海电力学院学报, 2011, 27(1): 70-74.
 - [5] 施 军,黄卫东. 物联网打造智能家居[J]. 中国电信业, 2010(12): 70-71.
 - [6] 俞文俊,凌志浩. 一种物联网智能家居系统的研究[J]. 自动化仪表, 2011, 32(8): 56-59.
 - [7] Porter G, Jolla L. Decoupling storage and computation in Hadoop with SuperDataNodes[J]. ACM SIGOPS Operating System Review, 2010, 44(2): 41-46.
 - [8] 施 游,张智勇. 云计算体系架构[J]. 电脑知识与技术: 学术交流, 2011, 7(1): 83-84.
 - [9] 宋 均,祝 林. 基于云计算的海量数据处理平台设计与实现[J]. 电讯技术, 2012, 52(4): 566-570.
 - [10] Lenk A, Klems M, Nimis J, et al. What's inside the cloud? an architectural map of the cloud landscape[C]//Proceedings of the 2009 ICSE workshop on software engineering challenges of cloud computing. Vancouver, BC: IEEE, 2009: 23-31.
 - [11] Dean J, Ghemawat S. MapReduce: simplified data processing on large clusters[J]. Communications of the ACM, 2008, 51(1): 107-113.
 - [12] Abouzeid A, Bajda-Pawlikowski K, Abadi D, et al. Hadoop-DB: an architectural hybrid of Map/Reduce and DBMS technologies for analytical workloads[C]//Proceedings of VLDB Endowment, 2009, 2(1): 922-933.
 - [13] Oldewurtel F, Mahonen P. Analysis of enhanced deployment models for sensor networks[C]//Proceedings of vehicular technology conference. [s. l.]: [s. n.], 2010: 23-24.

VxWorks的三维图形环境的开发

作者: [马栋](#), [韩俊刚](#), [MA Dong](#), [HAN Jun-gang](#)
作者单位: [西安邮电大学 计算机学院, 陕西 西安, 710061](#)
刊名: [计算机技术与发展](#) 
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2014 (9)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201409043.aspx