

DOI:10.16515/j.cnki.32-1722/n.2019.02.009

嵌入式系统 Web 服务器的移植与 CGI 的应用

田晨林¹, 陈正宇^{2*}

(1. 南京邮电大学电子与光学工程学院, 江苏 南京 210023; 2. 金陵科技学院电子信息工程学院, 江苏 南京 211169)

摘要: 嵌入式设备与现代通信网络的结合提高了其性能。为实现远程监控管理嵌入式设备, 分析对比了几种嵌入式 Web 服务器的特点, 编译和移植了性能优异的 Boa 服务器, 分析了通用网关接口 CGI(Common Gateway Interface)技术原理与应用方法。以飞凌 OK210 开发板为硬件平台, 移植了 Linux 操作系统, 成功将 CGI 技术应用于 Boa 服务器。实验结果表明, 用户通过 URL(Uniform Resource Locator)地址访问 Web 浏览器, 实现与 Web 服务器动态交互信息。

关键词: 嵌入式 Web 服务器; Boa; 移植; 通用网关接口

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1672-755X(2019)02-0040-04

Transplanting of Embedded System Web Server and Application of CGI

TIAN Chen-lin¹, CHEN Zheng-yu^{2*}

(1. Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China;

2. Jinling Institute of Technology, Nanjing 211169, China)

Abstract: The combination of embedded devices and modern communication networks improves the performance of devices. In order to achieve remote monitoring and management of embedded devices, this paper analyzes the characteristics of several embedded Web servers, compiles and transplants Boa servers with excellent performance, and analyzes the principle and the implementation of CGI (Common Gateway Interface). The paper uses Forlinx OK210 board as the hardware platform to transplant the Linux operating system and successfully apply CGI technology through the Boa server. Experimental results indicate that the user can interact with the Web server by accessing the web browser through the URL (Uniform Resource Locator).

Key words: embedded Web server; Boa; transplant; Common Gateway Interface (CGI)

随着计算机技术的不断发展与应用, 嵌入式系统已经成为计算机领域的重要组成部分。多数嵌入式系统提供了以太网接口, 可以直接接入 Internet, 可以配置为一个小型 Web 服务器, 提供 HTTP 服务。使用这些功能, 用户可以通过 Web 浏览器远程管理和监控嵌入式设备^[1]。

目前, 两种比较流行的服务器体系结构是 C/S(Client/Server)和 B/S(Browser/Server)体系结构。C/S 结构一般建立在专用的网络上, 通过专门服务器提供连接和数据交换服务, 适用面较窄, 程序安装较为复杂; B/S 建立在广域网之上, 可以实现多客户访问的目的, 交互性比较强。本项目使用 B/S 结构搭建

收稿日期: 2019-03-11

基金项目: 江苏省自然科学基金(BK20130096, BK20161516, BK20161104); 金陵科技学院高层次人才科研启动基金(jit-b-201527)

作者简介: 田晨林(1995—), 男, 陕西西安人, 硕士研究生, 主要从事嵌入式系统应用研究。

通信作者: 陈正宇(1978—), 男, 江苏淮安人, 教授, 博士, 主要从事无线通信网络研究。

嵌入式 Web 服务器,具有高效的设备管理与交互能力。传统 HTML 网页是静态网页,无法实现一些复杂的功能,嵌入式 Web 服务器结合 CGI 技术可以刷新动态页面,从而实现对目录中的文件进行操作、通过 CGI 进行串口通信、实现数据库接口等复杂功能。通过搭建动态交互平台,嵌入式 Web 服务器可以推广应用到许多领域,如自动化设备的在线远程监控、智能家庭医疗以及嵌入式网络监控系统等,为数据采集与监控提供新手段。

