

宽带 PLC 网络设计在智能电网通信中的应用

张娜, 刘敬浩, 张文硕

(天津大学 电子信息与工程学院, 天津 300072)

摘要: 分析电力线载波通信(PLC)在电力通信中的应用及发展现状,重点介绍了智能电网的通信需求,并以远程抄表为切入点,针对传统窄带 PLC 抄表系统存在的问题,提出将宽带 PLC 家庭网络作为抄表终端网络的构想。为适应智能电网的通信需求,设计了基于家庭宽带 PLC 网络和 Internet 的远程电力抄表方案,并在实验网络中得以实现。

关键词: 宽带电力线通信网; 智能电网; 远程抄表

中图分类号: TN913.6

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)17-0046-03

The application of a new design on broadband PLC network in the smart grid communication

Zhang Na, Liu Jinghao, Zhang Wenshuo

(School of Electronics and Information Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: In this paper, the corresponding demand of the smart grid has been analyzed based on the present applications of PLC. remote meter reading system has been researched as the starting point, a new system which take the broadband PLC as the terminal network to conquer the disadvantages in the traditional narrowband PLC meter-reading system has been designed. Home-based broadband PLC network and Internet solutions for remote electricity meter reading are proposed and implemented in the experimental network. The program can adapt to the communication needs of smart grid.

Key words: broadband power line communication network; smart grid; remote meter reading

电力线通信 PLC(Power Line Communication)是指利用电力线提供通信业务的技术、设备和服务,是传输数据和语音信号的一种通信方式,它省去了额外布线的麻烦,与用电设备的天然结合,具有覆盖范围广、连接方便、节省无线频带、低频传输、元件成本低廉等显著特点,被认为是提供“最后一公里”解决方案最具竞争力的技术之一。所以国内外许多公司和研究单位都在对 PLC 进行研究和开发。

1 传统的电力线远程抄表及其存在的问题

目前较成熟的远程抄表大多采用窄带 PLC 技术,是将各个终端电器的信息调制到低压电力线上,载波频率一般在几百 kHz 左右。一个区域的电表数据通过窄带 PLC 网络汇聚到集中器,再由集中器通过网关接入其他网络。可见,基于窄带 PLC 实现的窄带电力线抄表系统速率低,只适合简单的抄表数据单向传送,而无法支持其他业务,扩展性差。此外,它还是专用网,需要集中器

和专门铺设电缆,部署复杂且费用昂贵。这都与目前提倡的三网融合的先进理念相违背。

电力线与用电设备天然结合的特性,使 PLC 加 Internet 成为最优秀的解决方案。与无线通信工作在微波波段相比,宽带 PLC 设备工作在高频波段(几十 MHz~几十 MHz),使用 OFDM、QAM 等现代调制方式,物理层速率可达 200 Mb/s(Homeplug1.1),大大降低了元件和设备成本。同时,由于室内网 PLC 链路的距离都较近(几十米以内),正好发挥了 PLC 的长处并避免了其缺点,可保证数据传输的可靠性。

2 设计方案

本文设计了基于家庭宽带 PLC 网络的远程电力抄表方案,该方案的两个基本思想是:(1)室内使用的宽带 PLC 组网尽量减小单个 PLC 总线的长度;(2)尽快汇入 Internet。方案的核心是家庭宽带 PLC 网络的组件,如图 1 所示。

