基于 TCP/IP 协议的远程抄表系统的研究

陈治国, 黎文安, 牛玉新

(武汉大学电气工程学院, 湖北 武汉 430072)

摘要: 分析了目前国内各种自动抄表系统的优点和不足,根据计算机技术、通信技术和网络技术的最新进展,设计出一种以互联网为通信渠道,基于 TCP/IP 协议的远程抄表系统,并对此系统的应用前景做出展望。

关键词: 远程抄表; TCP/IP; 以太网; Internet

中图分类号: TM73; TP216 **文献标识码**: B **文章编号**: 1003-4897(2004)22-0062-04

0 引言

随着我国国民经济和电力事业的迅速发展,如今绝大部分地区的用电已经没有限制,一户一表制已经基本普及,直供居民户数成倍增加,居民用电量抄收工作量明显加大。传统的电度表以及人工抄表方式不能保证数据的准确性和实时性,浪费大量的人力和时间,并给用户带来不便。为了改变这种状况,自动抄表技术在国内外应运而生,而且发展非常迅速。自动抄表是指采用通讯和计算机网络等技术,通过专用设备对表计自动读取和处理表计数据的过程。电子式电度表及其与抄表主机的通讯是电能自动抄表系统的关键所在。

目前国内自动抄表系统中采用比较多的通信方式包括:有线总线通信、电话线通信、电力线载波通信、无线通信等多种方式。

1) 有线总线技术成熟、简单,在通信信道正常的情况下通信可靠、稳定,可以实现实时通信,但存在布线工作量大,通信信道易受人为损坏,损坏后故障排除困难、恢复慢,信道后续维护量大等不足。

2) 由于电话网在城镇的迅速普及,利用现有的电话网进行数据通信是一个经济有效的方案。利用电话网通信需要加装调制解调器,这时通信速率受到限制,管理中心无法对用户进行实时监控。也可以租用专线,但是当租用电话线路过多时,租用费用也很可观,因此不适合大容量系统。

3) 电力线作为传输信道存在许多问题。用户家用电器、开关电源等产生的高次谐波,各种用电设备的通断产生的瞬时脉冲干扰等因素都会对电力线产生非常大的干扰。其次,不同地方的线路特性可能完全不同,使用线路的种类及线路上的负荷情况都会对信号在电力线上的传输特性产生很大的影响。

4) 无线数据通信受气候、环境的影响很大。如果应用在居民抄表上,一旦刮风下雨、或者居民生活区有别的发射台发射信号,大量的居民用电数据传输将会受到干扰,数据的稳定可靠性也就得不到保证。

21 世纪是网络化时代,在计算机、微电子和网络等技术的迅速发展下,抄表方案也层出不穷。本文设计出一种以互联网为通信渠道,基于 TCP/IP 协议的网络化远程自动抄表系统,将克服目前各种抄表方案中存在的不足。

1 系统构成及工作原理

IT 产业的发展正在极大地改变人们生活的方方面面,宽带网络已经走入越来越多的居民小区。本文设计的自动抄表系统如图 1 所示。整个抄表系统以互联网为基础,上层通信以广域网为通信渠道,下层通信则以局域网为通信渠道。

图 1 抄表系统的基本结构

Fig. 1 Structure of the meter reading system

用户层使用智能电能表,该表内嵌一个单片机系统和一个网卡芯片,可以完成分时计能(平期、峰期、谷期),并且通过网络接口连入小区局域网并经过 Internet 向安装在电力公司管理中心的系统工作站传送所需数据,及接受管理中心的控制命令。

小区局域网采用以太网的形式。以太网是 30 年前由 Xerox, DEC, Intel 等公司合作开发出来的局域网协议,目前仍是局域网中最主要的连接方式,其

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

成熟性、可靠性和标准化程度都非常高,并且具有非常好的可扩展性。

以太网通过 TCP/IP 协议连接到 Internet,电力公司和银行里的服务器也连入 Internet,这样使得电力公司可以通过互连网方便地进行远程监控,用户也可以随时上网查询自己的电费。

传统的以太网主要用于计算机间的互联,随着嵌入式微控制器(单片机)的普及应用,21 世纪将主要是所有带有微控制器的设备间、以及与 Internet 间的互联。以下部分我们着重讨论如何将电度表中的单片机系统接入互联网。