1 嵌入式 Web 服务器的移植

常见的嵌入式 Web 服务器有:tthttpd、GoAhead、Boa^[2]。tthttpd 是一种简易的开源 Web 服务器,有一个独立运行在后台的进程,它特别适合于处理大量的静态数据请求,如作为图像托管服务器。GoAhead 是比较专用的 Web 服务器,大部分功能都服务于本身提供的 GoForms 功能和 ASP/JavaScript 功能。Boa 是一个小巧的单任务型 Web 服务器,它在存储和运行时所占用的空间较少,约为 60 kb,非常适合应用于资源受限的嵌入式设备。本项目使用的是 Boa 服务器,支持 CGI 技术,可以调用 fork() 函数,为 CGI 程序派生出一个处理子进程,从而响应用户的请求。

1.1 嵌入式 Web 服务器的工作原理

嵌入式 Web 服务基于浏览器/服务器模式,由 Web 浏览器和 Web 服务器构成,也即流行的 B/S 结构^[3]。由图 1 所示,浏览器首先与嵌入式 Web 服务器建立连接,打开一个套接字虚拟文件,此文件建立标志着套接字连接建立成功,通过套接字以 GET 或者 POST 参数传递方式向 Web 服务器提交请求,Web 浏览器提交请求后,通过 HTTP 协议传送给 Web 服务器^[4]。Web 服务器接到请求后进行处理,返回 HTML 文件或通过 CGI 程序处理后返回结果。

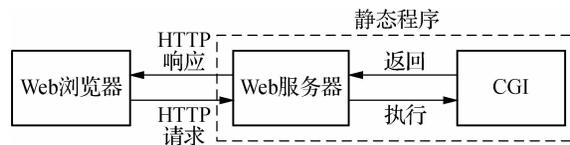


图 1 嵌入式 Web 服务器系统架构

1.2 Boa 服务器移植流程

Boa 是一个单任务 Web 服务器,主要特性是源代码开放、性能较高。Boa 服务器内部采用多路复用连接,而不会复制本身或者产生新进程处理并发连接请求。但 Boa 支持 CGI 程序,能够调用 fork() 函数,为 CGI 程序派生出子进程来处理连接请求。

移植 Boa 服务器首先建立宿主机开发环境,在虚拟机中创建 Ubuntu 操作系统,并安装 arm-linux-gcc 交叉编译工具链;然后在宿主机中配置 Boa 源码的 Makefile 文件,编译后将 Boa 映像文件下载到目标机中;最后,在目标机中运行 Boa 服务器(图 2)。移植并配置 Boa 服务器的详细步骤如下。

步骤 1:在宿主机中安装交叉编译工具链,配置系统环境变量,在该环境下可以编译出嵌入式 Linux 系统所需的应用程序映像文件。

步骤 2:将 Boa 源码包 boa-0.94.13.zip 下载到宿主机,解压后进入源码目录,使用命令 ./configure 生成 Makefile 文件并修改和配置,将 CC=gcc 改为 CC=arm-linux-gcc,再将 CPP=gcc-E 改为 CPP=arm-linux-gcc-E,保存后退出。

步骤 3:在宿主机中使用命令 make 编译 Boa 源码,生成可执行文件。

步骤 4:启动目标机,将可执行文件的映像文件复制到目标机文件系统/bin 目录下。

步骤 5:修改/etc/boa/boa.conf 配置文件,将用户和组分别修改为 User 0、Group 0,将 ScriptAlisa 的值修改为/var/www/cgi-bin/,运

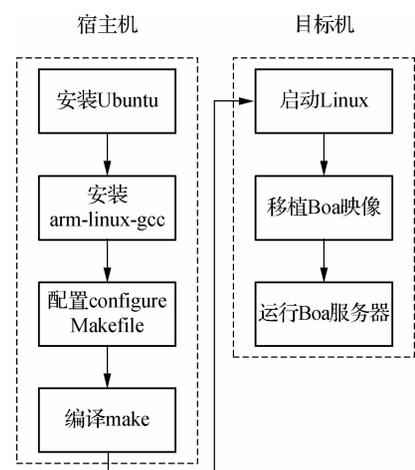


图 2 移植 Boa 服务器流程

行 `sudo boa` 命令启动 Boa 服务器。

通过以上的步骤,完成了嵌入式 Boa 服务器的移植和配置。Boa 是运行在系统后台的程序,等待来自 Web 浏览器的各种请求,当接受 CGI 程序的请求时调用函数进行处理,实现信息交互。

