

基于嵌入式 Web 服务器和 ZigBee 的远程数据采集系统设计

陈 舵,王永强

(唐山学院 计算机科学与技术系,河北 唐山 063000)

摘要:为实现远程数据采集需求,提出了一种综合应用嵌入式 Web 服务技术和 ZigBee 技术的远程数据采集系统设计方案,并完成了系统软硬件设计。ZigBee 传感器网络实时采集现场数据,并通过串行总线与嵌入式 Web 服务器通信,实现数据上传,远端用户通过 Internet 浏览器访问嵌入式 Web 服务器,获取远程实时数据。经实例验证,该系统具有实时和高效的优势,且运行维护成本较低。

关键词:嵌入式;Web 服务器;ZigBee;远程数据采集

中图分类号:TP393.09 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-349X(2018)03-0007-04

DOI:10.16160/j.cnki.tsxyxb.2018.03.002

A Design of Remote Data Acquisition System Based on Embedded Web Server and ZigBee

CHEN Duo, WANG Yong-qiang

(Department of Computer Science and Technology, Tangshan University, Tangshan 063000, China)

Abstract: To meet the needs of remote data acquisition, a design of remote data acquisition system based on embedded Web service technology and ZigBee technology is proposed, and the hardware and software design of the system is completed. ZigBee sensor network can collect field data in real time, and communicate with embedded Web server through serial bus to realize data uploading. Remote users can have access to the embedded Web server through the Internet to obtain remote real-time data. Tests of the design show that the system has the advantages of real-time and high efficiency, and the cost of operation and maintenance is low.

Key Words: embedded; web server; ZigBee; data acquisition

0 引言

随着物联网的迅速发展,远程数据采集系统在工农业生产和日常经济生活中的应用日益

广泛。嵌入式 Web 服务器(Embedded Web Server, EWS),是在现场测试和控制设备中嵌入的 Web 服务器^[1],是一类基于嵌入式设备

作者简介:陈舵(1962—),男,河北乐亭人,副教授,博士,主要从事物联网工程、智能计算和工业控制研究。

的、低资源消耗的、小型或微型的 Web 服务器。EWS 通常采用 Browse/Server 的工作方式,即在嵌入式设备上运行支持脚本或通用网关接口(Common Gateway Interface, CGI)功能的 Web 服务器,能够生成动态页面,远端用户通过 Internet 浏览器可以对嵌入式设备进行管理 and 监控,使用非常方便,逐步成为嵌入式设备的主流管理与交互方式。ZigBee 网络作为无线传感器网络中最具发展潜力和研究价值的网络之一,获得军界、工业界和学术界的高度关注^[2]。综合应用传统的嵌入式 Web 服务技术和近来迅速发展的 ZigBee 无线传感器网络技术,完成远程数据采集和传送,是一种可靠和简洁的系统实现方案,也正是本文的研究内容。

1 系统构成

基于嵌入式 Web 服务器和 ZigBee 的远程数据采集系统结构图如图 1 所示。系统主要由远端客户端、嵌入式 Web 服务器、ZigBee 传感器网络 3 个部分组成。本系统使用开源的 GoAhead Web 服务器,基于三星 Exynos4412 处理器搭建嵌入式 Web 服务器;ZigBee 传感器网络拓扑结构采用星型结构,这是一种较为简单的网络结构,只需要协调器和端节点,不需要路由器。其中,协调器负责发起和建立网络,并通过串行总线与现场嵌入式 Web 服务器建立联接,其他所有端节点为终端设备,终端设备中配置有相应的传感器,进行现场数据的采集,这些数据通过端节点直接上传给协调器,若端节点之间需要通信,也必须通过协调器进行转发。

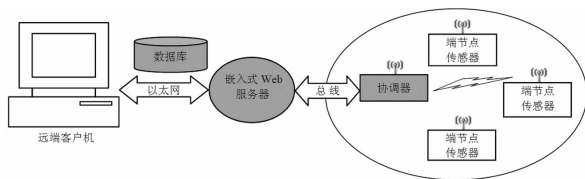


图 1 系统整体结构图

2 嵌入式 Web 服务器的实现

2.1 嵌入式 Web 服务器硬件方案

本文选择采用 ARM Cortex-A9 内核的处理器 Samsung Exynos4412 微处理器为主控芯片,处理器 Exynos4412 内部集成了 Mali-400

