

智能电网通信与信息管理系统核心问题研究

周 来¹, 孟祥萍¹, 张本法², 付志学³, 程志明⁴

- (1. 长春工程学院 电气与信息工程学院, 吉林 长春 130012;
2. 东北电力大学 信息工程学院, 吉林 吉林 132012;
3. 长春工业大学 电气与电子工程学院, 吉林 长春 130012;
4. 华北电力大学 控制与计算机工程学院, 北京 102206)

摘要:一个具有高度可靠、可扩展、综合性能的安全通信网络对于下一代发电、输电、配电系统—智能电网的成功建设和运行是至关重要的。当前的很多工作是定义智能电网的通信结构,主要集中在高标准的服务需求上,但较少关注应用上的挑战。文中针对智能电网通信技术以及信息管理系统在实际应用中的核心问题进行了细致的探讨,内容包含当今很多重要的应用,如 ZigBee、蜂窝网及信息安全等技术。

关键词:通信技术;信息;安全;智能电网

中图分类号:TP302.1

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2015)04-0144-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.04.033

Research on Core Problem of Communication and Information Management System for Smart Grid

ZHOU Lai¹, MENG Xiang-ping¹, ZHANG Ben-fa², FU Zhi-xue³, CHENG Zhi-ming⁴

- (1. Institute of Electrical and Information Engineering, Changchun Institute of Technology, Changchun 130012, China;
2. School of Information Engineering, Northeast Dianli University, Jilin 132012, China;
3. School of Electrical and Electronic Engineering, Changchun University of Technology, Changchun 130012, China;
4. School of Control and Computer Engineering, North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

Abstract: A secure communications network with highly reliable, scalable and integrated performance is critical for the successful deployment and operation of power generation, transmission and distribution for next generation system—known as Smart Grid. Much of the work done to date is to define communications architecture of Smart Grid, mainly focusing on high-level service requirements with little attention to implementation challenges. In this paper, investigate core problem of communication technologies and information management system in detail for Smart Grid, which contains today's important applications such as the technologies of ZigBee, cellular network and information security etc.

Key words: communication technology; information; security; Smart Grid

0 引言

科技化水平的不断提高,环境、资源等问题也变得日益突出,电网的建设与发展面临着前所未有的挑战,以现代通信、控制及信息技术为基础的智能电网^[1-2]系统应运而生。智能电网清洁、低碳、高效的特点贯穿了发—输—变—配—用电的全过程,努力打造智能化、自动化、精细化的智能电网已成为各国努力追求与奋

斗的目标。

随着国网公司《建设坚强智能电网》(Strong Smart Grid)发展规划的提出,我国确定了建设坚强智能电网的基本原则与总体目标,如何建设坚强智能电网已成为目前电力系统学术界及电力行业高度关注的课题。

电力通信作为智能电网发展的重要基础设施,对电网的智能化具有重要支撑作用。近些年来,基于

收稿日期:2014-05-28

修回日期:2014-08-28

网络出版时间:2015-02-23

基金项目:吉林省教育科研项目(2014317,2014309);吉林省发改委项目(2013118831);长春市科技局项目(2013266)

作者简介:周 来(1983-),男,通信作者,硕士,研究方向为智能电网信息处理与虚拟现实、云计算;孟祥萍,教授,博士,从事智能控制理论及应用、电力系统安全性优化应用等研究。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20150223.1235.022.html>

NGN(Next Generation Network)型电力通信技术大量涌现,建立一个实时、双向、高速、集成的新型通信系统^[3],保证在智能电网中各种数据有效的获取、传输、保护及控制,使智能电网能实现信息的动态交换互动,满足电力发展的可持续要求,逐渐成为智能电网建设与发展的现实选择。

智能电网需要电力通信为其提供随时随地、任何业务、任何设备的自由接入服务,以保证智能电网具有设备“即插即用”的安全、可靠、经济等条件。智能电网对通信设施有极高要求,通信事业的发展也面临更多挑战,因此,加快通信技术创新、加强智能电网建设是强化电力事业建设的新需要。

1 智能电网中电力通信技术的作用

智能电网的建设与发展关系着国计民生,同时也与国家新能源发展及建设战略联系密切。智能电网中电力通信网络技术尤为重要,不久便会全面覆盖电力系统,即可实现与用户间的互动。作为智能电网系统下的电力生产经营、管理的核心,通信技术是实现变电站建设、电网调度的重要保障^[4],对电网稳定、经济运行具有重要作用。

