

# 基于四网融合的新型智能小区设计研究

宗平<sup>1</sup>, 张静静<sup>2</sup>

(1. 南京邮电大学 海外教育学院, 江苏 南京 210046;  
2. 南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210046)

**摘要:**电信网、广播电视网和互联网的“三网融合”已经成为城市信息服务的重要趋势,而“四网融合”已成为新型智能小区的发展方向。基于四网融合的智能小区对通信信道有更高的要求。文中论述了基于“四网融合”的新型智能小区的设计方案,说明了新型智能小区中智能电网的运用策略和“四网融合”的通信机制。文中着重分析了PLC在通信中的关键作用,提出了使用限幅和平衡器技术的PLC系统模型。限幅技术通过设置阈值来限制信号振幅而不改变信号的相幅来降低噪声。通过仿真确认了限幅和平衡器技术对信道性能的提高。

**关键词:**四网融合;智能电网;PLC

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)08-0208-05

## Design Scheme of Intelligent Residential District Based on Four Networks Integration

ZONG Ping<sup>1</sup>, ZHANG Jing-jing<sup>2</sup>

(1. College of Overseas Education, Nanjing University of Posts and Telecommunications,  
Nanjing 210046, China;

2. College of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210046, China)

**Abstract:** "Three networks integration" based on telecommunications, broadcasting, television network has become the future of the information service of the city as a trend, and "four networks integration" becomes the new intelligent residential district's development direction. The intelligent residential district based on the four networks integration has higher requirements on communication channel. It expounds the construction content of the "four networks integration" based on the new intelligent residential district and the use of the smart grid in the new intelligent residential district. It summarizes the PLC's key role in communication. Propose clipping scheme and equalizer as methods to reduce the effects of impulsive noise and channel attenuation in power line communication (PLC) system. Clipping is cutting off the amplitude of the received signal over threshold level without its phase change in order to reduce noise effects. From simulation results, it is confirmed that the proposed clipping scheme has slightly better performance than conventional PLC system.

**Key words:** four networks integration; smart grid; PLC

## 0 引言

随着生活水平的提高,人们对居住环境的要求也不断提高,再加上计算机技术、电子技术、信息产业和控制技术的迅猛发展,使得住宅小区的智能化建设成为一种趋势。四网融合已称为当今技术发展的趋势。“一根光纤电源电视互联网全解决”,是电力光纤到户的最好写照。电力光纤到户可解决信息高速公路的末端接入问题,可满足智能电网用电环节信息化、自动化

的需求。

## 1 国内外研究现状

近几年,我国智能住宅小区的发展很快,国家电网建设电力光缆到户工程取得突破性进展,在北京、上海建成了我国第一批电力光缆到户智能小区示范工程,用户可以直接通过电力光缆接入互联网拨打数字电话,收看高清电视,并支持对空调、电热水器、电饭煲等智能家电的控制,实现了电、水、气三表综合应用。

## 2 四网融合智能小区的建设内容

四网融合是指在现有的三网融合<sup>[1]</sup>(电信网、计算机网和有线电视网)的基础上加入电网,成为四网融

收稿日期:2012-01-04;修回日期:2012-04-08

基金项目:江苏省科技支撑项目(BE2009157)

作者简介:宗平(1956-),男,博士,教授,主要研究方向为计算机网络、软件工程等;张静静(1987-),女,硕士研究生,研究方向为计算机网络。

合<sup>[2]</sup>。四网融合的智能小区<sup>[3]</sup>是指可以为社区居民提供计算机网络、智能家居、物业服务和管理、电子商务平台、社区服务信息网等全方位信息服务的多媒体综合信息系统。四网融合的智能小区应主要包括以下几部分内容<sup>[4]</sup>:

1. 通信网络——利用小区低压电线通道资源,采用光纤复合低压电缆,并以电力线载波等其他通信方式作为补充和延伸,构建小区低压通信网络,实现电力光纤到户。

2. 智能社区——通过社区设备、安防、应急、公共服务、医疗服务、教育等管理子系统的建立,丰富和完善社区服务系统,构建智能社区。

3. 智能家居——借助智能交互终端、智能家电、通信网络等,实现家庭安全的集中监控与管理,支持水表、气表等的自动采集与信息管理工作等。

4. 智能电网——智能电网的使用电力光纤入户不仅提供了电能,还满足了智能电网用电环节信息化、互动化的智能电网需求,区域内网络速度达到 20M bps,是目前国内城市宽带入户平均速度的 10 倍<sup>[5]</sup>。

