

用电力线实现数字通讯的探讨

夏 枫

(重庆大学计算机学院 重庆 400044) (重庆电力教育培训中心 重庆 400030)

摘 要 把互联网接入千家万户,无论是采用电话线还是光纤,电信网宽带业务开发都有其局限性。因此,本文提出将现有的庞大的电力网作为信息通讯的物理网络,实现通过电力线进行数字通信。本文分析了电力线的特点及用低压电力线进行高速数据通信的可行性,阐述了实现低压电力线数据通信所涉及到的相关技术以及体系结构。

关键词 电力线,互联网,信息,数字通讯

1 前言

我们距离真正的数字化时代有多远?在宽带服务逐渐进入千家万户的今天,我们必须看到它发展的局限性。

宽带就是信息世界里的高速公路。在世界各国热衷于建设各自的信息高速公路、逐步实现电信核心网宽带化的同时,接入网的带宽矛盾便突出了起来。今天,接入网的宽带化已成为人们关注的一个焦点。近一个时期来,各种接入网技术争奇斗艳,纷纷承诺要把各种有诱惑力的宽带业务送到用户的面前。

那么,什么是接入网呢?接入网是电信网的一个重要组成部分。它是从电话机、传真机、个人计算机等用户终端到电话局交换机之间所有有机线设备的总称。传统的接入网是针对电话业务而设计的,采用的传输媒体多为铜质双绞线。由于它频带窄,传输距离短,难以适应传送高速数据和高质量图像的需要,因此,在电信业务迅速发展、电信骨干网大量引入大容量光纤的情况下,原有的接入网便成了实现宽带化的“瓶颈”。由于这个“瓶颈”的存在,使许多用户不能迅速与互联网实现连接,并享受各种新开发的宽带业务。

光纤有丰富的频带资源,且具有损耗低、抗干扰能力强等优点,因而光纤接入方式是各种宽带接入方式中最有发展前景的一种。光纤接入的最终目标是实现光纤到户,也就是把光纤直接铺设到用户家中,为用户提供充足的带宽。从目前的情况来看,光纤接入网的建设成本还比较高,回收期也较长,因此,光纤到户这种形式在许多国家许多地方有其局限性。

2 用电力线实现数字通讯的可行性分析

众所周知,能够入户的线路,除了电话线和有线电视电缆以外,就数电力线了。而电力线是其中普

及最广的线路,进入家家户户,甚至一个楼里的每间房间都有电源插座。因此,电力线网基本上就是一个现存的局域网,整个低压配电网的结构(包括户外电缆)非常适合互联网接入,能够提供最后的解决方案。况且,在一些不发达国家及地区,许多住家目前就只有电力线,电力线成了唯一可选的通信媒体。

将现有的庞大的电力网作为信息通讯的物理网络,将电力输送网和通讯网合二为一,实现通过电力线进行数字通信,组建计算机局域网(LAN),通过电力线上 Internet 网。在现有的供电网络上实现数据信号的传输,不需要另外布线,具有普及效果、节省费用、安装方便、应用广泛等特点。预计在未来数年,随着技术的发展,使用者可以通过电力连线,轻松地将计算机、打印机、扫描仪以及其他设备连成家庭网络。高速电力线载波数字通讯技术已逐渐成为国内外通讯领域的研究热点,具有巨大的市场潜力。

PLC (Power line Communication) 技术最先是由瑞士 Ascom 公司提出的,它利用类似 cable modem 的方式通过电力线提供宽带数据业务。电力公司可以建立一些由多个用户共享的宽带连接节点,所不同的是 PLC 技术是通过一个插入插座的 PLC 适配器,利用直接与插座相连的是现有的电力线,而不是电话线口。

自 20 世纪 20 年代以来,电力线载波通信技术一直利用 10kV 以上的中、高压电力传输线作为高频载波信号的信道,该技术已经广泛应用于电力系统内的继电保护、远程计量、远端系统控制和语言传输,利用中、高压电力线进行电力线载波通信的研究已经相当成熟和深入。但是,对于在低压电力线上进行高速数据传输的研究从 20 世纪 90 年代初才慢慢兴起,1991 年,英国 Norweb 通信公司的 Paul Brown 博士开始寻求在低压电力线上进行高速数据传输,并于 1995~1997 年在英国的 Manchester 进行电力线语音传输实验。

