

# 无操作系统的Web远程监控系统设计

邓威威, 何 衍\*

(浙江大学 电气工程学院, 浙江 杭州 310027)

**摘要:** 为缓解大规模远程监控网络构建成本和系统功能之间的矛盾,研究了无操作系统环境下的Web远程监控技术。针对无操作系统的背景,分析了缺乏文件系统、没有CGI接口、没有高级语言支持情况下的Web服务器设计问题;在引入LWIP的基础上,参照CGI实现的思想,提出了虚拟CGI的概念,建立了用户端与服务器端之间的动态交互;同时通过调用用户端的ActiveX控件的方式,在不增加服务器负担的前提下,丰富了用户端界面的动态显示;在LM3S8962系统上对该方案展开了评价,进行了加热炉温度远程控制实验。实验结果表明,该方案可以有效地对目标实现远程监控,性能上可以达到过去基于PC系统的水平。

**关键词:** 远程监控; Web服务器; LWIP; 通用网关接口

中图分类号: TP278; TP368.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2012)04-0490-03

## Design of Web remote monitoring system without operating system

DENG Wei-wei, HE Yan

(College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

**Abstract:** In order to relax the contradiction between the low cost of system building and high level system requirements in large-scale remote monitoring networks, the scheme of Web remote monitoring without operating system was investigated. Aiming at the background without operating system, the design issues of Web server with no file systems, common gateway interface (CGI) and high-level language support were analyzed. With the introduction of light weight IP (LWIP), a concept of virtual CGI was put forward referring to the idea of CGI implementation, then the dynamic interaction between the client and server side was established. The scheme was evaluated on LM3S8962 system, and the remote experiments of furnace temperature control were studied. The experimental results show that the scheme can effectively monitor the objective remotely, and achieve the same performance of system based on PC before.

**Key words:** remote monitoring; Web server; light weight IP (LWIP); common gateway interface (CGI)

## 0 引言

随着电力、电信等行业的发展,大规模监控网络变得越来越常见<sup>[1]</sup>。为了满足日益提高的节点管理要求,一般采用基于Web的B/S(Browser/Server)结构<sup>[2]</sup>。目前,嵌入式系统已能够很好地满足这一要求<sup>[3-4]</sup>,但对于大规模应用场合,还需探索其他途径。

为了进一步缓解大规模远程监控网络构建成本和系统功能高要求之间的矛盾,笔者研究在低配单片机上无操作系统的Web远程监控的实现,并以加热炉温度控制远程实验为对象证实所提出方案的可行性。

## 1 远程监控网络系统结构

远程监控系统的结构体系如图1所示<sup>[5]</sup>。

该系统分为PC用户端和远程节点端,采用B/S架构。PC机作为远程监控用户管理端,是用户浏览网页的平台,主要负责网络配置、命令的发送、参数的设定、现场数据的接收和动态显示等,来管理诸多的节点。远程节点端则是由单片机系统和监控对象组成,单片机设备及其软件系统则是该监控系统的核心。它以Web服务器为载体,扩展有相应的监控程序,负责命令的接收与执行、设备参数的设定以及现场数据的采集和发送等功能。

收稿日期:2011-12-05

作者简介:邓威威(1988-),男,安徽亳州人,主要从事网络控制方面的研究。E-mail:dunwii@163.com

通信联系人:何 衍,男,博士,副教授,硕士生导师。E-mail:heyang@zju.edu.cn

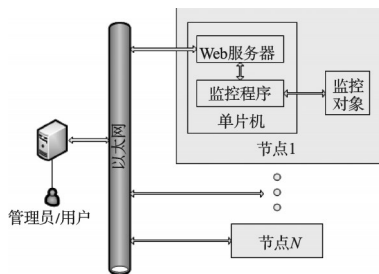


图1 远程监控系统结构

## 2 远程监控系统的实现

为了节约系统成本,本研究拟在不带操作系统的单片机上实现如图1所示的架构。相较于基于PC机或嵌入式系统的方案,本研究主要需解决以下4个问题:

- (1) 无操作系统支持的TCP/IP协议实现;
- (2) 无文件系统情况下的网页发布;
- (3) 无CGI情况下的动态网页设计;
- (4) 无高级语言支持下的动态显示。

下面本研究分别讨论这些问题的解决方法。

### 2.1 TCP/IP协议实现

实现以太网接入的核心问题是如何实现TCP/IP协议<sup>[6]</sup>。通常的TCP/IP需要操作系统支持,而且结构庞大,需要消耗大量的系统资源。这里采用了LWIP(Light Weight IP)协议栈。LWIP是瑞典计算机科学院设计的一个开源TCP/IP协议栈,其实现的重点是保持TCP协议主要功能的基础上减少对RAM的占用,并可在无操作系统的环境下使用<sup>[7]</sup>,具有可靠性和稳定性高、成本和功耗低、可移植性强的特点。

