

利用低压电网实现高速信息接入需要解决的问题

刘海涛,张保会,谭伦农

(西安交通大学电气工程学院电力工程系,陕西 西安 710049)

摘要: 利用低压电网来解决“最后一公里”问题已经成为当前研究的热点。本文为低压电网高速通信的研究提供了一般性思路。由通信知识可知,为了利用低压电网实现高速信息接入,必须做到以下两点:高速数据传输和多用户接入。文章首先讨论了低压电网信息接入的应用需求,接着分析了实现高速数据传输所必须解决的三个问题:频带;信道特性;合适的通信技术。最后讨论了一些可行的接入方式。

关键词: 低压电网通信; 数据传输; 多用户接入

中国分类号: TM73 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2003)04-0027-03

1 引言

为反行业垄断,国务院去年已要求把竞争引入电力行业,在寻找新发展突破口的时候,通信被国电公司定为主业外的第一利润增长点。去年5月18日,信息产业部正式批准国家电力通信中心的ISP(Internet Service Provider)业务申请,允许其在全国范围内经营《电信条例》泛指的相关电信增值业务和网络用户接入业务,国电通信中心首期将在北京、上海、广州等20个城市开展此类业务。目前,国电通信中心已经拿到了基础电信运营牌照。

虽然从政策上电力公司进入信息通信产业已经没有问题,但是应该看到目前的实际情况是各个通信公司的竞争多集中在广域网方面,而在固定电话方面中国电信和网通的垄断仍然没有被打破。进入固定电话市场,对于象联通和铁通这样的通信公司来说,困难非常大,而对于电通,情况却大不一样。众所周知,电力网是世界上分布最广泛的网络,其普及率远远超过电话网。因而如果可以把低压电网发展为接入网,在其上面进行语音和数据传输,中国电信和网通的垄断地位才真正能够被打破。

目前世界各国电力公司和相关设备制造厂商都在积极探索研究利用已有低压电力线路作为传输媒介,实现高速信息通信。其中包含两个大的分支,一个是面向配电网的,国外一般称为DLC(配电线路载波),它使用10 kV或者220/380 V线路,主要用于实现配网自动化、集中抄表和楼宇自动化等领域,所需要的通信速率不高,一般低于10 kbps;另一个是面向进户线路和户内线路的,在美国称为PLT(电力线路通信),利用220/380 V线路的高速通信,可以实现居民家庭的Internet接入,智能家用电器控制等服

务,对通信速率要求比较高,各大公司推出的产品速率都高于1 Mbps,最高的可达20 Mbps^[1]。本文将讨论PLT所需要解决的问题。

以用户安装在家门口的电表为分界点,低压电网从地理空间上可以分为两部分:(1)从配电变压器(10 kV/380 V)出线端到电表前面的本地环路部分,用以解决“最后一公里”问题;(2)电表后面用户家中的低压电网,可以组建家庭内高速LAN。

无论是为了解决“最后一公里”还是组建家庭内LAN,从通信系统的角度出发都可归纳为两类问题:(1)如何克服低压电网恶劣的信道特性对信号传输的影响,实现高速率(Mbps)信息传输;(2)如何在低压电网已有拓扑结构的基础上,实现多用户接入。

2 低压电网信息接入的需求

为了设计一个高速率的低压电网通信系统,必须仔细考虑它的应用范围。低压电网通信的应用可以分为两类:语音传输和数据传输,后者主要实现因特网接入。对于这两种应用,它们在每个用户所需要的速率、实时性要求和最大允许误比特率方面都有很大的不同。

语音传输中,每个用户所需速率相对较小,但是除非整个系统已经达到其最大可用用户数,否则一旦连接上,其速率就必须在整个通话期间得到保证。相对于数据传输,一次典型的通话时间是比较短的。而且在语音传输中,可以通过对发送的比特流依据重要程度的不同,进行不同的编码处理,使得即使误比特率达到极限值,如 10^{-3} ,仍能保持很高的通话质量。但是语音传输中,对实时性的要求相当严格,短时的中断还可以通过设备使人耳辨别不出,但人们绝对不能容忍长达秒级的中断。

