

# 一种基于 ARM 的嵌入式 Web 服务器的研究与实现

李 波<sup>1</sup>, 关 沫<sup>2</sup>

(1. 中国人民解放军 65021 部队, 辽宁 沈阳 110162;  
2. 沈阳工业大学 信息科学与工程学院, 辽宁 沈阳 110023)

**摘 要:**为了实现将嵌入式设备接入 Internet, 并可通过 Web 浏览器对其进行远程访问、管理等操作的目的, 文中以 Samsung 公司的 S3C2440AL ARM9 处理器作为硬件核心, 以 Linux 操作系统下的 Boa 服务器作为软件平台, 研究并实现了一个嵌入式 Web 服务器。给出了系统硬件平台结构的设计及组成, 详细讨论了 Linux 操作系统和 CGIC 库的移植过程, 对 Boa 服务器的建立以及运用 CGI 实现浏览器与嵌入式 Web 服务器之间的动态交互技术进行了研究。对该嵌入式 Web 服务器的实验测试结果表明其响应迅速, 运行稳定, 满足应用设计需求。

**关键词:**嵌入式 Linux; Web 服务器; Boa; CGI

中图分类号: TP316

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2013)07-0134-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2013.07.034

## Research and Realization of an Embedded Web Server Based on ARM

LI Bo<sup>1</sup>, GUAN Mo<sup>2</sup>

(1. 65021 Unit of the PLA, Shenyang 110162, China;

2. College of Information Science and Engineering, Shenyang University of Technology, Shenyang 110023, China)

**Abstract:** To realize the online remote access and management to the embedded devices using the Web browser over Internet, an embedded Web server, which takes Samsung corporation's S3C2440AL ARM9 processor as hardware core and Boa server of Linux operating system as software platform, is designed and realized in the paper. The system hardware architecture is presented. The process of the Linux operating system and CGIC library being transplanted to ARM platform is discussed in detail. The realization of Boa and dynamic interaction between Web browser and the embedded Web server by using CGI are especially analyzed. The experimental result of the embedded Web server shows that it responds rapidly and runs steadily, achieves the application purpose.

**Key words:** embedded Linux; Web server; Boa; CGI

### 0 引 言

随着互联网 Internet 在各个领域的广泛应用和嵌入式系统硬件、软件技术的发展成熟, 接入到 Internet 上的节点不再仅仅局限于各种类型的 PC 机, 还有数量众多的各种类型的嵌入式设备。对嵌入式设备的监控也逐渐渗透到传统的以太网领域。利用 Web 技术, 任意地点的授权用户都可以访问嵌入式设备上的 Web 服务器, 监控设备的运行状态等信息, 可以在很大程度上方便对各类嵌入式设备的日常维护和管理等操作。

文中利用 Web 和嵌入式技术, 以 ARM9 - S3C2440AL 处理器为硬件核心, 以嵌入式 Linux 系统作为软件平台, 研究并实现了一个嵌入式 Web 服务器, 为嵌入式设备接入 Internet 提供了一种简单且有效的解决技术, 进而可以实现通过 Web 浏览器对嵌入式设备进行远程访问和管理等操作。

### 1 嵌入式 Web 服务器技术

嵌入式 Web 服务器是指在传统的嵌入式设备中引入 Web 服务器技术, 将 TCP/IP 网络协议集中的部

收稿日期: 2012-10-17

修回日期: 2013-01-23

网络出版时间: 2013-04-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60905054); 辽宁省博士科研启动基金项目(20071024)

作者简介: 李 波(1971-), 男, 高级工程师, 硕士, 研究方向为计算机网络与信息安全; 关 沫, 副教授, 博士, 研究方向为嵌入式技术。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130408.1600.021.html>

分协议嵌入到设备中作为其底层通信协议,通过 Internet 实现在客户端浏览器对嵌入式设备的远程在线管理和监控<sup>[1,2]</sup>。

在嵌入式 Linux 系统中,常用的 Web Server 有 httpd、Boa 和 thttpd 等。httpd 只支持静态页面,不支持 CGI,不适合高级应用;thttpd 和 Boa 都支持 CGI,所提供的功能相近,但是 thttpd 在运行过程中所需要的资源与 Boa 相比非常大。

