

视频监控系统中嵌入式 Web 服务器的设计与实现

周若谷 丁峰 鲁力

(国防科学技术大学计算机学院 长沙 410073)

摘要 在 ARM2410 平台上提出了一套安防系统中嵌入式 Web 服务器的软硬件方案。该方案通过使用多进程模型构造 HTTP 引擎来提高服务器的反应速度,使用 SESSION 保存客户端和服务端连接来提高系统的安全性与效率,改进基于 Wcol 法的智能预测算法来预测用户读取页面,从而提高服务器的效率。实验表明,该方案是正确的,与当前其他监控系统内置服务器相比具有安全性高、响应速度快、稳定性强等特点。

关键词 嵌入式 Web 服务器,安防监控,安全性,HTTP

中图分类号 TP393 **文献标识码** A

Design and Implement of Embedded Web Server toward Video Surveillance System

ZHOU Ruo-gu DING Feng LU li

(National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract Based on ARM2410 platform, this paper proposed a hardware and software solutions of embedded Web server in the security system. The program model was constructed by using the multi-process HTTP server engine to improve speed of response, used SESSION to save client-side and server-side connections to improve system security and efficiency, improved method based on Wcol to read intelligent predictive algorithm to predict the page to improve the efficiency of the server. Experimental results show the program is correct and has a safe, fast response and strong stability characteristics.

Keywords Web server, Pretreatment, Safety, HTTP

1 引言

随着智能家居安防监控系统的普及,人们对安防系统软件的安全性和实时性要求越来越高。基于嵌入式 Web 服务器的智能家居安防监控系统可以智能地监控目标,系统用户可以通过使用客户端 Web 浏览器浏览嵌入式 Web 服务器所在监控设备处发生的事件^[1]。

目前市场上监控系统嵌入式 Web 服务器的解决方案包括:自主开发针对某特定开发板特定应用目的的嵌入式 Web 服务器,或者直接采用目前比较成熟的开源嵌入式 Web 服务器再进行适当修改^[2]。当前比较成熟的开源服务器有 3 个:Httpd, Thttpd 和 BOA。Httpd 是一款最简单的 Web Server,采用多进程并发结构开发,但它的功能最弱,不支持认证,不支持 CGI。Thttpd 和 BOA 支持认证和 CGI。BOA 是一个单任务的服务器,对每个到来的请求都是依次处理,所以可能导致有的客户会等待很久。而 Thttpd 在运行过程中所需要的资源大于 BOA^[3]。采用开源服务器可以节约开发成本,但是由于服务器为通用服务器,各有各的缺点,不能像特定开发的服务器完全紧密地与开发项目结合,从而使系统运行效率受到影响。自主开发的针对特定开发板的服务器具有量身定

做的特点,以牺牲当前开发时间来换取系统长期的运行效率是值得的^[4]。

自主开发的服务器根据开发板的特性又分为在目标开发板上先移植操作系统和目标设备上无操作系统两类。开发目标板上无操作系统的 Web 服务器需要先开发 TCP/IP 协议栈软件,而且这类开发主要面向低端的资源非常有限的开发板^[5]。ARM2410 开发板为较高端的开发设备,有足够的资源可供移植操作系统使用,和无操作系统的开发板相比减少了系统的开发周期。本文采用嵌入式 LINUX 操作系统,利用操作系统自带的 TCP/IP 协议栈提供的 SOCKET 编程接口设计一个简单的既具有较快的反应速度又只需较少资源的嵌入式 Web 服务器。

2 嵌入式 Web 服务器硬件架构

智能家居安防监控系统的硬件主要包括用于视频图像采集的 CPLD、视频解码芯片 SAA7111A、用于视频图像处理的 S3C2410。嵌入式 Web 服务器位于 S3C2410 开发板上。系统硬件结构如图 1 所示。

系统在 CPLD 的逻辑控制下,由 SAA7111 采集 CCD 摄像头输入的视频模拟信号并数字化,将数字化的视频数据放

到稿日期:2010-06-10 返修日期:2010-09-10 本文受科技部重大专项(ECK2150A),湖南省科技计划项目(2008GK3134),湖南省教育厅科学研究项目(10C0202)资助。

周若谷(1981—),女,硕士,讲师,主要研究方向为嵌入式系统、数据挖掘等;丁峰(1984—),男,硕士,主要研究方向为嵌入式开发;鲁力(1983—),男,硕士,主要研究方向为嵌入式技术。