MP 高性能图形引擎,支持 3D 图形流畅运行,并可播放 1080P 大尺寸高清视频,运行主频高达 1.5 GHz。提供 UART, I2C, I2S, USB, SPI, SDIO 等总线接口,配置 1 GB 的 DDR3 内存、4 GB 的 FLASH 存储器。Cortex-A9 处理器利用动态长度、八级超标量结构、多事件管道及推断性乱序执行机制,能在频率超过 1 GHz 设备的每个循环中执行多达 4 条指令,运行效率得到很大提高,并与其他 Cortex 系列处理器以及广受欢迎的 ARM MPCore 技术兼容,支持通用的包括操作系统、实时操作系统、中间件以及相关应用程序在内的丰富软件资源,完全满足本系统的需求。

2.2 嵌入式 Web 服务器软件设计

2.2.1 EWS 的选择

常见的 EWS 有 Httpd, Apache, Boa 和 GoAhead 等^[1]。其中,Httpd 是一种轻量级 Web 服务器,提供 HTTP 支持;Apache 是重量级服务器,成熟稳定,但体积较大,适合复杂的嵌入式应用,但在高负载的情况下,没有单进程的服务器性能高^[1];Boa 支持 HTTP 和 CGI,具有较高的请求速度及效率,最多可以同时响应 50 个请求;GoAhead 是一款面向嵌入式系统的 Web 服务器,主要用于解决嵌入式系统开发的相关问题,尽管它的体积非常小巧,但提供了常见的服务特性,支持 HTTP, ASP, 嵌入式 JavaScript, CGI 以及静态页面 HTML 格式。因此,本文选择 GoAhead 作为嵌入式 Linux 操作系统下的 Web 服务器。

2.2.2 EWS 的移植

本系统采用的 LINUX 版本为 2.6.32,交叉编译器为 gcc version 4.5.1,移植步骤如下:

① 下载服务器源码, webs218.tar.gz, 下载地址: <http://www.goahead.com>。

② 解压源码工程: `tar-xzvf webs218.tar.gz`。

③ 修改 Makefile 文件: 进入源码目录, 修改 LINUX 目录下的 Makefile 文件,

```
cd ws031202 /LINUX /
vim Makefile
```

添加编译器宏定义,加入变量 CC 和 AR 的定义:

CC=arm-linux-gcc

AR=arm-linux-ar

④交叉编译:

make

编译成功后,即可生成 Web 服务器镜像,将其烧写到目标机后,进行相关配置并运行,即可启动嵌入式 Web 服务。

2.2.3 EWS 服务程序设计

嵌入式 Web 服务器涉及的主要技术是超文本传输协议 HTTP 和 CGI,EWS 工作过程示意图如图 2 所示。

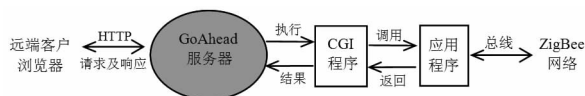


图2 EWS 工作过程示意图

在嵌入式 Web 服务器的工作过程中,通过 CGI 实现了动态网页服务,CGI 接口标准包括标准输入、环境变量、标准输出三部分,规定了嵌入式 Web 服务器调用其他程序的接口协议标准,Web 服务器通过调用 CGI 程序实现和 Web 浏览器的交互,CGI 程序接受 Web 浏览器发送给 Web 服务器的信息,进行处理,将响应结果再回送给 Web 服务器及 Web 浏览器,完成 Web 网页中表单数据的处理、数据库查询和实现以及与传统应用系统的集成等工作。

常用的 CGI 编程语言有 shell script, C, visual basic, perl 等,其中 C 语言简洁紧凑、灵活方便、运算丰富,并允许直接访问物理地址,支持直接对硬件进行操作,执行效率高,且可移植性好,是一种广泛使用的结构化程序设计语言。本文选择 C 语言进行 CGI 程序的开发,嵌入式 Web 服务器算法流程图如图 3 所示。

3 ZigBee 传感器网络的实现

ZigBee 是一种基于 IEEE802.15.4 标准的短距离、低复杂度、低功耗、低数据速率、低成本的无线网络技术。综合应用了 ZigBee 和传感器技术的 ZigBee 无线传感器网络,具备简单、方便、稳定和低成本等特点,应用非常广泛。