智能电网在建设过程中,通信平台是重要的基础和方式。电力通信网主要涉及发电系统、输电系统及变、配电系统,还包括用电和调度系统。加强电力通信技术在智能电网中的应用,应明确相关配套设施,认识到智能电网组建的重点及工序,加强对电网通信设施的重视,通过加强国际间协作,引入目前国外比较前沿的通信技术,建立科学、合理的网络体系,为电力通信在智能电网中的应用提供坚实的基础和保障。

智能电网建设、发展离不开以下几方面因素:双向、高效、实时的通信网络架构;智能化、精细化的管理及决策;准确、智能的数据采集与控制。

电力通信网络设施架构如图1所示。

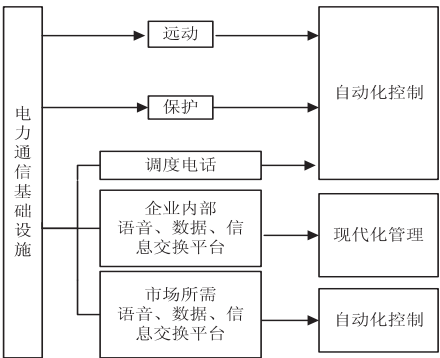


图1 电力通信网络设施架构

可见,无论是电网设备自动化控制还是企业内部交换平台的现代化管理以及电力营销的市场化运营都离不开电力通信网络的支撑。

2 电力通信技术在智能电网中的应用

电力通信系统是智能电网的基础环节,智能电网技术的应用以及程序所产生的海量数据信息会提供一个实时分析及定价方法,确定通信需求^[5-6]来对数据进行处理变得非常重要。可使用有线或无线通信技术在智能电表^[7]与电力公司间传输数据。有线通信技术要求无信号干扰且依赖于电池等问题。无线通信技术虽然成本低,且基础设施易于连到无法触及的区域,但传输路径可能导致信号衰减。以上两种智能电网信息传输方案,前者可实现智能电表与数据中心的连接,后者可实现传感器、电器到智能电表的连接。

2.1 电力线通信

电力线通信—PLC 技术利用已有的电力线来传输数据信息,即利用电流来加载含有数据信息的高频信号并传输至对端适配器并将高频信号从电流中分离以达到信息传送的目的。

因电力线与智能电表直接相连,使得电力线成为在郊区或其他通信技术难以覆盖地区的电表通信的首选方式,目前 PLC 的传输速率可达 3 Mbit/s。在电网中,智能电表通过电线连接到数据集中器,数据集中器利用蜂窝网络技术传输到数据中心。

2.2 数字用户线路

DSL—数字用户线路是以电话线为传输载体的通信技术,具有无需拨号、低成本、高宽带数据传输特性及信号不经交换机设备等优点。DSL 技术发展瓶颈是因断网的可能而使其无法满足某些特定关键任务的应用,使其在农村等偏远地区无法实施。

2.3 无线网状网

无线网状网是一种新型无线网络技术,它与传统无线网截然不同。在传统无线局域网^[8]—WLAN 中,用户通过一条与固定接入点(AP)相连接的无线链路来访问网络,若需进行相互通信,则应首先访问一个接入点,此种结构称为单跳网络。在无线 Mesh 网中(见图2),所有无线设备节点均可作为 AP 及路由器,网络中所有节点均可发送并接收信号,各节点可与一个或多个对等节点直接通信。

