

嵌入式 Web 服务器的构建

位玉静¹, 李跃辉¹, 任勋益^{2,3}, 马晓东³, 陈小星³

(1. 南京邮电大学 通信与信息工程学院, 江苏 南京 210003;

2. 南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210003;

3. 江苏亿通高技术股份有限公司, 江苏 常熟 215500)

摘 要: 由于嵌入式系统自身的特点, 在实际应用中需要实现人机交互的功能, 而通过网页可以直观方便地对应用系统进行操作与管理, 所以文中探讨了基于一种 Web 服务器 BOA 及 CGI 外部扩展程序构建 Web Server 的方法。在嵌入式 uClinux 系统基础之上介绍了 BOA 的移植配置过程及 CGI 程序的扩展开发。对 BOA 及 CGI 程序进行交叉编译并移植到开发板上, 通过主机的浏览器访问 Web Server 来测试服务器的运行及 CGI 的执行结果。测试结果表明其运行稳定、控制方便、响应迅速, 适合在嵌入式系统中做 Web Server。

关键词: 嵌入式系统; 网络服务器; BOA 服务器; 通用网关接口

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2011)07-0217-04

Architecture of Embedded Web Server

WEI Yu-jing¹, LI Yue-hui¹, REN Xun-yi^{2,3}, MA Xiao-dong³, CHEN Xiao-xing³

(1. College of Telecommunication and Information Engineering, Nanjing University of Posts

and Telecommunications, Nanjing 210003, China;

2. College of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China;

3. Jiangsu Yitong High-tech Co., Ltd., Changshu 215500, China)

Abstract: In practical applications, the embedded system needs to achieve the function of human-computer interaction, as of the characteristics of itself. Proposed the way to construct the Web Server based on BOA and CGI program in order to resolve the control of the remote central office and terminal equipment. Porting BOA and CGI extension development are based on uClinux. The BOA and CGI programs are cross-compiled and transplanted into the development board. Through the browser of the host server testing the operation of Web Server, the results of the test show that the BOA running stable, easy to control, quick to answer, reaching to the anticipated design purpose.

Key words: embedded systems; network server; BOA server; common gateway interface

0 引言

文中的 Web Server 要运行在嵌入式系统^[1]上, 最后的测试通常是利用 Internet 网络以及 uClinux^[2] 中的 TCP/IP 协议栈。在远程主机上, 通过主机浏览器访问 Web Server, Web Server 负责对页面请求作出响应, 返回 HTML 编码的页面或类似的数据流到远程主机的浏览器上显示。Web Server 传送网页而使浏览器可以浏览, 然而 Web Server 提供的是浏览器可以调用 (call) 的方法。即 Web Server 可以专门处理 HTTP 请

求, 但是应用程序服务器是通过很多协议来为应用程序客户端提供调用方法。

在 uClinux 中, 主要的 Web Server^[3] 有三种: httpd、thttpd 和 BOA^[4]: httpd 是最简单的一个轻量级 Web Server, 它的功能最弱, 不支持认证, 不支持 CGI, 可以同时响应 1000 个以上的请求。thttpd 和 BOA 都支持认证、CGI 等, 功能都比较全。但 BOA 支持非常高效的请求速度及效率, 为了实现动态 Web 技术, 这里选择实现一个支持 CGI 的、非常适合于嵌入式系统的 BOA Web Server。

1 嵌入式 Web 服务器的构建

BOA Web Server 是基于 HTTP 超文本传输协议的^[4], Web 网页是 Web 服务最基本的传输单元。它的主要功能是在互联嵌入式设备与管理者之间进行信息

收稿日期: 2010-12-25; 修回日期: 2011-03-21

基金项目: 国家自然科学基金 (61073188); 国家博士后基金 (2010 0471355)

作者简介: 位玉静 (1987-), 女, 山东德州人, 硕士研究生, 研究方向为光纤通信; 李跃辉, 教授, 硕士生导师, 研究方向为光纤通信。

交互,达到通过 Internet 网络对嵌入式设备进行监控,并将反馈信息自动上传给远程主机的目的。运行于客户端的浏览器首先要与 BOA 端建立连接,打开一个套接字虚拟文件,此文件的建立标志着 Scknet 连接建立成功,然后客户端浏览器通过套接字 Scknet 以 GET 或者 POST 参数传递方式向 BOA 提交请求,Web 浏览器通过 HTTP 协议将请求传送给 BOA,BOA 接到请求后,根据请求的不同进行事务处理,返回 Web 页面或者通过 CGI 程序调用外部应用程序,通过页面显示返回结果。

