

基于 Internet 的嵌入式 Web 传感器

朱文凯, 何岭松, 丁 汉, 熊有伦

(华中科技大学 智能维护技术中心, 湖北 武汉 430074)

摘要: 嵌入式 Web 传感器是在智能传感器的基础上发展起来的具有 Internet 功能的新型传感器, 主要由 3 部分组成: 敏感单元、智能处理单元和 TCP/IP 通信协议接口。文中在分析嵌入式 Web 传感器研究现状和产生的历史背景的基础上给出基于 Internet 的嵌入式 Web 传感器的含义及特点, 并讨论了嵌入式 Web 传感器的体系结构、工作机理、重要特性以及在嵌入式 Web 传感器基础上构建的工业测控系统模型, 然后介绍了嵌入式 Web 传感器实验模型中嵌入式 Web 服务器技术和 Web 远程信号采集等关键技术的实现方法, 最后分析了嵌入式 Web 传感器实现的技术基础、应用领域及发展前景。

关键词: Web 传感器; 工业测控; e-维护

中图分类号: TP212 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-1841(2002)08-0001-04

Embedded Web Sensors Based on Internet

Zhu Wenkai, He Lingsong, Ding Han, Xiong Youlun

(Center for Smart Maintenance System of Huazhong University of Science and Technology Wuhan 430074, China)

Abstract: The embedded Web sensor, which has Internet function, is developed from the smart sensor. The sensor is composed of three parts: sensing unit, intelligent processing unit and TCP/IP interfacing. This paper analyzes the recent research and the development of embedded web sensors. And then, the concept and characteristics of the embedded web sensor are proposed. The paper also discusses the architecture, principle and features of embedded web sensors. The industrial monitoring and control system constructed with embedded web sensors is also proposed. Furthermore, the embedded web and remote web acquisition which are two key techniques in experiment model are explained. Finally, the paper gives the technological basis for embedded web sensors, and points out the application field and future trend of embedded Web sensors.

Key Words: Web Sensor; Industrial Monitoring and Control; e-Maintenance

1 引言

微处理器技术的发展促进了传感器的智能化, 机械加工技术(MEMS)的发展为传感器的微型化提供了可能, 基于 TCP/IP 协议的 Internet 技术的发展为传感器的网络化提供了必要的技术手段, 这三大技术的日渐融合促进了基于 Internet 的嵌入式 Web 传感器的产生。将信号处理、人工智能、控制电路和 TCP/IP 网络通信协议等集成到传感器中, 不仅大大提高了传感器的性能, 而且扩展了传感器的功能。与传统的传感器相比, 基于 Internet 的嵌入式 Web 传感器更加可靠、便宜, 扩展性更好。与传统的传感器输出模拟信号不同, 这种传感器可以在内部实现对原始数据的加工处理, 并通过 Internet 和外界实行数据交换, 从而实现传感器的微型化、网络化、智能化。更重要的是这种基于 Internet 的嵌入式 Web 传感器可以根据实际的需要通过 Internet 网络, 利用内嵌的 Web 服务器改变传感器的功能, 实现检测、制造及维修人员的“虚拟到场”, 给系统的扩展带来了很大的发展余地, 减少了维护和研发费用。

近年来, 国外在 Web 传感器方面的研究有很大的进展。HP 实验室提供了一种基于 IEEE1451.2 标准的传感器工作模型, 其中包括连接传感器的 STIM 和连接 Ethernet 的 NCAP 两个部分, 每个 NCAP 网页中的内容可以在 PC 机上通过浏览器读取。美国国家仪器公司提供了一种 GPIB-ENET 控制器模块, 完成数据流的 GPIB 格式与 Ethernet 格式相互转换, 在这个控制器模块安装上传感器或数据采集仪器, 就可以和 Internet 直接通信。emWare 公司的 EMIT(嵌入式微互联网技术)提供嵌入式设备接入 Internet 的技术, EMIT 由 emMicro、emNet、emGateway 组成, 它们一起为嵌入式设备中的传感器提供 Ethernet 功能。在国内, 中国单片机公司公共实验室基于 EMIT 提出的 BOL-IST 方案在国内相关研究中有一定优势。

从嵌入式 Web 传感器概念的产生和发展历史关系来看, 它经历了一个从传统传感器(Dumb Sensor)→智能传感器(Smart Sensor)→嵌入式 Web 传感器(Embedded Web Sensor)的内涵不断丰富的发展过程。