Boa 是基于 HTTP 协议的服务器,其主要功能是在用户和嵌入式设备之间进行信息交互,达到通过 Internet 管理和监控嵌入式设备,同时把响应信息传送到监控主机的目的<sup>[3]</sup>。Boa 服务器是对所有正在进行的 HTTP 连接进行复用处理,而不是通过 fork 调用产生子进程来处理同时产生的多个连接,只对 CGI 程序、自动目录生成及文件压缩执行 fork 调用。

Boa 服务器的处理方式可以在很大程度上降低对系统资源的需求,这对于存储和计算资源都相对有限的嵌入式设备是非常重要的<sup>[4]</sup>。因此,文中的嵌入式 Web 服务器选用了 Boa 作为平台,其体系结构如图 1 所示。

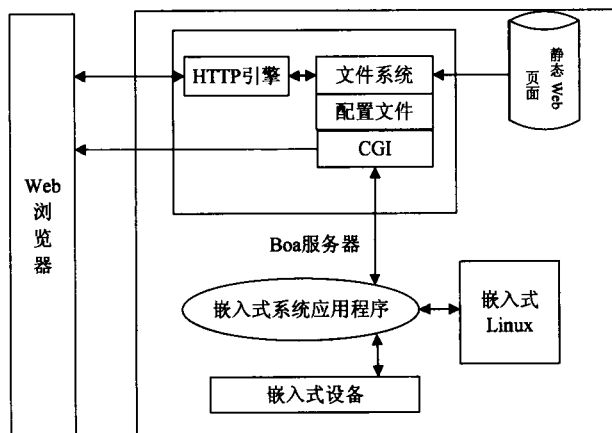


图 1 Boa 服务器的体系结构

## 2 硬件系统设计

文中所述的嵌入式 Web 服务器以 S3C2440AL ARM9 处理器为硬件系统核心,其硬件系统结构如图 2 所示。主要包括:处理器模块、串口接口、以太网接口、JTAG (Joint Test Action Group) 接口、存储器系统、显示模块等。

Samsung S3C2440AL<sup>[5]</sup> 处理器主频 400MHz,最高可达到 533MHz。根据其内部电路工作方式及最高频率,选择 12MHz 的无源晶振。通过 JTAG 接口,可以进行软件仿真和单步调试以及下载 u-boot。系统中板载 SDRAM 64MB,SDRAM 时钟频率可达 100MHz,32 位数据总线。支持自动刷新 (Auto-Refresh) 和自刷新 (Self-Refresh)。

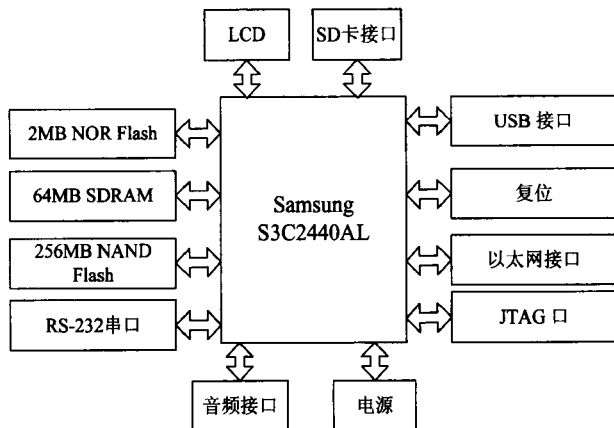


图 2 系统硬件平台结构

## 3 软件系统设计

文中的嵌入式 Web 服务器的软件开发主要包括:建立交叉编译器、移植 Bootloader、移植嵌入式 Linux 内核、嵌入式 Web 服务器开发。系统首先建立交叉编译环境,编译器使用天嵌公司制作的 EABI-4.3.3。采用德国 DEXN 小组开发的 u-boot 作为 Bootloader<sup>[6]</sup>,然后制作了 yaffs 文件系统。

### 3.1 Linux 内核移植

采用 Linux 作为操作系统是因为 Linux 系统是层次结构并且内核源码完全开放,Linux 重要特点是可移植性强,支持硬件平台广泛,并且包含整套的编译、调试等开发工具、图形接口、强大的网络支持功能以及丰富的应用程序。可以通过配置内核选择体系结构和裁减内核。