BOA 的主要工作过程如下:BOA 通过 CGI 与外部应用程序进行交互,它根据客户端浏览器在请求时所采用的方法,会搜集客户所需要的信息,并将该部分信息发送给指定的 CGI 扩展程序,CGI 扩展程序调用外部应用程序,进行信息处理并将结果返回给 BOA Web Server,然后 BOA 对信息进行分析,并将结果发送回客户端在浏览器上以网页的形式显示出来。

在 uCLinux 系统移植好后,单独进行 uCLinux 的 BOA 的移植,移植过程分为以下三步完成^[4,5]:

(1)交叉编译环境的建立以及 BOA 源码的下载。交叉编译环境的建立:BOA Web Server 运行在嵌入式设备上,因此需要在宿主机上建立交叉编译环境,对 BOA 源文件进行交叉编译,交叉编译工具采用 arm-elf-gcc 2.95.3 交叉编译工具链,建立交叉编译环境的过程实际就是将交叉编译工具链的压缩包解压,然后将对应于宿主机的目录将相应的文件拷贝过去。在文中,所有的软件源码包都放在主目录下,其解包路径为 /usr/local/arm-elf。BOA 源码的下载:由于嵌入式采用的是 uCLinux,在 uCLinux 源码包中有 BOA 源码,同时又要求 BOA 支持用户认证,故选择 uCLinux 自带的 BOA 源码包 boa-0.94。

(2)编译 BOA 代码生成可执行文件 BOA,在交叉编译之前需要修改 Makefile 文件:

```
CC=arm-elf-gcc -w
CFLAGS += -O2 -Wall -elf2flt -Dlinux -D__linux__ -Dunix -D__uclinux__ -DEMBED -DBOA_TIME_LOG
LDFLAGS += -lcrypt
```

在 CFLAGS 中加入 -EMBED -DBOA_TIME_LOG 是 BOA 运行在 EMBED 模式,同时开启日志功能。另外还要在编译之前指定 BOA 的配置文件的存放路径 (SERVER ROOT),具体方法是:进入 /boa/src/ 目录,通过修改 defines.h 文件中 #define SERVER_ROOT “/usr/etc” 语句来指定 SERVER ROOT,改成你要移植的 BOA 的配置文件所在的目录。当然也可以不用改,当在开发板上运行 BOA 时指定 SERVER ROOT 的路径,指令形式如:./boa -c /usr/etc &,然后 make 即可完

成交叉编译并生成 BOA 可执行文件。

(3)修改 BOA 服务器的配置文件 boa.conf:只有正确配置 BOA 服务器的配置文件,它才能正常地运行,BOA 服务器运行时会自动在 SERVER ROOT 定义的目录中寻找 BOA 的配置文件 boa.conf。根据 BOA 在开发板上的运行环境及各个可执行文件的存放位置修改配置文件。最后将最终的配置文件 boa.conf 置于 SERVER ROOT 指定的目录中。boa.conf 中部分配置选项的意义为:

Port:BOA 服务器监听的端口,默认的端口是 80,在此项目中不用改。

Listen:绑定的 ip 地址。不使用这个参数时,将绑定所有的地址,此项目中不使用此参数,将 Listen 前面加 #。

User:连接到服务器的客户端的身份,改成 0。

Group:连接到服务器的客户端的组,改成 0。

ServerAdmin:服务器出故障时要通知的邮箱地址,此选项不用。

ErrorLog:指定错误日志文件,改成 /usr/log/boa/error_log。

AccessLog:设置存取日志文件,与 ErrorLog 类似,改成 /usr/log/boa/access_log。

ServerName:指定服务器的名称,用 # 注销掉。

DocumentRoot 设置为 /usr/www。

KeepAliveMax:每个连接允许的请求数量,将此值设为 50。

KeepAliveTimeOut:在关闭持久连接前等待下一个请求的秒数,将此值设为 100。

MimeTypes:设置包含 mimetypes 信息的文件,改为 /etc/mime.types。

DefaultType:默认的 mimetype 类型,一般是 text/html。

CGIPath:相当于给 CGI 程序使用的 \$PATH 变量,改为 /cgi-bin/ /usr/www/cgi-bin。要使用 cgi,必须添加 cgi 类型:AddType application/x-httpd-cgi cgi。