### 3 通信网络建设方案

#### 3.1 四网融合通信网络结构

已有的三方融合技术方案<sup>[6]</sup>:广电网,固话网和互联网,通过 OLT 融合接入互联网。固话网接入 OLT 使用 CTI(Computer Telephony Integration),将电话交换系统和计算机系统有机地结合起来,充分利用交换机话路交换功能和计算机系统数据处理功能。广电网接入 OLT 使用 QAM(即正交振幅调制),是数字信号的一种调制方式,可以直接接入三网融合 OLT。四网融合的主要技术难点在于电力线与其他三网的融合,为解决这个难点,在电力网和互联网两者间寻找交叉点,即 PLC(电力网络路由器)<sup>[7]</sup>。是利用传输电流的电力线作为通信载体,将一个电表回路下的任何一个电源插座转换为网络接口,即插即用,无须另外布线,就可以和以太网互联,并接入 Internet 网,如图 1 所示。

在原有的三网融合基础上,加入 PLC(电力网络路由器),则简单实现了电力线接入网的转换。同时不影响其他三网融合的结构。

#### 3.2 PLC 技术

电力线上网主要利用 PLC(Power Line Communication)技术,其原理是将载有数据信息的高频信号加载到电力线上,用电力线进行信息传输,再通过专用的电力线调制解调器将高频信号从电力线上分离出来,传送到终端设备。PLC 局端设备负责与内部 PLC 终端设备的连接和外部 Internet 网络的通信。PLC 终端设备负责将来自用户的数据信息通过电力线路传输到局端设备,局端设备再将数据信号解调出来接入外部 Internet<sup>[8]</sup>。