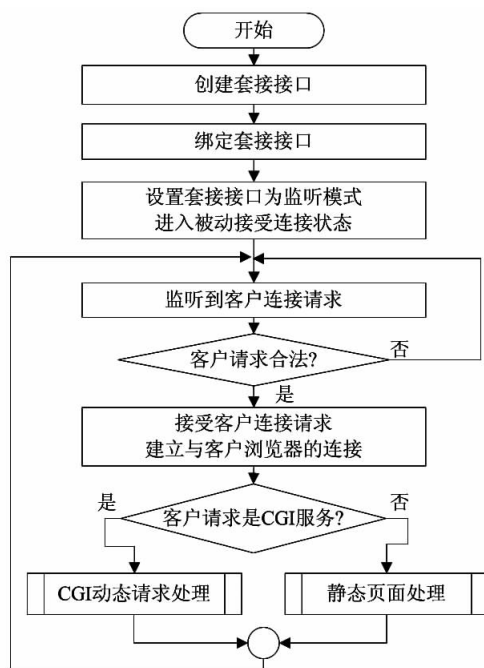


图3 EWS 算法流程图

3.1 ZigBee 传感器网络硬件方案

目前 ZigBee 的实现方案主要有三种: MCU 和 RF 收发器分离的双芯片方案、集成 RF 和 MCU 的单芯片 SOC 方案以及 ZigBee 协处理器和 MCU 的双芯片方案。在主要的 ZigBee 芯片提供商中,德州仪器的 ZigBee 产品覆盖了以上三种方案,飞思卡尔,ST,Ember, Jennic 可以提供单芯片方案,Atmel, Microchip 等其他厂商大都提供 MCU 和 RF 收发器分离的双芯片方案。

CC2530 是用于 2.4 GHz IEEE 802.15.4, ZigBee 和 RF4CE 应用的一个片上系统解决方案,结合高性能 DSSS 射频收发器和工业级 8051 控制器,这种解决方案能够提高性能,并满足以 ZigBee 为基础的 2.4 GHz ISM 波段应用,具备低成本、低功耗等特点,所以本文选择这种硬件方案。

3.2 ZigBee 传感器网络软件设计

Z-Stack 是由美国德州仪器开发,符合 IEEE 802.15.4 标准的免费和半开源 ZigBee 协议栈,它可以运行在 CC2530 以及 TI 别的硬件体系上,支持 ZigBee2007 及 ZigBee2007Pro 协议。本文的软件设计是基于 ZigBee2007 协

议的。

ZigBee 协调器是启动和配置网络的一种设备,负责启动整个网络,先选择信道和网络 ID(也称之为 PAN ID,即 Personal Area Network ID),随后启动整个网络。ZigBee2007 协议栈规范使用了 IEEE 802.15.4 定义的物理层(PHY)和介质访问层(MAC),并进一步定义了网络层(NWK)和应用层(APL),开发人员需要在此协议栈的基础之上增添自己的定义来满足具体设计需求。本文采用 ZigBee 协调器与子节点形成星型网络的网络架构,ZigBee 协调器主要功能是创建网络并进行通信。本文采用定长通信协议,一帧固定为 25 字节,协议的定义如下:

u8 DataHead[2]:包头 0xEE,0xCC
 u8 NodeAddress[4]:节点网络地址
 u8 FamilyAddress[4]:根节点网络地址
 u8 NodeState:节点状态
 u8 NodeChannel:物理信道
 u8 ConnectPort:节点 ID
 u8 SensorType:传感器类型
 u8 SensorID:相同类型传感器 ID
 u8 SensorCMD:节点命令
 u8 Sensordata[8]:节点传感器数据
 u8 DataEnd:包尾 0xFF

其中,符号“u8”表示单字节无符号整数数据类型。

ZigBee 端节点既可以是全功能设备,也可以是简化功能设备,但通常只需要一个简功能设备作为端节点。在基于 ZigBee 的无线传感网络中,端节点的主要作用是采集传感器数据,开发人员需要在应用层中加入传感器驱动程序,实现对传感器的数据读取。

4 系统测试

本文以温度、湿度和压力为数据采集实例,实现基于嵌入式 Web 服务器和 ZigBee 的远程数据采集。选用的温湿度传感器型号为 DHT95,压力传感器型号为 FSR400。其中,DHT95 是一款含有已校准数字信号输出的温湿度复合传感器,IIC 数据总线工作方式属于

数字传感器,测量范围分别为:温度 $-20 \sim 128^{\circ}\text{C}$ 和湿度 $0 \sim 100\% \text{ RH}$ 。FSR400 是一款超薄型电阻式压力传感器,测量范围为 $0 \sim 10 \text{ kg}$,属于模拟传感器。远程客户端软件平台为:Windows7 及以上操作系统、IE8.0 及以上 Web 浏览器。URL 测试地址为: <http://192.168.1.6/:8000>。浏览器主界面如图 4 所示。