部分配置的修改方法已列出,其他的配置选项可以不用。按配置文件中指定的目录建立 error_log、access_log 文件,将 MIMEType 放在配置文件指定的目录中。

在 boa.conf 的最后加上 Auth /web /etc/web.passwd^[5],这句配置表明要访问 Web 下的文档需要通过 /etc/web.passwd 下的密码认证,这样可以防止用户只输入网址访问页面而不通过密码认证,提高了 Web 服务器的安全性能。而密码文件的生成^[6]参考 BOA 源码中的 auth.c 中 int auth_check_userpass() 函数的实现。在嵌入式模式下的密码是通过 crypt() 的加密

算法实现的,比如我的登录用户名为 root,密码也为 root,则密码文件的形式及内容为:

```
passwd rok20XGbWEsSM.
```

最后将修改好的配置文件 `boa.conf` 存放于嵌入式系统根文件 `/usr/etc` 目录下。当访问 Web 目录下的内容时,浏览器会弹出如图 1 所示的用户验证提示框。

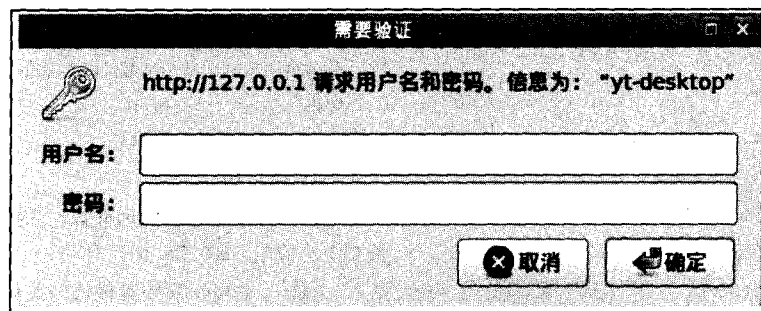


图1 用户名和密码验证

器认识的 HTML 格式,发给远端的客户的浏览器。由于 CGI 程序运行于嵌入式系统之上,所以文中采用 C 语言来编写 CGI 网关程序,利用开源 `cgic205` 库来实现 CGI 程序的开发,`cgic205` 对读取环境变量以及标准输入标准输出^[9]等做了封装。

整个交互过程如下:将交叉编译好的 `boa`、`boa.conf`、`mime.types`、网页、交叉编译好的 CGI 程序通过 `tftp - gl` 下载到开发板中,

按 `boa.conf` 中的存放目录将各个文件存放在 ARM 的文件系统中,CGI 完成的功能为与后台通信,将反馈信息返回给网页,所以运行 BOA 之前将后台服务器开启。然后在主机浏览器中输入开发板的网址及网页^[10,11]的名字,示例如图 2 所示。

2 测试实验

文中以 Marvell DB-88E6218 ARM9 CPU 为硬件核心进行 BOA 的构建,通过 Web 交互可以实现管理局

端设备^[7,8]:对 CPU、内存、磁盘资源的监控;网络服务的监控,包括 FTP、TFTP、HTTP、NTP 等;网络端口的配置,包括工作模式、速率、流量控制、VLAN 等;对局端工作环境的配置,包括网络参数的设置(IP 地址、子网掩码、网关)、配置文件的管理、系统日志的管理、软件升级等。也可以实现管理终端设备:对以太网的控制,包括带宽、优先级、VLAN、组播等;对设备的控制,包括开启设备、关闭设备、设备的初始化;终端网络管理,包括硬件资源利用率、网络流量监控、传输信号的质量和衰减量的监控。而这些设备的实现是通过调用 CGI 程序来实现的,CGI 程序通过调用外部程序实现最这些功能的管理。

CGI^[3,4]即通用网关接口,它的功能就是在超文本文件和服务器主机应用程序间传递信息。在文中的嵌入式系统的外部应用程序是串口通信程序,CGI 程序是把串口通信过程中的数据接收并转换成 Web 浏览

示。
查询设备的 ip 信息时,鼠标点下确定的同时,BOA 服务器调用 CGI 程序与后台通信,将结果返回页面如图 3 所示:ip address is 192.168.5.254, MTU is 1500。

