

HHPPC8245 上的嵌入式 Linux 移植及 VPN 开发

章晓明, 杜春燕, 陆建德

(苏州大学计算机学院江苏省计算机信息处理技术重点实验室, 苏州 215006)

摘要: 介绍了嵌入式网络应用处理器 mpc8245 和基于 mpc8245 的开发平台 HHPPC8245-4ETH-R1, 讨论了基于该平台的嵌入式 IPsec-VPN 安全网关的开发, 包括 Linux-2.6 内核和应用程序的交叉编译与移植、RAMDISK 文件系统的建立。进行了性能测试, 说明基于该开发板的安全网关是可行的和高效的。

关键词: HHPPC8245; 嵌入式 Linux; VPN

Porting of Embedded Linux and Development of VPN on HHPPC8245

ZHANG Xiaoming, DU Chunyan, LU Jiande

(Jiangsu Province Computer IT Key Lab, School of Computer, Soochow University, Suzhou 215006)

【Abstract】 This paper introduces the embedded network application processor mpc8245 and the HHPPC8245-4ETH-R1 development platform based on this processor. It also discusses the development of embedded IPsec-VPN based on this platform, including porting and cross-compiling Linux-2.6 kernel and applications, building RAMDISK file system. A performance test is given, which proves that the VPN on this platform is feasible and efficiency.

【Key words】 HHPPC8245; Embedded Linux; VPN

HHPPC8245-4ETH-R1 是华恒公司推出的一款嵌入式高性能网络开发平台, 其处理器 mpc8245 采用嵌入式微处理器 PowerPC603e 内核, 主频为 333MHZ, 将高性能 32 位处理器与浮点、存储器管理、分支预测单元、16KB 数据及 16KB 指令缓存集成在一起, 是面向网络基础设施、存储设备及电信产品中需要 SOC 集成与 PCI 连接的系统。平台还包括 128MB 的 SDRAM、32MB 的 Flash 及 4 个高速以太网口等外设接口, 适用于高端防火墙、VPN 虚拟网关、以太网三层交换机及工业控制中心板等高端嵌入式网络设备的开发。本文讨论了开发板上的嵌入式 Linux-2.6 内核移植和 IPsec-VPN 开发。

1 HHPPC8245-4ETH-R1 开发板的结构和开发需求

开发板硬件系统由核心板和底板两部分组成^[1], 核心板采用 musenki 板, 板上集成了处理器、flash(4M)、SDRAM 等设备, 采用 PCI2.2 总线, 并引出多种功能接口; 底板上配置 4 个 Davicom10bps/100Mbps 自适应以太网口, 一个串口, 并将 flash 扩展到 32MB。整个开发板的硬件功能模块结构如图 1 所示。

开发板 Flash 的软件由 3 部分构成: 引导装载程序 PPCboot, 经压缩的 Linux 内核映像和 RAMDISK 文件系统映像。在出厂的时候提供已移植好的 Linux-2.4.19pre 内核源代码、相关开发环境和文档、以及一个提供最基本功能的 RAMDISK(4MB)。但为实现一个完整的 IPsec-VPN 虚拟网关, 有以下几点尚需完善:

(1) Linux-2.4 系列内核未实现 IPsec 模块, 需要替换成高版本的内核。本系统选用 Linux-2.6.10 内核;

(2) 4MB 的 RAMDISK 文件系统太小, 且缺少构建 IPsec-VPN 必要的 IPsec-tools 等应用层工具, 必须制作更大、更全面的 RAMDISK

(3) 缺少网络、VPN 安全策略等配置文件。由于 RAMDISK

映像是一个压缩的只读文件系统, 一旦烧写入 Flash 就不再改变, 而在实际应用中这些配置文件的内容可能经常变化, 因此必须脱离 RAMDISK, 在 Flash 上单独创建。Flash 的空闲空间采用 JFFS2 文件系统, 可以在 JFFS2 文件系统中创建。

