

基于电力线通信技术的新型照明控制系统^①

The New Lighting Control System Based on Power Line Communication

杨 顺 钱明明 马江平 (辽宁工程技术大学 电子与信息工程学院 辽宁 葫芦岛 125105)

摘要: 叙述了一种利用电力线载波通信来实现室内照明控制的方法,利用现有的电力线作为通信媒介传输控制信号,可减少线路架构成本,并使照明控制系统智能化。对当前的电力线载波理论做了研究,并设计电力线载波通信硬件系统。最后在实验室环境对构建的系统模型进行误码率及传输距离测试得出数据。经实验结果验证,电力线载波照明控制方法经济可行,具有操作可靠性。

关键词: 电力线载波通信 照明控制 PLC 模块 载波收发芯片 系统测试

智能家居是应用计算机技术、通讯技术和控制技术,将家中的各种设备(照明系统、安防系统、智能家电等)有机地连接到一起,进行统一的信息管理与控制的系统^[1]。通过统筹管理,让家居生活更加舒适、安全、有效。

1 引言

电力线载波通信(Power Line Communication, PLC)是指利用现有电力线路实现数据传输的一种通信方式,将该技术应用于现代智能家居,实现智能家居中的照明控制、电器控制以及自动抄表等数据回传业务,具有无需重新布线、节省系统成本、实用方便等优点,因此电力载波通信技术在智能家居建设中具有广泛应用前景^[2]。本文主要就电力载波通信技术应用于室内照明控制进行研究。

2 系统组成及工作原理

在传统的照明电路架构中,照明设备和开关是串联在电力线路中的,通过用户操作开关来实现照明设备的电流通或断。而在本文设计的系统中,用户不必直接操作开关,而是通过遥控器发送控制信号给中央控制器,由 PLC 模块实现数据在电力线上的发送与接收,从而控制照明设备。系统组成如图 1 所示。系统由遥控器、中央控制器、PLC 模块、照明设备及 AC220V 电力线组成。

照明控制信号首先经过无线传输,由遥控器发射红外信号,该信号由中央控制器接收。中央控制器端包含 PLC 模块,PLC 模块将信号进行处理与调制,最后用其载波发射功能将一个含有目标地址的控制信号注入电力线。照明设备端的 PLC 模块接收到控制信号后,经过地址判断,相应的照明设备就会接收信号并做出应答。从而利用电力线通信,使连接到电力线上任何位置的照明设备都可以被远程智能化控制。

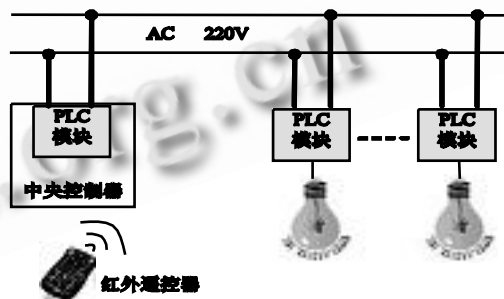


图 1 系统组成示意图

3 PLC 模块组成及工作原理

电力线载波通信应用于数据传输系统的关键,是要有一个可靠安全的硬件平台^[3]。图 2 为电力线通信硬件系统的模块示意图,其中包含电力线接口单元、载波收发单元、载波芯片单元和电源模块单元。

3.1 调制方案

电力线作为一种通信传输介质,具有可变信号衰

^① 收稿时间:2009-02-25

减、阻抗调制、脉冲噪声以及等幅振荡波干扰等不利于数据传输的特性。为了排除这些干扰，调制方案确定为扩展频谱技术。

扩频技术是一种将基带信号进行扩展来进行信息处理的传输技术，它利用同所传输数据无关的码对被传输的信号扩展频谱，使之占有远远超过被传送信息所必需的最小带宽，在接收机中利用同一码进行相关接收和恢复数据。显然，扩频通信方式与常规的窄带通信方式是有区别的：一是信息的频谱扩展后形成宽带传输；二是相关处理后恢复成窄带信息数据。正是由于这两大特点，使扩频通信有很好的抗干扰性能，适用于电力线载波通信系统复杂的环境中^[4]。