2　TCP/IP 协议在抄表系统中的简化过程

Internet 采用的是 TCP/IP 协议(传输控制协议/互联网协议),因此嵌入式系统接入 Internet 最终必须通过 TCP/IP 接入。目前单片机接入互联网主要有两种方法,一种是采用 32 位的高档单片机,在嵌入式系统中用软件实现 TCP/IP 协议处理。另一种是采用 8 位或 16 位的单片机加一块网卡芯片,对简化后的 TCP/IP 协议进行处理。第一种方案由于采用的是高档单片机,并且软件开发成本比较高,所以对于自动抄表系统来说是不经济的。电度表现在大多内嵌 8 位的单片机,因此我们采取第二种方案。TCP/IP 通常被认为是一个四层协议系统,包括了应用层、传输层、网络层、链路层,其中每一层都有相应的协议集合来实现不同的功能。下面根据整个抄表系统的要求对每一层协议进行分析。

1)在链路层。链路层主要作用是为其上层协议发送和接收数据包,根据物理层的不同,链路层有多种协议可以选择。我们采用以太网接入,而以太网遵循 IEEE802.3 所规定的 CSMA/CD(载波监听多路访问及冲突监测)协议,所以系统必须要实现 CSMA/CD 协议。以太网上数据的传输是采用网络的 MAC(媒体访问控制)地址来进行识别的,这就要求系统有实现 IP 地址到 MAC 地址的转换的功能,即 ARP(地址解析)协议。

2)在网络层。网络层主要负责处理数据包在网络中的协议封装,这一层协议包括 IP 协议(网际协议),ICMPP 协议(Internet 互联网控制报文协议),以及 IGMP 协议(Internet 组管理协议)等。由于抄表系统要求能够在 Internet 进行通信,因此系统要实现 IP 协议。为了能够测试系统与网络的连接,系统需要实现 ICMP 协议中的 Ping 应答协议。

3)在传输层。传输层主要为两台主机上的应用程序提供端到端的通信。传输层有两种不相同的传输协议:TCP(传输控制协议)和 UDP(用户数据报协议)。TCP 一般适用于重要的,数量不大的数据传输;UDP 适用于大量数据传输。由于抄表系统数据量不大,同时又要保证传输的精确性,我们采用 TCP 协议。

4)在应用层。我们考虑到位于电力公司的远端主机需要采用浏览器的访问控制方式,所以系统应该实现 HTTP 协议。

经过分析可以知道为了保证远程自动抄表系统的稳定运行,我们只要保留 HTTP 协议、TCP 协议、IP 协议、Ping 协议、CSMA/CD 协议、ARP 协议等几个主要的子协议。这样在自动抄表这种实时性要求不是太高的场合低速单片机完全可以胜任。

3　系统中一些关键部分的具体实现

3.1　接口设计

通过分析我们知道在 TCP/IP 协议族经过简化后,采用低速单片机就能处理了。因此我们可以选用廉价的 MCS51 系列中的 89c52 单片机。另外考虑到单片机接入以太网需要实现网络接口,因此还需要加一块网卡芯片。我们选用由台湾 Realtek 公司生产的 RTL8019AS 以太网控制器,其优良的性能、低廉的价格,在市场上 10 Mbps 网卡中占有相当的比例。接口部分的硬件原理框图如图 2 所示。

图 2　接口设计结构框图

Fig. 2　Structure of the interface design

RTL8019AS 是一个根据 IEEE802.3 的 MAC 层协议标准设计的以太网控制器,内部可分为远程 DMA 接口、本地 DMA 接口、MAC 逻辑、数据编码解码逻辑和其他端口。它除了具有接收物理介质上的串行数据和发送串行数据到物理介质的功能外,还具有 MAC 层的控制功能。如产生 MAC 帧的 CRC 校验和,根据相应的校验方式检验输入数据等等。其内部的协议逻辑阵列能够实现 IEEE802.3 协议。高层协议包括网络层的 IP 协议和 Ping 应答协议、传输层的 TCP 协议、应用层的 HTTP 协议等,就由主控器运行存储在系统扩展 ROM 中的协议代码来实现。