LWIP为本研究提供了两种API(Application Programming Interface,应用程序编程接口)函数来实现TCP/IP协议栈:低水平的、基于回调函数的API(RAW API)和高水平的、连续的API(sequential API)。本研究采用RAW API接口函数,因为其不仅在程序代码的执行时间上更快,而且在运行中它也占用更少的内存资源。这里用到的RAW API函数主要有以下这些:

- (1) 建立TCP连接函数,如:tcp\_new、tcp\_bind、tcp\_listen、tcp\_accept等;
- (2) TCP数据发送函数,如tcp\_write;
- (3) TCP数据接收函数,如tcp\_receive;
- (4) 关闭TCP连接函数,如tcp\_close。

### 2.2 基本Web服务器实现

一个基本的Web服务器应首先实现静态网页发布的功能。网页在服务器中通常为由HTML语言编写的文件。但是由于本研究采用的是无操作系统的方案,没有文件系统,不支持文件存储,无法按需求调用并发送相应的网页。但由于HTML文件是纯文本形式

的,静态网页可以字符串的形式存储在单片机的ROM中。对网页的发布可通过调用相关的字符串实现。例如要发布的网页名称为“控制页面”,则ControlPage可按HTML语言编写一段简单的网页字符串:

```
char ControlPage="<html>\
<head>\
<title>控制页面</title>\
</head>\
\
<body>\
<!--这里添加页面内容-->\
</body>\
</html>";
```

可见字符串内容即网页文本,但对于会引起歧义的有些字符如“”、“'”等在C语言里有专门用途,或者在ASCII字符集中没有定义的,则使用转义字符表示。

网页发布可通过tcp\_write函数来进行实现。

### 2.3 动态网页的实现

为了实现远程配置、数据显示的功能,仅仅是能发布静态网页的Web服务器还是不够的,还需要Web服务器能够实现动态网页功能<sup>[8]</sup>。

常规方法下Web服务器动态创建网页有CGI、ASP、PHP和JSP等技术,但这几种方法都是在大型多用户操作系统中的Web服务器上实现的。其中CGI是早期基本的实现方式。它是在HTTP服务器下运行外部程序(或网关)的一个接口程序,它能让网络用户执行存储在服务器上的程序,就好像其在实际使用那些远程计算机一样。而这恰好与该系统所要实现的目标一致。这里借鉴CGI实现的思想,采用虚拟CGI的方式在单片机无操作系统的Web服务器上完成动态网页的实现。

用户向客户端请求或传送数据时,客户端遵循HTTP协议发起一个到服务器上指定端口(默认端口为80)的HTTP请求。通过HTTP协议请求的资源由URL(统一资源标示符)来标识。URL是对可以从因特网上得到的资源的位置和访问方法的一种简洁的表示,其语法格式为:

协议://授权/路径? 查询

服务器接收到的命令则包含URL的路径和查询部分,查询便是客户端向服务器传送的参数及值的表示<sup>[9]</sup>。例如本研究后面所举的远程PID控制实验例子,在用户提交实验参数时,服务器端接收到的命令如下:

```
GET /PIDParamSet?Kd=18.4&Ki=1.15&Kp=9.2&ST=60&GT=300&Submit=%C9%E8%B6%A8%B2%CE%CA%FD HTTP/1.1
```

其中“GET”定义了服务器接收数据的方法,PIDParamSet本应是自定义的路径,指向CGI处理文件的位置。由于本研究没有文件系统,将其作为处理标识,调用相关的处理函数。“?”后面的是查询,也就是表单提交的参数名和值,参数间用“&”隔开。就本例而言,可以根据K<sub>d</sub>、

$K_i$ 、 $K_p$ 和 $ST$ 等参数名设置相关的PID参数和采样时间。

所以虚拟CGI的工作步骤为:

(1) 从LWIP的pbuf结构中提取出客户提交的URL信息;

(2) 解析收到信息,获得路径和表单参数;

(3) 根据路径调用相关处理函数,并对相关参数进行处理。

与普通Web服务器不同的是,该服务器还有监控功能,这部分的程序使用定时器触发中断执行,主要包括数据采集、对象控制等。监控程序与Web服务器程序以数据共享的方式进行交互。当控制参数被客户改变时,监控程序会及时地更新。

