维普资讯 http://www.cqvip.com

计算机科学2002Vol. 29№. 1

电力线计算机网络MAC层最佳帧长度分析及仿真*)

The Analysis and Simulation for Optimum Frame Length of MAC Layer in Power Line Computer Network

黄荣辉　周明天　曾家智

(电子科技大学　成都610054)

Abstract This paper briefly describes the current research situations of MAC protocol of power-line computer network in the world and analyzes the key problems of power-line as a kind of communications media. It also gives out the math model of optimum dada frame length in pause interfere environment and proves the math model with simulation program.

Keywords Computer, Power-line, Computer-network, Protocol, Simulation

1. 引言

随着Internet技术的发展和普及,全球性的计算机网络得到不断扩充,正在由过去的研究和商务用途向各行各业,特别是普通家庭延伸。因此,接入网络技术也成为热门研究课题。目前象XDSL技术、普通电话线载波、无线及其他专用有线介质的接入技术研究已获得许多进展。此外,基于电力线介质的计算机网络技术研究也在国外蓬勃兴起。由于电力线是一种已经连入千家万户的传送电能的介质,利用这种介质实现家庭住宅连入计算机网络有非常实用的价值。

从ISO七层协议模型来看,介质传输特性及其所处环境对物理层和数据链路层有直接影响。因此,研究电力线计算机网络的关键是研究这两层的特性。国内在这方面的研究还主要基于电力线介质的数据通讯研究。如对220V/380V的电力线进行了传输特性测试,主要包括分时段的阻抗、衰减、干扰等参数。对数据链路层的研究还是空白。国外在这方面的研究已有很大进展[1,2],北美、欧洲已研制出接近实用的集成电路产品,普遍使用的技术有token bus、"带优先访问的载波侦听多路访问(CSMA/PA)"、和PLX技术,它包括"datagram sensing multi access(DSMA)"及"central token passing(CTP)"。但是,由于国外电力线环境与国内电力线环境的差异,国外产品不能有效地应用于国内的电力线环境。此外,有关电力线计算机网络的物理层和数据链路层的研究尚未形成国际标准,是一项正在探索中的技术。因此,研究电力线介质的数据链路层性能具有广阔的前景。

2. 脉冲干扰对电力线作为通讯媒体的影响

脉冲干扰是电力线作为通讯介质的主要障碍[3]。电力线上各种电器的随机开闭而产生的各种脉冲干扰是一种时间较短、振幅较大的随机信号,脉冲干扰与线路介质无直接关联,而主要与线路上的负荷种类及接入状态有关,因而确切测量电力线上脉冲干扰的特性就非常困难。对脉冲干扰的分析,主要从其幅度、脉冲宽度和发生间隔时间三方面进行。

电力线上的脉冲干扰的幅度在很大程度上受当前负荷种类的影响。一般的工业线路大约有1～5%左右的脉冲干扰幅度超过10db,而幅度大于15db的不到0.01%。但当线路上有复印机类的负荷时,脉冲干扰的幅度将增加很多,有1%以上的脉冲干扰超过20db。在家庭用电线路环境中,有0.1～1%的脉冲幅度超过20db。一般而言,10db的脉冲干扰将对通信造成影响,而20db的脉冲干扰就一定会破坏正常的传输信号。

脉冲宽度与测量时选定的测量幅度有关。脉冲宽度服从正态分布[6],抽样测试得到的分布列如下:

脉冲宽度(μs)	≤100	100～20	200～35	350～50	≥500
占抽样比	25%	30%	30%	10%	5%

脉冲间隔是脉冲干扰的最重要特征。本文后面将分析指出,脉冲间隔决定了线路上传播的帧的最佳长度。对于非周期性的脉冲干扰,其到达符合:(1)在不相重叠的时间区间内脉冲发生的个数是相互独立的;(2)在充分小的时间区间ΔT内有干扰脉冲的概率仅与ΔT的长度成正比。因此,电力线上干扰脉冲到达过程服从迫松分布,在时间t内到达n个干扰脉冲的概率表达如下:

$$P\{N(t)=n\}=Pn(t)=((\lambda t)^n/n!)\exp(-\lambda t)$$

在单位时间内无干扰脉冲的概率为$\lambda\exp(-\lambda)$。根据概率论理论,脉冲间隔符合指数分布。脉冲幅度、宽度及间隔对电力线上传输的数据帧的影响如图1所示。