单片机可以完成与以太网控制芯片的通信及控制功能。单片机将采集到的数据储存并将待发送的数据按帧格式封装,通过远程 DMA 通道送到

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

RTL8019AS 中的发送缓存区,然后发出传送命令,完成帧的发送。这个过程需要设置以太网目的地址、以太网源地址、协议类型,再按所设置的协议类型来设置数据段。之后启动远程 DMA,数据写入 RTL8019AS 的 RAM,再启动本地 DMA,将数据发到网上。管理中心发送的控制命令数据经过本地 DMA 被接收,经单片机检查数据的完整性及合法性后,启动远程 DMA,数据写入 RTL8019AS 的 RAM 并被单片机执行。

3.2 软件设计

单片机嵌入了简化的 TCP/ IP 协议后,用户终端的应用程序就可以使用通用的网络编程技术,与单片机建立连接,实现数据通信。单片机主程序流程图如图 3 所示,单片机先初始化串口,再初始化 RTL8019AS 芯片,然后采用查询方式读取网络数据并分析,完成网络数据的解包执行和串口采集到的数据打包发送等工作。

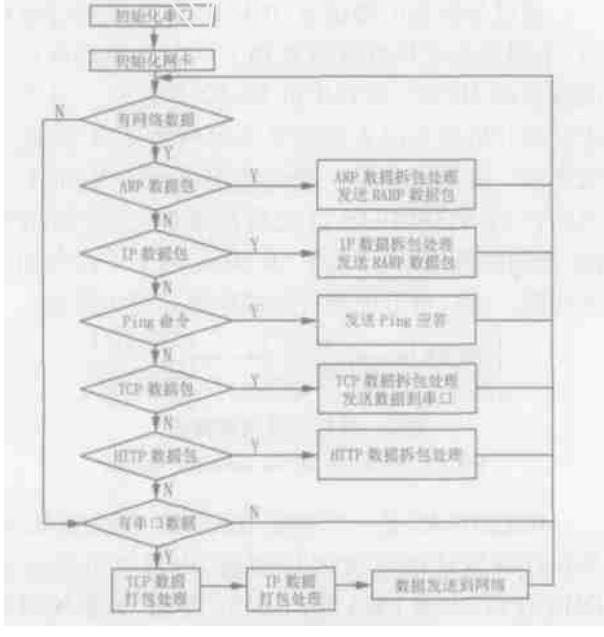

图 3 主程序流程图

Fig. 3 Flow chart of the main program

从上面的流程图可以看到整个系统流程,限于篇幅,这里仅介绍一下抄表系统在 TCP 传输层如何实现数据传输,具体的说就是如何编程使单片机和电力公司的服务器之间实现连接并传输数据。下面给出实现这部分功能的主要函数,我们把它命名为 netclient,它主要包括了以下 5 个步骤:

1) 创建套接字。这个用于创建智能电表与电力公司服务器连接的接口,并建立和服务器的连接。下面 host 是电力公司的服务器,service 是电力公司开通的服务端口。

```
ssock = connecttcp (host , service)
```

2) 传输控制信息。任何服务都必须基于命令,首先向服务器传送操表的控制命令。其中 ssock 是与供电局连接的接口,command 是欲与服务器通信的命令,后面是这个命令字节长度。

```
Write (ssock ,command1 ,sendlen)
```

3) 传输智能电表信息。在基于上面连接成功,并确定了传输命令后,就开始最关键的环节,即传输电表信息,这里也是通过 ssock 接口传输,information 记录了电表电量信息。

```
Write (ssock , information , sendlen)
```

4) 接受从服务器的回收信息。这是整个通信系统互相交互的环节。在电力公司收到电表电量信息后,会给客户系统一些回应确认信息。

```
read (ssock , reply , readlen)
```

5) 结束。

以下是 netclient 函数的部分源程序代码,该程序用 c 语言实现,已经通过了编译,实现了和指定服务器通信。和汇编语言相比,虽然 c 语言执行效率较低,但是功能效率更强大。现在大量的嵌入式系统都用 c 语言实现,特别是随着嵌入式操作系统发展,c 语言已经成为嵌入式系统最常用的编程工具。

```
void netclient(const char *host ,const char *service)
{       struct sockaddr-in client;
        int ssock ,i ,b;  // client sock
        char buf[BUFSIZE]; // RECEIVE BUFFER
        char command1[BUFSIZE] ,information[BUFSIZE];
        // command and information sent
        ssock = connecttcp(host ,service) ;// get socket of client
        if(write(ssock ,command1 ,sendlen) != sendlen) // send
command to server
        {       printf("command send failed\n");
                exit(1);
        }
        printf("command send ok\n");

        while(recvlen = read(ssock ,buf ,BUFSIZE))
        {   recvlenall = recvlenall + recvlen; // the whole length
of received date
    if((fwrite(buf ,1 ,recvlen ,fp)) != recvlen)
                {   printf("file write error\n");
                    exit(1);
            }
        }
```