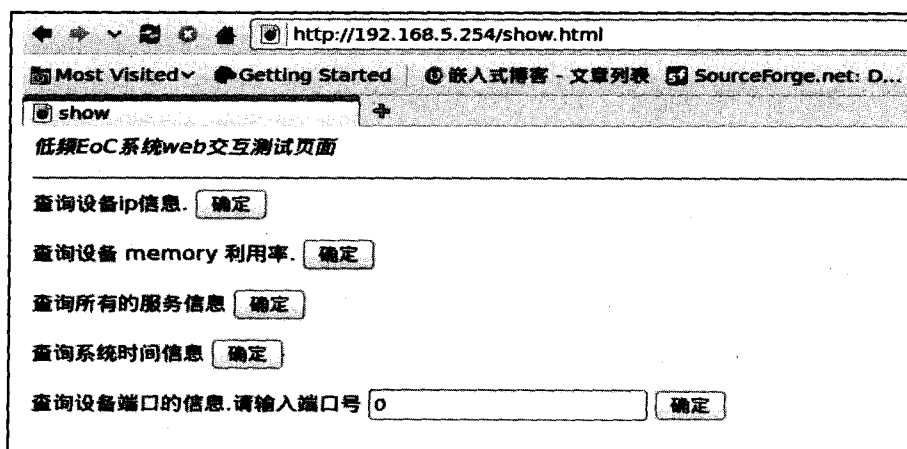


图2 运行 BOA 之前将后台服务器开启

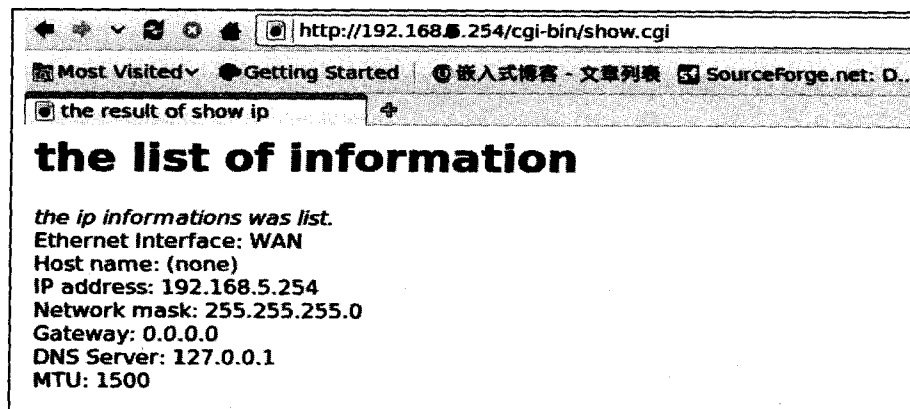


图3 查询设备的 ip 信息

查询端口信息时,鼠标点下确定的同时,BOA 服务器调用 CGI 程序与后台通信,将结果返回页面如图 4 所示:端口号为 0,上行链路模式为全双工,速度为 100Mbps。

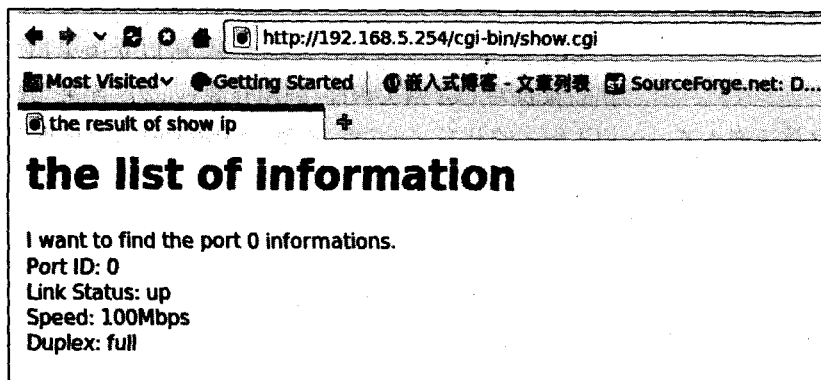


图4 查询端口信息

设备的各种信息不一一列出,与后台的通信就是与后台运行的设备服务器的Socket建立连接,主要运用DomainSocket通信的知识^[12]来完成通信任务。

3 结束语

在嵌入式设备中,用户可以通过浏览器远程访问Web服务器来管理与控制嵌入式设备的参数以及各个应用程序的运行。文中实现了BOA Web服务器在低频EoC系统中的移植,并通过移植后的测试,通过Web页面实现低频EoC的人机交互来控制局端设备与终端设备。重点描述了BOA Web Server的移植与配置,最后并用CGI的扩展开发程序显示了几个操作结果。BOA的运行结果表明:BOA作为嵌入式设备的Web Server运行效率高,界面友好。在物联网这个发展的大背景下,嵌入式技术将得到更为广泛的应用和发展,相信文中所介绍的嵌入式Web服务器的架构也将在此过程中发挥积极的功能和作用。