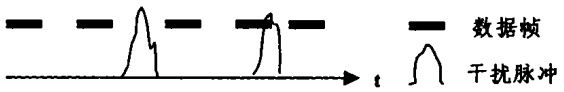

图1　脉冲干扰对数据帧的影响

从该模型可知,超过一定幅度并且在时间上与数据帧重叠(简称"击中")的干扰脉冲将破坏数据帧的传输;脉冲宽度大,对数据帧的破坏情况越严重;脉冲到达率越高,则平均间隔越小,对数据帧的破坏越严重。

3. 最佳数据帧长度数学模型

专用传输介质的计算机局域网,其数据帧长度可达几千字节。但对于电力线介质的计算机网络,由于严重的干扰脉冲,数据帧长度要小很多。然而太短的数据帧将使网络传输效率大大下降。数据帧由帧头(H)和数据(D)两部分组成:

$$F=H+D$$

*)本课题由四川省重点实验室资助。黄荣辉　博士研究生,研究方向为电力线计算机网络。周明天　教授,博导,研究方向为计算机网络、分布对象技术、并行分布处理。曾家智　教授,副博士生导师,研究方向为计算机网络、网关、计算机系统。

维普资讯 http://www.cqvip.com

定义传输效率 $\eta=D/(H+D)$。显然数据帧越长(H 相对固定),效率越高。但是,由于干扰脉冲的存在,有一部分数据帧被干扰而损坏,数据帧越长,越容易被脉冲"击中",从而效率就越低。在一个数据帧时 F 期间,不被脉冲"击中"的概率是多少?这就有一个求最佳数据帧长度的问题。此外,通过采取硬件措施,可以期望在每个脉冲过后立即发送数据帧,由于脉冲干扰间隔服从指数分布,因此,帧时为 F 的数据帧能避开脉冲的概率为:

$$\exp^{-\lambda(P)F}$$

式中 $\lambda(P)$为干扰脉冲到达率。因此,考虑脉冲干扰的影响,效率就成为数据帧帧时长度 F 的函数。

$$\eta=f(F)=[D/(H+D)]\exp^{-\lambda(P)F}$$

显然,当 $D\to 0$和 $D\to\infty$时,$\mathrm{Lim}f(F)=0$

4. 最佳数据帧的仿真求解

采用离散事件系统仿真方法。数据帧的到达,干扰脉冲的到达,干扰脉冲的宽度均为随机变量,采用事件调度法推进仿真钟。根据前面分析,取每帧时数据帧到达率为 $\lambda(D)$,每帧时干扰脉冲到达率为 $\lambda(P)$,干扰脉冲宽度为正态分布密度函数 $N(w,\delta)$,网络速率为 r。求出理论和仿真曲线如图2、图3所示。

