

基于 TCP/IP 的网络化智能传感器设计

申柏华, 徐 杜

(广东工业大学 信息工程学院, 广东 广州 510640)

摘要: 针对当前各领域中传感器的微型化、智能化、网络化的发展趋势, 从网络化智能传感器的结构和特点入手, 系统论述了一种基于 TCP/IP 协议的网络化智能传感器的软、硬件设计方法. 实验证明, 采用该方法设计的智能传感器具有良好的检测性能和网络通信性能. 该智能网络传感器已经成功地应用在广东省农业现代化的环境因子网络测控平台上.

关键词: TCP/IP; 网络化传感器; 智能传感器; 网络接口

中图分类号: TP212

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2005)03-0081-05

传感器是人类获取信息的重要工具. 它在工业生产、国防建设和科学技术领域发挥着巨大的作用, 并在工业过程自动化、制造自动化等相关领域中得到了快速发展. 但对于飞速发展的计算机技术来说, 传感器远远赶不上计算机的发展速度. 传统的智能传感器已远远不能满足现代化的需求, 因此, 开发高可靠性、多功能的网络化智能传感器成为人们关注的热点.

1 基于 TCP/IP 的网络化智能传感器概念及其功能特点

一般认为, 网络化智能传感器在智能传感技术上融合了通信技术和计算机技术, 使传感器具备自检、自校、自诊断及网络通信功能, 从而实现信息的采集、传输和处理真正统一协调, 是一种新型智能传感器. 而基于 TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol, 传输控制协议/互联网协议) 的网络化智能传感器则是把计算机网络的事实上的国际标准——TCP/IP 协议引入到了传感器中, 即在传感器中嵌入了简化的 TCP/IP 协议, 使传感器不通过 PC 或其他专用设备就能直接连上 Internet/Intranet^[1~3].

它相对于其他类型的传感器而言, 具有以下功能特点:

1) 结合了传感技术、通信技术和计算机技术, 分别完成对信息的采集、传输和处理, 使各种现场数据在网络上直接传输、发布和共享.

2) 基于 TCP/IP 的网络化智能传感器——基于现场总线的网络化智能传感器的最大区别: 基于 TCP/IP 的网络化智能传感器因其在传感器现场级就具备了 TCP/IP 功能, 测控系统在数据采集、信息发布及系统集成等方面都以企业内部网 (Intranet) 为依托, 使得测控网和信息网统一起来. 如果企业 Intranet 与 Internet 相连, 各种现场信息均可在整个 Internet 上实时浏览, 如果需要, 这些信息在全球任何开通了 Internet 的地方均可实时浏览共享.

由上可以看出, 网络化智能传感器特别是基于 TCP/IP 的网络化智能传感器, 使传感器从被动检测向主动进行信息处理和信息发布方向发展; 从孤立单一检测向智能化、系统化、网络化发

收稿日期: 2004 10 13

作者简介: 申柏华 (1977), 男, 助教, 主要研究方向为智能测控、嵌入式系统.

展;从本地测量向远程实时在线测控发展,它代表了当今传感器技术的发展方向^[4-6].

2 基于 TCP/IP 的网络化智能传感器的系统结构

针对网络化智能传感器的小型化、智能化、网络化的发展趋势,设计了一种基于 TCP/IP 的网络化智能传感器,并可与温湿度传感单元、光敏元件及气敏元件等组成多功能集成的网络化智能传感器.下面介绍该传感系统的结构及软硬件实现方法.

2.1 系统结构及组成

本系统由以下 3 部分组成:传感模块、信号处理模块和通讯模块.

1) 传感模块

传感模块将各种物理量转换为电量,主要由具体的传感单元来实现,如温湿度传感单元、光敏传感单元及气敏传感单元等,其输出包括模拟量、数字量、开关量等.

2) 信号处理模块

信号处理模块以微处理器为核心,主要完成 A/D 转换、数字信号处理(如数字滤波、非线性补偿、自诊断)和数据输出调度(选择数据远程输出还是本地输出等).从智能传感器高可靠性、低功耗、微体积等特点来考虑,选用 Winbond 公司的 W78E58 单片机,该型号的单片机性价比高、速度快、程序空间大,能很好地满足设计要求.