入 FIFO 缓冲区中,完成之后发中断信号给 S3C2410,由 S3C2410 以中断方式读取视频采集卡的数据并进行运动检测,通过一系列算法得到质量较高的图像。在此基础之上同时建立嵌入式数据库,提供 Web 服务功能,用户可以通过网络随时查看存储系统中保存的由运动检测算法检测到的异常视频图像。

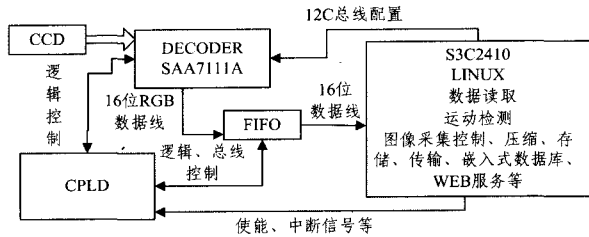


图1 硬件结构图

3 智能家居安防监控系统的嵌入式 Web 服务器软件系统结构

嵌入式 Web 服务器以嵌入式 Linux 操作系统为基础,使用操作系统自带的 TCP/IP 协议。本文利用 TCP/IP 协议栈提供的 SOCKET 编程接口设计一个简单的嵌入式 Web 服务器。Web 服务器由 HTTP 引擎、用户验证模块、应用程序接口模块 4 部分组成。为了克服 HTTP 协议的不可持续性,引入了 Session 的概念。使用 Berkeley 数据库管理系统实现服务器的 Session 功能,通过服务器预取功能提高服务器的效率。总体框架如图 2 所示。

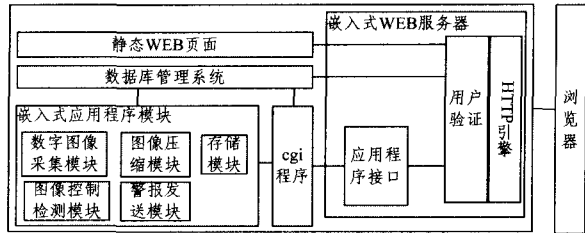


图2 系统总体结构图

HTTP 引擎模块采用多进程模式,用于接收浏览器请求。也可以将浏览器请求的静态 Web 页面发送给浏览器端的用户,还可以将 CGI 程序的执行结果反馈给浏览器。

用户验证模块主要用于维护系统的安全性。用户初始登录时,HTTP 引擎模块将用户连接的合法性交由用户验证模块进行校验。当浏览器访问嵌入式 Web 服务器上受密码保护的数据时,嵌入式 Web 服务器返回代码为 401 的响应,要求用户输入用户名和密码。带有用户名和密码的请求再次被发送到嵌入式 Web 服务器。

如果用户名和密码正确,安全模块调用 Session 模块生成对应用户的 Session 值并保存在数据库中,从而保持 HTTP 的相关状态,为用户提供后继认证以区别不同的用户。同时,HTTP 引擎判断请求是否为静态信息。若是,则由 HTTP 引擎模块直接将用户请求的静态 Web 页面发送给浏览器端用户;若请求为动态页面,HTTP 引擎模块将收到的请求转发给应用程序接口,由应用程序接口模块调用 CGI 程序,再将 CGI 程序的执行结果反馈给浏览器。

若用户名和密码错误,用户验证模块将返回 403 错误代码,在浏览器上显示禁止访问错误。用户如果已经登录只是

再次访问服务器文件,HTTP 引擎模块将用户连接参数交由用户验证模块。用户校验模块调用 Session 模块,Session 模块将得到的用户传来的 Session 值在数据库中匹配,查找是否存在这个用户 Session。同时在数据库中判断 IP 是否和第一次访问的相同,并检查此 Session 的有效访问时间。若以上判断都匹配,则说明该用户传过来的 Session 是合法的,处理方法和初始登录相同。同时,安全模块又会生成一个新的 Session 值,和返回给客户的结果一起发送,并将数据库中该用户的原 Session 覆盖。