2 Web 服务器 CGI 的应用

目前,刷新动态页面主要使用 CGI 技术与服务器脚本如 JSP、ASP 等,但使用服务器脚本需要保证 Web 服务器提供脚本运行的支持,在嵌入式 Web 服务器的使用过程中资源一般受限,大多提供 CGI 支持,因此,应用 CGI 是浏览器与嵌入式 Web 服务器动态交互的一种重要途径。

2.1 CGI 工作原理

CGI 即通用网关接口,是服务器程序和 Web 服务器进行数据交互的一个标准接口。CGI 程序可以用大部分脚本语言和编译性语言实现,绝大多数的 CGI 程序被用来解释并处理来自表单的输入信息^[5],并在服务器产生相应的处理结果,或将相应的数据反馈给浏览器。CGI 程序使网页浏览器具有交互功能,是运行在服务器上的一段程序,将接口提供给客户端能够理解的文档(通常是 HTML 网页),通过浏览器把用户请求发送到 Web 服务器,当 Web 服务器接收用户请求时 CGI 程序进行处理,把处理结果返回给 Web 服务器,并通过其把结果响应回浏览器。

2.2 CGI 实现方法

用户一般通过 POST 或者 GET 方法将请求提交给嵌入式 Web 服务器。使用 POST 方法提交请求时,Web 服务器把接收到的数据放入 STDIN,将数据长度放入 CONTENT_LENGTH 环境变量中,CGI 程序就会从 CONTENT_LENGTH 环境变量中读取数据长度,然后从 STDIN 中读入数据。当使用 GET 方法时,Web 服务器把接收的数据存放到缓存区 QUERY_STRING,CGI 程序从 QUERY_STRING 中读取数据。此时 CGI 程序派生一个子进程处理相应的函数,经过一系列处理后将结果放到 STDOUT,从而返回给 Web 浏览器显示。

CGI 设计流程如图 3 所示,用户通过 Web 浏览器访问 URL 地址,形成的 HTTP 请求发送到 Web 浏览器,Web 服务器守护进程接受该请求后创建一个 CGI 子程序,该程序从 STDIN 读取输入请求的信息,CGI 处理程序执行后使用 STDOUT 输出为 HTTP 响应,通过浏览器呈现结果。

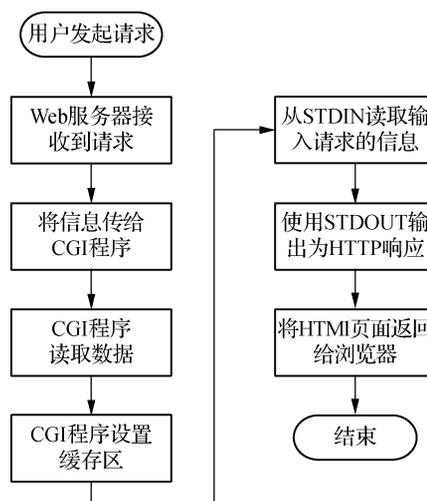


图 3 CGI 设计流程

3 系统测试与应用

本项目搭建的嵌入式 Web 服务器运行在飞凌 OK210 开发板,使用 SAMSUNG S5PV210 主处理器,主频最高可达 1 GHz,32/32 kb 的数据/指令一级缓存,512 kb 的二级缓存,可以实现 2000 DMIPS 的高性能运算能力。另外,开发板运行 Linux-2.6 操作系统,使用了较新的进程调度算法,运行在高负载的情况下也能表现出稳定且出色的性能。