3) 通讯模块

通讯模块用来实现本地数据的远程传送及接收远程控制命令等.工业应用中采用的网络形式有多种,早期的有 RS232/485,近期的有各种现场总线等.在这里采用的是在 PC 机上广泛使用的 TCP/IP 协议,由于 TCP/IP 协议已经成为计算机网络通信中的事实标准协议,它具有开放性、低成本、高速度、高可靠性等特点,而且连网方便,有众多的应用和开发软件.

实现网络接口的方式一般有两种:软件方式和硬件方式.软件方式是开发者将 TCP/IP 协议嵌入到特定的芯片中,这种方法的优点是成本低,但实现较麻烦;硬件方式是直接使用已经嵌入了 TCP/IP 协议的芯片,如研华的 S-7600A,韩国 Wiznet 公司的 Ether-3100,武汉力源公司的 WebChip 等,使用这些芯片操作简单、使用方便,但成本太高,利用这些芯片组网动辄几千元.综合考虑实现的方便性及设备的成本问题,这里采用的是软硬件结合的方式,即把 TCP/IP 协议写入到单片机中,用单片机驱动 8029 芯片的网卡.

2.2 硬件结构设计

基于 TCP/IP 的网络化智能传感器的硬件结构如图 1 所示.

硬件电路说明:图 1 中微处理器 1 及其以下部分即传统的智能传感器,微处理器 2 及其以上部分是网络接口,实现与远程 Internet 的通讯.复杂可编程逻辑器件(Complex Programmable Logic Device, CPLD)用于实现单片机与网络芯片 8029 之间的逻辑转换. RAM 作为收发网络数据缓冲区. EEPROM 用于存放断电需保存的数据,如本机 IP 地址、网关 IP 地址等,这些设置可在线修改.

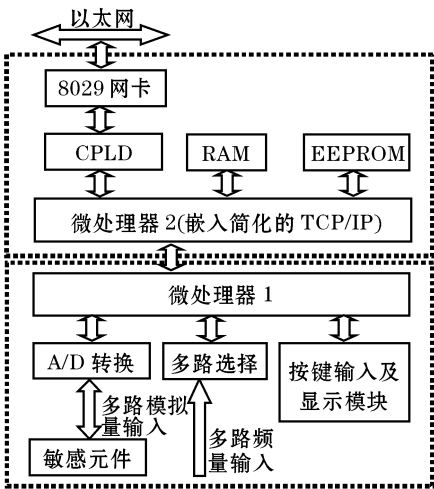


图 1 基于 TCP/IP 的网络化智能传感器硬件结构图

2.3 软件设计

限于篇幅, 这里重点介绍网络接口的软件实现方法. 本系统的网络接口的实现采用的是软硬件结合的方式, 微处理器 2(采用 Winbond 公司的 W78E58 单片机)是整个系统的核心. 一方面, 它要处理传统传感器部分传过来的数据; 另一方面, 它既要实现 TCP/IP 协议, 即根据 IP 地址和端口把待发送的数据压缩成能直接在 Internet 传输的数据包送给网络芯片 8029 发送, 又要根据 8029 芯片的逻辑时序, 对 8029 进行控制, 实现网络数据的发送和接收.

由上分析可知, 网络接口设计的关键在于完成对收发数据的解包打包及实现对 8029 芯片的控制(即 8029 驱动程序的编写).

2.3.1 网络数据的打包解包

将待发送的数据经过某种变换, 使之符合某种网络协议, 即称之为网络数据的打包; 解包与打包过程相反. 限于篇幅, 这里只论述网络数据的打包过程.

TCP/IP 体系结构及其与 OSI 7 层模型对照关系如图 2 所示.

TCP/IP 体系的最高层为应用层, 相当于 OSI 的最高 3 层; TCP/UDP 协议层与 OSI 运输层相当; IP 协议层与 OSI 网络层相当. TCP/IP 体系中没有对最低的两层做出规定. 本系统对网络接口层采用的是 IEEE802.3 标准的以太网协议. 具体应用到网络数据封装中的顺序如下:

- 1) 在待发送数据前后加上 http 协议或 telnet 等协议内容形成应用层数据包;
- 2) 在应用层数据包前加上 TCP 或 UDP 协议对应的帧头形成 TCP 或 UDP 数据帧;
- 3) 在 TCP 或 UDP 数据帧前加上 IP 协议头形成 IP 数据帧;
- 4) 在 IP 数据帧前后加上 IEEE802.3 局域网的 MAC 帧格式形成最后的网络数据包, 将此数据包交给 8029 芯片发送.

