

# CDMA-CSMA 多用户通信系统在配电网中的仿真研究

吴 潇, 俎云霄, 吕玉琴

WU Xiao, ZU Yun-xiao, LV Yu-qin

北京邮电大学 电子工程学院, 北京 100876

Electronic Engineering School, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China

E-mail: catrina.wu@gmail.com

WU Xiao, ZU Yun-xiao, LV Yu-qin. Simulation of CDMA-CSMA multi-user communication systems in PLC networks. Computer Engineering and Applications, 2007, 43(28): 147-149.

**Abstract:** The multi-users random communication systems is a new researchful subject. Although most researches focus on fixed assignment multiple access method, a random multiple access method to make the systems a well performance on sudden occurrence is introduced in this paper. The factors influencing the performance of the CDMA-CSMA multi-users communication systems have been analyzed by Monte-Carlo simulation. It has been proved that the performance of the communication systems can be improved by using random multiple access method with CDMA.

**Key words:** DS/CDMA; slot time-nonpersistent CSMA; PLC networks; Bit-Error-Rate

**摘 要:** 多通道随机通信系统的研究是一个新的课题, 在以往的研究中, 大多集中在固定分配多址接入方式。引入了随机多址接入技术, 以便在突发性事件中保持良好的性能, 并采用蒙特卡罗方法对 CDMA-时隙式非坚持 CSMA 多用户通信系统在不同因素影响下的网络吞吐量进行了仿真研究。证明了在随机多址接入技术中采用 CDMA 技术, 可以明显改善系统的性能。

**关键词:** DS/CDMA; 时隙式非坚持 CSMA; 电力线网络; 信道比特误码率

**文章编号:** 1002-8331(2007)28-0147-03 **文献标识码:** A **中图分类号:** TM73; TN913

## 1 引言

近年来, 低压电力线载波通信作为居民供电管理系统的方便有效的通信手段获得了很大的发展。但是低压电力线最初的设计不是为了进行通信而设计的, 因此作为通信信道, 存在着不利于信号传输的特性, 例如强衰减、强时变性、强干扰等, 致使低压电力线载波通信误码率相对较高、传输距离短、可靠性较低, 传输质量随外界环境不同而变化<sup>[1-5]</sup>。

目前对于上行多址信道的接入问题出现的 MAC 协议多是 CSMA/CD 协议(带有冲突检测的载波侦听多路接入), 但是这种接入方式存在传输时延, 降低了信道利用率。采用固定多址接入技术(如 CDMA)既可有效地抑制上行噪声, 又能有效地利用上行带宽。由于随机多址接入技术在突发事件中有较好的性能, 参考文献[6]提出了固定多址接入技术与随机多址接入技术相结合的方式, 即 CDMA-时隙式非坚持 CSMA 多址接入协议, 以改善通信网络的性能。本文讨论了这种混合多址接入协议对电力线网络性能的影响, 采用蒙特卡罗方法对 CDMA-时隙式非坚持 CSMA 多用户通信系统在不同因素影响下的网络吞吐量进行了仿真研究。

## 2 多址接入模型

多址接入协议是在一个网络中, 解决多个用户如何高效共

享一个物理链路资源的技术。目前已有的多址接入技术主要分为 ALOHA 系列和 CSMA 系列。

由表 1<sup>[7]</sup>可以看出时隙-非坚持 CSMA 多址接入技术的网络性能相对较好。

表 1 各种 ALOHA 和 CSMA 协议和网络最大吞吐量关系

存取方式	$S_{max}$
纯 ALOHA	0.184
时隙 ALOHA	0.368
坚持型 CSMA	0.529
时隙坚持型 CSMA	0.531
$P(0.1)$ 坚持型 CSMA	0.791
非坚持型 CSMA	0.815
$P(0.03)$ 坚持型 CSMA	0.827
时隙非坚持型 CSMA	0.857

在 CSMA 控制方案中, 如果一个帧到达某站准备发送时, 该站开始监听信道, 判断信道上是否有其他站的信号存在。如果信道状态空闲, 则发送。如果信道状态忙, 则等待随机的时间后重试。帧的长度和传播时延决定信道的最大利用率。

时隙式 CSMA 协议把空闲的时间轴划分为宽度为  $\beta$  的时隙, 如图 1 所示, 如果帧在一个空闲的时隙到达, 它将在下一个空闲时隙开始传输。帧长度为  $L$  个单位时间长度。