(上接第216页)

了此平台的有效性和快速性。下一步工作重点是将此演化平台应用到大规模复杂电路设计和电路容错研究等方面,为电磁仿生研究的深入进行打下坚实基础。

参考文献:

- [1] 刘尚合,原亮,褚杰. 电磁仿生学——电磁仿生研究的新领域[J]. 自然杂志,2009,31(1):1-2.
- [2] Lin B, Irie M. Evolvable Hardware[J]. CIT595 Research Project,2008,14(8):162-164.
- [3] 刘昌庆,张曦煌. 硬件进化中演化算法的研究及应用[J]. 计算机工程与设计,2008,29(24):6390-6392.
- [4] 吴会丛,王晓红,宋学军,等. 演化硬件的研究进展[J]. 河北工业科技,2007,24(1):49-53.
- [5] Sekanina L. Evolutionary Functional Recovery in Virtual Reconfigurable Circuits[J]. ACM J. Emerg. Technol. Comput. Syst.,2007,3(2):23-26.

参考文献:

- [1] 田泽. ARM7 嵌入式开发实验与实践[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2006.
- [2] 周建胜,谷勇,刘文权. 一种开放源代码的嵌入式操作系统-uCLinux[J]. 中国科技信息,2005(19):82-144.
- [3] Ramakrishnan A. 16-bit embedded-Web server[C]//In: Sensors for Industry Conference. USA: [s. n.]. 2004:187-193.
- [4] 韩改宁,梁新月. 基于嵌入式web服务器的远程数据采集系统的应用[J]. 微型电脑应用,2009,25(10):21-23.
- [5] 张振,王晓宁,张元. 嵌入式web服务器移植与测试[J]. 电子设计工程,2010,18(6):1-3.
- [6] 时斌,王奔,朱晓舒. 基于ARM9的嵌入式Web服务器的移植与应用[J]. ARM开发与应用,2009,25(9-2):109-110.
- [7] Addison D. Embedded Linux applications: An overview[EB/OL]. 2001-08-01. IBM 嵌入式Linux网: <http://www-900.ibm.com>.
- [8] Szymensky A W. Embedded Internet Technology in Process Control Device[J]. IEEE,2000(9):1145-1147.
- [9] 黄光奇. CGI编程指南[M]. 北京:电子工业出版社,1999.
- [10] 裴有福. HTML实用技术[M]. 北京:中国水利水电出版社,1998.
- [11] 农孙博,范正刚. Linux平台下的web编程[M]. 北京:人民邮电出版社,2000.
- [12] Stevens W R. UNIX环境高级编程[M]. 北京:机械工业出版社,2000.
- [6] Sekanina L, Friedl S. An Evolvable Combinational Unit For FPGAs[J]. Computing and Informatics,2005,24(3):1-26.
- [7] 丁国良,原亮,褚杰,等. 内进化演化硬件平台的设计与实现[J]. 机械工程学院学报,2007,19(1):68-71.
- [8] 赵曙光,杨万海. 基于函数级FPGA原型的硬件内部进化[J]. 计算机学报,2002,25(6):666-669.
- [9] 王平,鄢靖丰,许江东. 基于演化算法的电路自动设计方法[J]. 计算机技术与发展,2006,16(1):371-373.
- [10] Miller J, Thomson P. Cartesian Genetic Programming[C]// Proceedings of the 3rd European Conference on Genetic Programming, LNCS 1802. Berlin:Springer Verlag,2000:8-35.
- [11] Stomeo E, Kalganova T, Lambert C. Mutation Rate for Evolvable Hardware[J]. Proceedings of world academy of science engineering and technology,2005,7(6):117-124.
- [12] 李辉. 基于FPGA的数字系统设计[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2008.