



基于某典型实例的配网通信方式研究与比较^{*}

王 凤¹, 司孝平², 赵 方¹, 李朝晖¹, 罗海勇³

(1. 北京邮电大学软件学院 北京 100876; 2. 华北水利水电学院信息工程学院 郑州 450011;
3. 中国科学院计算技术研究所 北京 100190)

摘 要: 作为配电自动化系统的重要组成部分, 配电自动化通信网络是配网控制中心实现对远方终端的信息数据传输、采集和进行遥控的必要手段, 对配电自动化系统的构成和功能的实现起着十分重要的作用。配电自动化通信方式包括光纤、电力线载波、无线等, 不同通信方式的选择与方案设计对系统的实时性、可靠性及有效性影响很大, 其建设及运行维护的费用也有很大差别。对上海某开关站区域利用光纤、电缆屏蔽层载波、无线 3 种不同通信方式进行组网, 并对此进行了深入的分析 and 比较, 对配电自动化通信网络的实施建设提供了参考。

关键词: 配电自动化; 以太无源光网络; 电力线载波通信; 无线通信

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2013.11.015

Research and Comparison of Distribution Automation Communication Mode Based on a Typical Case

Wang Feng¹, Si Xiaoping², Zhao Fang¹, Li Zhaohui¹, Luo Haiyong³

(1. College of Software, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China;
2. College of Information Engineering, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450011, China;
3. Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract: As an important part of the distribution automation system, the communication network is a necessary tool for the control center transmitting and collecting data of remote terminals and controlling it. Hence, the network plays an important role in the composition and function implementation of the system. Distribution automation communication modes contain optical fiber communication, power line communication, and wireless communication and so on. Different communication modes have big influence on the real time, reliability and effectiveness of the system, and also there is a big difference between the construction and maintenance cost. Through designing the communication network in a switching station in Shanghai, the difference among optical fiber communication, power line communication and wireless communication was analyzed and compared, which provided a reference for the construction of the distribution automation communication network.

Key words: distribution automation, EPON, PLC, wireless communication

1 引言

配电通信网络是实现配电自动化和智能化电网的重

要信息基础设施, 是建设智能电网的重要内容。按照通信范围的不同, 配电通信网络可分为骨干网和接入网两层, 根据《配电自动化技术导则》变电站和配电主站之间的骨

^{*} 国家自然科学基金资助项目 (No.60973110), 天津市滨海新区科技小巨人成长计划基金资助项目 (No.2011-XJR12009)



干层一般采用光纤传输网,其通信网已经基本建成,而子站和配电终端之间的接入层应因地制宜,有选择地采取适当的通信方式。10 kV 通信接入网是承载配电自动化、用电信息采集、双向营销互动等信息传输的基础通信网络,是实现智能电网配电、用电环节的重要技术保证,是各地区通信网的重要组成部分,现今已成为配电自动化通信网络研究的重点。

2 配电自动化对通信网络的要求

配电系统自动化程度的重要标志是通信网络是否符合自动化的要求,因此,通信网络是配电自动化系统的关键之一。它担负着设备及用户与自动化系统的联络、信息的处理、命令的发送和返回以及所有数据的传递,因此配电网通信系统应满足以下要求^[1,2]。

(1) 安全性

根据电力二次系统的特点,划分为生产控制大区和管理信息大区。生产控制大区分为控制区(安全区Ⅰ)和非控制区(安全区Ⅱ)。信息管理大区分为生产管理区(安全区Ⅲ)和管理信息区(安全区Ⅳ)。不同安全区确定不同安全防护要求,其中安全区Ⅰ安全等级最高,安全区Ⅱ次之,其余依次类推。根据不同的安全等级,配电通信系统应当实现安全分区、网络专用、横向隔离、纵向认证,保证电力系统的安全性。

(2) 可靠性

在配电自动化系统中,大量的终端设备是安装在室外的,环境恶劣,易受雷击、雨雪以及其他自然灾害的影响。在恶劣的环境下,如果供电网络发生故障,通信网络应该依旧可以保证可靠的信息传输,为迅速查找、隔离故障和恢复故障提供指导。此外,部分地区电磁干扰严重,对通信