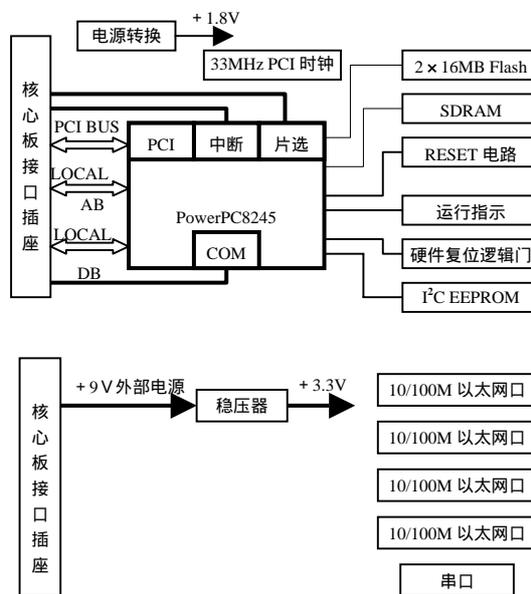


图 1 核心板(上)和底板(下)的硬件功能模块

因此, 本文要完成的具体工作包括将 Linux-2.6.10 内核移植到 HHPPC8245-4ETH-R1 开发板, 制作 EXT2 格式的

基金项目: 江苏省自然科学基金资助项目(BK2004039)

作者简介: 章晓明(1981-), 男, 硕士生, 主研方向: 嵌入式系统与计算机网络; 杜春燕, 硕士生; 陆建德, 教授

收稿日期: 2006-01-25 **E-mail:** 210313105@suda.edu.cn

RAMDISK 文件系统, 以及 VPN 系统的配置。系统开发阶段 宿主机为 IA32 体系结构的 PC 机, 安装 Fedora Core3 操作系统, 通过串口和以太网与开发板相连, 并开启 tftp 服务和 nfs 服务。

2 HHPCC8245-4ETH-R1 上的 Linux 系统开发

2.1 建立交叉开发环境

目标板采用与宿主机不同的POWER体系结构, 因此需要在宿主机上建立交叉开发工具链, 主要包括binutils、gcc和glibc库3大部分。开发环境可以从网上下载编译好的二进制代码^[2], 也可以从源代码开始建立。由于本系统采用Linux-2.6.10内核, 网上的二进制代码大多版本太低, 仅能编译Linux-2.4系列内核, 因此从源代码开始建立开发环境, 主要有以下几个步骤^[3]:

(1) 下载源代码, 并打补丁。本系统选择 binutils-2.13.90.0.10、gcc-3.3.1、glibc-2.3.2;

(2) mpc8245 支持 altivec, 因此编译平台目标名为 powerpc-linux-gnualtivec。按顺序编译、安装 binutil、gcc(bootstrap)、glibc、gcc(final);

(3) 编译 IPsec-tools 时需要 Openssl 和 flex 等库, 因此必须交叉编译、安装这些库。

交叉开发环境建立完成后将包含有 powpc-linux-gnualtivec-gcc 等交叉开发工具的目录加入 \$PATH 环境变量, 内核和应用程序的交叉编译均依靠该套工具链完成。

2.2 移植 Linux-2.6.10 内核

内核移植包括 CPU Core 移植、硬件平台移植和系统外围驱动程序开发。Linux-2.6 内核支持 MPC8245 处理器和开发板上大部分硬件, 因此移植的主要任务是核心板硬件平台的移植。内核代码入口点为 arch/ppc/kernel/head.S, 在完成查找 processor 和 architecture 类型, 建立内核初始化堆栈、建立临时页表等工作后, 调用 platform_init 函数, 设置具体硬件平台初始化相关函数, 用于内核在 start_kernel 函数中初始化平台体系结构、中断、陷阱、控制台等各个模块时调用。平台相关的初始化函数在 arch/ppc/platform/中实现。因此在该目录下创建 musenki_setup.c, 实现 PCI 总线、中断控制器、IO 端口映射、CPU 频率、复位函数、串口和早期打印函数支持等初始化工作。这部分移植需要熟悉平台的各种配置参数, 工作量较大, 应参考相似平台及 Internet 上相关源代码。

平台的移植同时需要修改相关 Kconfig 和 Makefile 文件, Kconfig 用于控制内核的编译选项, Makefile 用于决定文件的编译方式。在 arch/ppc/Kconfig 中加入 musenki 平台的支持, 在 arch/ppc/platforms/Makefile 加入 musenki_setup.c 的编译。

Flash 中为内核映像留下的地址空间有限, 为节省资源、加快启动速度, 在选择内核编译选项时只需选择系统运行必需的模块, 根据开发板上的具体硬件设备配置内核, 使内核尽量精简, 具有嵌入式设备的特点。本系统的内核应支持的文件系统为 EXT2 和 JFFS2 网络协议需包括 AH、ESP 等 IPsec 协议, 以及相关的加密、认证等算法。

2.3 引导装载程序 PPCboot

引导装载程序的基本功能包含初始化时钟、Flash、SDRAM、串口等硬件, 实现 tftp 通信协议, 从宿主机下载内核映像、RAMDISK 映像并烧写到 flash、启动内核等。核心板上包含 2 片 2MB 的 Flash, 第 1 片地址空间是 FF800000~FF9FFFFF, 第 2 片是 FF000000~FF1FFFFF, PPCboot 位于地址 0xFF900000 处, 与 0xFFFF0000 重叠。mpc8245 处理器的