基金资助情况及课题所属项目: 2001 年国家重点技术创新项目(国经贸技术[2001]441 号)、国家 863“十五”项目“基于嵌入式网络的设备智能维护系统”(2001AA413310)资助项目和国家 863“十五”项目“开放式数控装备的远程操作、监控与诊断技术研究”(2001AA423230)

收稿日期: 2001-12-03 收修改稿日期: 2002-04-16

传统的传感器因其功能单一、性能不适应、不能满足多种测试要求而难以扩展,因此,人们将微处理器技术、智能技术和微机械加工技术(MEMS)应用于传感器,传感器性能的改变不再仅仅依赖硬件的改进,而是用存放于微处理器中的功能强大的软件对系统进行非线性自动校正、自校零、自校准、自补偿、自检验、抑制噪声等处理。此外,人工智能、专家系统、模糊逻辑、神经网络等也加强了对传感技术的影响,增强了传感器的“智能化”功能,这就是智能传感器。但是,在数据通信方面,传感器与控制设备之间仍然采用传统的模拟电压和电流信号进行通信,没有根本解决布线复杂和抗干扰性差的问题。随着现场总线概念的提出,基于现场总线的测控系统得到广泛应用,每个传感器的数据交换主要是通过 Intranet 等网络来完成,为了满足这种多传感器之间的信息交换,在设计上通过软件将传感器内部各个敏感单元或外部智能传感器单元联系在一起,其输出的信号是符合某种现场总线协议格式的数字信号。然而,目前市场上 CANbus、Lonworks、Profibus、FF 等多种现场总线并存的现象,使得基于现场总线的传感器接口协议标准各异,难以统一,给国际化的统一标准工作提出了课题。随着 Internet 的迅速发展, TCP/IP 协议正逐渐成为一种世界通用的网络通信协议标准,如果让现场级的传感器实现 TCP/IP 协议,使数据采集、信息传输等都能在直接在 Intranet/Internet 上进行,即统一了标准,又使工业测控数据能直接在 Intranet/Internet 上动态发布和共享,供相关技术人员、管理人员参考,这样就把测控网和信息网有机地结合了起来,使得工厂或企业都拥有一个一体的网络平台,无论从成本、管理、维护等方面考虑,都是一个最佳的选择。

事实上,使传感器在现场级实现 TCP/IP 协议,使现场测控数据就近登临网络,在网络所能及的范围内适时发布和共享,正是基于 Internet 的嵌入式 Web 传感器的研究目标所在,也是目前国内外竞相抢占制高点的前沿技术之一。

2 嵌入式 Web 传感器的体系结构

基于 Internet 的嵌入式 Web 传感器的实质是在传统传感器的基础上实现信息化、网络化、智能化和微型化,其核心是使传感器本身实现 TCP/IP 网络通信协议,将传感器作为网络节点直接与计算机网络通信。确切地说,嵌入式 Web 传感器已不再是简单意义上的“传感器”,它已经涵盖了以前是属于仪器和微型计算机所具有的功能。

嵌入式 Web 传感器具有如下特点:

- (1) 具有高可靠性、低功耗、低成本和微体积等特点;
- (2) 可根据输入信号进行判断和制定决策,具有自检测、自校准和自保护功能;
- (3) 不同的应用系统无须采用不同的传感器,可在

单一传感器的基础上通过软件设计来改变传感器的功能,以满足客户的不同需求;

(4) 采用当今最为流行的 TCP/IP 网络通信协议为载体,利用 Internet 传输传感器数据,与外部进行信息交换;

(5) 嵌入式 Web 传感器组成的控制网络与计算机网络直接通信,技术人员利用浏览器通过网络管理嵌入式 Web 传感器的工作状态,实施远程测控;

(6) 采用即插即用技术,具有良好的开放性、可升级性和可维护性,方便测控系统的集成;

(7) 实现了传统的数据采集与发送向网络化的信息管理与集成的转移。

从原理结构上来说,基于 Internet 的嵌入式 Web 传感器可以用图 1 来表示。从框图中可以看到,传统的传感器在嵌入式 Web 传感器中只占其中的一部分,其核心部分是完成信号处理、数据交换和控制的嵌入式智能单元以及完成数据传输的 TCP/IP 网络接口,通过微处理器和嵌入式操作系统的使用,使传感器本身实现数据采集、处理的智能化和数据传输的 TCP/IP 网络化。