的可靠性产生了严重的影响。因此配电自动化系统要求通信网络要满足防风雨、散热、防雷电、抗电磁干扰等要求,保障电力系统信息传输的可靠性。

(3) 实时性

在电力系统中主要分为遥测、遥信、遥控等数据,不同的数据对通信实时性要求不同,其中遥控实现了对变电站的开关、刀闸和压板的控制操作,其数据实时性最高;遥信采集传输各种保护和开关量信息,实时性次之;遥测主要是采集并传输各种电气量、负荷等数据,实时性要求不高。因此在不同区域需要根据配电自动化程度的不同,选取合适的通信方式,从而满足配电自动化的要求。

(4) 可扩展性好

目前,我国正处于城镇化建设进程中,配电自动化系统正处于建设时期,配电自动化程度将会越来越高,其网络拓扑也将持续扩展更新,因此其配套的通信网络应结合未来的规划需求,具有良好的可扩展性。

(5) 经济性

在配电自动化通信网络设计过程中,在满足可靠安全等要求的前提下,不但要考虑成本和施工难度,也要考虑后期的维护费用,因此要充分考虑到经济利益,采取恰当的通信方式,避免出现重复建设和过高投资。

3 各种通信方式介绍及比较

目前,骨干层通信网络从信息传输的可靠性、安全性、稳定性并结合现有通信资源利用率等方面的因素考虑,采用光纤通信方式;接入层通信网络即配电通信网按通信介质的不同,可简单分为无线方式和有线方式,如图1所示,有线通信方式主要分为光纤专网和电力线载波等,无线通信方式主要分为无线专网和无线公网和微功率无线等^[3-5]。

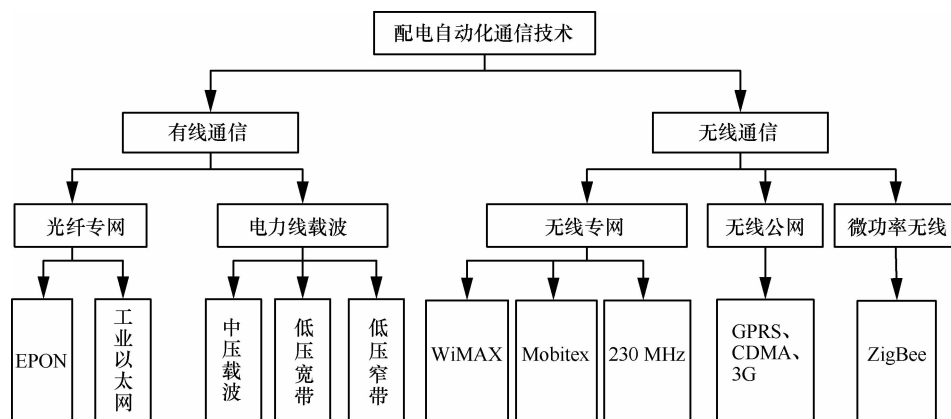


图1 配电自动化通信技术



将无线网络的核心网网关通过防火墙与电力通信网骨干网相连接或者利用互联网将电力通信数据发送至配电网络管理控制中心。无线通信方式分为无线专网和无线公网两种方式。无线专网的组网方式与公网相似,只是所有的节点都由电力公司自己管理及控制,并且可以根据电力部门的需要进行网络的部署,覆盖一些有线网络难以覆盖或者建网成本较高的地区,能够较好地补充有线通信覆盖方面的不足。无线网络包括 WiMAX、Mobitex、230 MHz、GPRS、CDMA、3G、ZigBee 等多种接入方式,因此在利用无线网络接入时,需要选择符合配电网络通信需求的技术。

3.3 配电自动化通信方式比较

接入层通信网络目前存在以上多种通信方式,各种通信方式各有优缺点,详细分析比较^[3,4]见表 1。

4 上海某地区通信组网实例

为了更好地比较不同的通信方式,本文选取上海某地区进行了通信组网方案设计。目前此地区电力通信的骨干网已经基本建成,35 kV 以上的配电站已全部实现光纤覆盖并都通过光纤连接到骨干网,通信业务需求基本可以满足,10 kV 线路还未全部实现光纤覆盖。根据《上海电网若干技术原则的规定》,该地区电网 10 kV 配电站有 K 型(开关站)、P 型(环网站)及 W 型(户外站)3 种,同时还配置有杆变^[12]。目前,大部分 K 型站已实现光纤接入,一般是 10 kV 进出,部分可能会 380 V 出;P 型站一般是 10 kV 进,380 V 出。W 型站又分为 WH 和 WX 型站,WH 型站一般是 10 kV 进出,WX 型站一般是 10 kV 进,380 V 出,目前 WX 型站已经停止建设。对于具备光纤敷设条件的 K 型站采用光纤通信,不具备光纤敷设条件的 K 型站采用载波或