**作者简介:** 吴潇(1982-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 电力线通信; 俎云霄(1964-), 女, 博士, 副教授, 主要研究方向: 通信路由算法、电力线通信、通信信号及数字信号处理、图论及其应用; 吕玉琴(1945-), 女, 教授, 硕士生导师, 主要研究方向: 嵌入式系统、通信软件、网络安全等。

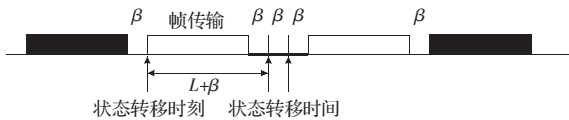


图1 时隙-非坚持 CSMA 的原理模型

### 3 CDMA-时隙式非坚持 CSMA 上行多用户随机接入模型

利用 CDMA 将电力线网络上行接入信道划分为多个独立的码分信道,即将所有可以随机上行的终端分为多组,每个组分配一个码,每个码分信道子系统均采用时隙式非坚持 CSMA 多址接入协议。

在码分信道子系统中,终端采用时隙式非坚持 CSMA 方式进行接入控制。这种协议是总线结构的协议,各种包均通过同一条总线进行传输。时隙式非坚持 CSMA 协议将时间轴划分为单位宽度的时隙。用户终端在发送数据帧前,先检测信道状态,若信道空闲,则立即发送数据帧。如果信道处于忙状态,则随机退避一个时间后,再次检测信道状态,并重复上述过程,如此循环,直到发送成功为止。

信道状态的相互转移如图 2 所示<sup>[6]</sup>。

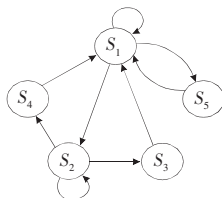


图2 信道状态的相互转移

其中:

$S_1$ ——空闲状态,表示该时隙上行信道空闲。

$S_2$ ——数据帧传输,表示该时隙发送数据帧。

$S_3$ ——应答帧传输,表示该时隙发送应答帧。

$S_4$ ——数据帧、应答帧碰撞冲突,表示该时隙数据帧和应答帧由于碰撞造成传输失败。

$S_5$ ——数据帧间碰撞冲突,表示该时隙有两个以上的数据帧同时发送从而造成碰撞冲突。

状态转移矩阵<sup>[6]</sup>为:

$$P = \begin{pmatrix} e^{-\lambda G} & \lambda G e^{-\lambda G} & 0 & 0 & 1 - e^{-\lambda G} & -\lambda G e^{-\lambda G} \\ 0 & 1 - \rho & \rho e^{-\lambda G} & \rho(1 - e^{-\lambda G}) & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

信道的吞吐量等于数据帧传输和应答帧传输之和,则归一化网络吞吐量<sup>[6]</sup>为:

$$S = \pi_2 + \pi_3 = \frac{\lambda G e^{-\lambda G} (1 + \rho e^{-\lambda G})}{\lambda G e^{-\lambda G} - \rho e^{-\lambda G} + 2\rho} \quad (1)$$

系统总的网络吞吐量等于  $M$  个码分信道网络吞吐量之和<sup>[6]</sup>,即为:

$$S_M = M S' = M \frac{\lambda G' e^{-\lambda G'} (1 + \rho e^{-\lambda G'})}{\lambda G' e^{-\lambda G'} - \rho e^{-\lambda G'} + 2\rho} \quad (2)$$

### 4 电力线网络通信信道模型

低压电力线网络是总线型结构。考虑到低压电力线信道噪

声对通信系统的影响,将数字通信系统结合低压电力线通信的特点,简化出图 3 所示的电力线通信信道模型。低压电力线信道噪声  $n(t)$  主要包括高斯白噪声、脉冲干扰、有色背景噪声、多址干扰等噪声。

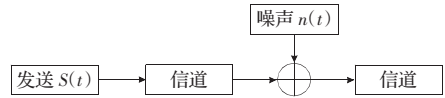


图3 电力线网络通信信道简单模型图

### 5 CDMA-时隙式非坚持 CSMA 多用户通信系统的仿真与分析

#### 5.1 伪随机码对信道吞吐量的影响

对于实际的电力线信道,信道环境很恶劣,信道误码率影响到信道当中的误码数目,从而影响到信道吞吐量的大小。要实现信道可靠传输,只有把误码率降到一定值以下。

本文已经对直扩通信系统在电力线典型噪声影响下的网路性能进行了研究,并给出了仿真结果,将另行发表。在电力线上典型噪声、高斯白噪声、脉冲干扰、多址干扰的共同作用下,在采用不同扩频码的情况下,直扩系统的误码率如图 4 所示。