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

```
        if(write(ssock, information ,sendlen) != sendlen)
// send information to server
        {   printf("command send failed \n");
            exit(1);
        }

        printf(" Succeed! \n"); // succeed in transfer information
        fclose(fp);
        close(ssock); // end client
    }// waiting for another command
```

程序 netclient 是实现 TCP 层数据传输功能的模块,其它功能模块将另外撰文介绍。

4　系统的优点

由于其他方式的自动抄表系统利用的通信信道各不相同,而且通信规约五花八门,因此给设计人员带来很多困难。TCP/ IP 协议具有统一的规则,是互联网通信的基础,本文的研究使得设计人员在设计时不必花费更多的精力在用户电表与网络的通信上。基于 TCP/ IP 协议,以互联网为通信媒介的自动抄表系统集计算机技术、通信技术、网络技术于一体。系统能够自动、集中、定时地抄录各用户的用电量;按用电的峰、平、谷时间和季节自动调整复费率去核算每个用户的电价;通过银行向各用户自动完成转帐收款、电费结算、打印收据。

5　结束语

抄表和用电管理自动化是一个必然的发展趋势,自动抄表系统对于提高电力部门的管理水平和经济效益有着十分重要的意义。本文介绍的基于 TCP/ IP 协议的远程抄表系统是一种可行的解决方案。系统很好地解决了供电部门抄表到户的问题,同时方便了普通用户随时查询电费。系统克服了目前一些自动抄表系统中存在的不足之处,随着互联网的快速发展,本方案将越发显示出其优越性。

参考文献:

[1] 张恺,李祥珍,张晶,等(ZHANG Kai, LI Xiang-zhen, ZHANG Jing, et al). 自动抄表系统应用模式的探讨(A Discussion on Application Mode of Automatic Meter Reading System)[J]. 电网技术(Power System Technology),2001, 25(5):41-45.

[2] 杨宏业,张跃,吕芳(YANG Hong-ye, ZHANG Yue, Lü Fang). 自动抄表系统中通信方案的现状与展望(The Status and Prospect of Communication Schemes in AMRS)[J]. 电测与仪表(Electrical Measurement & Instrumentation),2001,38(8):8-11.

[3] 王勇,陈抗生(WANG Yong, CHEN Kang-sheng). 嵌入式 Internet 中的协议选择(How to Choose the Protocol in Embedded Internet)[J]. 电信科学(Telecommunications Science),2002,(4):15-17.

[4] 曹宇,魏丰,胡士毅(CAO Yu, WEI Feng, HU Shi-yi). 用 51 单片机控制 RTL8019AS 实现以太网通讯(Realize Communication in Ethernet by Using 51 Micro-controller to Control RTL8019AS)[J]. 电子技术应用(Electronic Technical Application),2003,(1):21-23.

[5] 李绍文,韩元杰(LI Shao-wen, HAN Yuan-jie). 8 位低档单片机与以太网的互联(Connection between Low-level 8bit Micro-controller and Internet)[J]. 计算机工程与应用(Computer Engineering and Application),2003,6:158-159.

收稿日期: 2004-03-10;　**修回日期**: 2004-05-09

作者简介:

陈治国(1977 -),男,硕士研究生,研究方向为电能测量与管理;E-mail: czg027@163.com

黎文安(1963 -),男,副教授,研究方向为计算机监控系统;

牛玉新(1978 -),男,硕士研究生,研究方向为电能测量与管理。

Study on the remote meter reading system based on TCP/ IP protocol

CHEN Zhi-guo, LI Wen-an, NIU Yu-xin

(School of Electrical Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: The merits and shortcomings of several remote meter reading systems in China are analyzed. According to the development of computer technology, communication technology and network technology, a remote meter reading system based on TCP/ IP protocol is designed, which uses internet as the communication channel. The prospect of the system's application is presented.

Key words: remote meter reading; TCP/ IP; Ethernet; Internet

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net