复位向量是 0xFFFF0100, 因此在 Flash 上的 0xFF900100 处为开发板的复位向量。开发板加电后执行 PPCboot, PPCboot 首先进行硬件初始化, 随后将 Linux 内核解压缩到 0xc0000000 处, 将 RAMDISK 解压缩到 0xc0a00000 处, 最后将控制权交给 Linux 内核。Flash 和内核虚拟地址空间分布如图 2 所示。

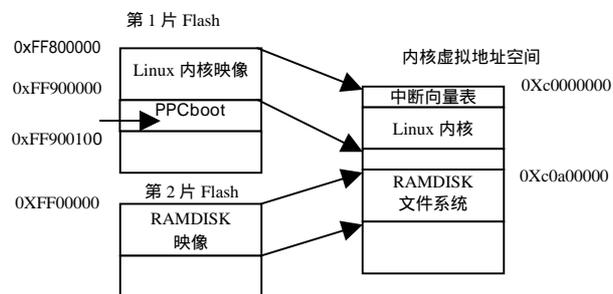


图 2 Flash 和内核虚拟地址空间分布示意图

3 IPsec-VPN 平台的搭建

3.1 应用层程序的移植

基于 Linux-2.6 内核实现的 IPsec-VPN 需要应用层配置工具 IPsec-tools。在宿主机上使用交叉开发工具链编译 IPsec-tools, 得到 setkey 和 racoon 等 PowerPC 下的可执行程序。为提高执行效率、节省空间, 链接时选用静态链接, 并用 powpc-linux-gnualtivec-strip 精简。

在应用中如需要进行内核模块动态加载等操作, 需要用到模块操作工具, Linux-2.6.x 内核模块的处理过程与 2.4 内核的有所不同, 2.4 内核下的 modutils 工具包不能在 2.6 内核下正确工作, 需要升级到 module-init-tools 工具包。交叉编译该工具包生成 lsmod、insmod 等命令, 精简后与 setkey、racoon 等命令保存在新 RAMDISK 中。

3.2 系统配置文件

系统最重要的配置包括网络的配置和 VPN 安全策略的配置。网络配置包括: MAC 地址设置, Davicom 网卡驱动程序在系统初始化时无法从网卡固件读取 MAC 地址^[2], 需要手工设定。MAC 地址是固定的, 因此该部分内容可在 RAMDISK 中实现; IP 地址设置, 在实际应用中 IP 地址可能改变, 因此单独在 Flash 上的 JFFS2 文件系统中创建。安全策略配置文件定义了安全网关的具体保护方式, 在实际应用中根据网络具体情况而改变, 同样在 JFFS2 文件系统中创建。

3.3 更新 RAMDISK 文件系统

RAMDISK 文件系统中应包含 IPsec-tools 和模块操作工具等应用层命令, 因此将现有 4MB RAMDISK 更新至 8MB, 制作过程如下:

```
#dd if=/dev/zero of=8mrd bs=1024K count=8
#mke2fs -F -m0 8mrd
#tune2fs -c 0 8mrd
#mount -o loop 8mrd /mnt/newrd
(挂载原先 4M 的 RAMDISK 到/mnt/oldrd)
#cd /mnt/oldrd
#find . -depth -print | cpio -VBp dum /mnt/newrd
(拷贝所有必须的应用层工具到/mnt/newrd 相应目录)
#gzip -v9 8mrd
#mkmimage -T RAMDISK-C gzip -n '8mrd-VPN' -d 8mrd.gz
uRamdisk
```

最后, 将生成的 uRamdisk 映像和内核映像烧写入 Flash, 配置 VPN 安全策略并启动 IPsec 服务, 实现完整基于开发板的 VPN 安全

网关。

3.4 安全网关性能测试

为检测开发板上安全网关的性能，对开发板进行了性能测试，测试拓扑如图3所示。



图3 安全网关简单性能测试拓扑图

开发板作为安全网关1，板上ETH0、ETH1作为内、外网接口，普通PC机(PIII 450MHz, 256MB SDRAM, 安装FC3操作系统, 开发板的主频为333MHz)作为安全网关2, 主机A、B分别为受保护子网内的主机。测试方法为在主机A上利用“ping -s [size]主机B”，取100次响应时间的平均值，单位为ms。分别测试了ICMP数据包大小分别为56B、400B、1000B、1500B的情况。为便于对比，同时测试了2个安全网关均为普通PC机(配置同上)的性能。VPN的保护方式采用ESP隧道模式，加密方式采用预共享密钥，加密算法为192位密钥的3DES-CBC^[4]。测得数据如表1所示。