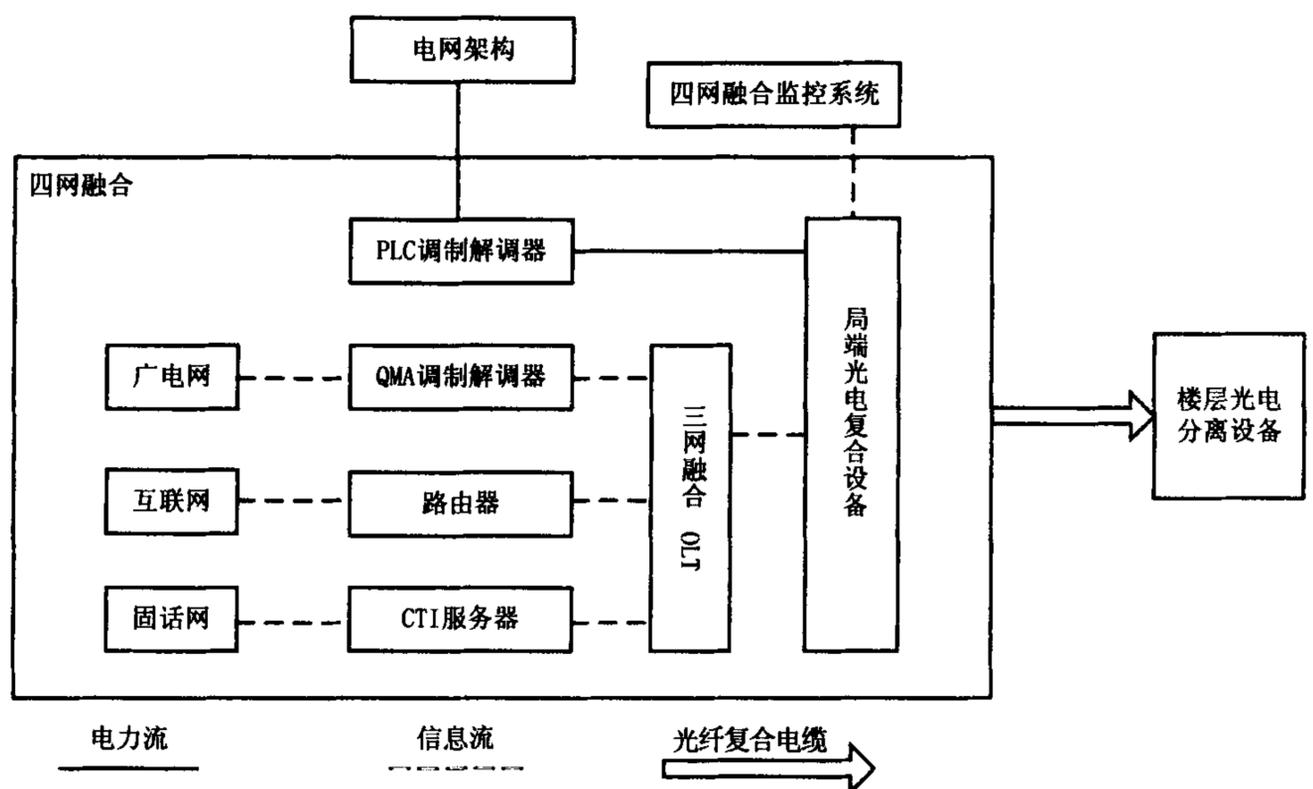


图1 四网融合技术方案

在用电力线传输时会有一些不足,比如阻抗的变化,噪声和对频率的依赖所造成的大量衰减等等。首先,家中的任意 PLC 终端形成的通信信道虽然可以传输数据信息,但是由于信道中导体类型的多变,终端阻抗的变化和组成元素的随机性,所以通信传输线路相当复杂。而正由于这种复杂的传输机制,所传输数据的相幅和振幅都会随着频率变化而变化很大。因此,到达接收端的一些信号会有小幅度的失真,而另一些根本无法分辨出频率。其次,PLC 和大多无线网络一样存在拓扑结构导致多路径反射而引起信号的选择性衰减和码间串扰。

##### 3.2.1 信道模型

电力线中介是不稳定的传输信道。它的阻抗主要受电缆阻抗特性,网络拓扑结构和电力负载的自然特性所影响。因此信号反射发生在阻抗失配的部分,不仅应该考虑发送器和接收器的直线传播,还应该考虑其他路径<sup>[9-11]</sup>。文中应用了多径模型<sup>[12]</sup>,如图 2 所示,并说明了设计方案。

假设 PLC 信道只有一个分支,有 AB, BC, BD 三个部分,长度分别是  $l_{AB}$ ,  $l_{BC}$  和  $l_{BD}$ ,以及阻抗特性分别为  $Z_{AB}$ ,  $Z_{BC}$  和  $Z_{BD}$ 。为了简化考虑情况,假设终端和线

路是直线相连的,也就意味着设备 A 的阻抗和设备 B 的阻抗与  $Z_{AB}$  和  $Z_{BC}$  成正比。尽管由于多路径反射导致可能有无数条传播路径,先仅考虑信道只有四条路径的情况。每条路径  $i$  有一个权重  $g_i$  (作为传输和反射因素导致的结果),代表路径上的反射和传输因素。所有电力线上的反射和传输因素基本上都小于等于 1。由于多条电缆的并联会导致馈电电缆的阻抗特性变小因此权重  $g_i$  小于等于 1。

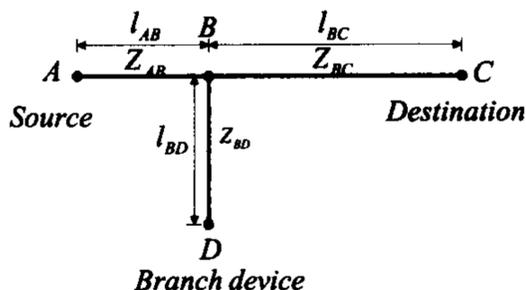


图 2 多径方案

路径上的传输和反射越多,权重  $g_i$  越小。由于路径越长衰减越多,所以在接收点,传输和反射对于整体的信号质量而言影响是比较小的。因此,可以合理的粗略估计基本上无穷多条路径只由其中  $N$  条路径主导,而  $N$  应该尽可能小。这样,路径延迟  $\tau_i$  可以表示为:

$$\tau_i = \frac{d_i \sqrt{\epsilon_r}}{c_0} = \frac{d_i}{v_p} \quad (1)$$

其中  $\epsilon_r$  为绝缘物质的绝缘常数,  $c_0$  为光速,  $d_i$  为光缆长度。电缆损耗会导致衰减随长度和频率增加。

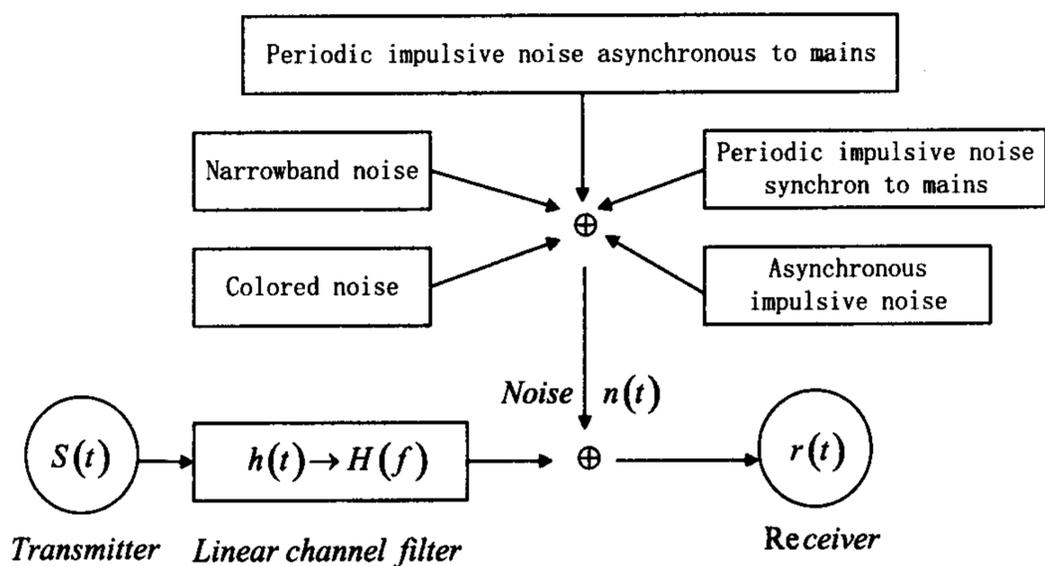


图 3 多径信道传输

### 3.2.2 噪声模型

图 3 是 PLC 信道中的一个噪声框图。脉冲响应  $h(t)$  和各种噪声伴随着信号  $s(t)$  在 PLC 信道上传输。接收端接收到信号  $r(t)$ 。这些噪声可以分为五类:背景噪声、窄带噪声、同步或异步周期脉冲噪声以及异步非周期脉冲噪声<sup>[13]</sup>。背景噪声、窄带噪声和异步周期噪声可以被概括为背景噪声,因为它们的性能是周期典型的,而异步脉冲噪声和周期同步脉冲噪声每毫秒甚至微秒变化都很迅速。因此,建立脉冲噪声

模型是有必要的。

为了建立脉冲噪声模型,应用米德尔顿 A 类噪声模型。模型有两个独立部分:

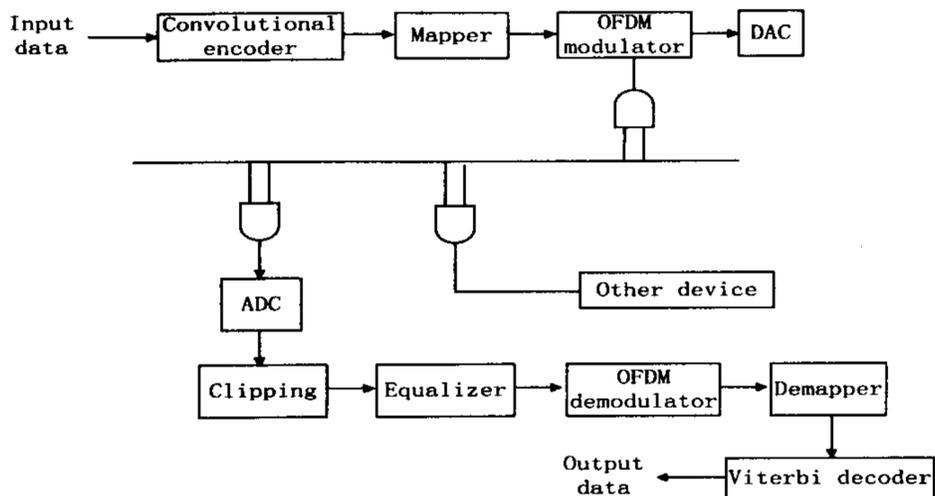


图 4 PLC 系统模型

$$z(t) = z_c(t) + z_p(t) \quad (2)$$

第一个部分用  $z_c(t)$  代表一个静态背景高斯噪声。第二个部分用  $z_p(t)$  代表脉冲干扰。

$$z_p(t) = \sum_i U_i(t, \theta) \quad (3)$$

其中  $U_i$  代表从干扰源发出的第一个波形,  $\theta$  代表一系列描述波形大小和结构的随机参数。这些到达观察端的独立脉冲的到达时间符合泊松过程。因此,概率密度函数如下:

$$f_z(Z) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\alpha_m}{2\pi\sigma_m^2} \exp\left\{-\frac{z^2}{2\sigma_m^2}\right\} \quad (4)$$

$$\alpha_m = e^{-A} \frac{A^m}{m!} \quad (5)$$

其中  $m$  代表发出的脉冲噪声数,  $A$  为脉冲指数,是脉冲噪声的平均速率和典型脉冲的平均持续时间的平均值的乘积。

在式子(4)中,方差  $\sigma_m^2$  定义如下:

$$\sigma_m^2 = (\sigma_g^2 + \sigma_i^2) \frac{(m/A) + \Gamma}{1 + \Gamma} \quad (6)$$