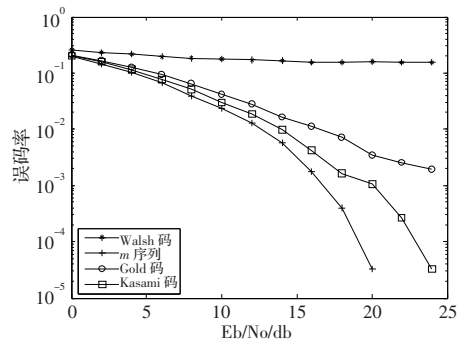


图4 混合噪声对直扩系统的影响

根据上述仿真结果,给出了在扩频码分别采用 Walsh 码、 $m$  序列、Gold 码、Kasami 码,传播时延  $\lambda=0.01$ ,用户数  $M=16$ ,数据帧长度参数  $\rho=0.2$  时,系统性能的蒙特卡罗仿真,如图 5 所示。

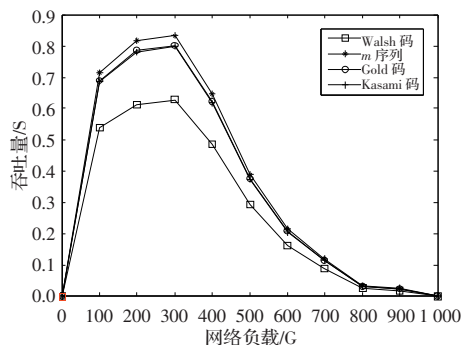


图5 伪随机码对系统性能的影响

由图 5 可以看出,伪随机码的选择对系统吞吐量的影响比较明显。相对于其他伪随机码, $m$  序列性能更好,这是由于  $m$  序列具有优越的相关性。

#### 5.2 数据帧长度对信道吞吐量的影响

由文献[6]了解到,此时,CDMA-时隙式非坚持 CSMA 多用户通信系统总的网络理论吞吐量为:

$$S_M = MS' = M \frac{\lambda G' e^{-\lambda G'} (1 + \rho e^{-\lambda G'})}{\lambda G' e^{-\lambda G'} - \rho e^{-\lambda G'} + 2\rho}$$

可见,数据帧长度是影响信道吞吐量的重要因素,且数据帧长度服从参数为  $\rho$  的几何分布,均值等于  $1/\rho$ 。图 6 所示为采用  $m$  序列作为伪随机码,用户数  $M=20$ ,传播时延  $\lambda=0.01$ ,数据帧长度参数  $\rho$  分别为 0.2、0.4、0.6 时,数据帧长度对信道吞吐量的影响。

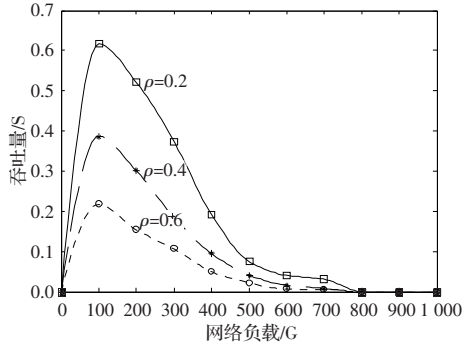


图 6 数据帧长度对信道吞吐量的影响

由图 6 可以看出,随着数据帧长度参数的增大,即数据帧长度的减小,信道吞吐量减小,即网络性能恶化。

### 5.3 传播时延对信道吞吐量的影响

根据公式(1)表示的网络理论吞吐量,下面讨论在不同传播时延下的电力信道对网络的影响。图 7 所示为数据帧长度参数  $\rho=0.2$ ,采用  $m$  序列作为伪随机码,用户数  $M=20$ ,传播时延  $\lambda$  分别取 0.01、0.02、0.03 时,传播时延对信道吞吐量的影响。

由图 7 可知,在网络负载  $G$  相同的情况下,传播时延  $\lambda$  越小,网络吞吐量性能越好。随着传播时延的增大,信道明显恶化,可见传播时延对于信道利用率影响很大。