表1 性能测试响应时间

	56	400	1000	1500
未启动IPsec	0.511	1.363	2.615	3.736
启动IPsec	0.862	1.959	3.850	5.738
启动IPsec(对比机)	0.975	2.444	5.011	7.312

从表中数据可以看出，启动IPsec后开发板的性能平均下降35%；在启动IPsec的情况下开发板的响应时间小于用

于对比的PC机。尽管开发板的主频较低，但基于开发板的VPN整体性能却相对较高，说明基于本开发板的安全网关是可行的和高效的。

4 结束语

本文主要介绍了基于华恒公司HHPPC8245-4ETH-R1平台的嵌入式Linux移植和IPsec-VPN安全网关的开发。Linux内核的移植需要详细了解CPU和硬件平台的体系结构，以及平台上的各种硬件配置；嵌入式系统应尽量精简，勿需过多考虑可移植性和扩充性，应裁减掉内核中所有与本系统无关的模块；同时在移植过程中应充分利用网络资源。mpc8245处理器具有性能高、兼容性好、集成性高等优点，在嵌入式网络设备等方面得到了广泛的应用；开源的Linux操作系统和IPsec工具大大降低了软件的开发成本和开发周期，并且随着Linux的发展，嵌入式Linux系统的性能也将得到提高，因而采用mpc8245和Linux的嵌入式网络产品使用将越来越广泛。

参考文献

- 合肥华开源恒信息技术有限公司. HHPPC8245-4ETH-R1 技术手册[Z]. 2002.
- DENX Software Engineering[Z]. 2005. <http://www.denx.de>.
- Yaghmour K. 构建嵌入式 LINUX 系统[M]. 韩存兵, 龚波. 译. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- Nalis M, Busse F, Beck U, et al. IPsec-HOWTO[Z]. <http://www.ipsec-howto.org/>.
- 周全, 都思丹, 王自强. 应用处理器 PXA255 上的嵌入式 Linux 开发[J]. 计算机应用, 2004, 24(3): 158-160.

(上接第256页)

$$M_1 = \begin{pmatrix} 1130.117188 & 1.312287 & 262.718231 \\ 0.000001 & 1140.777100 & 367.592773 \\ 0.000000 & 0.000000 & 1.000000 \end{pmatrix}$$

根据重构结果，可以从标定物两个面上各取一条直线，测试它们的垂直关系有没有变化，表1为5次的验证结果。由表1知，每组测试结果都接近90°，可以证明标定结果非常准确。

表1 两直线垂直关系验证

测试1	测试2	测试3	测试4	测试5
91.10°	89.99°	90.71°	89.58°	90.26°

5 小结

本文采用三维物体作为标定物，通过对标定物预先设定好的三维点的世界坐标和图像坐标之间的关系求得标定参数，并在VC++环境下开发了一套方便易用的摄像机标定软件，精度高、可移植性好，用户根据一幅标定物图像便可求得摄像机的内参数。本系统尤其适用于在3D重构等相关领域的研究。

参考文献

- Pollefeys M, Koch R, Van Gool L. Self-calibration and Metric Reconstruction in Spite of Varying and Unknown Internal Camera

- Parameters[C]. Proc. of International Conference on Computer Vision, Bombay, India, 1998: 90-95.
- Armstrong M, Zisserman A, Hartley R. Self-calibration from Image Triplets[C]. Proc. of European Conference on Computer Vision, Cambridge, UK, 1996: 3-16.
- Wu Fuchao, Li Hua, Hu Zhanyi. A New Camera Self-calibration Method Based on Active Vision System[J]. Chinese Journal of Computers, 2000, 23(11): 1130-1139.
- Yang C J, Hu Z Y. An Intrinsic Parameters Self-calibration Technique for Active Vision System[C]. Proc. of International Conference on Pattern Recognition, Brisbane, 1998: 67-69.
- 马颂德, 张正友. 计算机视觉-计算理论与算法基础[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- Hartley R I, Zisserman A. Multiple View Geometry in Computer Vision[M]. Cambridge University Press, 2000.
- Intel Corporation. Intel Image Processing Library Reference Manual[Z]. 2000-08.
- Intel Corporation. Open Source Computer Vision Library Reference Manual[Z]. 2001-12.
- Kruglinski D J. Inside Visual C++ [M]. The 4th Edition. Microsoft Press, 1997.