接收数据时的解包过程与打包过程刚好相反.

本系统中, 采用是 IPV4 版本的 IP 协议, 简化后的 TCP/IP 协议嵌入到微处理器 2 中后约占用 8kB 存储空间, 上层功能主要支持 http 协议和 telnet 协议.

2.3.2 8029 驱动程序的编写

8029 芯片驱动程序主要包括以下几个步骤:

- 1) 8029 芯片上电复位

8029 芯片跟复位有关的引脚是 89 脚 RSTB, 只需给该引脚一个至少 120 ns 的低电平信号, 然后拉高, 即可使其复位.

- 2) 8029 芯片初始化

完成复位之后, 还需对 8029 的工作参数进行设置, 以使芯片开始工作. 主要是对 8029 芯片的各个工作寄存器的设置, 如 3 个配置寄存器(CONFIG0, CONFIG2, CONFIG3) 及命令寄存器(Command Register, CR) 等. 设置完各个工作寄存器后, 还需设置芯片的 IP 地址. 通过上述设置后, 8029 芯片就可以正常工作了.

8029 芯片正常工作后, 微处理器处理一次网络数据包的流程图如图 3 所示. 在以太网帧中, 协议类型值为 0x0800 时表明下一层协议为 IP 协议, 为 0x0806 时表明下一层协议是 ARP(Address Res

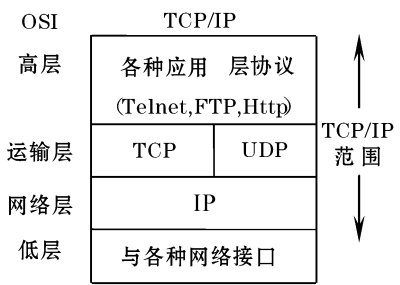


图 2 TCP/IP 体系结构图

olution Protocol, 地址转换协议) 协议; IP 帧中, 协议类型值为 1 时表明下一层协议是 ICMP (Internet Control Message Protocol, Internet 控制报文协议), 为 6 时表明下一层协议是 TCP 协议, 为 17 时表明下一层协议是 UDP (User Datagram Protocol, 用户数据报协议) 协议. 由于网络数据量可能非常大, 因此采用了专门的单片机 (图 1 中微处理器 2) 对网络数据进行处理和控制, 微处理器 2 对网络数据的处理采用是定时查询的方式, 对微处理器 1 传来的数据或命令采用的是中断方式. 微处理器 2 将微处理器 1 传来的数据放到接收缓冲区 RXD_BUF 中, IsCommand 变量用来标志接收到的是数据还是命令. 微处理器 2 处理一次接收到的指令的流程图如图 4 所示.