音频电缆通信方式;P 型和 WH 型站采用以电力电缆屏蔽层载波或者电力电缆混合载波的通信方式;WX 型站、杆变则采用无线公网通信方式,大多采用 GPRS 方式接入。由于各设备是分批建设的,故每一阶段每次建设的设备通信方式可能略有差别,因此,在通信接入网规划研究中要结合具体实际,提出切实可行的组网方案。通过调研,发现此地区的配电网具有以下特点:

- 通信节点数量庞大;
- 通信节点相对分散;
- 通信节点间距离短;
- 配电自动化系统的测点多,通信主网传输信息量较大。

针对以上不同的通信组网方式以及此地区的实际情况,下面以某开关站为例详细比较分析光纤通信、电缆屏蔽层载波和无线组网 3 种方式。

此地区某开关站接线如图 5 所示,该地区位于中心城区,铺设的是纯电缆线路,包含 1 个开关站、9 个箱变,具体为甲箱变、乙箱变、丙箱变、丁箱变、金箱变、木箱变、水箱变、火箱变、土箱变。

4.1 光纤通信方式

光纤通信方式在变电站和开关站之间使用 2 根 24 芯普通光缆进行铺设,开关站和下面连接的箱变用 1 根 24 芯普通光缆进行铺设,采用同变电站不同纤芯实现“双 PON 口保护”组网方式。双 PON 口环网保护进行组网,光线路终端(OLT)放在 110 kV 变电站,光网络单元(ONU)设备一般安装在箱变和开关站等站点,和配电终端等均通过以太网接口连接,实现配电终端信息的接入,具体组网方式如图 6 所示。

表 1 配电网通信方式比较

通信方式	建设成本	维护成本	传输速率	可靠性	信息安全	影响因素	通信实时性	传输距离
光纤专网 (EPON)	高	低	传输带宽高,上下行对称,速率高达 1 Gbit/s	高	高	不易受影响	高	长,可达 20 km
中压电力线 宽带载波	较低	中等	传输带宽较高,物理层速率 200 Mbit/s	较高	高	受电网负载和结构影响大	较高	短,点对点之间的最大通信距离不超过 2 km (但可实现 10 级通信中继路由延长通信距离)
无线专网	中等	高	通信速率较低,系统容量较小	较低	较高	受电磁干扰、地型和天气影响大	较低	易受建筑遮挡,传输距离受限,难以实现端到端的可靠通信
无线公网	低	无	传输带宽低	较低	较低	易受地形、天气,公网运行影响	传输时延受公网运行的影响,实时性较低	公网覆盖面广,传输距离能满足要求

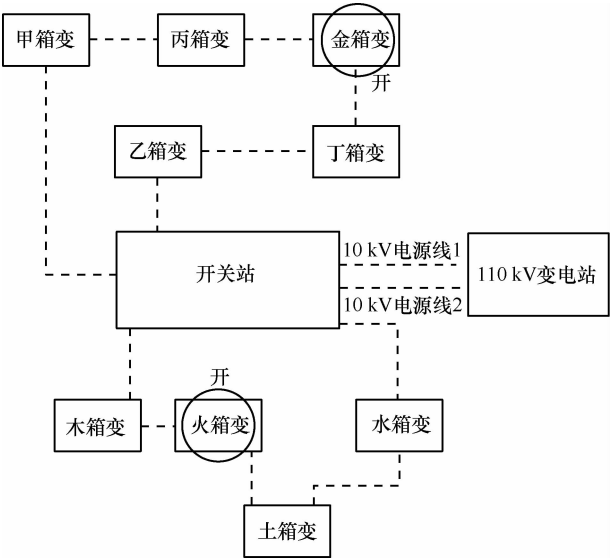


图 5 某开关站接线

4.2 电缆屏蔽层载波方式

为了保证载波通信的可靠性要求,将该环网分成了 4 个逻辑网络。目前光纤已经接入变电站,将变电站作为主站,安装主载波机,主载波机通过 RS-232 连接到光端机上,同时在进出线路安装卡接式耦合器,各个开关站和箱变安装从站载波机,通过载波通信的方式将检测数据传输到变电站,再由光纤将数据传输到调度中心,具体组网方案如图 7 所示。