嵌入式 Web 服务器处理数据的结构流程图如图 3 所示。

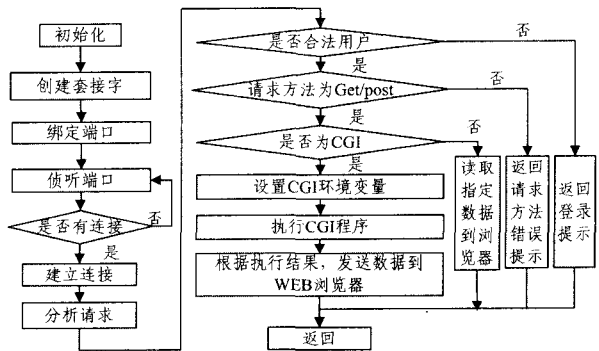


图3 Web 服务器处理流程图

4 关键技术及实现

4.1 HTTP 引擎

早期的 Web 服务器采用单进程单连接模型。这种服务器在工作时只能响应一个连接请求,而其它连接必须等待至 Web 服务器完成与该连接请求并关闭 TCP 连接。这种方式连接的效率比较低,用户浏览器能明显感到连接延时。本 Web 服务器采用多进程模型,这种模型对来自多个客户的连接请求使用多个进程来进行分析处理,能解除单进程的长时间随机延时问题^[6]。

服务器首先创建一个套接字,然后为该套接字绑定一个地址,侦听客户发来的连接请求。在程序中我们使用自定义函数 BIND 来实现绑定功能,被绑定的地址包括一个 IP 地址和一个端口号。在套接字数据结构中, Serv_addr 域保存了绑定的 IP 地址。

一旦建立好了套接字并绑定了地址,就调用自定义函数 LISTEN 启动侦听。程序会将套接字状态设置为 TCP_LISTEN,并做好其它一些允许接受连接请求的工作。

当程序开始侦听后,系统进入循环结构。当有连接请求时,通过 ACCEPT 函数来接收,同时通过 FORK 函数开辟子进程,由子进程来处理请求而父进程继续监听。其中子进程使用自定义函数 handle_connection 来处理请求。

handle_connection 函数中,将浏览器请求信息存入接收缓存,函数提取请求行等内容,调用安全模块验证用户,根据不同的请求方法调用应用程序接口模块执行 CGI 或者直接返回请求的静态页面信息。

4.2 安全模块

在任何服务器中都会要求对客户进行身份验证。RFC2617 定义两种认证方案:Basic 认证方案和 Digest 认证方案。目前还有 ssl 方案等^[7]。其中 Basic 认证方案实现较简单,适合嵌入式应用。本服务器选择这种认证方案。

安全模块首先根据请求消息中是否有 Authorization 报头字段来判断请求信息中有没有认证信息。HTTP 协议中 Authorization 字段的内容包括认证的类型和用户密码字符串,它们由空格隔开。用户密码字符串由用户名和密码组成,中间由冒号隔开,同时用户密码字符串还经过了 base64 编码。

安全模块收到编码信息后,对认证信息进行解码,解码过程与编码过程相逆。服务器根据解码得到的用户名和密码搜索数据库,首先匹配用户名。如果在数据库中找到该用户名,则合法,接下来对密码进行匹配。系统存储的密码由 Linux 提供的 crypt 函数单向加密形成密文,匹配时将解码得到的密码和数据库中的密码的密文一起传给 crypt 函数。身份认证数据流程图如图 4 所示。

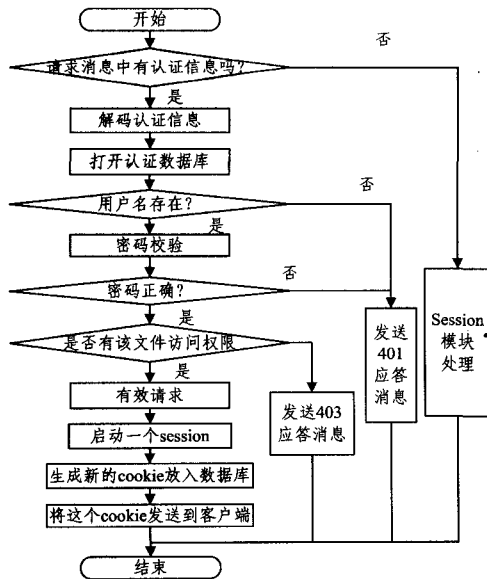


图 4 安全认证流程图

4.3 Session 模块的实现

当登录用户用安全模块验证登录为合法时,系统调用 Session 模块,由 Session 模块产生 Cookie 值回送给合法客户端,从而保证客户端和服务端端的持续连接。若系统用户再次请求服务,则提供服务器给的 Cookie 值,系统判断合法,则回应请求并调用 Session 模块,生成新的 Cookie 值,回送给客户端,从而形成下一次的连接凭证。Session 模块的流程如图 5 所示。