其中参数  $\sigma_g^2$  和  $\sigma_i^2$  分别代表背景噪声和脉冲噪声的功率。参数  $\Gamma$  代表背景噪声与脉冲噪声之比。

### 3.2.3 系统模型

文中提出的 PLC 系统模型如图 4 所示。二进制数据流通过卷积编码器编码调制后在信道上传输。信道编码补偿了信道衰落的影响,串行信号经过相移键控调制成为数据帧。每帧经过快速傅立叶变化(FFT)在载波上传输。信号经过数字模拟转换器(DAC)转变为模拟信号,再通过电力线传输,经过各种噪声影响,再通过模拟数字转换器(ADC)转变后接收,再经过限幅和平衡模块减小信道和脉冲噪声,最后接收到的信号经过 FFT 和解调器还原成原始数据流。

由于连接电力输出端的各种电器用具的阻抗变化,电力线中介是不稳定的传输信道,反射主要发生在阻抗失配部分,所以其他路径也要考虑。

因此,文中主要考虑一种伴随频率选择性衰落的多径信道,提出一种信道模型,其中脉冲响应部分表示如下:

$$H(f) = \sum_{i=1}^N g_i \cdot e^{-\langle \alpha_i + \alpha_i f \rangle d_i} \cdot e^{-j2\pi f \langle d_i / v_i \rangle} \quad (7)$$

这里  $g_i$  代表加权,  $e^{-\langle \alpha_i + \alpha_i f \rangle d_i}$  代表衰落,  $e^{-j2\pi f \langle d_i / v_i \rangle}$  代表延迟。

### 3.2.4 噪声降低

#### A. ZF 接收机。

为了拒绝干扰,认为迫零(ZF)线性探测器符合下面所述条件。

$$W_{ZF} H = I \quad (8)$$

其中  $W_{ZF}$  是 ZF 的解码矩阵,其数学表达式为:  $W_{ZF} = (H^H H)^{-1} H^H$ 。  $(\cdot)^H$  表示共轭矩阵置换,  $H$  表示信道矩阵。  $I$  表示单位矩阵。接收机可以利用 ZF 均衡来获取估计信号。其数学表示为:

$$\hat{X} = W_{ZF} Y \quad (9)$$

其中  $\hat{X}$  表示传输信号估计矩阵。如果  $|H|$  值不为零,则  $H$  可逆,解码矩阵可以表示为:

$$W_{ZF} = H^{-1} \quad (10)$$

#### B. MMSE 接收机。

为了尽量减少噪声功率分量,使用最小均方误差(MMSE)算法,其表达式如下:

$$W_{MMSE} = \arg \min_{W_{MMSE}} E [\| W_{MMSE} Y - X \|^2_F] \quad (11)$$

其中  $W_{MMSE}$  表示 MMSE 的解码矩阵,  $\| \cdot \|_F$  表示弗罗贝尼乌斯范数。

$$W_{MMSE} = \left( H^H H + \frac{1}{\lambda} I \right)^{-1} H^H \quad (12)$$

其中  $\lambda$  是信噪比(SNR)。

#### C. 限幅技术。

在克服脉冲噪声的干扰方面,限幅技术凭借其技术的简单易行而被经常在实际中应用。限幅模块在 OFDM(正交频分复用)前段接收器之前使用<sup>[14]</sup>。其技术的最大优点是只通过设置阈来限制信号的振幅而不改变信号的相幅。因此限幅的接收信号可以表示如下,其中  $T_c$  表示限幅的阈值。

$$y_n = \begin{cases} r_n & |r_n| \leq T_c \\ T_c e^{j\arg(r_n)} & |r_n| > T_c \end{cases}, n = 0, 1, \dots, N-1 \quad (13)$$

### 3.3 仿真结果

图 5 表示了无信道编码的 PLC 系统误码率。一般无限幅情况下, BPSK、PSK 和 16QAM 调制在误码率  $10^{-3}$  情况下,信噪比分别为 25 分贝, 28 分贝, 32 分贝。使用限幅技术后,所有调制性能都上升了 0.5 ~ 0.6 分贝。因此,限幅技术是可以用来提高系统性能的。