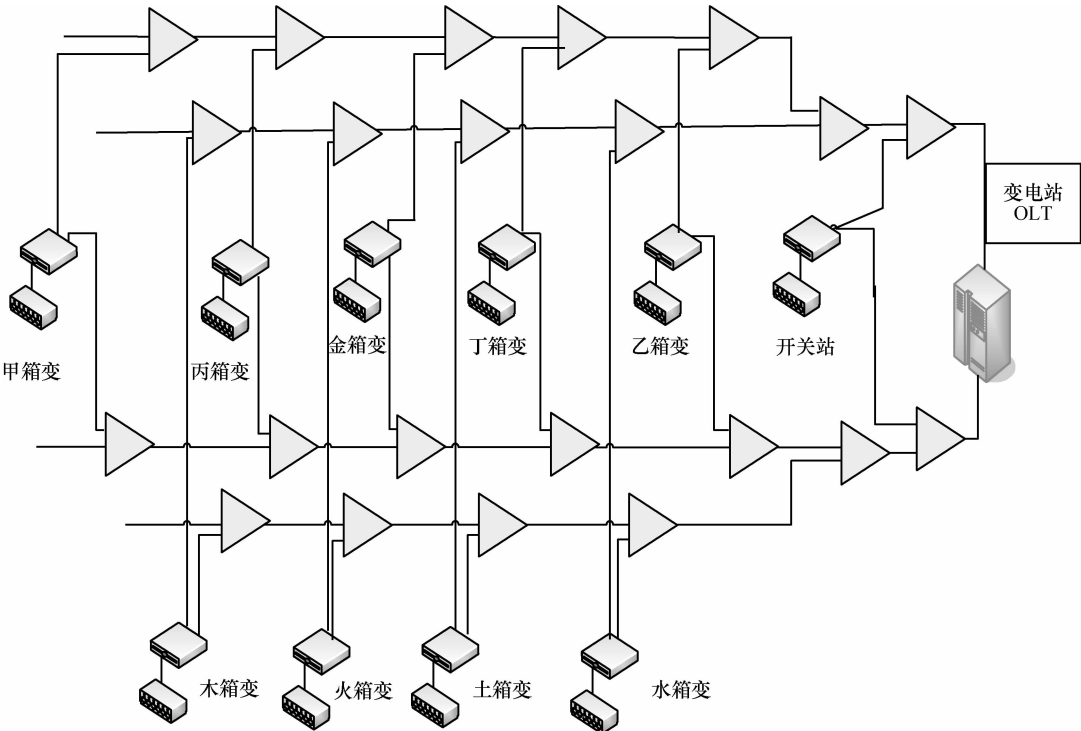


图 6 光纤通信方式组网

4.3 无线通信组网方式

通过无线技术组网,可以选择移动公网通信或无线专网实现,两者在无线接入网侧的组网方式基本相同,基站通过光纤接入到电力骨干通信网,从而与调度中心通信,其组网架构如图 8 所示。

4.4 3 种方式的比较

在投资成本上,电缆屏蔽层载波方式和无线网络的投资成本低,比光纤组网节省成本超过 30%。光纤施工土建周期长,电缆屏蔽层载波通信方式只需要在相关的变电站和配电站安装载波机和耦合装置即可,周期较短。相比之下无线通信方式的建网速度快,主要施工时间由基站的建设决定,若使用公网传输,只需要 2 周即可投入使用。使用无线专网,需要投入一定的人力及资金进行设备维护,维护成本约为每个基站 30 000 元/年,若使用无线公网,可以省去基站等设备的维护费用,但需要向移动运营商缴纳服务费用,数额远大于专网维护费用,其优点在于运营商拥有多年维护无线网络的经验及队伍,在无线通信设备的维护方面更加高效。电缆屏蔽层载波方式由于靠电缆载波传输,维护成本不低。而光纤网络一旦布设,基本无需进行维护,但是一旦光纤网络链路故障,维护成本将比其他通信网络都高^[4,8]。