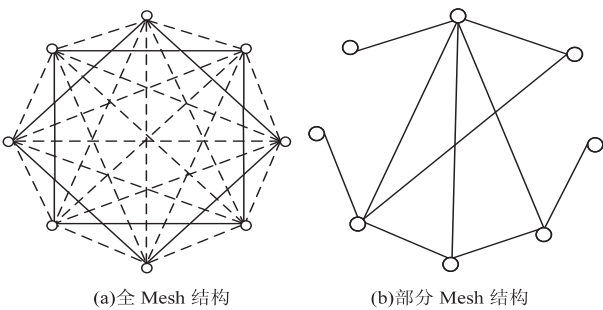


图2 无线 Mesh 网络结构

作为具有动态自我组织、配置、愈合及提供高可伸

缩性服务的解决方案,其无单点故障、非视距传输、高速移动支持等特点使其在提高网络负载均衡能力、扩展网络覆盖范围等方面具有很大优势。

图 3 为 WLAN Mesh 网络。

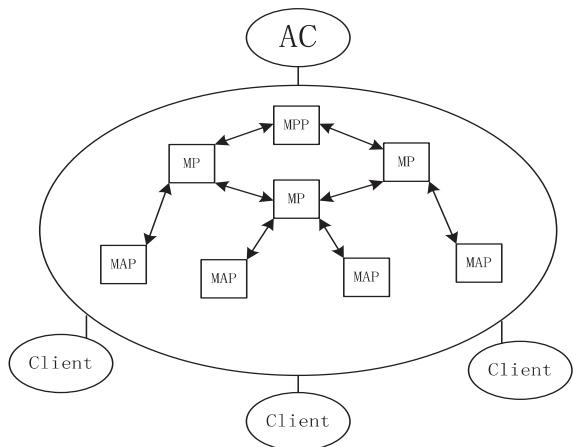


图 3 WLAN Mesh 网络

无线网状网所面临网络容量、信号衰减、干扰及电表数量不足等问题使网络难以全面覆盖。信息传送的每个接入点都需用加密算法来保证数据的安全传输,使系统的复杂度增加了。此外,由于数据包可流经其他邻居节点,因此,通信链路上仍需更多的开销来减少环路出现。

2.4 ZigBee

在 2.4 GHz 频带上 ZigBee 有 16 个频段,各频段都具有 5 MHz 带宽。它具有低成本部署、无需授权频段、低带宽需求等特点,可提供系统监测、实时定价、需求反应及计量支持等服务,使其在水电等公共事业中得到广泛应用。ZigBee 主要用于智能家居、电器、能源监控等自动及远程控制领域。集成了 ZigBee 的智能电表能联系并控制其他 ZigBee 集成设备,并发送实时的电量数据给用户。

但在实际应用中,ZigBee 也存在一些不足,如内存空间较小、处理能力不够以及易受使用 ISM 等免费频段设备的干扰。

2.5 蜂窝网

蜂窝网络是电力企业、智能电表和远程节点间通信的很好选择,目前用于智能电表系统的技术有 2G、3G、WiMAX 和 LTE。蜂窝通信的基础设施^[9]可使智能电网无需支出更多的运营成本,时间即可组建一个专用的通信网,基于蜂窝网的一系列解决方案可使智能电表的使用环境更广。其强大的控制性能可保证数据的安全传输,已被广泛使用的 GSM 技术就具有身份验证、信号保护、匿名性及用户数据保护等特点。而其价格低廉等优点使蜂窝通信技术成为了目前主流的通信技术。

蜂窝网络如图 4 所示。

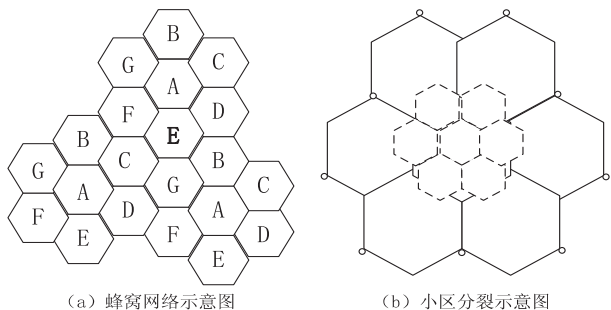


图 4 蜂窝网络

智能电网中很多重要的环节离不开持续可用的通信,而蜂窝网所提供的面向消费市场的服务可导致网络堵塞、降低网络的性能等问题,蜂窝网服务运营商则无法保证服务的正常使用,私有网络相比公共网络而言则可利用多种技术及频段来处理这些情况。

3 智能电网对通信技术要求

3.1 修订并制定新的通信标准

为更好地适应智能电网各方面的新要求,需修订目前通信标准,以使各标准之间相互协调。如修订 IEC61850、IEC61970 以使二者相互兼容,实现控制中心、变电站的无缝对接来简化通信过程。智能电网系统的类型复杂、信息及设备种类繁多,目前的通信标准无法保证全部适用于智能电网,保证各部分间的协调运行,取决于智能电网的通信技术及标准,因此,制定新的通信技术标准是当务之急。