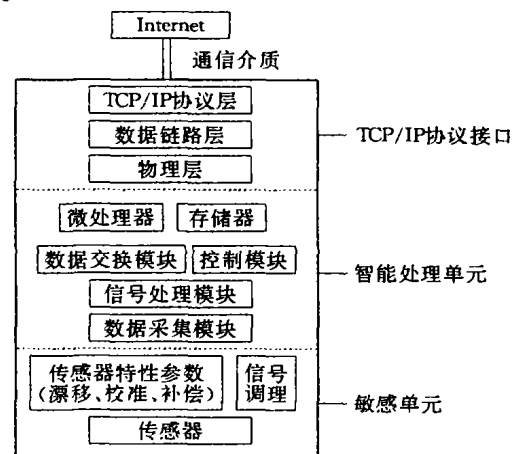


图 1 基于 Internet 的嵌入式 Web 传感器原理框图

嵌入式 Web 传感器的工作机理为:首先传感器将被测物理量转换为电信号,通过 A/D 转化为数字信号,经过微处理器的数据处理(滤波、校准)后将结果传送给网络,与网络的数据交换由基于 TCP/IP 协议的网络接口模块完成。

嵌入式 Web 传感器的一个重要特性是即插即用功能,即无论是硬件还是软件都满足一定的要求,只要符合协议标准的传感器都能随意接入系统。嵌入式 Web 传感器内部的微处理器和存储器能保证传感器具有此功能,存储器用来存储传感器的物理特征,如偏移、灵敏度、校准参数等;微处理器用来实现数据的处理和补偿,以及输出校准;TCP/IP 协议用来实现传感器的直接网络连接。由于这些功能的实现是在传感器的内部完成,相应的内部参数在传感器出厂的时候已

经写入内部寄存器固定单元,因此在更换和增加节点的时候,无须对传感器进行标定、校准。

在嵌入式 Web 传感器基础上构建的工业测控系统,系统由多个传感器节点、控制节点和中央控制单元共同构成。传感器节点用来实现参数测量并将数据传送给网络中的其它节点;控制节点根据需要从网络中获得需要的数据,并根据这些数据制定相应的控制方法和执行控制输出。对于大型工业测控系统而言,其中的传感器、控制器和执行器数以万计,特别需要减少其中的总线数量,最好是能够统一为一种总线或网络,这样有利于简化布线,即节省空间又降低成本,而且在系统维护方面也大为方便。另一方面,现有工厂和企业一般都建有企业内部网(Intranet),基于 Intranet 的信息管理系统(MIS)成为企业运作的公共信息平台,为工厂现代化提供了有力的保障。采用嵌入式 Web 传感器可以在现场级实现 TCP/IP 网络通信协议,使数据采集、信息传输等都能直接在 Intranet/Internet 上进行,即统一了标准,又使工业测控数据能直接在 Intranet/Internet 上动态发布和共享,供相关技术人员、管理人员参考,这样就把测控网和信息网有机地结合了起来,使得工厂或企业都拥有一个统一的网络平台,无论从成本、管理、维护等方面考虑,都是一个最佳的选择。

3 嵌入式 Web 传感器实现的关键技术

3.1 嵌入式 Web 服务器

嵌入式 Web 传感器只需要完成基本参数和采集数据的传递,所以对 Web 功能要求比较简单,只需要几个简单的控制命令和完成基本的数据传输。根据这个特点,我们在实验模型中综合采用 Internet 技术、操作系统剪裁技术,在 ROM DOS 上实现了一个最小化剪裁的嵌入式 Web 服务器,只保留了最基本的控制命令,其它与传感器数据传送要求无关的命令都剪裁掉。它接收浏览器的访问,实现浏览器命令到设备管理命令、数据的解析。浏览器访问命令有 GET、POST、READ 等,一般只要支持文件获取命令 GET 就可以了。浏览器文件获取命令 GET 的基本格式为:

GET Web 超链对象? & 参数 1=值 & 参数 2=值...HTTP1.0

其中“Web 超链对象”为所请求的电子文档,“? & 参数 1=值 & 参数 2=值...”为传递给该电子文档的参数。命令中? 号后部分是可选的,若命令中不带? 号,浏览器请求的是静态文件,用于返回控制、查询、管理等传感器状态静态网页;若命令中带? 号,则浏览器发出的是带参数的执行命令,启动可执行的电子文档程序(如 JAVA 小程序、ActiveX 控件、JAVA Beans 等),用于直接控制传感器管理模块,并将传感器返回的数据加上 HTTP 文件头,生成动态网页返回给浏览器。最小化剪裁的 Web 服务器程序设计原理框图如图