图 6 表示了 PLC 系统中应用卷积码之后的误码率情况。在误比特率  $10^{-3}$  情况下所有类型的调制系统性能都提高了 6 ~ 7 分贝,而其中还有 0.4 ~ 0.7 分贝的提高得益于限幅技术。

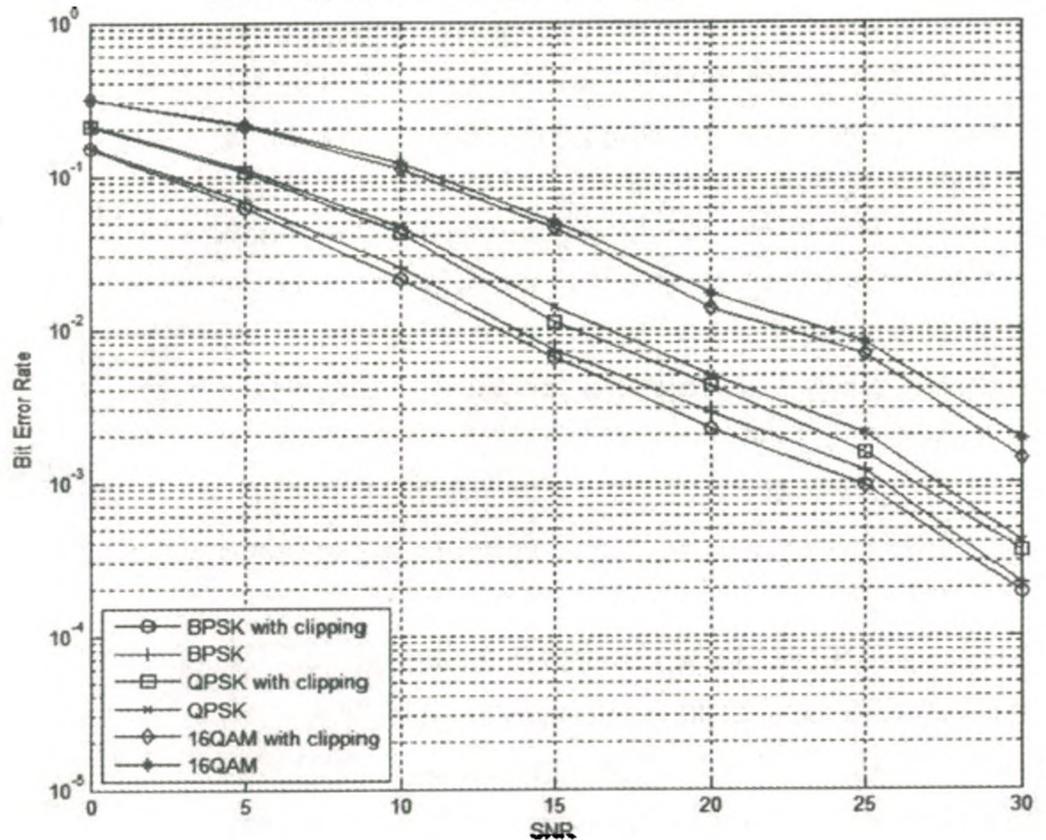


图 5 使用 PLC 噪声降低模型未编码 PLC 信道性能

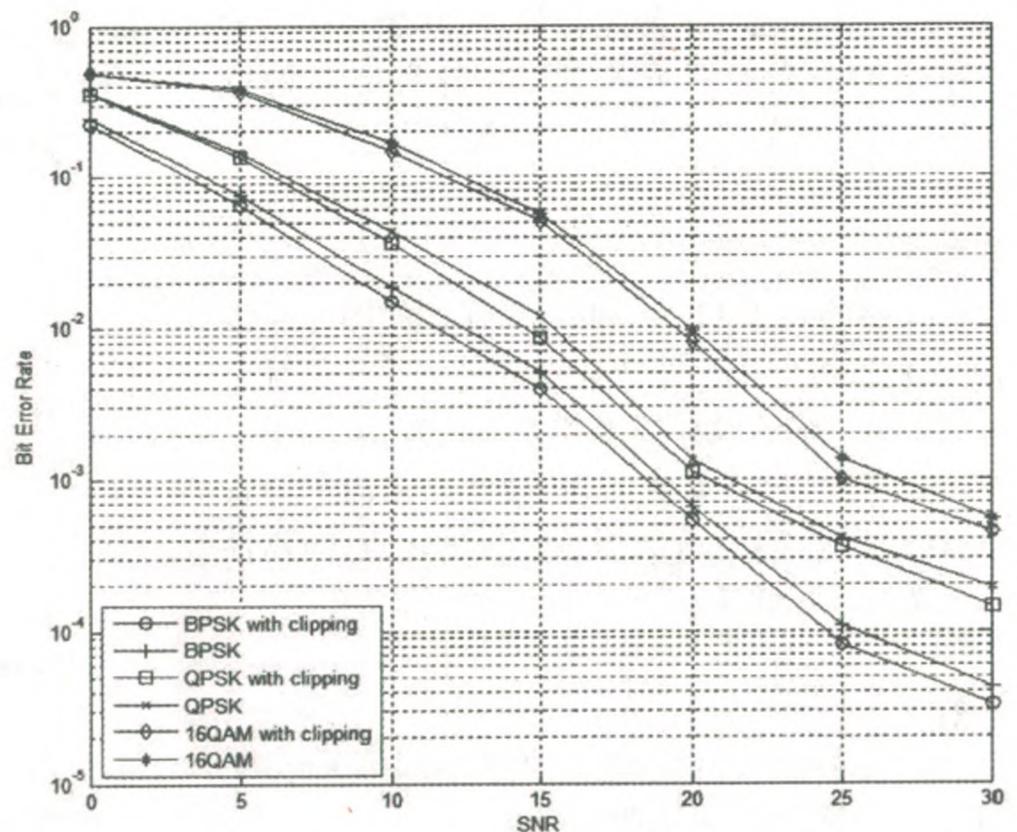


图 6 使用 PLC 噪声降低模型并卷积编码后的 PLC 信道性能

#### 4 结束语

文中提出了一种基于四网融合的新型智能小区的建设内容,包括通信网、智能家居、智能社区、智能电网,其中对于智能电网建设,给出了具体建设模块和作用,对于智能小区的通信方案建设,在三网融合的基础上,加入 PLC(电力网络路由器),则简单实现了电力线接入网的转换,同时不影响其他三网融合的结构。同时,提出了使用限幅和平衡器技术的 PLC 系统模型,通过仿真确认了限幅和平衡器技术对信道性能的提高。

#### 参考文献:

- [1] 李苑,张剑,曾剑秋. 三网融合现状及发展策略[J]. 中国通信,2010(3):158-162.
- [2] 贾丹华,戴啸涛. 电信企业携手国家电网迈向“四网融合”[J]. 通信企业管理,2011(5):34-35.
- [3] 陈嵩峰,宋明玉. 基于“三网融合”的智能小区建设[J]. 现代建筑电气,2011(6):16-18.
- [4] 闵丽娟,卢捍华,陈玲,等. 智能家居的系统结构及相关无线通信技术研究[J]. 计算机技术与发展,2011,21(8):169-172.