3.2 加大标准的执行力度

火力、水力以及风力发电站都有各自相应的 IEC 国际标准,但服务商尚未统一采用这些标准,很多仍是私有协议,无法完成彼此间的对接与操作。因此,对已发布的行业国际标准应积极采用,尽可能避免或减少私有通信协议的使用。

4 智能电网信息系统结构及安全技术

智能电网信息系统结构如图 5 所示。主要包括基础设施、支撑平台及应用^[10]体系三个部分。基础设施主要指组建智能电网的硬件基础,信息系统的支撑平台是指构建智能电网的软件基础架构,在此之上是各类应用。

4.1 信息采集与处理

主要包括数据的实时采集系统、数据采集的分布式处理服务、动态共享智能电子设备资源、精确数据对时、冗余备用以及大容量高速存取等。

4.2 信息分析

此项工作是电网展开各项业务的重要工具,是对采集、处理、集成后的数据信息进行分析。横向的信息分析包括:发电计划、资产、风险管理、运营、维护管理、

停电、负荷管理、人力资源管理、市场运作、财务管理、客户关系管理等业务模块。纵向的信息分析包括:发、输、变、配、用电(产业链业务分析)及电网信息分析—国家、区域、省级、地县。

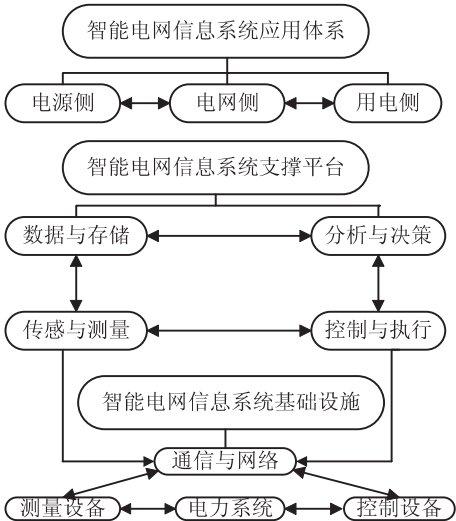


图5 智能电网信息系统结构

4.3 信息集成

横向要实现智能电网企业内部业务的信息集成。纵向要实现智能电网产业链的信息集成,研发标准化

的信息集成系统,借鉴、利用面向服务架构的标准,例如 IEC61850、IEC61970、IEC61968 等标准。

4.4 信息采集安全

4.4.1 短距离超宽带通信安全

在媒体访问控制层,短距离的超宽带协议有着相应安全措施。基于预存的主密钥^[11],短距离超宽带设备间采取4次握手机制来实现认证,认证过程中设备间加密是参考设备认证时所用的随机数和主密钥生成临时的对等密钥来实现的。

4.4.2 射频识别安全

射频识别在安全算法的运行效率方面要求较高,其成本有着严格限制,因 HB (Hopper-Blum) 协议需射频识别并进行多轮挑战应答交互,最终由正确的概率来判断射频识别的合法性。因此,HB 协议及与其相关的一系列改进协议组成了有效的射频认证方式。

4.4.3 无线传感器网络安全

ZigBee 技术常在无线传感器^[11]网络中得到应用,完整的 ZigBee 协议套件包含:高层、会聚层应用及网络层、数据链路层、物理层。网络层之上协议由 ZigBee 联盟制定,物理层及链路层的标准由 IEEE802. 15. 4 负责。ZigBee 协议栈的构架如图 6 所示。