图 2 所示,它可以设计为一个标准的子程序,嵌入在应用程序中,故称之为嵌入式 Web 服务器。另外,也可根据需要在 Web 服务器模块中提供 CGI、JAVA 脚本、嵌入式数据库等技术,也可加入 GET、POST、READ 等 Web 协议以外的自定义命令和数据通讯格式,这时需要在 Web 服务器功能、复杂度、可靠性和尺寸大小等方面进行权衡和选择。

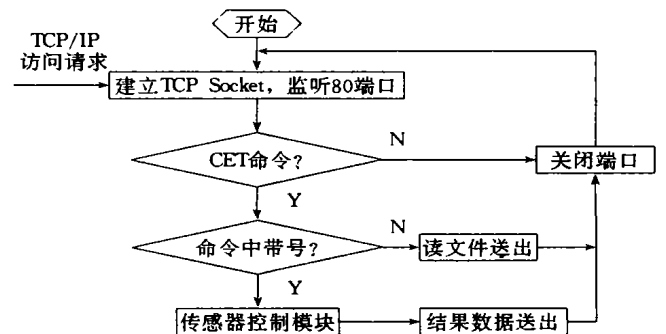


图 2 嵌入式 Web 服务器程序原理框图

嵌入式 Web 传感器以基于 ROM DOS 的 Packet Driver 设备驱动和软中断形式提供对网络的基本支持,优点是占资源小(< 10 kB),利于实现片上系统(System On Chip)。我们在 DOS 网卡驱动程序 Packet Driver 的基础上设计了一个 Winsock 风格的 DOS TCP/IP Stack,其结构如图 3 所示,然后再在其基础上设计 Internet 组件。随着微处理技术、嵌入式操作系统技术的快速发展,已经出现了很多带有 TCP/IP 协议栈的 MCU 和单片机,这样我们的嵌入式 Web 服务器技术就可以很方便的移植到这些微处理器中,实现真正的 System On Chip。

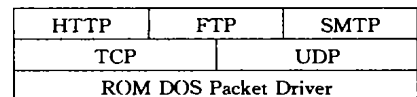


图 3 嵌入式 Web 的 TCP/IP 协议栈层次结构

3.2 Web 远程信号采集

利用内嵌在网页中的程序、ActiveX 控件等服务程序,可以很方便的通过 Internet 实现传感器信号的远程数据采集,用户可以通过浏览器设定采样参数、启动采样过程和获取采样数据,嵌入式 Web 服务器返回给浏览器的数据基本格式为:

```
HTTP/1.0 200 OK\r\n /* /r/n 代表回车、换行符 */
Content-type:text/html\r\n /* text/html 代表网页文件 */
Content-length:采样长度\r\n /* 长度为返回的数据字节数 */
Content-frequency:采样频率\r\n /* 长度为返回的数据字节数 */
\r\n /* 数据区开始符 */
data /* 返回的数据体 */
```

Web 远程信号采集的原理框图如图 4 所示。用户浏览器访问传感器中的嵌入式 Web 服务器,下载其中内嵌的 JAVA 小程序或 ActiveX 控件,然后通过浏览

器设定采样长度、采样频率等参数,通过 POST 命令传递给 Web 传感器;当 Web 传感器接到 AD 命令时,启动信号采集,并将采集的数据暂时存放于数据缓冲区中;一旦接收到 DATA 指令,则和用户建立 TCP/IP 连接,将缓冲区中的数据传递到用户端。