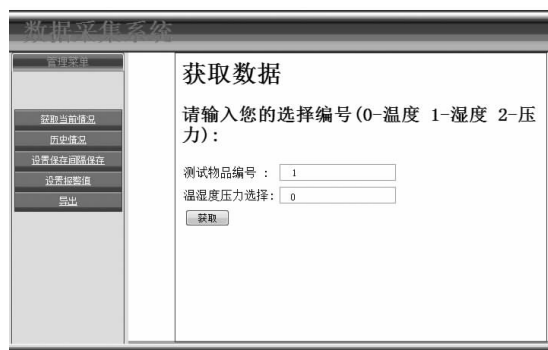


图 4 浏览器主界面

输入要获取的物品编号和数据类型,0 代表温度,1 代表湿度,2 代表压力。点击页面中的“获取”按钮,则服务器程序接受请求,并传回用户请求的数据。例如,用户获取“物品 1”的“温度”数据,如图 5 所示。

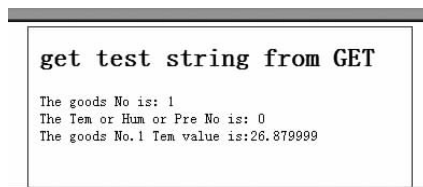


图 5 获取温度数据界面

用户获取湿度和压力数据等操作,与获取温度数据的操作相似,不再赘述。

5 结语

本文提出了一种综合应用嵌入式 Web 服务技术和 ZigBee 技术的远程数据采集系统的设计方案,并给出了系统硬件和软件的一种可行的实现方法。ZigBee 传感器网络实时采集现场数据,通过嵌入式 Web 服务器实现数据上传,远端用户通过 Internet 浏览器访问嵌入式 Web 服务器,获取远程实时数据。本文以温度、湿度和压力为数据采集实例,进行了系统硬件和软件测试,结果表明本文提(下转第 19 页)

正确性。这种由浅及深的方法,适合数据量大的遥感数据。

对于具体的数学形态学操作方法,结构元素的选择至关重要,应该根据实际的应用需求,对结构元素的选取有一个大致预测。线状地物应该选择线形结构元素,规则方形地物应该选择方形结构元素,各项异性不明显的高分影像适合应用圆形结构元素。根据所需提取对象和背景噪声的形状特征,选择合适形状和大小的结构元素。

本研究只是对多种形状的地物进行了简单验证,设置的阈值都是通过多次实验确定的。想要得出一个可以确定阈值的算法,还需要继续深入研究。

参考文献:

- [1] 李美玲,付慧,王晓晶,等. 高分辨率遥感影像道路提取[J]. 遥感信息,2016,31(2):64-68.
- [2] 孟伟灿. 遥感影像水域边界智能化提取方法研究[D]. 郑州:解放军信息工程大学,2012.
- [3] 耿帅. 基于数学形态学的图像去噪[D]. 济

南:山东师范大学,2012.

- [4] 郑亚惠. 基于超图与数学形态学的灰度形态学新算子[D]. 西安:西安电子科技大学,2016.
- [5] 潘建平,邬明权. 基于数学形态学的道路提取[J]. 计算机工程与应用,2008,44(11):232-240.
- [6] 肖大雪. 浅析数学形态学在图像处理中的应用[J]. 科技广场,2013(5):10-19.
- [7] 安如,冯学智,王慧麟. 基于数学形态学的道路遥感图像特征提取及网络分析[J]. 中国图像图形学报,2003,8(7):798-804.
- [8] 汪夕明. 遥感影像道路提取方法研究与实现[D]. 北京:清华大学,2011.
- [9] 邓培荣. 高分辨率遥感影像的道路提取方法研究[D]. 西安:西安科技大学,2017.
- [10] 王鹤智,刘兆刚. 阈值分割和数学形态学在遥感图像边缘提取中的应用[J]. 森林工程,2009,25(2):9-12.
- [11] 张云英,汪金花,陈晓婷,等. 面向对象的高分影像城市绿地精准提取方法研究[J]. 矿山测量,2016,44(2):76-79.

(责任编辑:李秀荣)

(上接第10页)出的设计方案是可行的。今后的研究工作会进一步提高系统可靠性和可维护性,优化人机交互界面。

参考文献:

- [1] 朱锦,雷娟娟,陈福才. 基于 CGI 的嵌入式

Web 服务器的设计与实现[J]. 电子设计工程,2016,24(19):191-193.

- [2] 宋璐,汪贵华,华斯亮. 基于 ZigBee 技术的局域通讯系统设计[J]. 电子设计工程,2017,25(20):97-100.

(责任编辑:李秀荣)