- [5] 黄理俊. 四网融合对我国广电媒体的影响[J]. 广播电视信息,2009(7):33-36.
- [6] 张宜. 基于智能小区建设的三网融合综合信息网络[J].

(上接第 207 页)

公司提供的固件程序框架和实例,在 KeilVision2 环境中,用 C 语言实现。简而言之,只需对描述符表范例文件 DSCR.A51 更改其中部分描述符的值得到需要的 USB 描述符表,然后在初始化函数 TD\_Init() 中对接口芯片内部 8051 CPU 的工作频率、芯片工作模式、端点、传输方式、数据包大小等进行设置,其余工作交由固件程序框架去完成即可<sup>[13]</sup>。采用这种方式进行 USB 固件设计非常简单,可以大大降低工作量。

#### 4 结束语

文中介绍的基于 FPGA 和线阵 CCD 的图像采集系统,可在色选机中用于图像数据的采集。与传统色选机图像采集系统的设计技术和方案比较,系统不但具有并行处理程度高、集成度高、硬件电路简单等特点,而且具有筛选速度快、数据传输快的优点,对高性能工业色选机系统的开发,具有较好的应用价值。

#### 参考文献:

- [1] 张旭. 高速线阵 CCD 数据采集、传输与处理技术的研究[D]. 长春:长春理工大学,2008.
- [2] 尹亮. CCD 智能相机图像采集硬件平台的研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学,2008.

通信世界,2003(16):46-47.