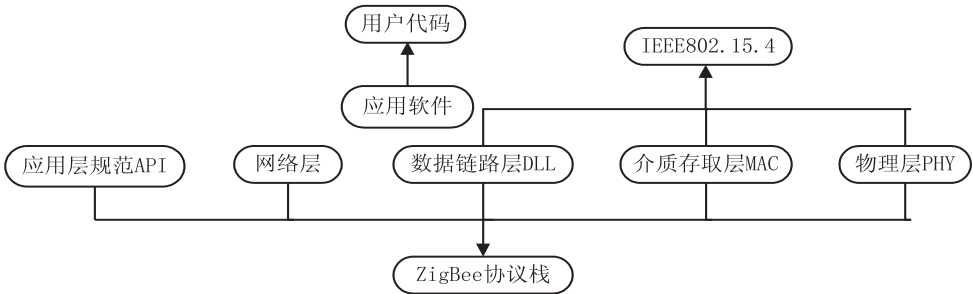


图6 ZigBee 协议栈构架

基于 IEEE802. 15. 4 通信标准,ZigBee 技术创建了物理层及媒体访问控制层,ZigBee 联盟定义了网络层及应用层。为保证单跳单帧机密性及完整性,控制层采用了完整性验证码及 ABE 算法,应用层负责密钥的管理,并建立安全连接,网络层使用帧计数器来处理多跳帧以防止重放攻击。

5 通信技术面临的问题

一个开放型的、标准化的通信平台是智能电网的重要组成部分,一个覆盖范围广的通信系统可以实现各设备之间的良好互通,并为智能电网的数据获取、信息保护等提供有力支撑。但电力通信系统也存在着一定的不足,例如大容量、可实施的、双向的通信接入网的缺乏,并且当前电力通信系统人力资源匮乏,尤其是高素质、高端通信人才的不足。电力通信技术的不断推进与实际的培养体质相脱节导致出现基础不稳、发

展受制约等局面。因此,必须加快专业通信人才的培养、推进创新型人才的培养模式。

6 结束语

我国目前正处于现代化建设与发展的转型期,各领域都处于快速发展的阶段。在国家大力倡导、支持节能减排,组建低碳、绿色、循环^[12-14]的智能电网的形势下,技术创新是主旋律,是深入建设智能电网的基础,也是我国大力推进电力事业又好又快发展的重要举措。作为新时期能源产业的代表,作为我国推进电网现代化建设的重要方面,智能电网的建设、发展进程对国家的建设和发展将起到重要的作用。

参考文献:

[1] 陈树勇,宋书芳,李兰欣,等. 智能电网技术综述[J]. 电网 (下转第 152 页)

5 结束语

文中基于 2008 年 10 月至 2013 年 11 月的上证指数数据,研究关于证券指数的走势问题,提出一种将支持向量机和信息粒化理论相结合的回归预测方法模型。该方法能对下一个市场交易周期的指数波动范围进行预测,包括最高点、最低点和平均值,对比当天上证指数的实际运行数据,预测结果具有投资准确性。虽然该方法具有投资指导意义,但也存在增加可研究性和改进的地方,如模糊粒子类型的选择,高斯核参数和惩罚系数的选取都会影响预测值,此外中国证券市场指数的变化是非线性的,不但受一个国家经济运行和政策的影响,也受国际政治经济环境的制约,所以为达到综合有效的分析,其研究往往需要结合经济层面的其他各种因素和技术指标,如指数平滑移动平均线 MACD,指数平均数 EXPMA,心理线 PSY 等,去判断指数和市场的走向,以达到有效投资、实现扩大收益的目的。

参考文献:

- [1] 刘 星,迟建新,宿成建,等. 股票价格指数灰色系统预测与分析[J]. 数量经济技术经济研究,2003(8):128-131.
- [2] 吴朝阳. 改进的灰色模型与 ARMA 模型的股指预测[J]. 智能系统学报,2010,5(3):277-281.
- [3] 徐 枫. 股票价格预测的 GARCH 模型[J]. 统计与决策,2006(18):107-109.
- [4] 莫 扬,刘剑初. 上证指数的巨幅波动和单整类型的实证

检验[J]. 上海金融,2013(3):78-84.