目前,PLC 技术正在准备走向商用,全球有若

干种 PLC 系统在进行现场试验,尤其在欧洲,德国、西班牙、法国、奥地利和瑞士都开始了大规模的现场铺设。在亚洲,试验刚刚开始。2002 年 8 月,香港 PowerUom Network 公司(Cheung Kong Enterprises 与中国 CLP TeleCom 的合资公司)成立,与 Hutchison Global Crossing 合作开发专有的 PLC 服务。在新加坡,一家地区性 ISID 公司 Pacific Internet 与 SP Telecom 一起合作,在 2002 年 10 月末完成了 PLC 演示,但何时商用未定。我国国家电力通信中心自 2001 年 12 月开始进行电力线上网的小规模试验工作,所用设备由福建电力试验研究院提供。

3 电力线的特点

电力线本来用于传输电力,具有以下特点:

第一,一般电力线外层屏蔽使用的是低规格的塑料,这样的塑料不利于高频信号的传输,表现为在单位长度上对信号的吸收大,这样就不容易实现在远距离传输高速数据信号。

第二,电力线是一个在物理表现上为不对称的系统,其效果就像一个天线,在传输高速信号时,会形成一个高频信号辐射源,干扰、影响到一些无线的业务,例如、广播信号,专用于紧急救护的无线服务系统,海事无线通信系统,民用航空通信系统,军事无线系统和导航系统。另一方面,它还能吸收周围的无线信号,对无线信号的发射照成额外的损耗。

第三,信号在电力线上传输时,其幅度会由于衰减而变小,而电力线上由洗衣机、电冰箱、吸尘器、食品加工机、灯的开关等其他家用电器造成的瞬态噪声干扰等幅度却很大,它们的衰减特性与信号不同,很多情况下会淹没信号。

第四,电力线上的发电设备的通断,动态负载的分配,故障和维修工作,这些都会产生巨大的暂态噪声,并淹没信号。

第五,根据电力线的拓扑结构,一方面使得负载的变化巨大,另一方面形成很多信号的反射点。接线点、变压器、电表、家用电器的启停,这都形成了动态的回声环境,对信号的传输造成不利的影响。

第六,任何的实时通信系统,例如电话、无线广播和电视,都会在电力线上产生巨大的寄生电压,影响到数据传输速率的提高。

第七,变压器和电表在高频信号传输通道中,形成真正的阻碍,需要特殊处理。而且在不同的建筑内,不同的应用场合,不同地区,不同国家,电力线通信的性能差别很大。即使在同一地点,每天中在不同的时段,通信效果都不一样!

4 低压电力线高速数据通信的实现技术

从以上电力线的特点可以看到,低压电力网的

通信环境相当恶劣,突出表现在信道的噪声大、干扰多、阻抗变化大、对高频信号的衰减大且存在多种干扰现象,并且这些因素时刻变化,变化幅度很大。尽管低压电力线载波通信存在上述所论的困难,我们仍然认为用低压电力线进行高速数据通信是可行的,但是要采用特殊的技术手段。首先,确定电力线通信所用的频段。欧洲经济共同体委员会电工技术标准(CENELEC)制订的 EN50065 规则中规定:低压电力线传输信号从 3~148.5kHz。其中公用信号带宽 3~95kHz,而客户用信号带宽 95~140kHz。而美国规定的频率范围为 50~455kHz。在这个频段内,是现在电力线通信的主要范围。其次,选用合适的技术来实现。以下列举解决相关问题的一些主要技术:

(1)OFDM 技术:OFDM 由大量在频率上等间隔的子载波构成(设共有 N 个载波),各载波通常可以采用不同的调制方式调制,一般为 BPSK, QPSK 或 QAM。串行传输的符号序列被分为 N 组, N 组分别调制 N 个子载波,将 N 个子载波相加后一起发送。所以 OFDM 实质是一种并行调制技术。将符号周期延长 N 倍,从而提高了对 ISI(符号间干扰)的抵抗能力。