在服务性能上,光纤通信方式可靠性高,载波通信方式

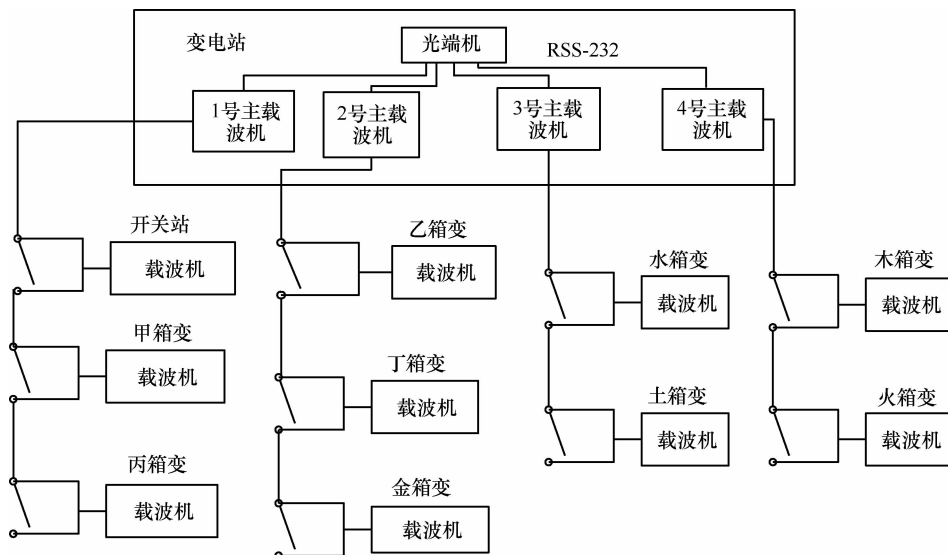


图7 电缆屏蔽层载波通信方式组网

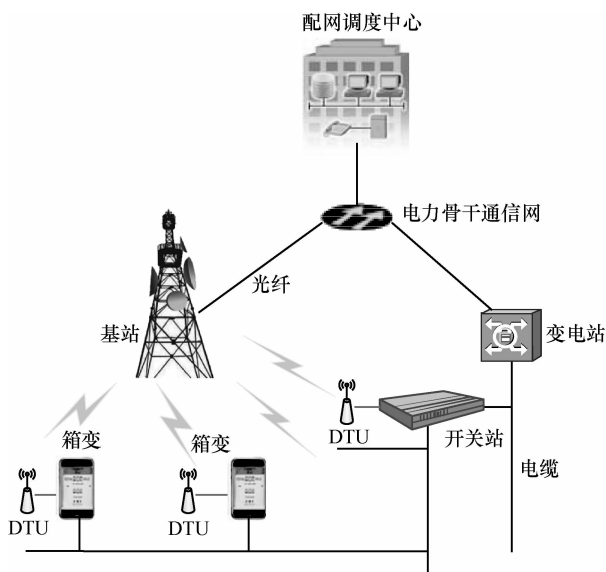


图8 无线通信方式组网

其次,无线公网与无线专网最差。从无线网络整体上考虑,无线网络的带宽相比光纤网络差很多,光纤网络的数据速率可达1 Gbit/s,载波通信物理层数据速率为200 Mbit/s,而无线通信方式中,LTE 最新版本的标准理论上也只能支持150 Mbit/s,其他无线通信方式速率更低;但无线网络的扩展性较好,若有新的配电设备加入,无需再次进行通信网络的设计,只需为新加入的终端配置一个无线通信模块即可,同样PLC通信方式的工程改造也无需重新布线,改造工作量小、成本低,而光纤网络则需要布线、土建等工作,成本高、工作繁琐。

整体来说,无线通信远弱于光纤通信和载波通信方

式,其容易受到天气、周围环境的影响,对信道条件要求较高,可以使用无线网络作为配网自动化过渡阶段的选择或在光纤、载波等难以部署的区域使用,不适合全网大面积使用。根据国家电网的相关标准,配网自动化遥控业务不可使用无线通信系统,因此无线网络只能承载“二遥”业务。

5 结束语

本文通过上海地区某开关站的实例,详细分析比较了光纤通信、电缆屏蔽层载波和无线网络3种通信方式。在配电通信方面,光纤通信是最理想的配电自动化通信方式,但受成本等因素所限,电缆屏蔽层载波通信和无线网络通信也是比较广泛采用的通信手段。从目前的技术条件看,没有一种单一的通信方式能够全面满足各种规模的配电自动化系统的需要。在一个配电自动化系统中,往往由多种通信技术组合成综合的通信系统,各个层次按照实际需求采用合适的通信方式。