- [5] 杨小平. 基于主成分与 BP 神经网络的股票价格预测分析[J]. 统计与决策,2004(12):42-43.
- [6] 孙 彬,李铁克,王柏琳. 基于股票市场灵敏度分析的神经网络预测模型[J]. 计算机工程与应用,2011,47(1):26-31.
- [7] Vapnik V N. The nature of statistical learning theory[M]. New York:Springer-Verlag,1995.
- [8] 孙名松,张立新,杜春燕. 增量支持向量机算法研究[J]. 计算机技术与发展,2011,21(5):40-43.
- [9] 辛治运,顾 明. 基于最小二乘支持向量机的复杂金融时间序列预测[J]. 清华大学学报:自然科学版,2008,48(7):1147-1149.
- [10] 刘道文,樊明智. 基于支持向量机股票价格指数建模及预测[J]. 统计与决策,2013(2):76-78.
- [11] Zadeh L A. Towards a theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic[J]. Fuzzy Sets and Systems,1997,90(2):111-127.
- [12] Song Qiang, Chissom B S. Fuzzy time series and its models[J]. Fuzzy Sets and Systems,1993,54(3):269-277.
- [13] Fung G, Mangasarian O. Proximal support vector machine classifiers[C]//Proceeding of the 7th ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining. San Francisco, CA, USA:ACM,2001:77-86.
- [14] Agarwal D K. Shrinkage estimator generalizations of proximal support vector machines[C]//Proceedings of the 8th international conference on knowledge discovery and data mining. Edmonton, Canada:[s. n.],2002:173-183.

(上接第 147 页)

- 技术,2009,33(8):1-7.
- [2] 钟 金,郑睿敏,杨卫红,等. 建设信息时代的智能电网[J]. 电网技术,2009,33(13):12-18.
- [3] Wang Wenye, Xu Yi, Khanna M. A survey on the communication architectures in smart grid[J]. Computer Networks,2011,55(15):3604-3629.
- [4] 余贻鑫. 智能电网的技术组成和实现顺序[J]. 南方电网技术,2009,3(2):1-5.
- [5] 赵鸿图,周京阳,于尔铿. 支撑高效需求响应的高级量测体系[J]. 电网技术,2010,34(9):13-20.
- [6] 刘 念,张建华. 互动用电方式下的信息安全风险与安全需求分析[J]. 电力系统自动化,2011,35(2):79-83.
- [7] 王思彤,周 晖,袁瑞铭,等. 智能电表的概念及应用[J]. 电网技术,2010,34(4):17-23.
- [8] Kushalnagar N, Montenegro G. IPv6 over low-power wireless personal area networks: assumptions, problem statement, and goals[S/OL]. [2013-01-28]. <http://tools.ietf.org/html/rfc4919>.

- [9] Yan Ye, Qian Yi, Sharif H. A secure and reliable in-network collaborative communication scheme for advanced metering infrastructure in smart grid[C]//Proc of 2011 IEEE wireless communications and networking conference. Cancun, Quintana Roo;IEEE,2011:909-914.
- [10] Berthier R, Sanders W H, Khurana H. Intrusion detection for advanced metering infrastructures: requirements and architectural directions[C]//2010 first IEEE international conference on smart grid communications. Gaithersburg, MD;IEEE,2010:350-355.
- [11] 苏 忠,林 闯,封富君,等. 无线传感器网络密钥管理的方案和协议[J]. 软件学报,2007,18(5):1218-1231.
- [12] 国家电网公司. 国家电网智能化规划总报告[R]. 出版地不详:国家电网公司,2010.
- [13] 中电联. 2012 年经济形势与电力发展分析预测会[C]. 出版地不详:中电联,2012.
- [14] 国务院节能减排十二五规划[R]. 出版地不详:出版者不详,2012.

作者：[周来](#)，[孟祥萍](#)，[张本法](#)，[付志学](#)，[程志明](#)，[ZHOU Lai](#)，[MENG Xiang-ping](#)，[ZHANG Ben-fa](#)，[FU Zhi-xue](#)，[CHENG Zhi-ming](#)

作者单位：[周来, 孟祥萍, ZHOU Lai, MENG Xiang-ping\(长春工程学院 电气与信息工程学院, 吉林 长春, 130012\)](#)，[张本法, ZHANG Ben-fa\(东北电力大学 信息工程学院, 吉林 吉林, 132012\)](#)，[付志学, FU Zhi-xue\(长春工业大学 电气与电子工程学院, 吉林 长春, 130012\)](#)，[程志明, CHENG Zhi-ming\(华北电力大学 控制与计算机工程学院, 北京, 102206\)](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)[ISTIC](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2015(4)

引用本文格式：[周来](#).[孟祥萍](#).[张本法](#).[付志学](#).[程志明](#).[ZHOU Lai](#).[MENG Xiang-ping](#).[ZHANG Ben-fa](#).[FU Zhi-xue](#).[CHENG Zhi-ming](#) [智能电网通信与信息管理系统核心问题研究](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015(4)