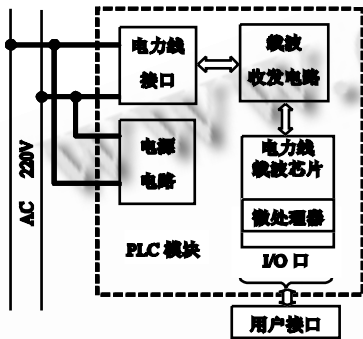


图 2 PLC 模块硬件组成

3.2 电力线载波芯片

载波芯片是硬件核心，它负责对处理数据和调制解调信号。PL3106 芯片是一种适用于电力线载波通信的高集成度的片上系统，它的内部集成了 8051 微处理器。PL3106 芯片是基于 PSK 调制方式的，相比于 ASK 和 FSK 具有较低的误码率，3106 芯片采用直序扩频通信方式。在发送端，频带的展宽是通过编码及调制(扩频)的方法来实现的。在接收端，则是由接收信号和一个与发端扩频序列同步的信号进行相关处理来压缩并恢复原始数据的^[5]。PL3106 较大的扩频增益决定了其有很强抗干扰能力。

3.3 载波收发电路

载波发射中心频率 120K，带宽 15KHz，载波发射端接到芯片的 PSK_OUT 端，载波接收端 SIGIN 接到芯片的 SIGIN 端。

载波发送电路如图 3 所示。它是一种功率放大电路，它将 PL3106 芯片产生的载波调制信号进行功率放大。PSK OUT 点处波形为 0~5V 变化的方波，包含

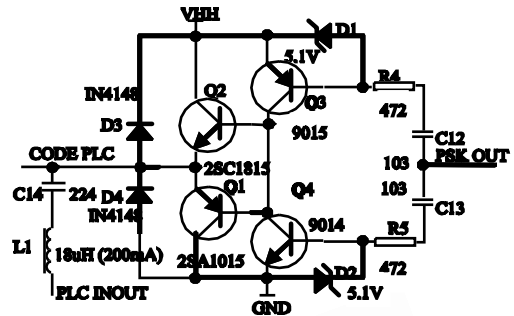


图 3 载波发送电路

丰富的谐波。经过推挽电路进行功率放大后,PSK OUT 点的方波信号被放大为 CODE PLC 点信号。发射电路后端加入 LC 谐振回路，抑制载波输出的谐波功率。

载波接收电路主要包括限幅保护电路、谐振回路。限幅单元起嵌位的作用，吸收电力线上的尖峰干扰。谐振回路的中心频率设计为 120kHz，完成对电力线中载波调制信号的带通滤波。良好的选频回路可以有效提高载波接收灵敏度。

3.4 电力线接口电路

电力线上的信号为混合信号，有 50Hz / 220V 的交流工频信号、扩频信号和多种噪声信号。电力线接口电路是一种耦合滤波电路，作用是使扩频信号顺利通过而工频信号被阻断，同时实现强电侧和弱电侧的物理分离。图 4 所示为一种独立变压耦合方式，强电端电容与变压器构成 LC 回路，起到选频作用。弱电端采用瞬态抑制二极管对电路进行浪涌保护。

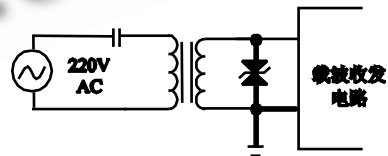


图 4 变压耦合电路

3.5 电源模块

为了使载波通信硬件电路使用方便，PL3106 芯片工作需要的 +5V 直流电是由交流电直接变压而来的。如图 2 所示，电源电路与电力线接口电路并联，再一起与电力线连接。电力线接口电路耦合信号的同时，电源电路也获得了需要的交流电，交流电经整流后得到直流电。混合电压系统的解决方案有很多种，比如采用稳压芯片、设计开关电源等，对于该系统采用 MC7805 稳压芯片和电容性共振滤波器得到直流电源。

3.6 用户接口

用户接口规定了用户的控制操作是如何转换成控制信号的。在照明控制系统中，用户接口与 PL3106 中微处理器 8051 的 I/O 口相连，当用户进行开关操作时，8051 接收到控制信号后对信号进行判断并做出响应，由 I/O 口输出相应脉冲给用户接口，此时用户接口表现为开关信号的转换。