## 6 结论

低压电力线载波通信是一种方便有效的通信手段。但是由于低压电力线的设计存在着不利于信号传输的特性,致使低压

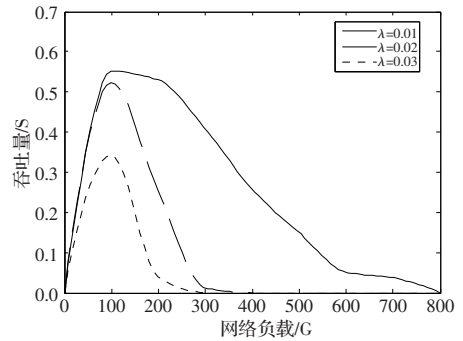


图 7 传播时延对信道吞吐量的影响

电力线载波通信传输质量不够理想。

本文在提出固定多址接入技术与随机多址接入技术相结合方式的前提下,即 CDMA-时隙式非坚持 CSMA 多址接入协议,讨论了这种混合多址接入协议对电力线网络性能的影响,并采用蒙特卡罗方法对 CDMA-时隙式非坚持 CSMA 多用户通信系统在不同因素影响下的网络吞吐量进行了仿真研究。仿真结果表明这种 CDMA-时隙式非坚持 CSMA 多用户接入方式,使原有的 CSMA 协议性能大大提高。(收稿日期:2006 年 11 月)

### 参考文献:

- [1] 洪俊安. 低压电力线网络通讯协议的设计[D]. 广州: 华南理工大学, 2004.
- [2] 周立宏. 电力线直接序列扩频载波通信模块研究与设计[D]. 长沙: 中南大学, 2004.
- [3] 黄海燕. 低压电力线网络通信技术研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2004.
- [4] 周立宏. 电力线直接序列扩频载波通信模块研究与设计[D]. 长沙: 中南大学, 2004.
- [5] 邱玉春. 实用电力线扩频通信技术研究[D]. 南京: 东南大学, 1999.
- [6] 吴潇, 俎云霄, 吕玉琴. CDMA-CSMA 混合协议在理想 PLC 网络中的应用[J]. 数字通信世界, 2005, 12: 66-69.
- [7] 张挺. 随机多址通信系统中先验决策型树形冲突分解研究[D]. 云南: 云南大学, 2004.

(上接 124 页)

## 5 结论

本文针对 Jin 等人发现 Dong 等人的新个体加入协议的缺陷,提出了一个新的新个体加入协议。经过分析与验证,该协议在广播中通过用 RSA 加密算法加密广播数据,有效地抵抗了 Jin 等人的攻击,从而使新子密钥产生协议是安全的。在协议中新成员能够验证新子密钥的真实性,提高了协议的效率。该协议解决了 Dong 等人的协议存在的问题,而且通讯规模仅为  $(3t+2)$ ,密钥管理简单,特别适合应用在连接不可靠的无线网络中。总之,本文提出的协议具有更高的安全性和可用性。

(收稿日期:2007 年 5 月)

### 参考文献:

- [1] Shamir A. How to share a secret[J]. Communications of the ACM, 1979, 22(11): 612-613.
- [2] Blakley G. Safeguarding cryptographic key[C]//AFIPS 1979 Nalt Conf, New York, USA, 1979.
- [3] Yang C C, Chang T Y, Hwang M S. A  $(t, n)$  multi-secret sharing

- scheme[J]. Applied Mathematics and Computation, 2004, 151(2): 483-490.
- [4] Pang L J, Wang Y M. A new  $(t, n)$  multi-secret sharing scheme based on Shamir's secret sharing[J]. Applied Mathematics and Computation, 2005, 167(2): 840-848.
- [5] Luo H, Lu S. Ubiquitous and robust authentication services for Ad Hoc wireless networks TR-200030[R]. Los Angeles, USA: Department of Computer Science, University of California, 2000: 28-33.
- [6] Wong T M, Wang C X, Wing J M. Verifiable secret redistribution for archive systems[C]//The 1st Int'l Security in Storage Workshop. Greenbelt; USA, 2002.
- [7] Dong P, Kuang X H, Lu X C. A non-interactive protocol for member expansion in secret sharing scheme[J]. Journal of Software, 2005, 16(1): 116-120.
- [8] 金永明, 徐秋亮. 对一种秘密共享新个体加入协议的密码分析[J]. 计算机工程与应用, 2006, 42(21): 94-95.
- [9] 李慧贤, 程春田, 庞辽军. 一个可验证的秘密共享新个体加入协议[J]. 西安交通大学学报, 2006, 40(2): 207-210.
- [10] Bruce Schneier. Applied cryptography: protocols, algorithms, and source code[M]. 2nd ed. New York: Springer-Verlag, 1996: 334-339.