(2)扩频通信技术:低压电力线载波通信主要使用 DS(直接序列扩频 Direct Sequence Spread Spectrum 简称直扩)方式。所谓直接序列扩频,就是直接用高速率的伪随机扩频码 PN 序列在发端去扩展信号的频谱,而在收端,用相同的扩频码 PN 序列进行解扩,把展宽的扩频信号还原成原始的信息。

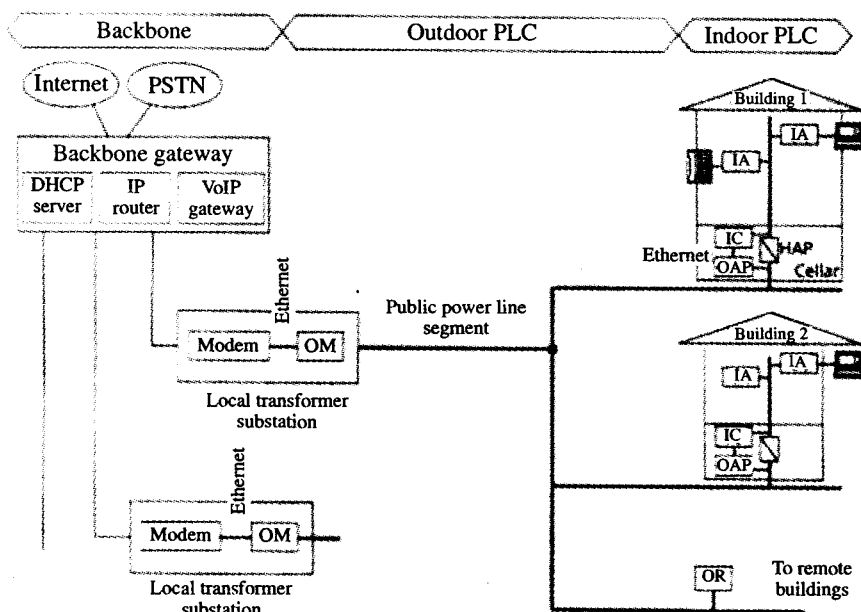
(3)扩频载波 SSC (Spread Spectrum Carrier) 技术:电力线 SSC 技术是一种基于扫频(chirp)原理且适用于载波侦听多路访问(CSMA)的扩频通信方法。其扫频范围为 100kHz~400kHz,扫频方式从 200kHz~400kHz,然后再从 100kHz~200kHz,起始和结束的频率都是 200kHz。

(4)DMT 技术:DMT 是离散多音频调制技术,即频分复用的方法。多音频调制将输入的数据分发到大量的独立载波上,每一载波 QAM(正交幅度)调制来实现,这种技术最早用于 xDSL。因为 DMT 是一种频分复用,理论上根据针对带限 AWGN 通道提出的“灌水原则”,通过对每个子信道分配比特数和功率,DMT 可以很好地逼近理想信道容量。

(5)自适应均衡:对系统中的线性失真进行校正的过程称为均衡。专门用来实现均衡的滤波器称为均衡器。时域均衡器主要由横向均衡器中的均衡器来实现,由于横向均衡器中的均衡系数是可调的,所以可实现自适应均衡器。自适应均衡可以应用在宽带接入信号的处理中,在这里使用自适应均衡器来均衡 DMT 调制的信号。

(6)回波抵消:在发送和接收部分之间加设自适应回波抵消器,将回波看成是发送信号的未知函数,并假定两端信号相互独立,利用自适应系统识别和跟踪这个函数,将其估计值从接收信号中减掉,从而解决回波干扰问题,最终在通信双方公用的载波频带内建立一条全双工信道,从而使信道利用率提高一倍。

(7)分离多径接收技术(RAKE 接收机):电力线载波通道中,由于分支的存在及阻抗不匹配等原因,根据模式传输理论,到达接收端的信号存在多种不同传输路径的信号,即多径信号。为充分利用型号能量,接收机采用多径接收技术。在多径信号到达时刻分别对各路多径信号分集合并,接收机对合并信号进行解调。