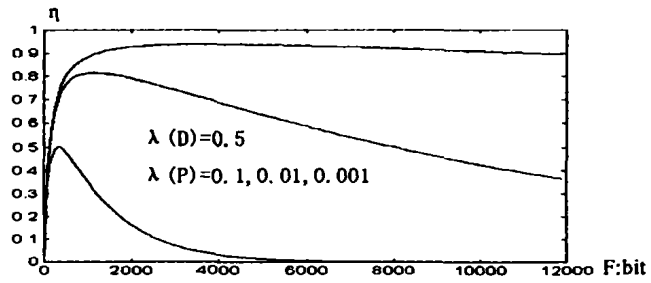

图2 理论公式曲线

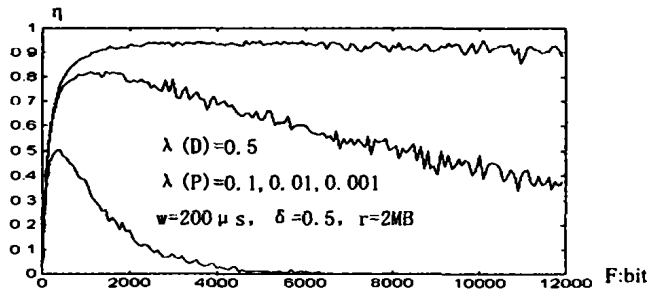

图3 仿真曲线

η 值越大的曲线对应于 $\lambda(P)$越小的取值。从图2,图3看出,理论和仿真曲线变化情况几乎完全一致。干扰脉冲越多,传输效率越低,其最佳数据帧长度偏小。

为提高传输效率,我们可以在硬件设计中采用脉冲检测技术,使其在一个数据帧传输期间,若遇干扰脉冲破坏,检测系统将在干扰脉冲过后立即开始重新传输。如图4所示,上面一条波动曲线为有脉冲干扰检测曲线;下面两条曲线分别是 $\lambda(D)=0.5$,$\lambda(P)=0.01$的理论和仿真曲线,传输效率提高10%。

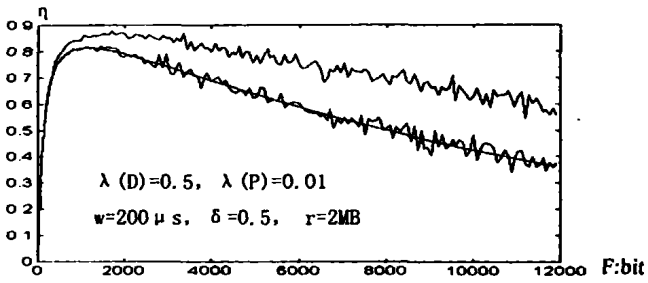

图4 具有脉冲检测仿真曲线

结论 本文从理论上提出了求解具有脉冲干扰时最佳数据帧长度的公式,并进行程序仿真。鉴于收集的基础数据来源于国内研究同行对中国电力线路的测量数据,本文仿真的结果对研究中国电力线计算机网络具有实际参考价值。从本文的仿真结果,我们可得到如下结论:

1)传输效率与电力线上的脉冲干扰程度有明显关联,当脉冲干扰程度为0.001时,对传输效率基本无影响,当脉冲干扰程度增加100倍(达到0.1)时,效率下降约50%。

2)在存在强烈的脉冲干扰时,数据帧的长度对效率的影响有一个明显的峰值。应按这个数据帧长度设置运行值。

3)增加对脉冲干扰的检测功能后,传输效率可提高10%左右。

4)总之,由于电力线上存在大量干扰脉冲这一事实,数据链路层的帧长度通常远小于常规介质计算机网络的帧长度。从本文的仿真结果看,干扰较严重时,数据帧长度可取100~200字节。笔者分析过国外的产品,其数据帧长度约480字节,这说明国外的电力线通讯环境质量优于我国的电力线环境。

参 考 文 献

1 www. intelogis. com Power Line Communications White Pater, November 1998

2 www. adaptivenetworks. com The Powerline as a Reliable Multimedia-Cpatible Home-Network 1999

3 Roger M V. Noise on Residential Power Distribution Circuits. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 1984, EMC-28(4)

4 [美]J. L. 哈蒙德, P. J. P. 奥赖利著, 钟嘉强译. 计算机局域网性能分析. 人民邮电出版社, 1991

5 肖田元, 等. 系统仿真导论. 清华大学出版社, 2000

6 王光兴, 王越先, 蒋秀和. 利用照明供电系统传输数据的信道特性研究. 电信科学, 1991