首先,将修改好的配置文件 `boa.conf` 下载到 `/etc/boa`,在 `/var/www` 目录下编写目录索引文件 `index.html`,并将 CGI 测试程序 `test.cgi` 放入 `/var/www/cgi-bin` 目录下。连接宿主机与目标机,当 Web 浏览器发出请求时(在火狐浏览器中输入 `http://192.168.1.105/`),Boa 服务器调取索引文件,如图 4 所示,点击“Try CGI”,程序输出结果返回到 Web 浏览器,实现动态交互。

上述实验完成了嵌入式 Web 服务器的搭建与 CGI 应用的测试。该系统可以应用在众多场景下,如在智能家庭医疗系统中,由智能终端采集并保存用户的信息,如体温、血压等,远程监护人员通过浏览器访问智能终端,调用 CGI 程序按照预定的方法进行处理,查看用户当前信息或浏览历史信息曲线。

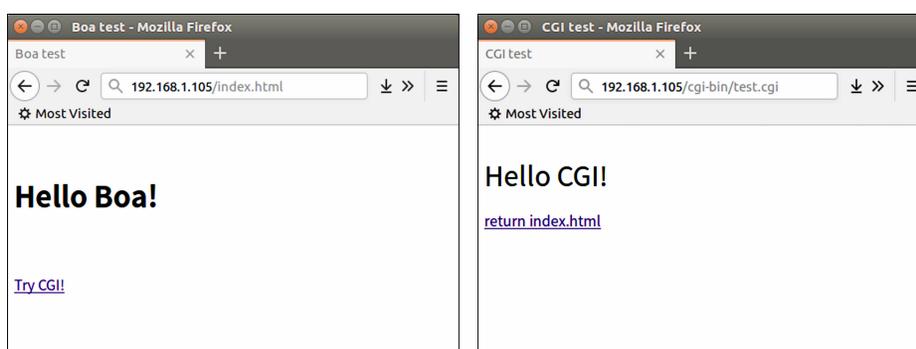


图 4 测试界面

进一步地,嵌入式 Web 服务器与 CGI 可以应用于智能化家居监控系统中,以嵌入式 Web 服务器为核心,结合 CGI 驱动远程硬件资源,采集家居环境的数据以及控制电器设备的开关,连接 USB 摄像头实时采集家居环境图像,用户通过浏览器与嵌入式 Web 服务器动态地交互数据。

4 结 语

本项目搭建了基于嵌入式开发板与 Linux-2.6 的开源平台,主要分析了嵌入式 Web 服务器技术,实现了 Boa 在嵌入式系统下的编译和移植,结合 CGI 程序完成了宿主机与目标机的动态交互。所搭建的开源平台,具有操作简单、使用方便、成本低廉等优点,对构建远程监控管理系统、智能家庭医疗系统有一定的借鉴作用。

参考文献:

- [1] Li L H, Xu X F, Tang S C, et al. The application and research of embedded web server technology in smart grid DTU [C]. New York: IEEE International Conference on Signal Processing, 2015
- [2] 陈娟,李元,李万国. 基于 B/S 模式的嵌入式系统测试方法与实现[J]. 电子技术应用, 2016, 42(2): 50 - 52
- [3] 余文焕,贾华宇,马珺. 基于 ARM11 的嵌入式 Web 远程实时温度监测系统[J]. 仪表技术与传感器, 2017(12): 76 - 80
- [4] 汪纯云,张国平,陈志文,等. 基于 Cortex-A8 的嵌入式室外环境监测系统设计[J]. 电子测量技术, 2018(2): 139 - 143
- [5] 赵建华,师振伟. 嵌入式 Web 服务器在智能家居控制系统的实现[J]. 计算机技术与发展, 2013(3): 164 - 167

(责任编辑:湛 江)