数据传输则有很大不同。大多数情况下,例如因特网接入,所需要的通信速率具有突发性的特点,也就是说,大部分时间里传输的数据是均衡的,量并不大,但当用户下载文件或进行视频点播时,要求的速率会比平常情况大很多倍,甚至可以达到每秒几兆比特。因而在分配系统容量时,应采取灵活的策略,根据用户的需要进行动态分配。由于用户的每次上网时间都比较长,因而不能象电话系统那样限制最大用户数。对于数据传输,一般都要求比较低的误比特率,但是对实时性要求较低,因而可采用诸如基于包交换的 TCP/IP 协议,对丢失的数据包重新传输。

3 低压电网实现高速率的信息传输所需解决的问题

3.1 频带的确定

众所周知,频率是一种资源,其使用受到国家的严格控制。目前随着通信事业的高速发展,频率资源变的越来越拥挤,所以确定低压电力线通信可用的带宽在很大程度上是一个政策方面的问题。虽然电力线载波通信于 20 世纪 20 年代就开始使用,但它所用的带宽是很小的,例如欧洲:0~148.5 kHz,美国:0~450 kHz。而我国电力线载波通信所允许的带宽也不能超过 500 kHz,以避免与中波和 AM 广播相互干扰。但是为了实现信息的高速接入,传统的电力线载波通信带宽已经变的不够用,因而现在的研究多集中在 0~30 MHz,在这个范围里,一方面信道特性还不是特别的恶劣,另一方面还有一些空闲频带可以利用。国外比较成功的高速电力线通信产品它们所使用的带宽都集中这里面,例如: Intelon 公司的 PowerPacket 产品,数据速率:14 Mbps,使用频带 4.3~20.9 MHz。但要注意的是,由于大于 1 MHz 时,电力线的天线效应已经比较明显,必须注意电磁兼容问题。

3.2 信道特性的研究

对于所有的通信信道,阻抗、信号衰减和干扰是决定其性能的基本参数。因此,在使用低压电力线作为信号传输媒介之前,需要对它的信道特性进行详细分析。电力网络的目的是为了传输电能,在它建设的时候,根本就没有顾及到通信的需要,因而使得低压电网信道对于通信来说极其恶劣。信道特性研究的目的主要包括:(1)帮助确定合适的频带;(2)指导选择合适的通信技术;(3)指导设计合适的耦合电路。

1)、低压电网信道对信号的衰减一般包括:传输线本身对信号的衰减:由于低压电力线路都比较短(<500 m),此项影响并不大;负载的不匹配所引起的衰减:由于负载阻抗和网络阻抗随频率变化比较大,此项影响较大;低压电力线路中存在众多分接点及不同型号传输线,也就是阻抗不连续,因而造成信号在线路中折反射传输,对信号的衰减极大。以上三项中后两项是造成低压电力线路衰减特性极其恶劣的主要原因。在 1998 年以前对于电力线信道衰减特性的研究,可以说很不理想^{[2][3]}。当时人们要不就是进行一些实验测量,然后利用一些简单公式进行拟合,效果很差;要不就是把某具体网络的拓扑、所包括线路型号、各种负载特性统统拿来分析,利用网络的散射参数,从下到上建立网络具体端口之间的传递函数,不但工作量巨大,而且所得结果还没有普遍性。以上种种方法所得结果都差强人意。98 年后人们开始借鉴无线信道的研究方法,利用低压电网所固有的多径传输特性建立信道模型^{[4][5]}。不过我国国内可以得到的这方面的文献很少,更没有人在进行这方面的研究。

2)、相对来说对低压电网信道干扰的研究要好一些。特别是对低压电网干扰的分类比较一致:背景噪声(有色高斯噪声);窄带噪声(主要来自 HF 广播);线谱噪声(主要来自与电源频率同步或异步的周期噪声);宽带噪声(主要由电动机产生);随机脉冲噪声。其中对通信系统影响最大的是背景噪声,这也是目前的研究重点^[6]。根据信道衰减特性和噪声特性的研究,就可以在一定的频带上估计可以达到的信道容量。