文中采用的 Linux Red hat 9 中已经包含了 ARM9 的处理器移植包。因此,只需进行 Linux 板级移植的工作即可<sup>[7]</sup>。移植主要包括以下几个部分:

- (1) 内核配置。采用 make menuconfig 配置 Linux 内核,在 Networking options 中选择支持 TCP/IP 协议,在 Device Drivers 中增加 Network Device Support 选项,在 Ethernet (10 or 100Mbit) 中选择 DM9000 support。
- (2) 对相应的体系结构代码进行修改。
- (3) 连接脚本。
- (4) 加载文件系统。
- (5) 驱动移植 (USB 设备驱动移植, LCD 驱动移植等)。

将上述内容编译出镜像烧写到系统板的 flash 中,这样 Linux 开发平台搭建完成。

### 3.2 Web 服务器的建立

(1) 下载 Boa 源码。文中使用的是 boa-0.94.13 版<sup>[8]</sup>。

(2) 解压并编译 Boa 源代码。首先把源码 boa-0.94.13.tar.gz 解压到 /opt/EmbedSky 中。用 ./configure

生成 Makefile 文件,修改 Makefile,把 CC=gcc 和 CPP=gcc - E 改为 CC=arm-linux-gcc 和 CPP=arm-linux-g++ -E。

(3)编译及优化。使用#make 命令编译后,在 boa-0.94.13 目录中生成 Boa 的可执行文件。使用命令#arm-linux-strip boa 优化,将调试信息从 Boa 中删除,优化后 Boa 由 232K 缩减至大约 60K。

(4)对 Boa 的运行环境和参数等进行配置。

文中采用 NFS 方式来进行测试工作,将 Web 服务器 Boa 复制到文件系统的目录 sbin/中,把 Boa 的配置文件 boa.conf 复制到目录 etc/boa/中。然后将应用程序添加到文件系统中。在共享目录下面建立一个 Web 子目录,该目录下的内容为 cgi-bin 目录和 index.html 静态 HTML 页面。最后引导目标板使用 NFS 启动。

### 3.3 Linux 下动态 Web 页面的实现

目前常用的 ASP、PHP、JSP 和 CGI 等技术都可以实现动态 Web 页面。在 Linux 系统中通常使用 CGI 技术完成动态页面的显示。

#### 3.3.1 CGI 技术

CGI 提供 Web 服务器一个执行外部程序的通道,这种服务器端技术可以使得浏览器和服务器间具有交互性<sup>[9]</sup>。

CGI 的工作过程如图 3 所示,客户端通过 Web 浏览器向 Web 服务器发送页面请求;Web 服务器收到请求后,启动 CGI 程序并发送浏览器请求;CGI 程序将处理结果输出到 Web 服务器,并由 Web 服务器将结果发送到客户端浏览器显示。

CGI 接口包括标准输入、标准输出、环境变量三部分<sup>[10]</sup>。在 CGI 中客户端提交的请求通过 FORM 实现,通过 GET 和 POST 方法向 FORM 提交数据。GET 方法一般用于传送数据量较小、数据较简单的情况,并可通过环境变量 QUERY\_STRING 输入数据。当传送的数据量较大时,可通过 POST 方法用 Stdin 输入数据。CGI 程序处理后的结果通过标准输出 Stdout 输出。

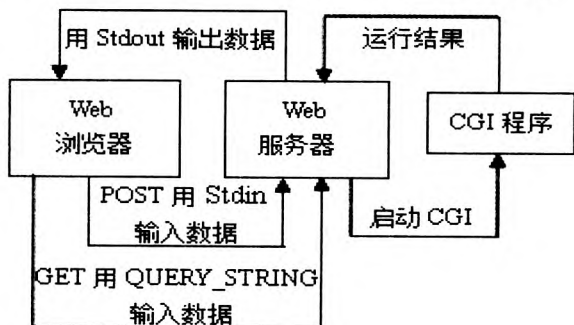


图 3 CGI 工作过程

#### 3.3.2 移植 CGIC 库

CGIC 是专门为 CGI 开发的一个 ANSI C 库,封装

了一些 C 语言 CGI 编程常用的操作和一些对字符串和环境变量的处理。服务器提交以后,CGIC 先将环境变量或者是标准输入中的数据取出进行一定的处理后再交给用户程序,给 C 语言开发 CGI 程序带来很大方便,其移植步骤<sup>[11]</sup>如下:

(1)下载 cgic 库(版本号 2.05),解压至目录/opt/EmbedSky/中,生成目录 cgic205。

(2)配置编译条件。修改目录 cgic205 中的 makefile 文件。

(3)编译及优化。在终端执行#make 命令后,生成 capture 和 cgictest.cgi 两个文件。其中,capture 用来测试 CGI 程序,记录所有环境变量的变化;cgictest.cgi 是 CGIC 库测试文件。执行命令#arm-linux-strip capture 对 capture 进行优化后,capture 文件从 100K 缩减至大约 29K。

完成移植后,将 capture 和 cgictest.cgi 文件复制到 Web 服务器中的/web/cgi-bin 目录下。CGIC 库移植成功后,可在浏览器中访问其测试页面,如图 4 所示。

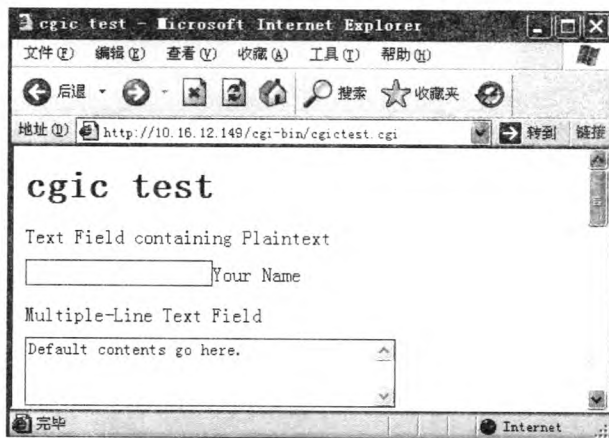


图 4 CGIC 库测试页面

#### 3.3.3 动态 Web 页面的测试

在实现了 CGI 后,就可以对 Web 页面进行测试了,文中编写了一个 helloweb.c 文件,然后编译:

```
#arm-linux-gcc -o helloweb.cgi helloweb.c
```

```
#cp helloweb.cgi/opt/EmbedSky/root_nfs/web/cgi-bin
```

在客户端 Web 浏览器中输入 http://10.16.12.149/cgi-bin/helloweb.cgi 即可打开如图 5 所示的页面。

同时,为了测试将 CGI 技术应用到文中的嵌入式 Web 服务器,可以实现数据的动态交互,编写了一个网控 LED 测试程序,其运行结果如图 6 所示。

## 4 结束语

文中研究并实现了一种以 ARM9-S3C2440AL 处理器为核心,以 Linux 操作系统下的 Boa 服务器作为



图5 helloweb.cgi 页面

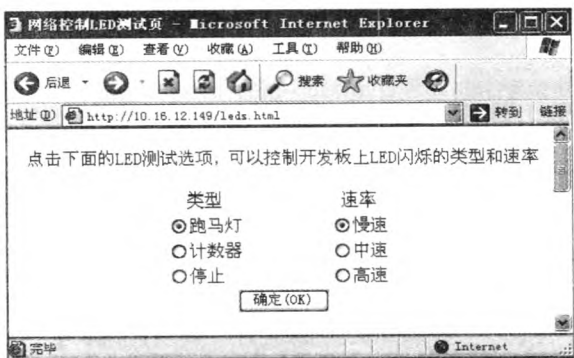


图6 LED 控制页面

平台的嵌入式 Web 服务器的开发技术。与 Linux 系统上的 Apache 服务器相比,文中实现的嵌入式 Web 服务器占用系统资源少,运行效率高,其特有的连接处理方式和直接调用操作系统的文件读取方式,大大提高了系统的性能。符合小客户端要求以及开发成本低等应用场合,使其可以在工业控制自动化、信息家电及智

能仪表等多个领域有较高的应用价值。

参考文献:

[1] 廖 斌,叶玮琼. 基于 ARM 的嵌入式 SMTP 远程控制设计[J]. 微计算机信息,2007,23(4-2):19-21.