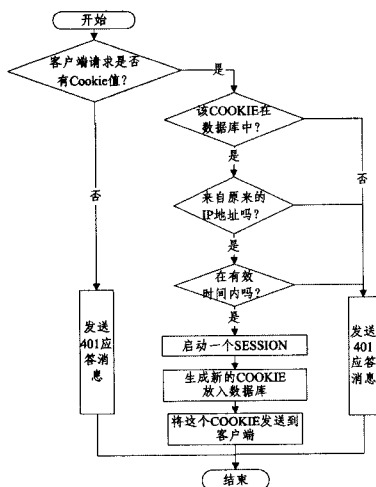


图 5 Session 模块流程图

4.4 服务器的预取

监控系统的页面较少而且链接简单,因此采用基于 Wcol 法的智能预测算法^[8],并对它进行一定的改进。可以将系统的相互链接的页面看成一个图,图的存储可以采用邻接表法实现。

算法的思路是,将系统网站中的相关页面用一个顶点表存储,再将其相关的链接存储在边表中。当用户请求一个 URL 时,服务器收到请求,解析出请求的 URL,预取模块在邻接表中寻找该页面是否在内存中。不在,则去磁盘读取相应的页面,放入内存中;在,则直接读取返回给用户。与此同时,预取模块通过邻接表中查找的该页面的信息,在边表中找到此页面相关的链接,同时预测用户下次可能访问的页面、图片等信息,将信息放入内存中,从而提高访问速度。

预取工作围绕邻接表展开。网站每一个页面的信息构成顶点表,同一个页面的相关链接包括页面信息、图片信息等构成边表。邻接表如图 6 所示,相关数据结构定义如下:

```
typedef struct{
    char local_addr[30]; //本地访问地址
    int total_file; //本页面相关链接数
    int in_off; //本页是否在内存中
    hash_inf * refer_info; //本页面的边表指针
}page_inf;
page_inf page[15];
typedef struct node{
    int count; //访问次数
    char local_addr[30]; //本地访问地址
    int in_off; //是否在内存
    struct node * next; //下一节点指针
} hash_inf;
```

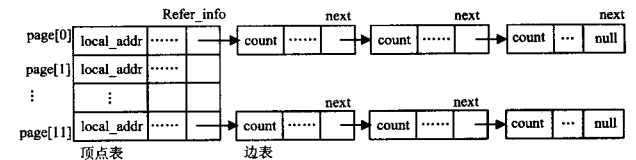


图 6 页面访问的邻接表表示图

服务器的网站模块的开发分为静态页面模块和 CGI 程序模块两部分,共有页面 12 张。该结构可以看成一棵树,因此 page^[15]这个顶点表数组中共存放 12 张页面信息。页面的存放顺序按照图 7 所示的层次优先顺序进行存放。

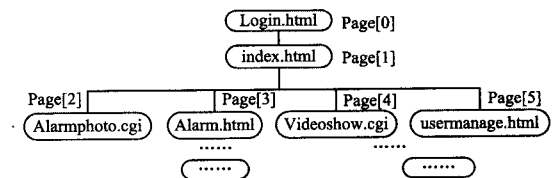


图 7 页面与顶点表对应图

5 智能家居安防监控系统的 Web 服务器性能测试

本测试采用的网络环境为 10M 以太网,测试时网络中共有 12 台主机,其中 6 台主机的操作系统为 Windows XP,其他 6 台主机的操作系统为 Linux。当系统的软硬件条件配置齐全后,我们在电脑的浏览器地址栏下输入嵌入式服务器的 IP 地址,服务器就会对浏览器的请求做出响应,将网页发给浏览器。

开发的网站都能够在开发的服务器上很好地运行,这可通过用户使用 Linux 客户机的 Konqueror 浏览器访问 alarmset.html 后 ethereal 软件抓取的服务器和客户机交互的 HTTP 数据包来证明。图 8 是用 ethereal 抓取的这次交互的 HTTP 数据。

```

HTTP/1.1 200 OK (text/html)
Content-Type: text/html
Content-Length: 1024
Server: Apache/2.2.9 (Ubuntu)
Date: Wed, 07 Jun 2006 10:00:00 GMT
Accept-Ranges: bytes
Access-Control-Allow-Origin: *
Access-Control-Allow-Methods: GET, POST, OPTIONS
Access-Control-Allow-Headers: X-Requested-With, X-JSONRequestNumber
Cache-Control: private, no-cache, no-store, max-age=0, must-revalidate
Expires: 0
Pragma: no-cache