3)、低压电网输入阻抗的研究。阻抗问题直接关系到发送机和接收机的效率问题,当所设计的耦合器与网络不匹配时,造成的衰减有时高达 10 dB 以上。由于低压电力网络非常复杂,而且随机性、时变性大,因而其输入阻抗变化很大,1973 年, Nicholson 和 Malack^[7]发表了美国 36 个低压电力系统的测量结果,频率范围为:0.02~30 MHz,阻抗从几欧姆变化到几百欧姆。文献[8]也给出一个 0~1 MHz 里的阻抗-频率变化图,可以看到阻抗可以从 0.1 变化到 100 以上,变化范围大于 1000 倍。如此大的变化范围使的耦合器设计遇到很大困难,如何做到阻抗匹配是一个很大的挑战。

由于低压电网非常复杂,情况千差万别,必须分门别类进行测量。例如对城市和农村应该分别测量,对居民区、工业区、商业区、学校也应分别测量。

同时测量时应注意晚上和白天情况的不同,而且各个季节也有可能不同。如果要切实了解我国低压电网的信道特性,大范围的测量是不可避免的。

3.3 选择合适的传输技术

在对低压电网信道特性充分研究的基础上,应针对信道的具体特点,充分利用仿真软件(Matlab, SystemView等),甚至搭建硬件仿真线路,对各种调制解调技术、信道均衡技术、信道编码解码技术、同步技术及有关技术进行详细的分析和研究,选择适合低压电网的方案。目前国际上这方面的研究集中在调制解调技术方面,两种主流技术是:扩频技术(在AN公司产品中实际应用)和正交频分复用(OFDM)(应用于Intellon公司产品中),而对其它问题的研究还很不够。在此要注意的是,出于电磁兼容性方面的考虑,必须对发射功率加以限制,以避免对其它应用造成影响。

4 多用户接入的问题

低压电网通信系统是一典型的多用户系统,利用它实现信息接入时,信道资源将被众多用户所共享。因而选择合适的多用户接入规约是必要的。另外对于低压电网,有必要区分上行连接和下行连接,其中上行连接为从用户到基站(一般位于配电所内),下行连接从基站到用户。现在的接入方式一般分为三类:固定接入(如FDMA, TDMA);随机接入(CSMA/CD)和按需分配。在选择多用户接入方式时,除了要考虑信道特性以外,还要考虑传输数据时对延迟时间、传递速率和占空度等各方面的要求。对于下行连接,依据配电网的结构,适宜采用固定接入方式,例如FDMA,对于距离比较远的用户分配给较低的频带,而对于近处的用户,由于衰减较小,故可以使用较高的频带。而上行连接,由于多个用户间不可能做到协调一致的工作,因而采用随机接入(CSMA/CD:带有冲突检测的载波侦听多路接入)或者按需分配比较合适。此外,在上行连接中使用CDMA(码分多址)也是一种选择,不过它存在远-近问题和多接入干扰(MAI)问题。

5 结论

利用低压电网进行高速数据传输的技术目前已经成为研究热点,它不但给电力企业带来了新的市场和商机,也给用户带来了低成本、高性能的服务。本文首先分析了信息接入的应用需求,然后从高速率数据传输和多用户接入两方面详细探讨了需要解决的各种问题,从整体上提出了一种研究思路。

参考文献:

- [1] 曹惠彬. 电力通信发展的回顾与展望[J]. 电信技术, 2001, 28(7): 1-5.
- [2] Morgan H L, Donaldson R W. Attenuation of Communication Signals on Residential and Commercial Intrabuilding Power Distribution Circuits[J]. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 1986, 28(4): 220~230.
- [3] O Neal J B. The Residential Power Circuit As a Communication Medium [J]. IEEE Transactions On Consumer Electronics, 1986, 32(3): 567~577.
- [4] D Liu, E Flint, B. Gaucher. Wide Band AC Power Line Characterization [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 1999, 45(4): 1087-1097.
- [5] Klaus M Dostert. Power Lines as High Speed Data Transmission Channels-Modeling the Physical Limits [C]. Japan Tokio: Proceedings of the 1998 International Symposium on Power Line Communications and its Applications.
- [6] 王乔晨, 郭静波, 王赞基. 低压配电网电力线高频噪声的测量与分析[J]. 电力系统自动化, 2002, 26(1): 18-21.
- [7] Malack J A. RF Impedance of United States and European Power Lines [J]. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 1976, 18(1): 36~38.
- [8] 高峰, 董亚波. 低压电力线载波通信中信号传输特性分析. 电力系统自动化, 2000, 24(7): 36~40.