参考文献

- 1 李景,沈永东.配电自动化和通信系统的建设分析.机电信息,2012(33):42~44
- 2 Ye Y, Yi Q, Sharif H, et al. A survey on smart grid communication infrastructures: motivations, requirements and challenges. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2013, 15(1): 5~20
- 3 李克文,高立克,吴丽芳等.配电网自动化通信方式分析与选择.广西电力,2011,34(5):44~47

- 4 潘卫钢. 配电自动化通信方案及其比较. 上海电力学院学报, 2011, 27(1): 29~33
- 5 Murthy C, Kar S, Jha R C, *et al.* Distribution automation using wireless communications for improving reliability. Proceedings of 2011 International Conference on Devices and Communications (ICDeCom), Mesra, India, 2011
- 6 杨兴, 冯力娜, 赵元珍. EPON 技术在配电通信系统中的应用研究. 电力系统通信, 2011, 32(227): 42~46
- 7 蔡万升, 汤辉, 张军等. 基于 EPON 技术的配电自动化通信系统. 电力系统通信, 2010, 31(218): 11~15
- 8 阎阳. 配网自动化通信技术研究. 华北电力大学硕士学位论文, 2011
- 9 李晓亮. PLC 电力线载波通信研究. 西安电子科技大学硕士学位论文, 2009
- 10 吴琳, 郭兆成, 张大巍. 无线专网通信在大连配电自动化中的应用. 电力系统通信, 2012, 33(1): 107~111
- 11 樊剑辉. 数字化配电网通信规划研究. 中国电力科学研究院硕士学位论文, 2009
- 12 上海市电力公司. Q/SDJ1155-2007 上海电网 10 kV 配电自动化技术原则(修订), 2009

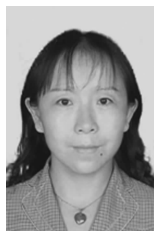
[作者简介]



王凤, 女, 北京邮电大学软件学院硕士研究生, 主要研究方向为智能电网及室内定位技术。



司孝平, 男, 华北水利水电学院信息工程学院讲师, 主要研究方向为电子信息技术。



赵方, 女, 博士, 北京邮电大学软件学院副教授, 主要研究方向为物联网关键技术、智能感知技术、无线传感器网络、RFID 中间件、移动无线网络、下一代网络协议。



李朝晖, 女, 博士, 北京邮电大学软件学院副教授, 主要研究方向为数字图像处理与模式识别、多媒体技术、移动互联网。



罗海勇, 男, 博士, 中国科学院计算技术研究所高级工程师, 主要研究方向为智能电网、物联网、普适计算。

(收稿日期: 2013-08-01)

• 简讯 •

第四届中国云计算学术大会 在华南理工大学成功召开

2013 年 11 月 8-10 日, 第四届中国云计算学术大会(The 4th Chinese Conference on Cloud Computing, CCCC2013)在享有“中国南大门”、“美丽花城”美誉的广东省广州市的华南理工大学逸夫科学馆隆重召开。本次大会由中国通信学会主办, 华南理工大学和中国通信学会普及与教育工作委员会承办。

中国通信学会副理事长兼秘书长张新生致大会开幕词, 华南理工大学章熙春副校长出席学术大会并致词。来自国内外知名高校、科研院所、企事业单位的 200 多位专

家、学者、工程师围绕云计算领域的前沿理论及应用技术问题进行了深入探讨和交流。

大会还设立了 6 个分会场, 围绕“云计算理论、模型与方法”、“弹性计算与资源调度”、“云安全与云存储”、“云计算应用”、“大数据与数据挖掘”、“物联网、传感器网络及其他”等主题进行了探讨。

“中国云计算学术大会”于 2010 年创办, 此前已成功举办 3 届, 是国内云计算领域的重要学术活动之一。该会议主要为来自国内外高等院校的专家、教授、学者提供一个代表国内“云计算”产学研界较高水平的高层学术沟通平台, 探讨本领域发展所面临的关键性挑战问题和研究方向。“第五届中国云计算学术大会”将由重庆邮电大学承办。