PLC : 电力线通信

PSTN : 公用交换电话网

DHCP : 动态主机配置协议

IP : 网际协议

VoIP : 协议音频

IA : 室内适配器

IC : 室内控制器

HAP : 住家接入点

OAP : 室外接入点

OM : 室外主控制器

OR : 室外中继器

图1 PLC系统的体系结构和系统组成

5 PLC系统的体系结构和系统组成

低压配电网分成室外PLC和室内PLC两部分。这是因为整条通路的衰耗通常非常高,在满足电磁兼容(EMC)要求给出的电力限制情况下,只有大约10%的用户才能可以直接由单跳链路来服务。室外部分包括从变电站到住家接入点(HAP)的公共区域,室内部分系指从HAP到家里电气插座的私人区域。这里介绍的PLC系统是一个集中式的主/从体系结构。这种结构反映了电力线网络拓扑和点到多点网络流向的特性。室外主控制器(OM)通常安装在变电站,它控制用户住宅的室外接入点(OAP)。为了覆盖远处的建筑物,还要有一个室外中继器(OR)。

在每一住宅内,都有一个独立的室内PLC部分,它由室内控制器(IC)进行控制。IC的控制对象是室内适配器(IA),IA给最终用户提供标准网络接口(如以太网、USB和模拟电话线等接口)。室内PLC和室外PLC通过OAP与IC之间的以太网链路进行连接。OM为主干连接提供以太网接口。主干连接普遍使用光纤和数字用户线(DSL)。对于无线有电信基础设施的变电站,可以使用中等电压PLC作为一种顶替方案。

室外PLC使用1~10MHz的低频段,而室内PLC使用15~30MHz的高频段。每一频段能容纳3个载波,每个载波带宽约为2MHz。

PLC协议包括物理层(PHY)、媒体接入控制层(MAC)、逻辑链路控制层(LLC),以及与标准以太网数据链路控制的桥接功能。PLC-PHY基于GM-SK调制,并采用判决反馈均衡(DFE),以处理多径扩散。PLC-MAC的设计基于需求驱动的动态频率与时间分割。PLC-LLC为以太网桥提供可靠稳固的分组传输。

结论 以上的分析说明,用电力线路实现载波通讯具有广阔的情景。虽然低压电力网的通信环境存在一系列的问题,如信道的噪声大、干扰多、阻抗变化大等等,但通过采用适当的技术方案,如采用OFDM技术提高线路的抗干扰能力,采用直接序列扩频DS技术及电力线SSC技术实现线路扩频,以及DMT技术、自适应均衡技术、回波抵消技术、分离多径接收技术等,在低压电力网实现数字通讯是完全可行的。电力线载波通信技术PLC(Power line Communication)已经从高、中压走向低压。目前,国内外都在进行这一项目的现场试验,预期未来数年,随着高速电力线载波的实现及普及,使用者可

(下转第62页)

Rabin、Ong-Fiat-Shamir、零知识证明的算法、椭圆曲线、ElGamal 算法等等。最有影响的公钥密码算法是 RSA, 它能抵抗到目前为止已知的所有密码攻击。

2.5 信息确认技术

安全系统的建立都依赖于系统用户之间存在的各种信任关系, 目前在安全解决方案中, 多采用二种确认方式。一种是第三方信任, 另一种是直接信任, 以防止信息被非法窃取或伪造, 可靠的信息确认技术应具有: 具有合法身份的用户可以校验所接收的信息是否真实可靠, 并且十分清楚发送方是谁; 发送信息者必须是合法身份用户, 任何人不可能冒名顶替伪造信息; 出现异常时, 可由认证系统进行处理。目前, 信息确认技术已较成熟, 如信息认证, 用户认证和密钥认证, 数字签名等, 为信息安全提供了可靠保障。设计制订一个好的网络安全方案, 并能正确客观, 就能在享受网络信息化优势的同时, 把风险减到最小。当然, 信息系统采用先进的网络安全技术、工具、手段和产品的同时, 还要有先进的系统恢复、备份技术(工具)。