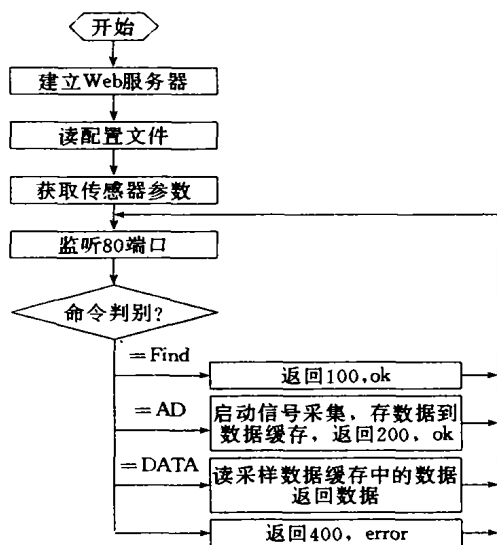


图4 Web 远程信号采集程序框图

4 嵌入式 Web 传感器实现的技术基础

4.1 嵌入式网络硬件技术

微处理器、数据采集和信号处理、TCP/IP 等嵌入式网络硬件的飞速发展是嵌入式 Web 传感器发展的重要保证。目前,美国 ConnectOne 公司、Philips 公司、emWare 公司、TASKING 公司和国内的 P&S 公司等均提供基于 Internet 的 Device - Networking 的软件、固件(Firmware)和硬件产品。此外,在数据采集、DSP、TCP/IP、STIM、NCAP 方面都不断有新型的专用接口模块产生,例如完成数据采集的 AD μ c812、CS5511、TLC548;完成 DSP 的 TMS320C2000TMDSP,完成 STIM 和 NCAP 的 EDI1520、PLCC - 44;完成 TCP/IP 协议转换的研华公司的 ADAM4572、ADAM4570 等等。随着这些专用模块和 MCU 的不断发展,完全可以保证在片上系统实现具有 Internet 功能的 Web 传感器

4.2 大规模集成电路技术

利用大规模集成电路技术将敏感元件、信号处理器和微处理器集成在一块硅片上,形成一个“单片智能传感器”,是一个对外界信息具有检测、数据、处理、判断、识别、自诊断和自适应能力的多功能传感器,还能实现与主机远距离、高速度、高精度的传输。这类传感器具有小型化、性能可靠、能批量生产、价格低廉的优点。

4.3 人工智能材料的应用

人工智能材料(Artificial Intelligent Materials, AIM)是一种结构灵敏性材料,它有 3 个基本特征:能感知环境条件的变化(传统传感器)的功能;识别、判断(处理器)功能;发出指令和自行采取行动(执行器)功能。人

工智能材料除了具有功能材料的一般属性和对周围环境进行检测的硬件功能外,还能依据反馈的信息,进行自调节、自诊断、自修复、自学习的软调节和转换。

5 嵌入式 Web 传感器应用领域及发展前景

高新技术的融合已经引起了世界结构性的改变。网络的出现,使得工业技术的主题从测控转移到了信息的管理与集成;分布式智能的出现,使得信息的处理更加灵活,而且表现为各种形式。商业化的科技、开放的结构、企业的集成、技术的分离日益呼唤着新的工业结构的出现。在网络化测控、嵌入式网络和 e - 维护技术 3 个领域中,嵌入式 Web 传感器都将起到重要作用,传统分布式测控的结构因之而改变,嵌入式网络也日益成为工业应用的核心,在这些技术的支持下,产品的智能维护逐渐成为整个社会的主题。

计算机技术、传感器技术、网络技术与测量、测控技术的结合,使网络化、分布式测控系统的组建更为方便。以 Internet 为代表的计算机网络技术的迅猛发展及相关技术的不断完善,使得计算机网络的规模更大,应用更广。在国防、通信、航空、航天、气象、制造等领域,对大范围的网络化测控将提出更迫切的需求,网络技术也必将在测控领域得到广泛的应用。嵌入式 Web 传感器作为网络中的独立节点,可以在现场搭建基于 Internet/Intranet 的测控系统,进行实时动态的在线测控,改变测控系统的现状。嵌入式 Web 传感器必将很快发展并成熟起来,从而有力地带动和促进现代测量技术即网络测量技术的进步。在此基础上,嵌入式网络、e - 维护等技术也会蓬勃发展起来,对工业和社会的进步产生深远影响,未来的世界将是智能产品的世界。

参 考 文 献

- [1] Wayne G. Baer, Richard W. Lally. An Open - standard Smart Sensor Architecture and System for Industrial Automation. Oceana Sensor Technologies, 2000.
- [2] Kang B. Lee, Richard D. Schneeman. Internet - based Distributed Measurement and Control Applications. IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, June 1999.
- [3] Janusz Bryzek. Impact of MEMS Technology on Society. Sensors and Actuators, 1996, 56: 1 - 9.
- [4] Jay Warrior. Open System: Reality or Illusion?. Sensor, 1998(9): 40 - 46.
- [5] Johnson Robert N. Building Plug - and - Play Networked Smart Transducers. Sensors Magazine, Helmers Publishing, Inc., Peterborough, NH 03458, October 1997.
- [6] 陶波,丁汉,熊有伦.基于嵌入式 Internet 的工业控制、测控技术, 2001, 20(8): 5 - 9.
- [7] 张俊,丁汉,熊有伦.基于 IEEE1451.2 标准的 IP 传感器.机械与电子, 2001(4): 3 - 6.
- [8] 吴仲城,戈瑜,虞承端,方廷健.传感器的发展方向—网络化智能传感器.电子技术应用, 2001, 27(2): 6 - 8.