[2] Han Guangjie, Guan Mo,Zhao Hai. EWS:Providing Internet Connectivity for non-PC Devices[C]//Proc. of IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control. [s. l.]:[s. n. ],2004:349-354.

[3] 位玉静,李跃辉,任勋益,等. 嵌入式 Web 服务器的构建[J]. 计算机技术与发展,2011,21(7):217-220.

[4] 王 莉,周 伟. 嵌入式 Web 服务器的设计与实现[J]. 计算机工程与应用,2012,46(14):90-93.

[5] Samsung S3C2440 说明书[EB/OL]. 2012-09-20. <http://www.ec21.com/ks-samsung-s3c2440/>.

[6] 华清远见嵌入式培训中心. 嵌入式 Linux 系统开发标准教程[M]. 第2版. 北京:人民邮电出版社,2009.

[7] 天嵌公司. Linux 系统移植手册 step\_by\_step[EB/OL]. 2012-02-15. <http://bbs.embedsky.net>.

[8] Larry D,Jon N. Boa Webserver[EB/OL]. 2010-04-17. <http://www.boa.org>.

[9] 刘志东,纪金水,杨锋英. 嵌入式 Web 服务器技术探究[J]. 电脑知识与技术,2011,7(27):6613-6614.

[10] Wang Zhenxing, Ren Xianyi. A Study on CGI of Embedded Web Server[C]//Proc. of International Symposium on Computer Science and Computational Technology. [s. l.]:[s. n. ],2008:480-483.

[11] 顾明海. 基于 Linux 的嵌入式 WEB 服务器的研究与实现[D]. 沈阳:沈阳工业大学,2011.

(上接第133页)

- (1)多维问题的距离表达形式,不使用距离分量,采用向量的模来表达距离是否更为合理;
- (2)如何更准确地刻画 outcomes 味道浓度判定值的表达形式,特别是多维问题的表达形式等;
- (3)对于多维问题,如何寻求果蝇群体的移动距离与位置的最佳表达方式;
- (4)怎样优化果蝇移动的随机距离与方向,使算法具有更好的全局性能;
- (5)对于高维度非数值问题,如何编码,使其合理地表达出味道浓度判定值及味道浓度判定函数;
- (6)果蝇群体的规模、果蝇群体初始位置、果蝇个体的随机飞行距离与方向对算法的性能有何必然联系。

参考文献:

[1] 刘 勇,康立山,陈毓屏. 非数值并行算法-遗传算法[M]. 北京:科学出版社,1995.

[2] Fogel L,Owens A J,Walsh M J. Artificial Intelligence through

Simulated Evolution[M]. New York:John Wiley,1966.

[3] Schwefel H P. Evolution and Optimum Seeking[M]. New York:John Wiley & Sons,1995.

[4] Sgoss S A,Deneubourg J L,Posteels J M. Self organized shortcuts in the argentine ant[J]. Naturwissenschaften,1989,76(12):579-581.

[5] Colomi A,Dorigo M,Maniezzo V. An investigation of some properties of an "ant algorithm"[C]//Proceeding of the Parallel Problem Solving from Nature Conference. Brussels, Belgium;Elsevier Publishing,1992:509-520.

[6] 崔逊学. 多目标进化算法及其应用[M]. 北京:国防工业出版社,2006.

[7] 李晓磊,邵之江,钱积新. 一种基于动物自治体的寻优模式:鱼群算法[J]. 系统工程理论与实践,2002,22(11):32-38.


[8] Pan W T. A New fruit fly optimization algorithm:taking the financial distress model as an example[J]. Knowledge-Based Systems,2012,26(1):69-74.

[9] 潘文超. 果蝇最佳化演算法[M]. 台湾:沧海书局,2011.

# 一种基于ARM的嵌入式Web服务器的研究与实现

作者：[李波, 关沫, LI Bo, GUAN Mo](#)

作者单位：[李波, LI Bo \(中国人民解放军65021部队, 辽宁沈阳, 110162\), 关沫, GUAN Mo \(沈阳工业大学信息科学与工程学院, 辽宁沈阳, 110023\)](#)

刊名：[计算机技术与发展](#) 

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年, 卷(期):[2013, 23 \(7\)](#)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201307034.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201307034.aspx)