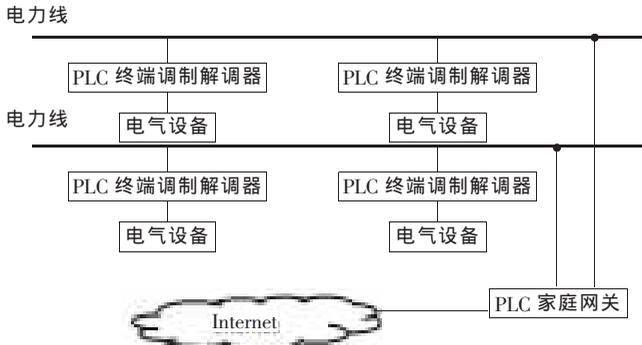


图1 家庭宽带 PLC 组网模式

其中,分电盘下的每条支路运行一条总线型的 PLC 网络,PLC 网络使用 TCP/IP 协议,各个支路通过 PLC 家庭网关汇聚,汇聚之后通过 ADSL 接入 Internet。将从 PLC 终端模块到 PLC 家庭网关再到 Internet 的链路称为上行链路,反之称为下行链路。

这里主要包括终端 PLC 模块和 PLC 家庭网关两个设备。其中,终端 PLC 模块应包含网络层次体系结构的所有层次,完成 PLC 的调制解调、上层数据处理以及对用电器的监视采集和控制;PLC 家庭网关包含两部分功能:分电盘各个支路提供数据交换以及实现 PLC 网络传输层协议到 Internet 的 TCP/IP 层协议转换。使用 Freescale 公司的 ColdFire 系列单片机实现了终端 PLC 模块的设计,使用路由器模拟了家庭网关,初步证明了该方案的可用性。

2.1 终端 PLC 模块的设计路线

在 Freescale 公司的 MCF52233 单片机上完成了终端 PLC 模块的设计,硬件设计如图 2 所示。

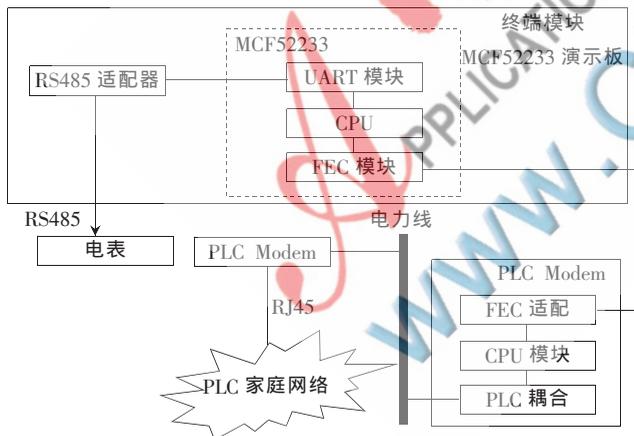


图2 抄表终端模块的设计方案

在上行链路中(电表-远程计算机),终端模块与智能电表通过 RS485 电缆连接,根据智能电表提供的协议与之通信,传送抄表数据和控制命令。信息进入单片机的核心处理单元进行协议解析和处理,按照 TCP/IP 协议组装包,通过单片机内部的以太网模块 PLC Modem 相连,经 PLC 调制后接入 PLC 网络。

在下行链路中(远程计算机-电表),远程计算机通过

以太网接入 PLC 网络,控制信息由 TCP 包携带,进入终端模块,解析出控制命令,再根据智能电表的串口通信协议组装成控制命令帧,通过 RS485 传输至智能电表完成控制。

终端模块软件部分的设计实质就是嵌入式 Internet 服务器的设计,如图 3 所示。



图3 软件/协议设计

整个 PLC 终端模块包括两部分:与电表的通信模块为点对点通信,网络层和传输层为空,链路层使用 RS485/232 协议,应用层遵循 DLT645-1997/2007 标准即可;PLC 网络的通信部分使用标准的 IEEE802.3 链路层协议和 TCP/IP 协议即可。

2.2 PLC 家庭网关的设计路线

PLC 家庭网关包括两部分的功能:分电盘各个支路的汇聚组网以及将 PLC 网络接入 Internet。

从图 3 中可以看出,在 PLC 网络中采用了以太网和 TCP/IP 协议,这样,家庭网关实质上就是一个具有 PLC 子网(总线)交换功能的路由器。分电盘下每个 PLC 支路是一个总线型子网(链路层),家庭网关将各个子网放在共同的一个局域网内(网络层),网关出口即路由器的 WAN 口。