- [7] Dostert K. 电力线通信[M]. 栗宁,郑福生译. 北京:中国电力出版社,2002.
- [8] Ferreira H C, Grove H M, Hooijen O, et al. Power line communications: an overview [C]//Proc. of 4th IEEE AFRICON. [s.l.]:[s.n.]. 1996:558-563.
- [9] Philipps H. Performance measurements of powerline channels at high frequencies [C]//Proc. of IEEE Int. Symp. on Power Line Commun. and Its Applicat. [s.l.]:[s.n.], 1998:229-237.
- [10] Meng H. Modeling of transfer characteristics for the broadband power line communication channel [J]. IEEE Trans. on Power Del, 2004, 19(3):1057-1064.
- [11] Anatory J, Kissaka M M, Mvungi N H. Channel model for broadband powerline communication [J]. IEEE Trans. on Power Del., 2007, 22(1):135-141.
- [12] Zimmermann M, Dostert K. A multipath model for the powerline channel [J]. IEEE Trans. on Commun., 2002, 50(4):553-559.
- [13] Katayama M. A mathematical model of noise in narrowband powerline communication system [J]. IEEE J. Sel. Areas Commun., 2006, 24(7):1267-1276.
- [14] Zhidkov S. Analysis and comparison of several simple impulsive noise mitigation schemes for OFDM receivers [J]. IEEE Trans. on Commun., 2008, 56(1):5-9.

- [3] 梁冰. 高速线阵 CCD 图像采集系统的设计[D]. 合肥:合肥工业大学,2010.
- [4] TCD1209D datasheet [M]. [s.l.]:TOSHIBA, 1999.
- [5] TDA9965 datasheet [M]. [s.l.]:PHILIPS, 2004.
- [6] Cyclone III Device Handbook [M]. [s.l.]:Altera Corporation, 2010.
- [7] Cy7c68013 datasheet [M]. [s.l.]:Cypress Semiconductor Corporation, 2005.
- [8] 蔡国强,黄兴利,慕德俊. USB 总线测量平台数据采集系统设计与实现[J]. 计算机技术与发展, 2011, 21(6):161-164.
- [9] EZ-USB FX2 Technical Reference Manual [M]. [s.l.]:Cypress Semiconductor Corporation, 2005.
- [10] McBader S, Lee P. An FPGA implementation of a flexible, parallel image processing architecture suitable for embedded vision systems [C]//Parallel and Distributed Processing Symposium. [s.l.]:[s.n.], 2003.
- [11] 袁金凤,陈文艺,李凯. 基于 FPGA 的线阵 CCD 驱动时序电路的设计[J]. 现代电子技术, 2009, 32(3):160-162.
- [12] 喻川,邹建. 基于 CPLD 的可调积分时间线阵 CCD 驱动的设计[J]. 四川兵工学报, 2008, 29(3):94-96.
- [13] 王静红,刘教民,于富强,等. 采用 CY7C68013 芯片的系统固件程序设计[J]. 河北师范大学学报, 2008, 32(2):169-173.

## 基于 Web 服务发展分布式网络监测

作者: 李波, 李兵, 彭金莲, 许博  
作者单位: 李波, 李兵, 许博(解放军理工大学指挥自动化学院, 江苏南京210007), 彭金莲(海南大学, 海南海口571101)  
刊名: 计算机技术与发展  
英文刊名: Computer Technology and Development  
年, 卷(期): 2012(8)

### 参考文献(14条)

1. 李英; 张剑; 曾剑秋 三网融合现状及发展策略[期刊论文]-中国通信 2010(03)
2. 贾丹华; 戴琳清 电信企业携手国家电网迈向“四网融合”[期刊论文]-通信企业管理 2011(05)
3. 陈高峰; 宋明玉 基于“三网融合”的智能小区建设 2011(06)
4. 仝丽娟; 卢程华; 陈玲 智能家居的系统结构及相关无线通信技术研究[期刊论文]-计算机技术与发展 2011(08)
5. 黄理俊 四网融合对我国广电媒体的影响[期刊论文]-广播电视信息 2009(07)
6. 张宜 基于智能小区建设的三网融合综合信息网络 2003(16)
7. Dostert K; 黎宁; 廖福生 电力线通信 2002
8. Ferreira H C; Grove H M; Booijen O Power line communications: an overview 1996
9. Phillips H Performance measurements of powerline channels at high frequencies 1998
10. Meng H Modeling of transfer characteristics for the broadband power line communication channel[外文期刊] 2004(03)
11. Anatory J; Kissanaka M; Mwuungi N H Channel model for broadband powerline communication[外文期刊] 2007(01)
12. Zimmermann M; Dostert K A multipath model for the power line channel 2002(04)
13. Katayama M A mathematical model of noise in narrowband powerline communication system[外文期刊] 2006(07)
14. Zhidkov S Analysis and comparison of several simple impulsive noise mitigation schemes for OFDM receivers[外文期刊] 2008(01)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfy201208054.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfy201208054.aspx)