3 建立、健全相应的法律、法规及管理制度

网络安全法规建设和组织建设, 是网络安全的重要基础。单纯从技术角度只能被动地解决一个方面的问题, 而不能长远、全面地规范、保障网络安全。因此, 从根本上对网络犯罪进行防范与干预, 还是要依靠法律的威严。自 1996 年以来, 政府已颁布实施了一系列有关计算机及国际互联网络的法规、部门规章或条例, 内容涵盖国际互联网管理、信息安全、国际信道、域名注册、密码管理等多个方面。随着网络应用向纵深发展, 建设一个较为完善的网络法规, 注重网络法规强制与激励并行以及网络立法规范实现的可能性, 为网络法规的操作执行提供了有力的保障, 有效地保护网络使用者的合法权益, 增强对网络破坏者的打击处罚力度。除国家制定法律、法规外, 凡使用计算机的单位都应制定相应的管理制度, 避免蓄意制造、传播病毒的发生。如对接触重要计

算机系统人员进行选择和审查, 对系统中的工作人员和资源进行访问权限的划分, 任何行动只能在保证系统安全或他人信息安全的条件下进行; 要对外来人员上机或外来磁盘的使用严格限制, 许多大学还规定不准随意玩游戏, 或只准在网络上提供的游戏库中调用, 对于联网的设备, 规定下载文件要经严格检查, 应规定下载文件、接收 E-mail 等需使用专用的终端和帐号, 接收到的程序要严限制执行。

4 加强对计算机网络信息安全方面的宣传和教育

黑客的攻击之所以能经常得逞, 其主要原因就是人们思想麻痹, 没有正视黑客入侵所造成的严重后果, 人们经常在有意无意之中就泄露了信息, 不经意就为黑客开了方便之门。因此要大力宣传计算机病毒的危害, 引起人们的重视。要宣传可行的预防病毒的措施, 使大家提高警惕。要普及计算机软件的基本知识, 使人们了解病毒入侵计算机的原理和感染方法, 以便及早发现, 及早清除。特别对未成年人, 应从小培养网络用户的合法上网概念, 防止有害信息的传播和渗透。另外, 对工作人员应结合机房、硬件、软件、数据和网络等各方面的安全问题, 进行安全教育, 提高工作人员的保密观念和责任心; 加强业务、技术的培训, 提高操作技能; 教育工作人员严格遵守操作规程和各项保密规定, 防止人为事故的发生。

结论 未来的战争是信息战争, 而网络战是信息战的重要组成部分, 而计算机网络已日益成为工业、农业和国防等方面的重要信息交换手段, 渗透到社会生活的各个领域。因此, 认清网络的脆弱性和潜在威胁, 采取强有力的安全策略和健全各种网络政策法规, 对于保障网络的安全性将变得十分重要。

参考文献

- 1 刘瑞挺. 网络技术[M]. 高等教育出版社, 2004
- 2 张少俊, 李建华. 网络安全综合管理系统的设计与实现[J]. 计算机工, 2003, 29(14)
- 3 雷震洲. 初露头角的电力线通信[J]. 当代通信, 2003(22): 10~15
- 4 冯秀清. 低压电力线通信及其实现[J]. 辽宁工学院学报, 2001, 21(6): 20~23
- 5 邱玉春, 徐平平. 低压电力线载波信道特性分析[J]. 电力系统通信, 1999(6)
- 6 赵洪山, 刘力丰, 杨奇逊. 低压电力线扩频载波通信方案[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(12)
- 7 李志文, 朱雪龙. 电力线载波通信用的数字调制器[J]. 电力系统通信, 2000(4)
- 8 邱小宁. 浅谈电力线载波通信现状与发展趋势[J]. 广西电力技术, 2001(4): 59~65

(上接第 39 页)

以方便而经济地通过低压电力线进入国际互联网络, 让全人类真正地走进数字化时代。

参考文献

- 1 雷震洲. 初露头角的电力线通信[J]. 当代通信, 2003(22): 10~15
- 2 刘永生. Echelon 公司的电力线载波通信技术[J]. 仪器仪表标准化与计量, 2005(4): 20~23
- 3 刘恒, 汪光森, 王乘. OFDM、扩频通信技术在电力线通信中的应