```

图 8 ethereal 抓取的 http 数据包截图

为了测试服务器的响应速度以及预取算法对效率的影响,分别运行了添加预取功能模块和没有添加预取功能模块的服务器,并进行 4 次测试,每次又分为 3 组进行。

(1) 让局域网内 12 台计算机测试系统的 alarmphoto.cgi 警报图片页面的第一次加载访问时间。按照理论,由于添加预取模块的服务器的算法才第一次运行,不会对性能的提高有多大影响,因此两次测量的效率应该差别不大。

(2) 让局域网内 12 台计算机访问系统的 alarmphoto.cgi 警报图片页面的第二张图片,并测试访问时间。按照理论,此时添加预取模块的服务器的算法已经起作用,将会对性能的提高有影响,因此应比未添加预取模块的服务器效率高。

4 次测试在访问页面时系统未出现死机现象。测试包含图片页面的第一次加载访问时间的结果如表 1、表 2 所列:没有添加预取模块的服务器的图片首次下载时间为 5s~9s,平均为 6.85s;而添加预取模块的服务器的图片首次下载时间也为 5s~9s,平均为 6.91s。考虑到误差因素,实验结果证明,对于第一次访问的页面两个服务器的性能相差不大。

表 1 未添加预取模块的服务器图片首次下载时间测试结果

	各值出现次数		
	第 1 组	第 2 组	第 3 组
图片首次	5	1	0
下载时间	6	3	5
测量值	7	5	4
	8	2	3
	9	1	0
图片首次下载时间平均值	6.91	6.83	6.83

表 2 添加预取模块的服务器图片首次下载时间测试结果

	各值出现次数		
	第 1 组	第 2 组	第 3 组
图片首次	5	1	0
下载时间	6	2	5
测量值	7	6	3
	8	2	4
	9	1	0
图片首次下载时间平均值	7	6.91	6.83

测试页面第二张图片的访问时间的试验结果如表 3、表 4 所列:没有添加预取模块的服务器对第二张图片的下载时间仍然为 5s~9s,平均为 6.88s;而添加预取模块的服务器的第

二张图片的下载时间为 3s~7s,平均为 4.83s。结果证明包含预取模块的服务器性能较好。

表 3 未添加预取模块服务器第二张图片下载时间测试结果

	各值出现次数		
	第 1 组	第 2 组	第 3 组
图片首次	5	1	1
下载时间	6	3	3
测量值	7	5	5
	8	2	2
	9	1	1
图片首次下载时间平均值	6.91	6.91	6.83

表 4 添加预取模块的服务器第二张图片下载时间测试结果

	各值出现次数		
	第 1 组	第 2 组	第 3 组
图片首次	3	2	0
下载时间	4	3	4
测量值	5	5	3
	6	1	5
	7	1	0
图片首次下载时间平均值	4.67	5.08	4.75

结束语 本文重点探讨了智能家居安防监控系统中嵌入式 Web 服务器的设计方法与一些关键技术,开发的网站都能够在开发的服务器上很好地运行,包含预处理模块的测试表明,包含预取模块的服务器性能较好。实验表明,本文方案与其他嵌入式 Web 服务器相比,具有安全性高、响应速度快、稳定性强的特点。这种基于嵌入式 Web 服务器的远程监控维护方式可以有效降低系统监控运行维护成本,提高监控运行维护效率。

参考文献

- [1] 张建国,周利华. 微嵌入式系统 Web 服务器技术[J]. 西安电子科技大学学报:自然科学版,2005,22(1):116-121
- [2] 赵晓焱,谢自梅,祁艳. 面向远程监控系统的嵌入式 Web 服务器研究与实现[J]. 河南师范大学学报:自然科学版,2008,36(6):139-141
- [3] Hammel M J. Mongoose: an embeddable Web server[J]. Linux Journal, 2010(192)
- [4] 刘博. 嵌入式 Web 服务器的设计与实现[D]. 西安:西安电子科技大学,2006
- [5] Guan Mo, Gu Minghai. Design and implementation of an embedded web server based on ARM [A]// 2010 IEEE International Conference of Software Engineering and Service Sciences (IC-SESS)[C]. 2010:612-615
- [6] 袁宏攀,赵建军,印盼,等. 基于 Linux 及 S3C2440 的嵌入式 Web 服务器的远程控制功能实现[A]// 2010 通信理论与技术新发展——第十五届全国青年通信学术会议[C]. 2010
- [7] 张丽娜,朱永红. 嵌入式 Internet 技术的研究与实现[J]. 计算机工程与设计,2008,29(12):3266-3268
- [8] 孙晓勇. 嵌入式 Web 服务器在嵌入式实验平台上的实现[D]. 南京:东南大学,2006