#### 2.4 数据处理和网页的动态显示

在现代监控系统中,用户仅仅拿到监测数据是不够的,还需要对数据进行处理。作为一个设计良好的远程监控系统,需要为用户提供数据的动态直观显示和后期处理的方法和结果。

如果数据后期处理完全在Web服务器端实现,并不能很好地完成网页动态显示的任务,因为一方面由于缺乏丰富的软件支持,网页比较单调,难以实现友好的用户端界面;另一方面,绘图等工作非常消耗单片机的资源,不利于保证系统监控方面的实时性。因此,对于数据的后期处理和动态界面显示等任务,需要转移给浏览器来完成<sup>[10]</sup>,例如利用脚本语言JavaScript来调用客户端的程序实现,包括ActiveX控件。

为调用TeeChart控件在客户端实现实时曲线绘制的例子如下:

```
<object
classid="CLSID:
B6C10489-FB89-11D4-93C9-006008A7EED4" width=503
height=365 hspace="50" align="middle" id="TChart1">
</object>
```

TeeChart控件以对象形式插入,TChart1为对象名,其属性和方法可在后面的JavaScript函数中修改:

```
<SCRIPT type="text/jscript">
TChartSet();
function TChartSet()
{
/*此处添加图表的属性和方法设置的命令,如修改标题的
语句为:
TChart1.Header.Text(0)="加热炉控制实验";
*/
}
</SCRIPT>
```

### 3 系统的实现与应用举例

本研究以远程加热炉控制实验为例,来验证单片机下基于Web的远程监控系统的实现<sup>[11]</sup>。

该实验采用TI提供的LM3S8962芯片,对加热炉进行远程Web温度控制,控制方法为PID控制。用户在浏览器上输入该网点IP,即可登录实验界面,而后输入 $K_d$ 、 $K_p$ 、 $K_i$ 、采样周期和实验时间等参数,提交开始实验。实验过程中系统返回实时温度,浏览器端使用网页内嵌的TeeChart控件进行温度曲线绘制。实验页面如图2所示。该页面实现了过去采用PC机做服务器的效果。

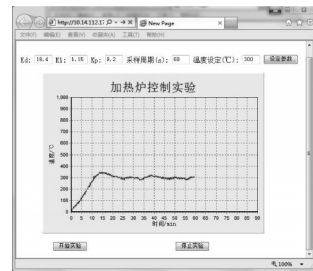


图2 加热炉温度控制实验页面

### 4 结束语

本研究为解决大规模远程监控应用中成本和性能之间的矛盾,提出了无操作系统的动态网络服务器实现方案。经远程加热炉控制实验的实践证明,该系统能良好地实现远程Web监控功能,并且具有友好的操作界面,达到了过去基于PC机实验系统的水平,具有较高的实用价值和应用前景。

#### 参考文献(References):

- [1] 曹原,方建安. 基于Web的嵌入式远程监控系统[J]. 机电工程,2011,28(7):859-862.
- [2] 吴小红. 基于B/S的倒立摆远程控制实验系统的设计[J]. 控制工程,2005,12(1):87-89.
- [3] LGOR K. Extensible embedded Web server architecture for Internet-based data acquisition and control [J]. **IEEE Sensors Journal**, 2006,6(3): 804-811.
- [4] 张艳洁,杨艳芳,周英君,等. ARM嵌入式系统中Web服务器功能的实现[J]. 计算机应用,2009,29(6):57-58.
- [5] ALI Z A, MEHMET A K. An Internet-based interactive embedded data-acquisition system for real-time applications[J]. **Instrumentation and Measurement**,2009,58(3): 522-529.
- [6] 杨振舰. 嵌入式Web Server及其在工控系统中的应用[J]. 通信技术,2008,41(10):199-200.
- [7] 杨俊,吕建平,徐峰柳. 基于 $\mu$ C/OS-II和LwIP的嵌入式Web服务器实现[J]. 电气自动化,2011,33(3):62-64.
- [8] 满莎,杨恢先,彭友,等. 基于ARM9的嵌入式无线智能家居网关设计[J]. 计算机应用,2010,30(9):2541-2544.
- [9] 荀启峰. 基于嵌入式WEB服务器动态生成网页的方法探讨[J]. 甘肃科技,2007,23(6):38-40.
- [10] 王真星,石林祥,沈武敏. 嵌入式Web服务器应用的关键技术研究[J]. 计算机工程与应用,2009,45(28):79-82.
- [11] BASANTA M, SACHIN S, AURAY C. An Embedded Web Controllable Heater Interface for Industry Application [C]// India Conference 2010. India: [s.n.], 2010:1-4.

[编辑:李辉]