从这里可以看出,整个家庭宽带 PLC 网络及其所接入的 Internet 都是全 IP 网络,这给扩展各种应用奠定了非常好的基础。本方案为每个 PLC 终端模块配置了内部 IP 地址并设置了不同的端口号。在路由器上使用 NAT 和端口映射,将每个 PLC 终端的 IP 和端口映射到路由器上。这样就可以从外部网络直接访问家庭 PLC 网络中的各个设备。相反,从 PLC 网络内部访问外部网络中的主机,则直接通过 IP 地址即可,既节省了 IP 地址又实现了双向通信,弥补了窄带 PLC 抄表中以单向传输为主(电表->集中器)的缺点,为智能电网的控制功能奠定了基础。相关部门可以制定一个标准,将端口号中的一部分注册为电力抄表使用,这样,在目前无法实现每家一个 IPv4 地址的条件下,可以让多个家庭公用一个 IP 地址。

2.3 ADSL 接口设计路线

从中国目前家庭上网的现状来看,普通家庭 PLC 网络向 Internet 的汇聚,首选的方案是采用非对称数字用户环线 ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Loop)。ADSL 是通过电话线路连接到电话局再接入 Internet 的,因此,家庭 ADSL 端的 IP 是在拨号时临时分配的,无法保证有一个固定的端口,也就是说,只能实现从 PLC 网

网络与通信 Network and Communication

关到 Internet 的上行链路,而无法通过 Internet 直接访问 PLC 网关。

为解决上述问题,在 Internet 中设置一“智能电网服务器”,其 IP 地址固定,所有家庭的 PLC 网关一连接到 ADSL 就向该服务器发送信息,该服务器记录 PLC 网关的临时 IP 地址。所有来自 Internet 的信息首先发送给 PLC 服务器,再由其转发到家庭 PLC 网关,从而实现下行链路。

3 应用

在智能电网中,实时掌握社区、厂区的用电情况是节能的基础,数据传输是智能电网中的一个核心技术。目前尚无适合于社区、厂区等用电场所的电力通信系统解决方案,PLC 室内网加 Internet 能够提供一种优秀的解决方案,可以全面感知各个用户的用电状态并进行监控。此外,电力抄表的相关技术是智能家庭技术的基础,电力线通信网络是家用电器上网的天然选择,既省去了布线的麻烦,节省了无线带宽,又安全可靠,能完成双向通信,便于控制。同时,物联网技术的迅猛发展为宽带 PLC 技术在智能家庭中的应用奠定了坚实的基础。利用先进的云计算和云存储技术实现对智能用电器灵活、实时的远程访问和控制。

在系统研究电力通信网需求的基础上,针对目前窄

带 PLC 通信网络应用的不足,提出了将宽带 PLC 通信应用于远程抄表系统。使用宽带 PLC 通信组建家庭电力通信网,将电表或其他电气设备接入其中,PLC 网络通过家庭网关汇入 Internet。提出了一种以 Internet 作为电力通信主干网络,以家庭宽带 PLC 作为连接网络的新型电力通信系统结构。

参考文献

- [1] SCAGLIA S. The embedded Internet TCP/IP Basics, implementation and applications [M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008.
- [2] 王宜怀,陈建明,蒋银珍.基于 32 位 ColdFire 构建嵌入式系统[M].北京:电子工业出版社,2009.
- [3] 殷小贡,刘涤尘.电力系统通信工程[M].武汉:武汉大学出版社,2001.
- [4] BEHROUZ A. Forouzan data communications and networking [M]. McGraw-Hill, 2007.

(收稿日期:2011-05-09)

作者简介:

张娜,女,1985 年生,硕士研究生,主要研究方向:下位机电表服务器及控制服务器的软硬件的设计与实现。

刘敬浩,男,1963 年生,硕士,副教授,硕士生导师,主要研究方向:HFC 宽带接入网、通信信号处理。