收稿日期: 2002-09-23; 修回日期: 2002-12-25

作者简介:

刘海涛(1976-), 博士研究生, 主要从事电力通信方面的研究工作。

张保会(1953-), 教授, 博士生导师, 主要研究方向为电力通信、电力系统稳定控制、继电保护及配电网综合自动化。

张伦农(1965-), 博士研究生, 主要从事电力市场的研究。

Key issues of realizing high-speed data access in low voltage power networks

LIU Hai-tao, ZHANG Bao-hui, TAN Lun-rong

(Electrical Faculty, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

(下转第 54 页)

所示:

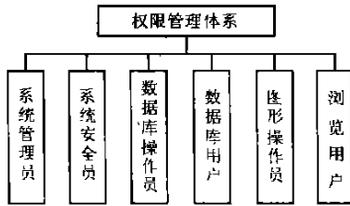


图7 权限管理体系

Fig. 7 Management privilege system

其中,系统管理员级别最高,具备所有权限。以此类推,浏览用户只具有浏览的权限。软件权限的设置,使得运行人员的工作与责任联系起来,大大加强了系统的安全性。

此外,该软件还具有对数据备份、恢复、清除的功能,这些功能防止了数据丢失所造成的重大损失。此外,软件也通过数据库管理系统对数据的安全进行必要的设置。所有这些保障了系统的保密性和安全性。

(4) 其他

以上三个方面从整体上体现了软件通用性强,可维护性好、防错机制优越的特点。此外,软件还在以下细节上运用不同的策略来提高系统的实用性,进一步满足用户方便使用的要求。

- 提供指导用户进行操作的提示子系统;
- 提供约束用户操作、具有捕错机制的报警子系统;
- 提供在线帮助的帮助子系统;

- 提供多样式查询的查询子系统;
- 提供报表、图形等多种形式打印的打印子系统;

这些子系统无疑都提高了系统的实用性,从而避免了各种各样的错误,更好地满足用户的需要。

4 结论

本文通过对“东北某城市电业局配电网信息管理系统”中数据库子系统的开发分析,阐述了数据库系统软件开发的整个过程,克服了以往数据库软件数据混乱、可维护性差的缺点,充分体现了该配电网软件灵活易用、实用性强等特点,更好地满足了用户的需求,可作为电力系统管理信息软件数据库系统开发的参考。

参考文献:

- [1] 肖峻,吉晓丽,等.配电网信息管理分析系统的研究与实现[J].电力系统自动化,1998,2(22):46~48.
- [2] 张长富,李匀,严苏娅.Power Builder 用户参考手册[M].北京:北京希望电脑公司,1998.
- [3] 王珊著.SYBASE原理高级系统与性能调优[M].北京:中国水利水电出版社,1998.

收稿日期: 2002-09-09; 修回日期: 2002-11-25

作者简介:

于建成(1977-),男,硕士研究生,研究方向为配电自动化;

葛少云(1964-),男,副教授,硕士生导师,主要从事城市电网规划和配电系统自动化等方面研究工作。

Database design and implementation of distribution network information management system

YU Jian-cheng, GE Shao-yun

(Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: Distribution Network Information Management System is a very complicated system. There will be enormous data information need to be processed in this system. Therefore, database system rules as the fundament for Distribution Network Information Management System. Taking example for a practical Distribution Network Information Management System, this paper presents the construction, principle and method to resolve disorder and chaos of data for database design and implementation.

Key words: Distribution Network Information Management System; database; accord checking

(上接第 29 页)

Abstract: There is continued and growing interest in using low voltage power network to realize "the last mile". This paper presents general research contents of communication over low voltage power networks. According to communication theory, high speed data access includes two aspects: high speed data transmission and multiple access. At first technical demands of low voltage power networks communication are analyzed in detail, then three problems to realize high speed data transmission are discussed: Frequency Band; Channel Characteristics; Appropriate Communications Technology. At last suitable strategies for multiple access are given in the paper.

Key words: power line telecommunication; data transmission; multiple access