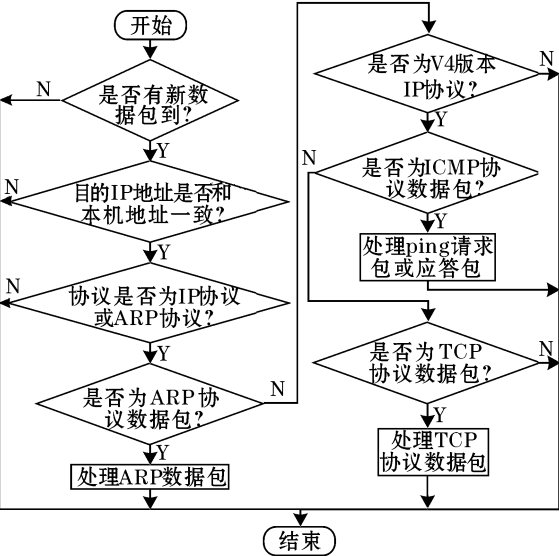


图3 TCP/IP 数据包处理流程图

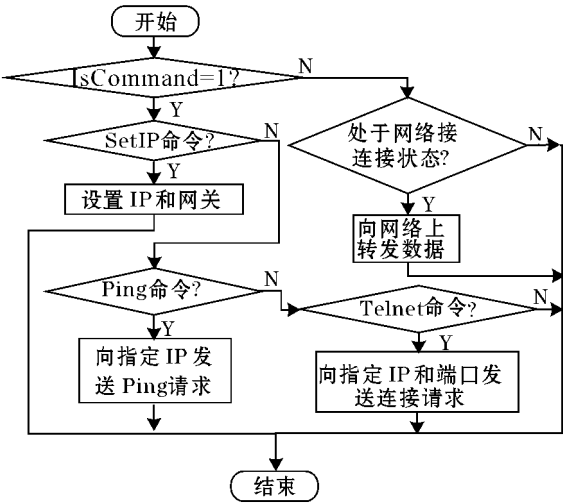


图4 传感器内部命令处理流程图

3 应用实例

图5 为应用于广东省农业现代化环境因子测控平台中的基于 TCP/IP 的智能网络传感器设备连接图. 已经标定后的基于热敏电阻温度传感和基于高分子电阻式湿度传感器通过网络接口设备接入到现场以太网, 系统中的传感器、设备与微机可以通过以太网相互通信, 实现多机协同工作. 实际应用结果表明, 基于 TCP/IP 的智能网络测控平台的测量结果与原来单个传感测量结果是一致的, 测量结果是可靠的. 这是基于 TCP/IP 的智能网络测控系统, 现场测量的结果通过网络采用数字信号传输, 系统的测量准确度主要取决于所连接的传感器件的测量准确度^[7].

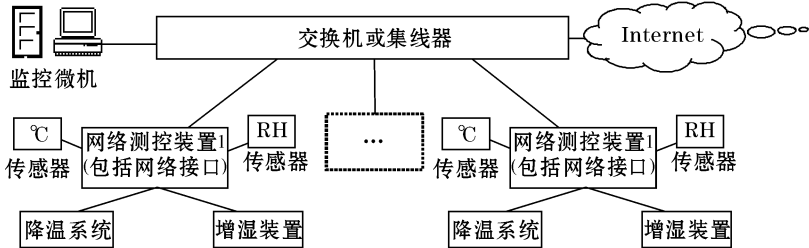


图5 设备连接图

4 结束语

网络化智能传感器是将智能传感技术和计算机通信技术相结合而提出的一个全新概念. 基于 TCP/IP 的网络化智能传感器在传感器现场级实现了 TCP/IP 协议, 且组网方便可靠, 组网费用低廉, 在过程控制领域将得到广泛应用. 采用文中所介绍的软硬件设计方法设计的智能传感器及其网络接口, 已在农业现代化的环境参数测控平台上得到成功应用. 实践证明, 该设备运行稳定可靠, 组网十分方便, 使监控系统的兼容性和可扩充性得到很大提高. 文中所介绍的网络接口软、硬件设计方案, 不仅适用于环境参数测控系统, 而且可以推广到其它过程控制系统的网络监控模块设计中.

参考文献:

- [1] 刘桂雄, 申柏华, 冯云庆. 迅速崛起的网络化智能传感技术[J]. 传感器技术, 2002, 9(21): 4-7.
- [2] Potter D. Smart plug and play sensors[J]. IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, 2002, 5(1): 28-30.
- [3] 赵伟, 张小牛, 孟浩文. 网络化——测量技术与仪器发展的新趋势[J]. 电测与仪表, 2000, 37(7): 5-9.
- [4] Vitturi S. On the use of Ethernet at low level of factory communication systems[J]. Computer Standards and Interfaces, 2001, 23(4): 267-277.
- [5] 王卫华, 丁汉, 熊有伦. 基于 IEEE1451.2 标准的网络传感器 TMI1451.2-KC[J]. 自动化仪表, 2000, 22(8): 8-11.
- [6] 谢晓竹, 傅军. 基于 TCP/IP 的网络单片机应用[J]. 计算机工程, 2003, 15(25): 171-173.
- [7] 刘桂雄, 冯云庆, 申柏华. 基于 IP 传感和网络接口的环境测控平台设计[J]. 传感器技术, 2003, 7(22): 22-25.

The Design of TCP/IP-based Intelligent Sensor

SHEN Bai-hua, XU Du

(Faculty of Information Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: According to the trend of micromation, intellectualization and networklization of sensor, the hardware and software design method of a TCP/IP-based intelligent sensor is discussed in this paper by analyzing the structure and characteristics of the networked intelligent sensor. The experiment results demonstrate a satisfying performance on measurement and network communication of the sensor by using this method. The intelligent networked sensor has been utilized successfully in the measurement and control system of environment factor in agriculture modernization of Guangdong province.

Key words: TCP/IP; networked sensor; intelligent sensor; network interface