4 硬件系统测试

4.1 测试方法

硬件系统的测试是对室内的一个具体照明电路进行测试。测试平台由两个距离可调的照明控制 PLC 模块组成，它们中间连接一个产生噪声的接口，用于连接产生噪声的用电设备。计算机两端的 PLC 模块分别为收发功能。数据由计算机通过串口收发。数据误码率的计算由计算机内部程序完成。测试平台结构如图 5 所示。

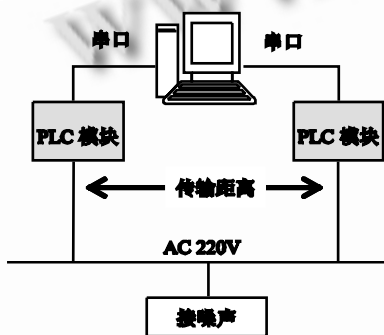


图 5 测试平台结构图

4.2 误码率测试

计算机将数据传送给其中一个载波收发器，并与从另一个载波收发器接收到的数据作对比来估算误码率。通过调整电压控制电路减小载波发射功率的方法模拟信号在一定范围内的衰减，来研究系统工作情况。用示波器的 FFT 功能测定 120kHz 信号的峰值，可测量出输出电压。频繁地开关室内用电设备会产生瞬态噪声，瞬态噪声在室内照明电路中有很高的发生率。

图 6 所示为误码率与衰减的关系。曲线 a 表示在正常的环境下的误码率与衰减的关系，由图可见只有当衰减大于 35dB 时误码率才变得明显。与此同时，曲线 b 表示在加入瞬态噪声的情况下的衰减与误码率的关系，由图可见当衰减大于 25dB 时，瞬态噪声会导致明显的误码率。采用 CRC 校验和 ARQ 误码修正方案后，误码的出现明显减少。测试还发现，和理论上预期的一样，扩频调制可以有效地减少误码的发生。

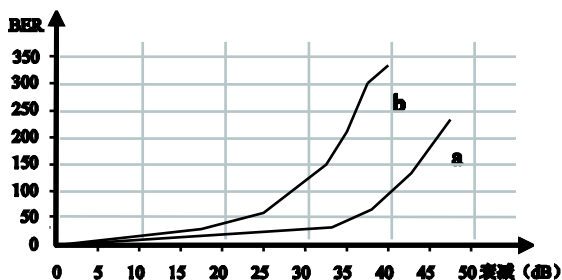


图 6 误码率与衰减的关系

4.3 通信距离测试

通信距离测试是利用系统硬件测试平台，在室内用电设备(电脑、电灯等)均接入的状态下，通过 PLC 收发模块之间距离的改变来测试所设计系统中数据的传输距离。在这里误码率小于 20 就认为是通信成功的。

表 1 距离测试数据

距离(米)	50	100	200	250	300
成功率(%)	99.9	99.7	98.6	98.5	98.2

5 结论

测试数据表明，在实验室环境使用扩频调制和数据传输速率为 500bps 的电力线载波照明控制系统可以稳定工作。由噪声引起的误码极少，而使用错误校验可以消除误码。在电力线长度小于 300 米时，衰减不会导致数据传输错误的问题，这样的结果完全可以满足小型别墅室内照明控制所需距离。综上所述，利用电力线载波通信技术的照明控制系统在技术上是可行的，但在产品的实现上还有待做进一步的工作。

参考文献

- 1 王松涛.智能家居网络控制系统[硕士学位论文].济南:山东大学, 2005.
- 2 何海波,周拥华.低压电力线载波通信研究与应用现状.继电器, 2001,29(7):12-16.
- 3 DOMOLOGIC Home Automation GmbH. Konnex PL132-Power-Line-Communication using the CENELEC-C-Band.2000,2003DOMOLOGIC Home Automation GmbH. 2008.
- 4 周强,陶维青.采用扩频技术的电力线通信板的实现.工业控制计算机, 2006,19(2):36-37.
- 5 北京福星晓程电子科技股份有限公司.PL3106 芯片手册.北京福星晓程电子科技股份有限公司, 2008.